



MELUSELVITYS

TUULIVOIMAPUISTO KESONMÄKI

Sisällysluettelo

1	Yhteenveto	3
2	Tausta.....	4
3	Melu.....	4
3.1	Melun muodostuminen.....	4
4	Melun ohjeavot	6
4.1	Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista	6
4.2	Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat	6
5	Lähtötiedot ja menetelmät.....	7
5.1	Lähtötiedot.....	7
5.2	Menetelmät.....	8
6	Arvioidut meluvaikutukset	9
6.1	Nykytilanne	9
6.2	Rakentamisen aikaiset vaikutukset	9
6.3	Toiminnan aikaiset vaikutukset	9
6.4	Pienitaajuinen melu.....	11
6.5	Käytön lopettamisen aikaiset vaikutukset.....	12
6.6	Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät	12
7	Haittojen ehkäiseminen ja seuranta	13
8	Lähteet.....	14
9	Mallinnustietojen raportti	15
	Liite 1: Melumallinnuksen tulokset: Kesonmäki	16
	Liite 2: Pienitaajuisen melun laskenta (painottamattomat melutasot).....	17
	Liite 3: Pienitaajuisen melun laskenta, Kesonmäki ja Hankilanneva (painottamattomat melutasot)	19
	Liite 4: Sijoitussuunnitelma.....	21

Versiohistoria

Versio, Päivämäärä	Tekijä	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
Ver 1, 2019-01-18	ArM	TLa	TLa	Kesonmäen tuulivoimapuiston meluselvitys
Ver 2, 2019-06-25	ArM	TLa	TLa	Kesonmäen tuulivoimapuiston meluselvitys uudelle tuulivoimaloiden sijoitussuunnitelmalle ja voimalatyypille.

1 Yhteenveto

- Tehtävä:** Meluselvitys Kesonmäen tuulivoimapuiston vaikutusalueella.
- Työmenetelmät:** Meluselvitykseen on kerätty tietoa tuulivoimaloiden melun ominaispiirteistä, melun ohjearvoista, paikallisista olosuhteista sekä mallinnusmenetelmistä. Pääasiallisena laskentatyökaluna on käytetty WindPRO Ver3.2 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.

2 Tausta

Meluselvitys on tehty Kesonmäen alueelle suunnitellulle tuulivoimapuistolle Haapaveden kaupungin alueella. Suunniteltu tuulivoimapuisto on kokonaisuudessaan seitsemän voimalan laajuinen. Melumallinnus on tehty Vestas V162 5.6 MW -voimalalla, jonka napakorkeus on 179 metriä. Mallinnuksessa käytettiin Vestaksen tammikuussa 2019 päivittämiä äänitietoja.

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

3 Melu

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.

3.1 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. Oleellimmat 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 asunnossa	
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 klo 7–22	ulkomelutaso L_{Aeq} yöllä klo 22–7
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 vuoden 2015 Asumisterveysasetuksessa määrittelemät yöaikaisen pienitaajuuden melun toimenpiderajat sisätiloissa on esitetty alla.

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

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.

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

Mallinnuksessa käytettyjen voimalatyyppien tiedot on mainittu alla.

Taulukko 4. Hankkeiden voimalatiedot

Hankealue	Voimalat	Voimalan tornin korkeus (m)	Voimalan äänitehotaso (L _{wa})	1/3 oktaavikaistoittainen äänispektri
Kesonmäki	V162 5.6 MW	179	106.8	Käytössä
Hankilanneva	V162 5.6 MW	166	106.8	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 ja on päivitetty kunnallisen viranomaisten tietojen mukaisesti.

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 meluselvityksessä korkeuserot eivät ylitä eikä korjauksia ole tehty.

Jos ääni on erityisen häiritsevää eli kapeakaistaista tai impulssimaista, lisätään laskenta- tai mittaus tuloksiin 5 dB ennen asetuksen ohjeeseen vertaamista. Tässä mallinnuksessa laskentatuloksiin ei ole tarvetta lisätä sanktiota, koska lähtötiedoissa ei havaittu äänen erityispiirteitä.

Amplitudimodulaatio on paikallisista olosuhteista ja voimalatyypistä riippuva ilmiö. Ilmiötä ei pysty mallintamaan etukäteen, vaan se pystytään varmistamaan ainoastaan käytönaikaisilla melumittauksilla. 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

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

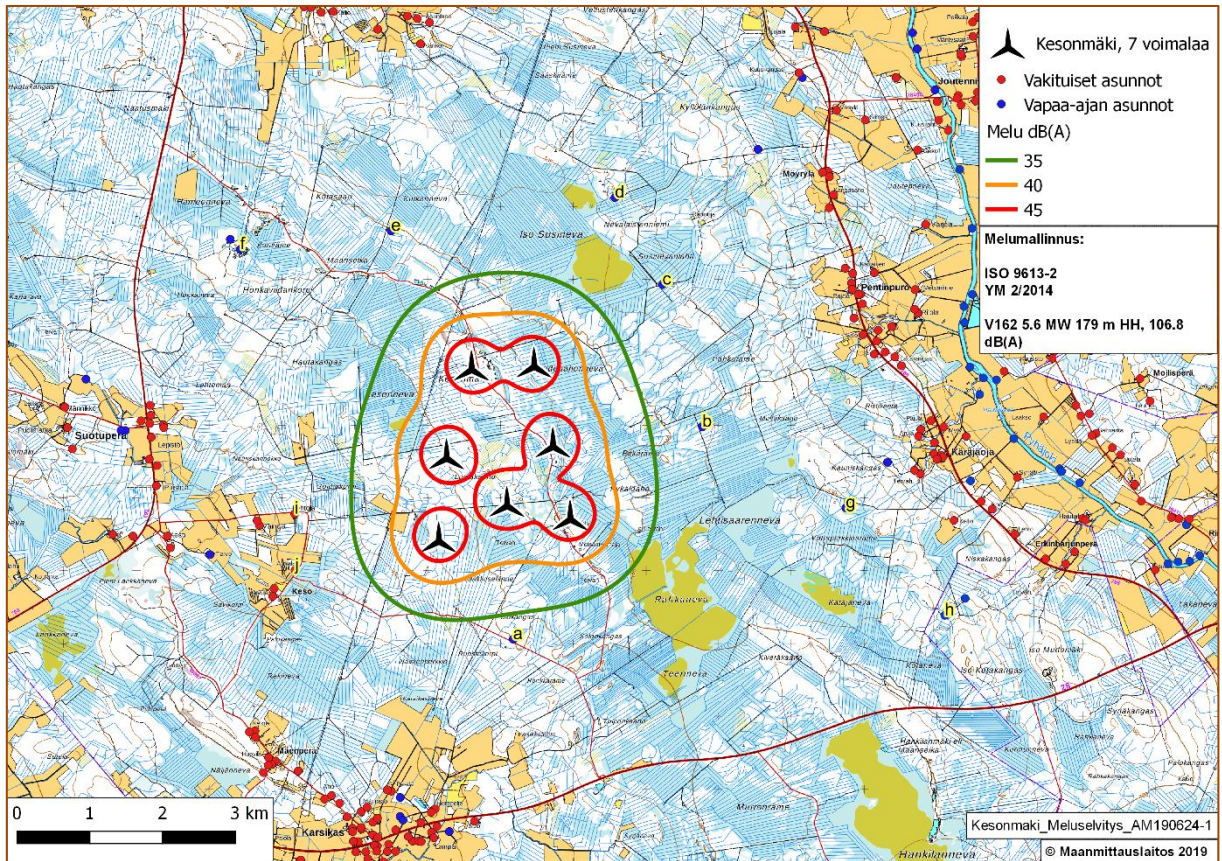
6.2 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

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

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

6.3 Toiminnan aikaiset vaikutukset

Melumallinnuksessa on käytetty Vestaksen V162 5.6 MW clean blade -voimalaa, jonka kokonaisäänitaso on 106.8 dB(A) ja napakorkeus 179 metriä. Melumallinnuksessa on käytetty 7 voimalan sijoitussuunnitelmaa. Hankilannevan melumallinnuksessa on käytetty Vestaksen V162 5.6 MW clean blade -voimalaa, jonka kokonaisäänitaso on 106.8 dB(A) ja napakorkeus 166 metriä (kuva 1). Voimaloiden koordinaatit löytyvät liitteestä 4.

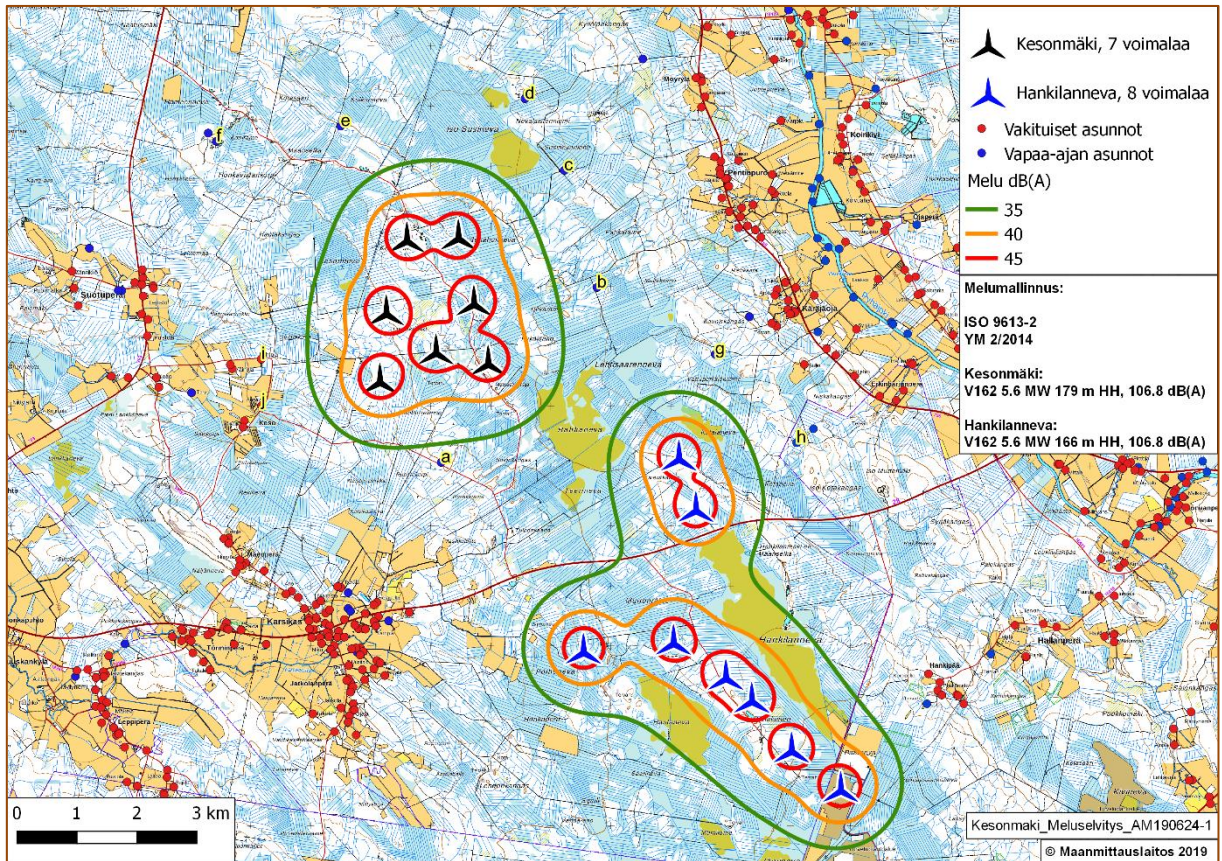


Kuva 1. Kesonmäen tuulivoimapuiston melumallinnus. Kuvassa 10 havainnointipistettä on merkitty kirjaimilla.

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.

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

Alla esitellään meluvaikutukset, kun myös Hankilannevan alueelle suunnitellut tuulivoimalat on otettu huomioon.



Kuva 2. Kesonmäen ja Hankilannevan yhteisvaikutusten mallinnus.

Melumallinnuksen mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen yöajan ohjearvoa 40 dB(A).

Tulosten perusteella voidaan todeta, että Kesonmäen ja Hankilannevan tuulivoima-alueista ei muodostu merkittäviä yhteisvaikutuksia melun osalta.

6.4 Pienitaajuinen melu

Pienitaajuinen melu on laskettu ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti. Laskennat on suoritettu kahdelle eri vaihtoehdolle: (1) Kesonmäen voimalat sekä (2) Kesonmäen ja Hankilannevan voimalat.

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 ja 3.

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 Kesonmäen 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 tuulivoimatuiston rakentamista.

6.6 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 työ-koneita 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 pienee. 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 meluhaittaan puuttua muuttamalla tuulivoimaloiden ajotapaa tai jopa pysäyttämällä haittaa aiheuttavat voimalat.

Tämän selvityksen perusteella suunniteltujen tuulivoimaloiden melu ei yksin eikä yhdessä läheisen tuulivoimapuiston kanssa aiheuta merkittävää haittaa. Haittojen seurannalle ja ehkäisemiselle ei näin ollen ole tarpeen antaa erityisiä suosituksia.

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 (2016) *01-Noise-CGYK141220-1-Rev4*. 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 octave noise emission. DMS 0079-5298_01*

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

RAPORTIN JA RAPORTOIJAN TIEDOT								*tarkentavat tiedot voi esittää kartalla tai muissa liitteissä	
Mallinnusraportin numero/tunniste:				Raportin hyväksyntäpäivämäärä: 25.06.2019					
Tekijä/organisaatio, yhteystiedot: Etha Wind Oy, Kirkkopuistikko 4, 65100 Vaasa, puh. 044-3809237									
Vastuuhenkilöt: Toni Lustila									
Laatija: Arina Makarova				Tarkastaja/hyväksyjä: Toni Lustila					
MALLINNUSOHJELMAN TIEDOT									
Mallinnusohjelma ja versio: WindPRO Ver3.1				Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2					
TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN TIEDOT)									
Tuulivoimalan valmistaja:				Tyyppi:		Sarjanumero/t:			
Nimellisteho: 5.6 MW		Napakorkeus: 179 m		Roottorin halkaisija: 162 m		Tornin tyyppi: Putkitorni			
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun									
Lapakulman säätö		Pyörimisnopeus		Muu, mikä					
Kyllä	dB	Kyllä	dB	dB					
Ei	Ei tiedossa	Ei	Ei tiedossa	dB					
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT									
Melupäästötiedot Vestas V162 5.6 MW 179 m HH (Tuulivoimalavalmistajan ilmoittama takuuarvo 106,8 dBA)									
<p>Vestas V162, 166 m HH 106,8 dB(A)</p> <p>Legend: ■ 1/3 oktaavi [Hz]</p>									
Melun erityispiirteiden mittaustulos ja havainnot:									
Kapeakaistaisuus / Tonaalisuus		Impulssimaisuus		Merkityksellinen sykintä (amplitudimodulaatio)		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	Pystyresoluutio: 1 m
Maan- ja vedenpinnan absorptio 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: Kesonmäki

Taulukko 6. Kesonmäen mallinnuksen meluarvot valituissa kohteissa

Havainnointi-piste	Luokka	Itäinen Koord. (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS-TM35FIN)	Ohjearvo [dB(A)]	Melu [dB(A)]	Melu, yhteis-vaikutukset [dB(A)]	Ohjearvojen ylitys
a	Vapaa-ajan asunto	422175	7096059	40	32.9	33.3	Ei
b	Vapaa-ajan asunto	424775	7098974	40	30.8	31.5	Ei
c	Vapaa-ajan asunto	424227	7100927	40	29.5	29.8	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	423574	7102120	40	27.1	27.3	Ei
e	Vapaa-ajan asunto	420501	7101663	40	28.8	28.9	Ei
f	Vapaa-ajan asunto	418427	7101410	40	23.6	23.8	Ei
g	Vapaa-ajan asunto	426746	7097862	40	22.9	30.1	Ei
h	Vapaa-ajan asunto	428105	7096387	40	18.4	30.3	Ei
i	Vakituinen asunto	419176	7097781	40	30.3	30.4	Ei
j	Vakituinen asunto	419180	7097006	40	29.3	29.5	Ei

Liite 2: Pienitaajuisten melun laskenta (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.

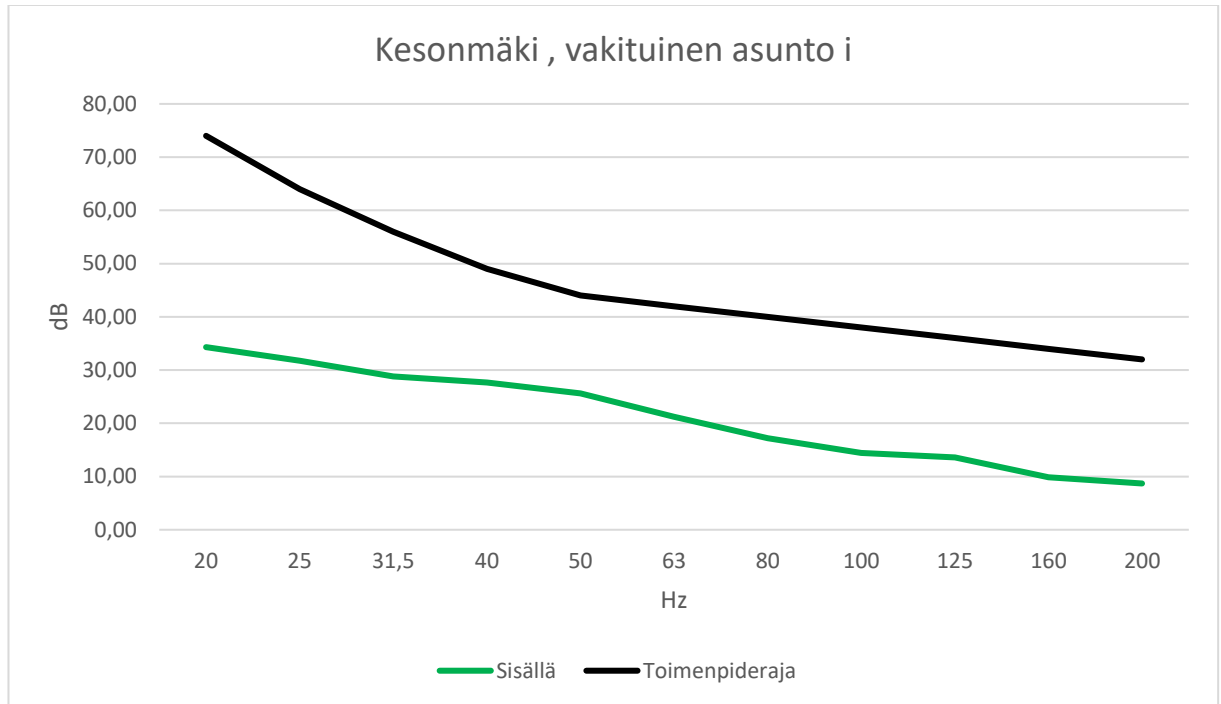
Pienitaajuisen melu on laskettu Kesonmäen 7 voimalalle.

Taulukko 7. Pienitaajuisen melu rakennuksen ulkopuolella

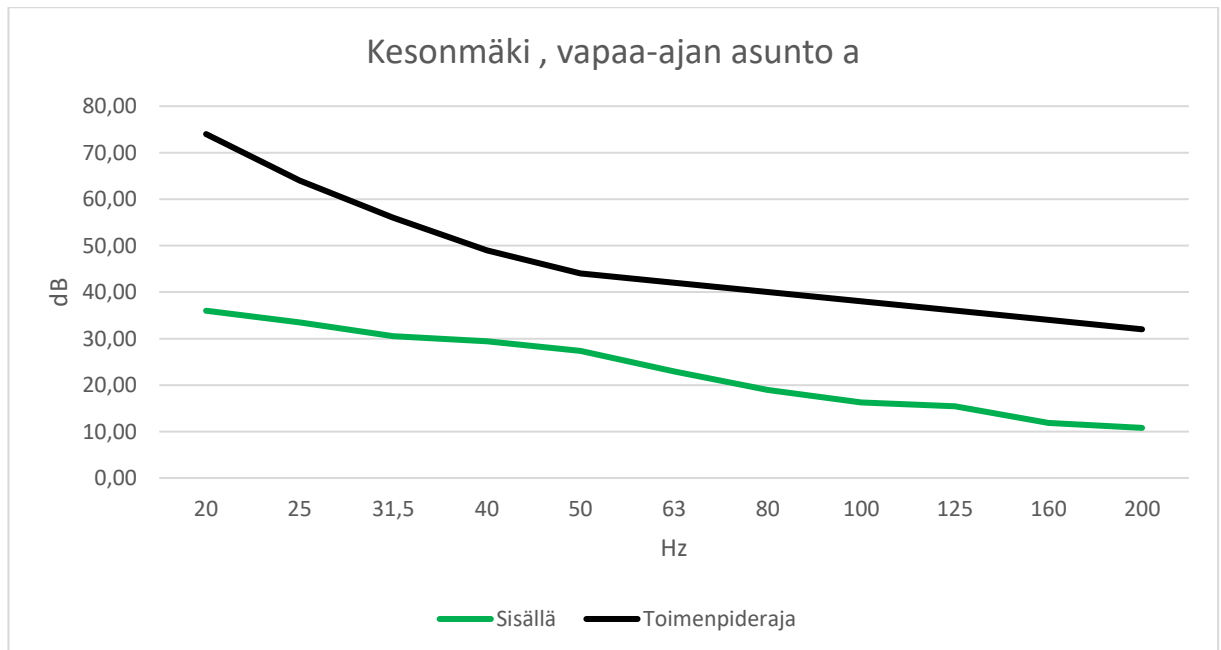
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
20	42.59	41.33	40.41	38.86	39.93	36.91	36.50	33.82	40.90	40.25
25	41.85	40.57	39.65	38.09	39.16	36.12	35.70	32.99	40.15	39.49
31,5	41.33	40.05	39.12	37.56	38.63	35.57	35.16	32.43	39.62	38.96
40	40.78	39.50	38.56	36.99	38.07	34.99	34.56	31.80	39.07	38.40
50	40.34	39.04	38.10	36.52	37.61	34.50	34.07	31.27	38.61	37.94
63	39.55	38.24	37.29	35.68	36.79	33.62	33.19	30.32	37.80	37.13
80	38.64	37.31	36.34	34.71	35.84	32.60	32.15	29.20	36.87	36.18
100	37.44	36.07	35.08	33.40	34.57	31.20	30.74	27.63	35.62	34.92
125	35.65	34.23	33.21	31.45	32.67	29.13	28.64	25.31	33.77	33.04
160	33.03	31.54	30.47	28.60	29.91	26.10	25.56	21.91	31.06	30.29
200	31.99	30.39	29.26	27.26	28.67	24.51	23.91	19.84	29.89	29.08

Taulukko 8. Pienitaajuisen melu sisätiloissa

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
20	35.99	34.73	33.81	32.26	33.33	30.31	29.90	27.22	34.30	33.65
25	33.45	32.17	31.25	29.69	30.76	27.72	27.30	24.59	31.75	31.09
31,5	30.53	29.25	28.32	26.76	27.83	24.77	24.36	21.63	28.82	28.16
40	29.38	28.10	27.16	25.59	26.67	23.59	23.16	20.40	27.67	27.00
50	27.34	26.04	25.10	23.52	24.61	21.50	21.07	18.27	25.61	24.94
63	22.95	21.64	20.69	19.08	20.19	17.02	16.59	13.72	21.20	20.53
80	18.94	17.61	16.64	15.01	16.14	12.90	12.45	9.50	17.17	16.48
100	16.24	14.87	13.88	12.20	13.37	10.00	9.54	6.43	14.42	13.72
125	15.45	14.03	13.01	11.25	12.47	8.93	8.44	5.11	13.57	12.84
160	11.83	10.34	9.27	7.40	8.71	4.90	4.36	0.71	9.86	9.09
200	10.79	9.19	8.06	6.06	7.47	3.31	2.71	0.00	8.69	7.88



Kuva 3. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosi-
aali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vakituuisessa asunnossa i.



Kuva 4. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosi-
aali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vapaa-ajan asunnossa a.

Liite 3: Pienitaajuisen melun laskenta, Kesonmäki ja Hankilanneva (pääntamattomat 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.

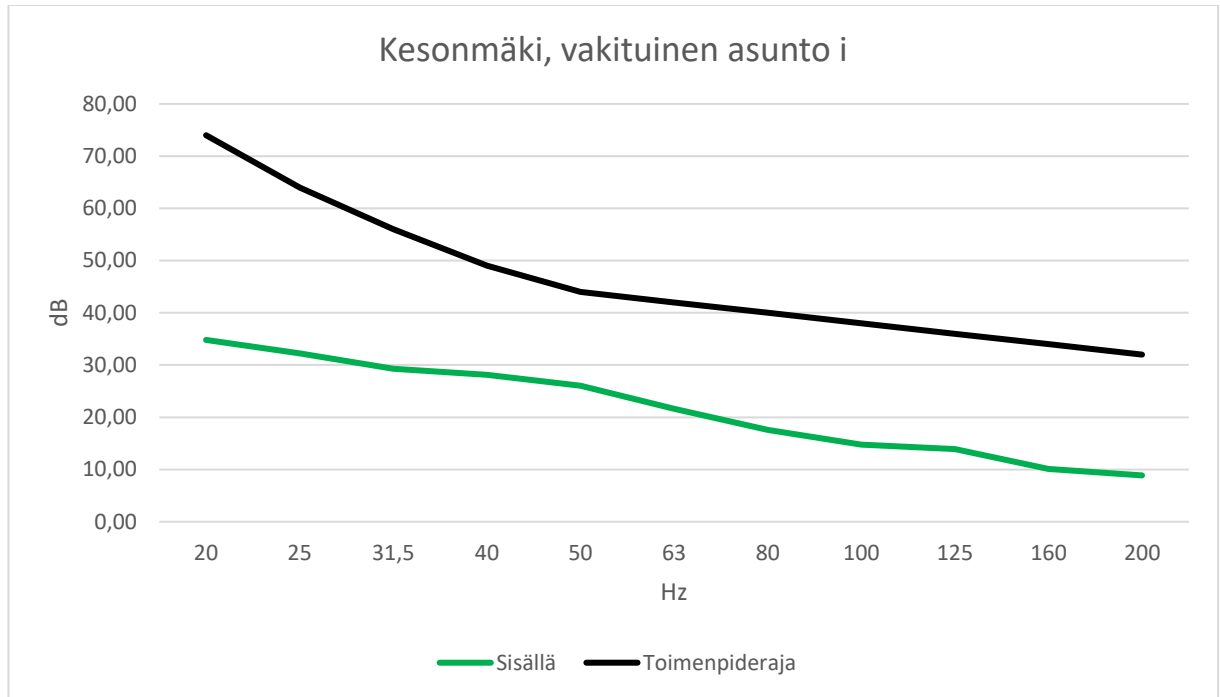
Pienitaajuinen melu on laskettu tilanteessa, jossa Kesonmäen ja Hankilannevan voimat ovat toiminnassa.

Taulukko 9. Pienitaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella

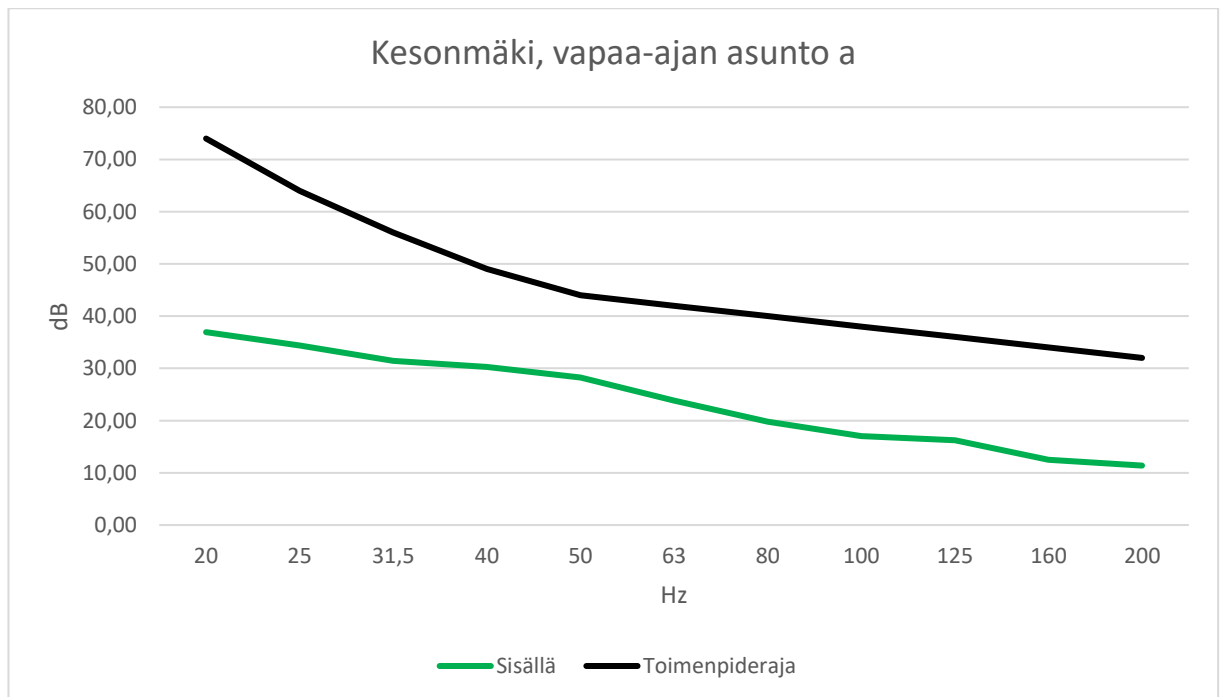
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
20	43.53	42.46	41.12	39.58	40.38	37.61	41.34	41.36	41.41	40.88
25	42.77	41.70	40.35	38.79	39.60	36.80	40.57	40.59	40.64	40.10
31,5	42.25	41.17	39.81	38.25	39.07	36.24	40.03	40.05	40.11	39.57
40	41.69	40.61	39.24	37.66	38.49	35.64	39.46	39.48	39.54	39.00
50	41.24	40.14	38.77	37.18	38.02	35.13	38.99	39.02	39.07	38.52
63	40.43	39.32	37.93	36.31	37.17	34.22	38.15	38.18	38.24	37.68
80	39.49	38.36	36.96	35.30	36.19	33.15	37.17	37.21	37.28	36.71
100	38.25	37.09	35.65	33.94	34.87	31.69	35.86	35.90	35.99	35.39
125	36.41	35.19	33.71	31.92	32.93	29.53	33.92	33.97	34.08	33.45
160	33.72	32.43	30.89	28.98	30.10	26.40	31.09	31.17	31.31	30.63
200	32.59	31.20	29.61	27.55	28.80	24.72	29.79	29.90	30.07	29.33

Taulukko 10. Pienitaajuinen melu sisätiloissa

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
20	36.93	35.86	34.52	32.98	33.78	31.01	34.74	34.76	34.81	34.28
25	34.37	33.30	31.95	30.39	31.20	28.40	32.17	32.19	32.24	31.70
31,5	31.45	30.37	29.01	27.45	28.27	25.44	29.23	29.25	29.31	28.77
40	30.29	29.21	27.84	26.26	27.09	24.24	28.06	28.08	28.14	27.60
50	28.24	27.14	25.77	24.18	25.02	22.13	25.99	26.02	26.07	25.52
63	23.83	22.72	21.33	19.71	20.57	17.62	21.55	21.58	21.64	21.08
80	19.79	18.66	17.26	15.60	16.49	13.45	17.47	17.51	17.58	17.01
100	17.05	15.89	14.45	12.74	13.67	10.49	14.66	14.70	14.79	14.19
125	16.21	14.99	13.51	11.72	12.73	9.33	13.72	13.77	13.88	13.25
160	12.52	11.23	9.69	7.78	8.90	5.20	9.89	9.97	10.11	9.43
200	11.39	10.00	8.41	6.35	7.60	3.52	8.59	8.70	8.87	8.13



*Kuva 5. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosi-
aali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vakituksessa asunnossa i.*



*Kuva 6. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosi-
aali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vapaa-ajan asunnossa a.*

Liite 4: Sijoitussuunnitelma

Melulaskenta perustuu 7 voimalan sijoitussuunnitelmaan. Kesonmäen voimaloiden sijainnit on esitetty alla olevissa taulukoissa.

Taulukko 11. Kesonmäen voimaloiden sijaintitiedot

Voimala	Itäinen Koord. (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS-TM35FIN)	Tuulivoimalatyyppi
1	422088	7097954	VESTAS V162-5.6 MW 179 m HH clean blade, 106.8 dB(A)
2	422957	7097769	VESTAS V162-5.6 MW 179 m HH clean blade, 106.8 dB(A)
3	422719	7098766	VESTAS V162-5.6 MW 179 m HH clean blade, 106.8 dB(A)
4	421602	7099823	VESTAS V162-5.6 MW 179 m HH clean blade, 106.8 dB(A)
5	421151	7097467	VESTAS V162-5.6 MW 179 m HH clean blade, 106.8 dB(A)
6	422460	7099865	VESTAS V162-5.6 MW 179 m HH clean blade, 106.8 dB(A)
7	421258	7098607	VESTAS V162-5.6 MW 179 m HH clean blade, 106.8 dB(A)

Taulukko 12. Hankilannevan voimaloiden sijaintitiedot

Voimala	Itäinen Koord. (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS-TM35FIN)	Tuulivoimalatyyppi
A	426139	7096184	VESTAS V162-5.6 MW 166 m HH clean blade, 106.8 dB(A)
B	426422	7095328	VESTAS V162-5.6 MW 166 m HH clean blade, 106.8 dB(A)
C	424547	7092965	VESTAS V162-5.6 MW 166 m HH clean blade, 106.8 dB(A)
D	426049	7093114	VESTAS V162-5.6 MW 166 m HH clean blade, 106.8 dB(A)
E	426922	7092530	VESTAS V162-5.6 MW 166 m HH clean blade, 106.8 dB(A)
F	428018	7091318	VESTAS V162-5.6 MW 166 m HH clean blade, 106.8 dB(A)
G	427354	7092148	VESTAS V162-5.6 MW 166 m HH clean blade, 106.8 dB(A)
H	428838	7090661	VESTAS V162-5.6 MW 166 m HH clean blade, 106.8 dB(A)