



ETHA



MELUSELVITYS

Savolan Tuulivoimapuisto, 04.11.2024

SISÄLLYSLUETTELO

1	YHTEENVETO	3
2	TAUSTA	4
3	MELU.....	5
3.1	Yleistä	5
3.2	Melun muodostuminen	5
4	MELUN OHJEARVOT	8
4.1	Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista	8
4.2	Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat	8
5	LÄHTÖTIEDOT JA MENETELMÄT	10
5.1	Lähtötiedot.....	10
5.2	Menetelmät.....	12
6	ARVIOIDUT MELUVAIKUTUKSET	14
6.1	Nykytilanne	14
6.2	Rakentamisen aikaiset vaikutukset	14
6.3	Toiminnan aikaiset vaikutukset.....	14
6.4	Pienitaajuinen melu	16
6.5	Käytön lopettamisen aikaiset vaikutukset.....	16
6.6	Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät	16
7	HAITTOJEN EHKÄISEMINEN JA SEURANTA.....	17
8	LÄHTEET	18
9	MALLINNUSTIETOJEN RAPORTTI, SAVOLA	19
	Liite 1: Melumallinnuksen tulokset.....	21
	Liite 2: Pienitaajuisen melun laskenta, Savola (painottamattomat melutasot)	22
	Liite 3: Sijoitussuunnitelmat.....	25

VERSIONHISTORIA

Versio	Tekijä, Päivämäärä	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
Ver 1	Nina Nurmela, 2022-10-14	Alexander Ehrs	Alexander Ehrs	Savolan tuulivoimapuiston meluselvitys.
Ver 2	Afonso Lugo, 2024-11-04	Alexander Ehrs 2024-11-04	Alexander Ehrs 2024-11-04	Meluselvitys Savolan päivitettyllä sijoitussuunitelmalla.

1 YHTEENVETO

Tehtävä:

Meluseelvitys Savolan tuulivoimapuiston vaikutusalueella.

Työmenetelmät:

Meluseelvitykseen on kerätty tietoa tuulivoimaloiden melun ominaispiirteistä, melun ohjearvoista, paikallisista olosuhteista sekä mallinnusmenetelmistä. Pääasiallisena laskentatyökaluna on käytetty WindPRO Ver4.0 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 hankkeessa ylitetä. Myöskään STM:n antamia sisätilojen pienitaajuisen melun ohjearvoja ei ylitetä. Hankkeen läheisyydessä sijaitsevalle Kuikkasuo ja Suurisuon Natura SAC -alueelle ulottuu 30-44 dB(A) melutaso.

2 TAUSTA

Meluseelvitys on tehty Savolan tuulivoimapuistolle Lapinlahden kunnan alueella. Suunniteltu hanke koostuu yhteensä 5 tuulivoimalasta. Melumallinnuksessa on käytetty Siemens Gamesan SG 6.6-170 -voimalan lähtötietoja. Mallinnuksessa voimaloiden napakorkeus oli 165 metriä ja äänitehotaso 106,0 dB(A) + 2,0 dB(A) epävarmuusmarginaali. Mallinnuksessa käytettiin Siemens Gamesan syyskuussa 2022 päivittämiä äänitietoja.

Meluseelvitys on tehty ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti (Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014. Tuulivoimaloiden melun mallintaminen) WindPRO Ver4.0 ohjelmiston melulaskentatyökalulla. Pienitaajuinen melu on laskettu käyttäen R-ohjelmistoa ja työ on tehty ympäristöministeriön helmikuussa 2014 julkaisemia ohjeita noudattaen.

3 MELU

3.1 YLEISTÄ

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

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

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

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

3.2 MELUN MUODOSTUMINEN

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

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

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

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

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

Seuraavassa taulukossa on vertailuarvoja äänenvoimakkuusarvojen suhteesta.

Taulukko 1. Vertailutaulukko absoluuttisista äänenvoimakkuuksista

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

4 MELUN OHJEARVOT

4.1 VALTIONEUVOSTON ASETUS TUULIVOIMALOIDEN ULKOMELUTASON OHJEARVOISTA

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

Taulukko 2. Ohjearvot valtioneuvoston asetuksessa

	Ulkomelutaso L_{Aeq} päivällä 7-22	Ulkomelutaso L_{Aeq} yöllä 7-22
Pysyvä asutus	45 dB	40 dB
Loma-asutus	45 dB	40 dB
Hoitolaitokset	45 dB	40 dB
Oppilaitokset	45 dB	-
Virkistysalueet	45 dB	-
Leirintäalueet	45 dB	40 dB
Kansallispuistot	40 dB	40 dB

4.2 ASUMISTERVEYSASETUKSEN TOIMENPIDERAJAT

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

Taulukko 3. Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat yöaikaiselle pienitaajuiselle sisämelulle

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

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

keskiäänitaso $L_{Aeq,1h}$ 25 dB. Lisäksi on huomioitava melun erityisominaisuudet eli mahdolliset kapeakaistaisuus- ja impulssimaisuuskorjaukset. Asetus sisältää toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle, jotka on annettu taajuuspainottamattomina tunnin keskiäänitasoina $L_{eq,1h}$.

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

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

5 LÄHTÖTIEDOT JA MENETELMÄT

5.1 LÄHTÖTIEDOT

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

Mallinnuksessa on käytetty tuulivoimalavalmistajan ilmoittamia melupäästön takuuarvoja. Äänitehotasot on ilmoitettu 1/3 oktaavikaistoittain. Siemens-Gamesan käyttämät melupäästöarvot eivät ole suoraan verrattavissa IEC TS 61400-14-standardiin, ja epävarmuutta ei ole erikseen ilmoitettu. Tästä johtuen lähtömelutasoon on mallinnuksessa lisätty 2,0 dB:n varmuusmarginaali ympäristöministeriön ohjeen mukaisesti (Ympäristöministeriö, 2016). Mallinnuksessa käytetty voimalatyyppi on mainittu alla.

Mallinnuksessa käytetty voimalatyyppi on kerrottu alla.

Taulukko 4. Hankkeen voimalatiedot.

Hankealue	Voimalat	Voimalan tornin korkeus (m)	Voimalan äänitehotaso (Lwa)	1/3 oktaavikaistoittainen äänispektri
Savola	5 x SG 6.6-170	165	106,0+2,0 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 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 15 havainnointipistettä, joiden kohdalta voimaloiden aiheuttamat äänenvoimakkuudet ilmoitetaan.

5.2 MENETELMÄT

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

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

Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti melupäästöarvoon lisätään 2 dB, jos asunnon ja voimalan perustusten välinen korkeusero ylittää 60 metriä. Korjaus tehdään, kun etäisyys voimalan ja asunnon välillä on enintään kolme kilometriä. Tässä melumallinnuksessa korkeuserot eivät ylity valituissa havainnointipisteissä eikä korjauksia ole tehty. Jos ääni on erityisen häiritsevää eli kapeakaistaista tai impulssimaista, lisätään laskenta- tai mittaus tuloksiin 5 dB ennen asetuksen ohjearvoon vertaamista. Tässä mallinnuksessa laskentatuloksiin ei ole tarvetta lisätä sanktiota, koska lähtötiedoissa ei äänen erityispiirteitä havaittu.

Ympäristöministeriön ohjeessa (2/2014) mainitaan äänivaikutuksiin liittyvä 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-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

Savolan tuulivoimapuiston alue on pääasiassa metsätalous- ja turvetuotantoaluetta. Sen äänimaisema on tällaisille alueille tyypillistä. Hankkeen läheisyydessä sijaitsee Kuikkasuo ja Suurisuon Natura SAC -alue.

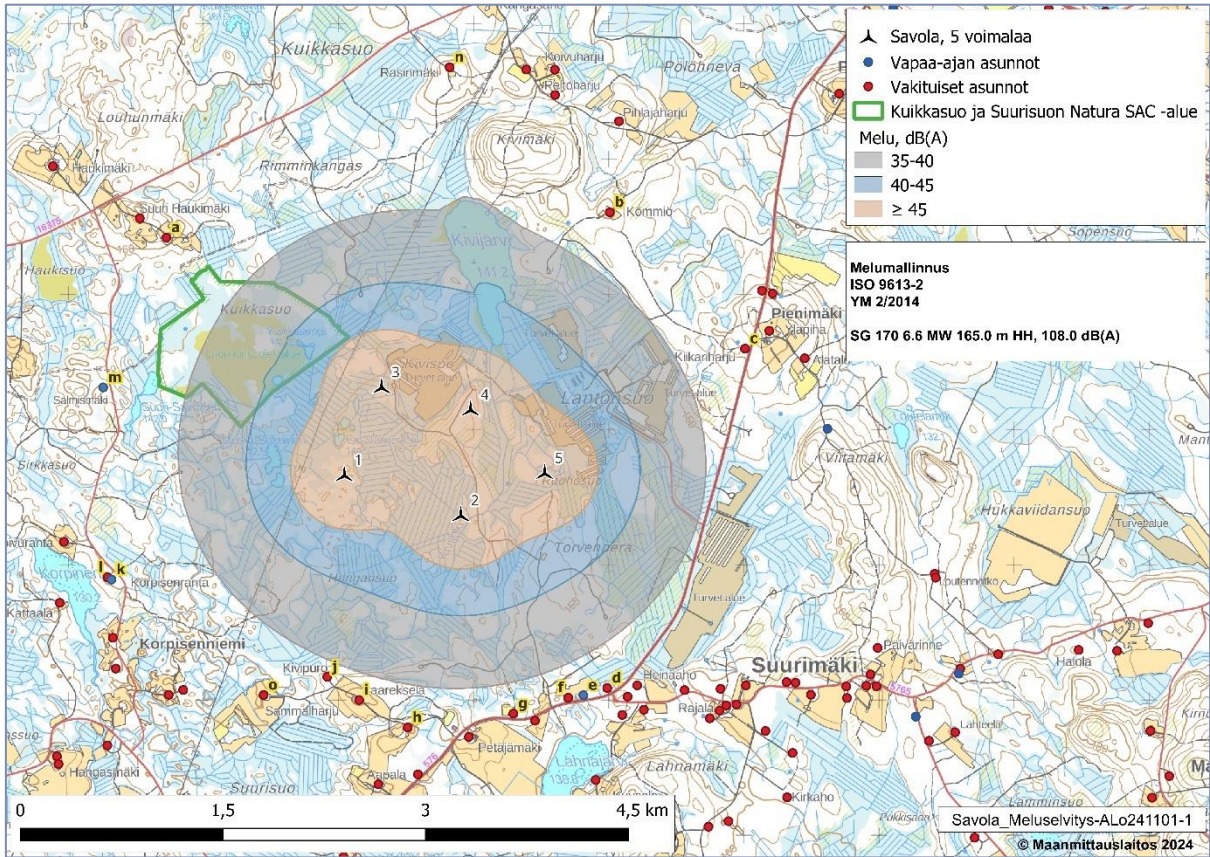
6.2 RAKENTAMISEN AIKAISET VAIKUTUKSET

Tuulivoimapuiston rakentamisen aikana melua aiheutuu mm. maansiirtokoneista, nostureista, ajoneuvoliikenteestä sekä rakentamisesta. Rakennustyömaan melu on hyvin impulssimaista ja paikallista ja ajoittuu pääasiallisesti päiväaikaan. Tämän vuoksi meluvaikutukset eivät kasva merkittäviksi. Tiestön ja perustusten rakentaminen tuottaa eniten melua ja lisääntyvä liikenne saattaa nostaa valtatie melutasoa hieman.

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

6.3 TOIMINNAN AIKAISET VAIKUTUKSET

Melumallinnuksessa Savolan tuulivoimaloille käytettiin SG 6.6-170 MW-tuulivoimalan äänitietoja. Tuulivoimalan kokonaisäänitaso on 108,0 dB(A) ja napakorkeus 165 metriä. Melumallinnuksessa on käytetty 5 voimalan sijoitussuunnitelmaa. Voimaloiden koordinaatit löytyvät liitteestä 3.



Kuva 1. Savolan tuulivoimapuiston melumallinnus, SG 6.6-170 106,0 dB(A) + 2,0 dB(A). Kuvassa 15 havainnointipistettä on merkitty kirjaimilla (a-o).

Melumallinnuksien mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dBA. Alueen läheisyydestä on valittu 15 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 1. Äänitaso lähimpien asuinrakennusten ja loma-asuntojen alueella on alle 35 dB(A) eli selvästi alle valtioneuvoston asetuksen mukaisen ohjearvon. Korkein äänitaso lähialueella sijaitsevan havaintopisteen kohdalla on 34,1 dB(A) (vakituinen asunto j).

Kuikkasuo ja Suurisuon Natura SAC -alueelle ulottuu 30-44 dB(A) melutaso.

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

6.4 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 asunnoissa toimenpiderajat alittuvat, koska pienitaajuinen melu vähenee etäisyyden kasvaessa. Laskennan tulokset löytyvät liitteestä 2.

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 Savolan tuulivoimaloiden pienitaajuisen melun vaikutukset ovat vähäiset.

6.5 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.

6.6 VAIKUTUSTEN ARVIOINNIN EPÄVARMUUSTEKIJÄT

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

7 HAITTOJEN EHKÄISEMINEN JA SEURANTA

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

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

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

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

8 LÄHTEET

Bertagnolio, F. et.al. (2014). Cyclic pitch for the control of wind turbine noise amplitude modulation. Viitattu 14.1.2014. Saatavilla
http://www.acoustics.asn.au/conference_proceedings/INTERNOISE2014/papers/p551.pdf.

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

Hongisto V., Radun J., Rajala V., et al. (2020) Anojanssi - Projektin Tulokset: Ympäristömelun Häiritsevyys. Turun ammattikorkeakoulu. Saatavilla:
<http://julkaisut.turkuamk.fi/isbn9789522167606.pdf>

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

Siemens Gamesa (2022). SG-F18.16-TR-00891_R00_Standard Acoustic Emission Document, SG 6.6-170, Rev. 0_ (1).

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

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

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

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

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, SAVOLA

RAPORTIN JA RAPORTOIJAN TIEDOT				*tarkentavat tiedot voi esittää kartalla tai muissa liitteissä																																																																			
Mallinnusraportti numero/tunniste:				Raportin hyväksyntäpäivämäärä: 04.11.2024																																																																			
Tekijä/organisaatio, yhteystiedot: Etha Oy, Vaasanpuistikko 14 B11, 65100 VAASA, puh. +358 2900 20440																																																																							
Vastuuhenkilöt: Afonso Lugo																																																																							
Laatija: Afonso Lugo				Tarkastaja/hyväksyjä: Alexander Ehrns																																																																			
MALLINNUSOHJELMAN TIEDOT																																																																							
Mallinnusohjelma ja versio: WindPRO Ver4.0				Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2																																																																			
TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN TIEDOT)																																																																							
Tuulivoimalan valmistaja: Siemens Gamesa				Tyyppi: : SG 6.6-170		Sarjanumero/t:																																																																	
Nimellisteho: 6.6 MW		Napakorkeus: 165 m		Roottorin halkaisija: 170 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																																																																							
SG170 6.6 MW 165 m HH (Tuulivoimalavalmistajan ilmoittama takuuarvo: 106,0 dB(A)). Mallinnuksessa lisätty +2,0 dB(A) varmuusmarginaali ei ole näkyvässä alla olevassa kaaviossa.																																																																							
<p style="text-align: center;">Siemens Gamesa SG170, 165 m HH 106.0 dB(A)</p> <table border="1"> <caption>Approximate data from the sound pressure level chart</caption> <thead> <tr> <th>Frequency (Hz)</th> <th>Sound Pressure Level (dB)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>10</td><td>50</td></tr> <tr><td>12.5</td><td>55</td></tr> <tr><td>16</td><td>60</td></tr> <tr><td>20</td><td>65</td></tr> <tr><td>25</td><td>70</td></tr> <tr><td>31.5</td><td>75</td></tr> <tr><td>40</td><td>80</td></tr> <tr><td>50</td><td>85</td></tr> <tr><td>63</td><td>90</td></tr> <tr><td>80</td><td>95</td></tr> <tr><td>100</td><td>100</td></tr> <tr><td>125</td><td>105</td></tr> <tr><td>160</td><td>106</td></tr> <tr><td>200</td><td>105</td></tr> <tr><td>250</td><td>104</td></tr> <tr><td>315</td><td>103</td></tr> <tr><td>400</td><td>102</td></tr> <tr><td>500</td><td>101</td></tr> <tr><td>630</td><td>100</td></tr> <tr><td>800</td><td>99</td></tr> <tr><td>1000</td><td>98</td></tr> <tr><td>1250</td><td>97</td></tr> <tr><td>1600</td><td>96</td></tr> <tr><td>2000</td><td>95</td></tr> <tr><td>2500</td><td>94</td></tr> <tr><td>3150</td><td>93</td></tr> <tr><td>4000</td><td>92</td></tr> <tr><td>5000</td><td>91</td></tr> <tr><td>6300</td><td>90</td></tr> <tr><td>8000</td><td>89</td></tr> <tr><td>10000</td><td>88</td></tr> </tbody> </table>								Frequency (Hz)	Sound Pressure Level (dB)	10	50	12.5	55	16	60	20	65	25	70	31.5	75	40	80	50	85	63	90	80	95	100	100	125	105	160	106	200	105	250	104	315	103	400	102	500	101	630	100	800	99	1000	98	1250	97	1600	96	2000	95	2500	94	3150	93	4000	92	5000	91	6300	90	8000	89	10000	88
Frequency (Hz)	Sound Pressure Level (dB)																																																																						
10	50																																																																						
12.5	55																																																																						
16	60																																																																						
20	65																																																																						
25	70																																																																						
31.5	75																																																																						
40	80																																																																						
50	85																																																																						
63	90																																																																						
80	95																																																																						
100	100																																																																						
125	105																																																																						
160	106																																																																						
200	105																																																																						
250	104																																																																						
315	103																																																																						
400	102																																																																						
500	101																																																																						
630	100																																																																						
800	99																																																																						
1000	98																																																																						
1250	97																																																																						
1600	96																																																																						
2000	95																																																																						
2500	94																																																																						
3150	93																																																																						
4000	92																																																																						
5000	91																																																																						
6300	90																																																																						
8000	89																																																																						
10000	88																																																																						

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 absorptio ja heijastuksen huomiointi, 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: 1 kpl				

LIITE 1: MELUMALLINNUKSEN TULOKSET

Taulukko 7. Savolan mallinnuksen meluarvot valituissa kohteissa.

Piste	Asunnon luokka	Itäinen koord. (ETRS TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS TM35FIN)	Ohjearvo [dB(A)]	Melu [dB(A)]	Ohjearvojen ylitys
a	Vakituinen asunto	532728	7022419	40	30,5	Ei
b	Vakituinen asunto	536008	7022605	40	32,2	Ei
c	Vakituinen asunto	537009	7021598	40	31,6	Ei
d	Vakituinen asunto	535989	7019088	40	32,9	Ei
e	Vapaa-ajan asunto	535813	7019034	40	33,1	Ei
f	Vakituinen asunto	535701	7019016	40	33,3	Ei
g	Vakituinen asunto	535295	7018899	40	33,3	Ei
h	Vakituinen asunto	534513	7018796	40	32,8	Ei
i	Vakituinen asunto	534153	7018999	40	33,6	Ei
j	Vakituinen asunto	533917	7019171	40	34,1	Ei
k	Vapaa-ajan asunto	532321	7019890	40	30,2	Ei
l	Vakituinen asunto	532291	7019906	40	30,1	Ei
m	Vapaa-ajan asunto	532259	7021311	40	30,8	Ei
n	Vakituinen asunto	534823	7023678	40	28,6	Ei
o	Vakituinen asunto	533446	7019036	40	31,9	Ei

LIITE 2: PIENITAAJUISEN MELUN LASKENTA, SAVOLA (PAINOTTAMATTOMAT MELUTASOT)

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

Taulukko 8. Pienitaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella.

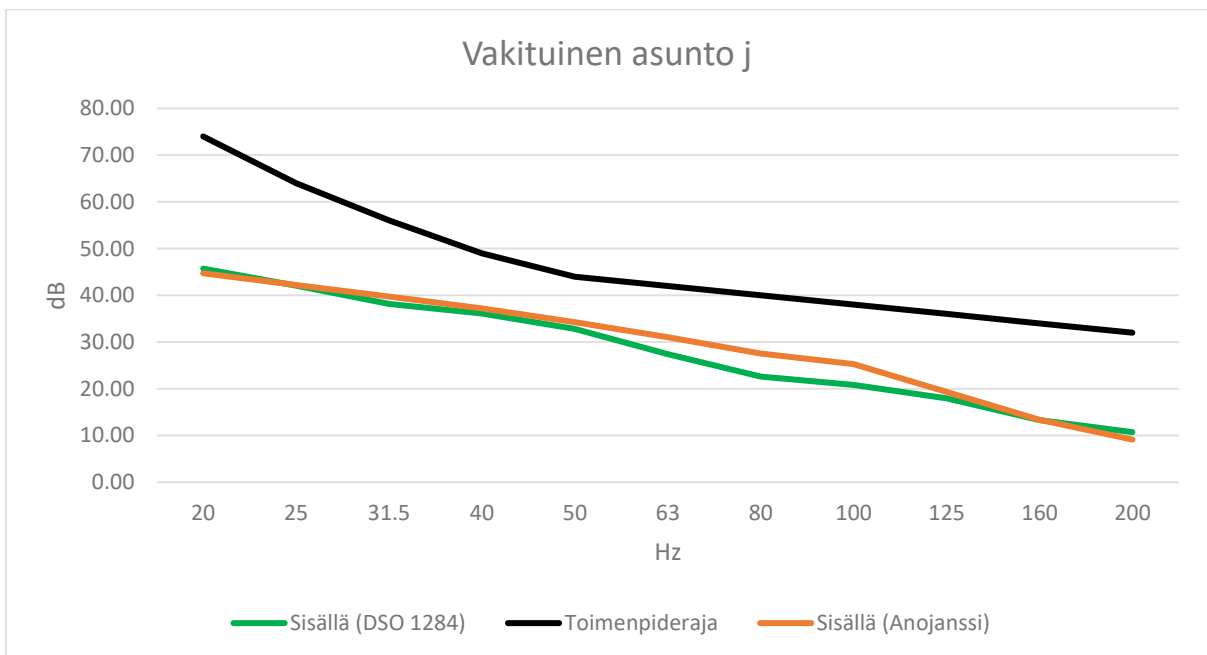
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)														
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
20,00	49,9	51,0	50,6	51,4	51,6	51,7	51,8	51,4	51,9	52,3	49,7	49,6	50,1	48,7	50,8
25,00	48,0	49,2	48,7	49,6	49,7	49,9	49,9	49,6	50,1	50,5	47,8	47,8	48,2	46,8	49,0
31,50	46,5	47,7	47,2	48,0	48,2	48,3	48,4	48,1	48,6	48,9	46,3	46,2	46,7	45,3	47,5
40,00	45,1	46,2	45,7	46,6	46,8	46,9	47,0	46,6	47,1	47,5	44,9	44,8	45,2	43,8	46,0
50,00	43,3	44,5	44,0	44,9	45,0	45,2	45,2	44,9	45,4	45,8	43,1	43,0	43,5	42,1	44,3
63,00	41,5	42,7	42,2	43,1	43,3	43,4	43,4	43,1	43,6	44,0	41,3	41,2	41,7	40,3	42,5
80,00	39,8	41,0	40,5	41,4	41,6	41,7	41,7	41,4	41,9	42,3	39,6	39,5	40,0	38,5	40,8
100,00	39,5	40,7	40,2	41,1	41,3	41,4	41,5	41,1	41,7	42,0	39,3	39,2	39,7	38,2	40,5
125,00	35,5	36,7	36,2	37,1	37,3	37,5	37,5	37,1	37,7	38,1	35,3	35,2	35,7	34,1	36,5
160,00	31,7	33,0	32,5	33,5	33,6	33,8	33,8	33,5	34,1	34,5	31,5	31,4	31,9	30,3	32,8
200,00	29,0	30,4	29,8	30,9	31,1	31,2	31,3	30,9	31,5	31,9	28,8	28,7	29,2	27,5	30,2

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

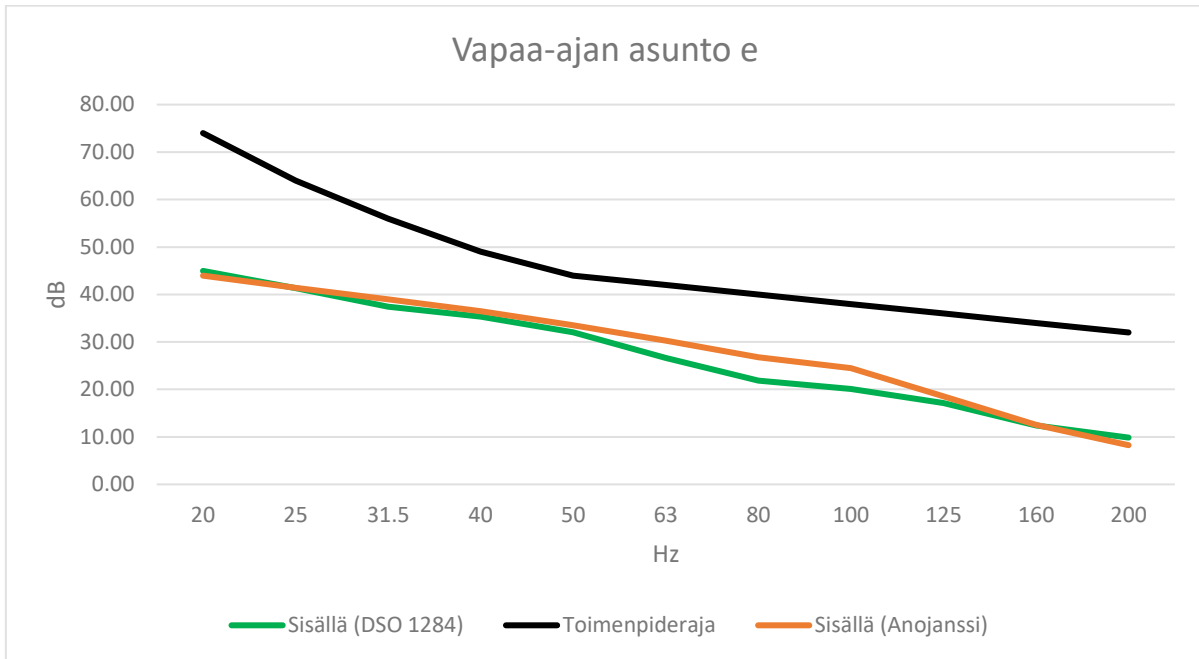
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)														
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
20,00	43,3	44,4	44,0	44,8	45,0	45,1	45,2	44,8	45,3	45,7	43,1	43,0	43,5	42,1	44,2
25,00	39,6	40,8	40,3	41,2	41,3	41,5	41,5	41,2	41,7	42,1	39,4	39,4	39,8	38,4	40,6
31,50	35,7	36,9	36,4	37,2	37,4	37,5	37,6	37,3	37,8	38,1	35,5	35,4	35,9	34,5	36,7
40,00	33,7	34,8	34,3	35,2	35,4	35,5	35,6	35,2	35,7	36,1	33,5	33,4	33,8	32,4	34,6
50,00	30,3	31,5	31,0	31,9	32,0	32,2	32,2	31,9	32,4	32,8	30,1	30,0	30,5	29,1	31,3
63,00	24,9	26,1	25,6	26,5	26,7	26,8	26,8	26,5	27,0	27,4	24,7	24,6	25,1	23,7	25,9
80,00	20,1	21,3	20,8	21,7	21,9	22,0	22,0	21,7	22,2	22,6	19,9	19,8	20,3	18,8	21,1
100,00	18,3	19,5	19,0	19,9	20,1	20,2	20,3	19,9	20,5	20,8	18,1	18,0	18,5	17,0	19,3
125,00	15,3	16,5	16,0	16,9	17,1	17,3	17,3	16,9	17,5	17,9	15,1	15,0	15,5	13,9	16,3
160,00	10,5	11,8	11,3	12,3	12,4	12,6	12,6	12,3	12,9	13,3	10,3	10,2	10,7	9,1	11,6
200,00	7,8	9,2	8,6	9,7	9,9	10,0	10,1	9,7	10,3	10,7	7,6	7,5	8,0	6,3	9,0

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

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)														
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
20,00	42,3	43,4	43,0	43,8	44,0	44,1	44,2	43,8	44,3	44,7	42,1	42,0	42,5	41,1	43,2
25,00	39,7	40,9	40,4	41,3	41,4	41,6	41,6	41,3	41,8	42,2	39,5	39,5	39,9	38,5	40,7
31,50	37,3	38,5	38,0	38,8	39,0	39,1	39,2	38,9	39,4	39,7	37,1	37,0	37,5	36,1	38,3
40,00	34,8	35,9	35,4	36,3	36,5	36,6	36,7	36,3	36,8	37,2	34,6	34,5	34,9	33,5	35,7
50,00	31,8	33,0	32,5	33,4	33,5	33,7	33,7	33,4	33,9	34,3	31,6	31,5	32,0	30,6	32,8
63,00	28,5	29,7	29,2	30,1	30,3	30,4	30,4	30,1	30,6	31,0	28,3	28,2	28,7	27,3	29,5
80,00	25,0	26,2	25,7	26,6	26,8	26,9	26,9	26,6	27,1	27,5	24,8	24,7	25,2	23,7	26,0
100,00	22,7	23,9	23,4	24,3	24,5	24,6	24,7	24,3	24,9	25,2	22,5	22,4	22,9	21,4	23,7
125,00	16,7	17,9	17,4	18,3	18,5	18,7	18,7	18,3	18,9	19,3	16,5	16,4	16,9	15,3	17,7
160,00	10,6	11,9	11,4	12,4	12,5	12,7	12,7	12,4	13,0	13,4	10,4	10,3	10,8	9,2	11,7
200,00	6,2	7,6	7,0	8,1	8,3	8,4	8,5	8,1	8,7	9,1	6,0	5,9	6,4	4,7	7,4



Kuva 2. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön toimenpiderajat vakituuisessa asunnossa j.



Kuva 3. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön toimenpiderajat vapaa-ajan asunnossa e.

LIITE 3: SIOITUSSUUNNITELMAT

Voimaloiden sijainnit on esitetty alla olevassa taulukossa.

Taulukko 11. Savolan voimaloiden sijaintitiedot

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Tuulivoimalatyyppi
1	534043	7020675	Siemens-Gamesa SG 6.6-170 165 m HH, 106,0+2dB(A)
2	534318	7021325	Siemens-Gamesa SG 6.6-170 165 m HH, 106,0+2dB(A)
3	534905	7020378	Siemens-Gamesa SG 6.6-170 165 m HH, 106,0+2dB(A)
4	534977	7021160	Siemens-Gamesa SG 6.6-170 165 m HH, 106,0+2dB(A)
5	535526	7020691	Siemens-Gamesa SG 6.6-170 165 m HH, 106,0+2dB(A)