

TUULIVOIMAPUISTO Mastokangas

Meluselvitys

Versio	Päivämäärä	Tekijät	Hyväksytty	Tiivistelmä
Rev01	4.3.2016	CGr	JRd	Mastokankaan tuulivoimapuiston meluselvitys.
Rev2	6.3.2016	CGr	JRd	Tekstin muotoilua muutettu, ei sisällöllisiä muutoksia.

Sisällys

1	Yhteenveto	3
2	Tausta	4
3	Melu.....	4
3.1	Melun muodostuminen.....	5
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.....	10
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	17
	Liite 2: Pienitaajuisen melun laskenta (lineaariset melutasot)	18
	Liite 3: Voimaloiden sijainnit	22

1 Yhteenveto

Tehtävä: Meluselvitys Mastokankaan tuulivoimapuiston vaikutusalueella.

Työmenetelmät: Meluselvitykseen on kerätty ajantasaista tietoa tuulivoimaloiden melun ominaispiirteistä, melun ohjearvoista, paikallisista olosuhteista sekä mallinnusmenetelmistä. Pääasiallisena laskentatyökaluna on käytetty WindPRO Ver3.0.639 ohjelmiston DECIBEL-moduulia sekä ISO 9613-2 standardin mukaisia oletuksia ja lähtöarvoja. Mallinnuksessa ja raportoinnissa on käytetty 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 8/2015*).

Pienitaajuinen melu on laskettu käyttäen R Ver3.1.1-ohjelmistoa ja työ on tehty ympäristöministeriön helmikuussa 2014 julkaisemia ohjeita noudattaen. Rakennusten äänieristys on laskettu DSO 1284 menetelmän mukaisesti ja tuloksia on vertailtu asumisterveysasetuksessa oleviin sisämelun toimenpideraja-arvoihin.

Tulokset: Melumallinnusten perusteella valtioneuvoston asetuksen ohjearvoja asunnoille ja vapaa-ajan asunnoille ei ylitetä. Myöskään STM:n antamia sisätilojen pienitaajuisen melun ohjearvoja ei ylitetä. Kahden vapaa-ajan asunnon kohdalla lasketut meluarvot ovat 38.9 dB(A) ja 36.9 dB(A), muuten lasketut meluarvot ovat selvästi alle 35 dB(A) kaikkien vapaa-ajan sekä vakituisten asuntojen kohdalla. Tulosten perusteella todetaan, että Mastokankaan tuulivoimapuiston meluvaikutukset ovat normaalin toiminnan aikana vähäiset.

2 Tausta

Tämä meluseelvitys on tehty Mastokankaan tuulivoimapuistolle Raahen ja Siikajoen kuntien alueella. Puisto on kokonaisuudessaan 14 voimalan laajuinen. Melumallinnus on tehty Nordex N131 3.0MW voimalalla, jonka napakorkeus on 140 metriä ja roottorin halkaisija on 131 metriä.

Melumallinnuksessa on huomioitu myös seuraavat tuulivoimapuistot:

- Kopsa I, (valmistunut 2013) seitsemän kappaletta Siemens SWT 3.0MW-113 voimaloita, joiden napakorkeus on 142.5 metriä.
- Kopsa II, (valmistunut 2014) 10 kappaletta Vestas V126 3.3 MW serrated blades voimaloita, joiden napakorkeus on 137 metriä.
- Kopsa III, (kaavoituksessa) 10 kappaletta Vestas V126 3.3 MW clean blades voimaloita, joiden napakorkeus on 137 metriä.
- Ketunperä, (kaavoituksessa) 10 kappaletta Vestas V126 3.3 MW clean blades voimaloita, joiden napakorkeus on 137 metriä.
- Annankangas, (kaavoitettu) 10 kappaletta Vestas V126 3.3 MW clean blades voimaloita, joiden napakorkeus on 137 metriä.

Tämä selvitys on tehty ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti (Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014 Tuulivoimaloiden melun mallintaminen) WindPRO Ver3.0.639 ohjelmiston melulaskentatyökalulla. Pienitaajuinen melu on laskettu käyttäen R Ver3.1.1-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 (dB[A]) on eri kuin 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.

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 pääosin (noin 65 % äänestä) lapojen liikkeestä, mutta myös koneiston aiheuttamasta mekaanisesta äänestä (noin 35 % äänestä). Konehuoneesta lähtevä ääni voi nousta merkittävämmäksi äänen lähteeksi esimerkiksi vikatilanteissa, kun vaihteisto tai generaattori ei toimi oikein. (Tuulivoimarakentamisen suunnittelu, 2012)

Lapojen aiheuttama aerodynaaminen melu johtuu pyörimisestä aiheutuvasta jatkuvasta huminasta sekä jaksollisesta huminasta. Jaksollinen humina syntyy ilmakerroksen puristumisesta lavan ohittaessa tornin ja toisaalta lavan melun heijastuessa tornin rungosta. 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, 2012)

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.

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 mitattu äänitaso tuulivoimalan juurella
50 dB	Vaimea keskustelu	
40 dB	Taustamelu kotona	
30 dB	Kuiskaus (1m)	

4 Melun ohjeartot

4.1 Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjeartoista

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

Taulukko 2. Ohjeartot 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	—
virkestysalueet	45 dB	—
leirintäalueet	45 dB	40 dB
kansallispuistot	40 dB	40 dB

4.2 Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat

Sosiaali- ja terveysministeriön vuoden 2015 Asumisterveysasetuksessa määrittelemät yöaikaisen pieni- eli matalataajuuden sisämelun toimenpiderajat on esitetty alla.

Taulukko 3. Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat yöaikaiselle pienitaajuiselle sisämelulle.

Kaista / Hz	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
Leq, 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.

Voimalatiedot, kuten äänitehotasojen takuuarvot, on saatu voimalan valmistajalta. Äänitehotasot ilmoitetaan joko kokonaisäänitehotasona tai 1/3 oktaavikaistoittain riippuen valmistajasta ja käytettävästä voimalasta. Mastokankaan tapauksessa äänitehotasot on ilmoitettu 1/3 oktaavikaistoittain.

Mallinnuksessa käytetty voimalatyyppit on mainittu alla. Kopsa III:n, Ketunperän ja Annankangan osalta päätettiin käyttää yhtä markkinoiden voimakasäänisimmistä voimaloista, varmuusmarginaalin lisäämiseksi mallinnukseen.

Taulukko 4. Melumallinnuksen voimalatiedot.

Hankealue	Projektivaihe	Voimalat	Voimalan tornin korkeus (m)	Voimalan äänitehotaso (L _{wa})
Mastokangas	Kaavoitus	14 x N131	140	104.5 db(A)
Kopsa I	Tuotannossa	7 x SWT 3.0 MW	142.5	105.5 dB(A)
Kopsa II	Tuotannossa	10 x V126 3.3MW serrated blades	137	106.0 dB(A)
Kopsa III	Kaavoitus	6 x V126 3.3MW clean blades	137	108.5 dB(A)
Ketunperä	Kaavoitus	6 x V126 3.3MW clean blades	137	108.5 dB(A)
Annankangas	Kaavoitettu	10 x V126 3.3MW clean blades	137	108.5 dB(A)

Taulukko 5. Melumallinnuksessa käytettyjä arvoja (Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014).

Maaston vaikutus melun etenemiseen, kerroin	0.4
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. Kasvillisuuden vaimentavaa vaikutusta ei ole mallinnuksessa huomioitu, koska nykyisten tutkimusten perusteella ei riittävää luotettavuutta tästä voida saavuttaa. Rakennustiedot perustuvat Maanmittauslaitoksen maastotietokantaan, jota on päivitetty paikallisten kuntaviranomaisten ohjeistuksen 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. Useiden voimaloiden yhteismeluvaikutukset on otettu huomioon. Alueelta valittiin kymmenen havainnointipistettä, joiden kohdalta voimaloiden aiheuttamat äänenvoimakkuudet ilmoitetaan.

5.2 Menetelmät

Melumallinnus on suoritettu WindPRO Ver3.0.639 ohjelmiston DECIBEL-moduulia käyttäen. WindPRO on tanskalaisen EMD International A/S:n tarjoama 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. Kopsa III:n korkeusero ei ylitä 60 metriä, joten melupäästöarvoon ei ole lisätty 2 dB.

Jos ääni on erityisen häiritsevää eli kapeakaistaista tai impulssimaista lisätään laskenta- tai mittauksiloksiin 5 dB ennen asetuksen ohjearvoon vertaamista. Voimalatoimittajan lähtötietojen perusteella, tämän mallinnuksen laskentatuloksiin ei ole tarvetta lisätä sanktiota.

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.

Pienitaajuinen melu 1/3-oktaavitasoittain altistuvassa kohteessa rakennuksen ulkopuolella arvioidaan yhtälöllä

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

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]

Kuva 1. Pienitaajuisen melun laskentakaava (Ympäristöministeriö, 2014)

6 Arvioidut meluvaikutukset

Mastokankaan tuulivoimapuiston meluvaikutukset on arvioitu 14 tuulivoimalalla kaavoitettavan sijoitussuunnitelman mukaisesti.

6.1 Nykytilanne

Tuulivoimapuiston alue on pääasiassa metsätalousaluetta ja sen ääni-maisema on tällaiselle alueelle tyypillistä. Suunniteltavan Mastokankaan tuulivoimapuiston alueen läheisyydessä sijaitsee toiminnassa olevat Kopsa I ja Kopsa II voimalat, jotka huomioidaan melumallinnuksessa. Myös kaavoitusvaiheessa olevat puistot Kopsa III, Ketunperä ja kaavoitettu Annankangas huomioidaan melumallinnuksessa.

Kopsa III suunniteltujen tuulivoimaloiden läheisyydessä on myös aktiivista kaivostoimintaa, joka vaikuttaa alueen äänimaisemaan.

6.2 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

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

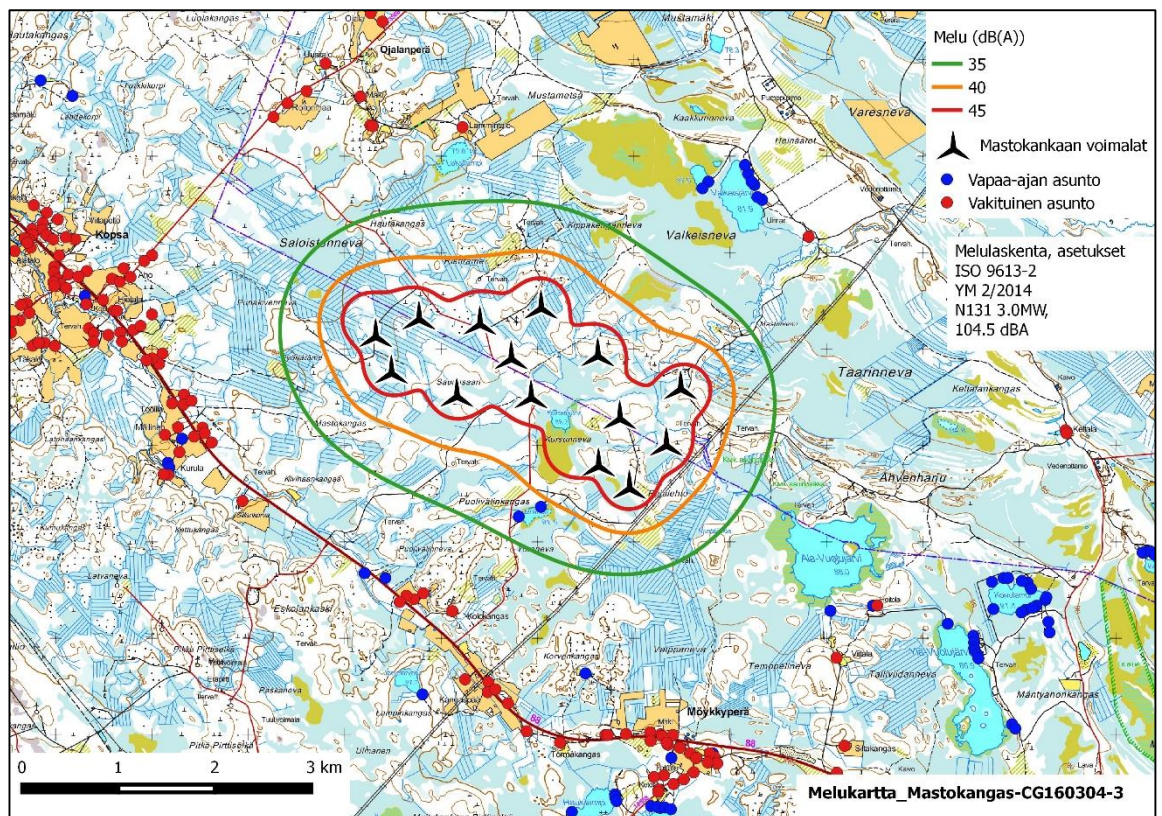
paikallista ja ajoittuu pääasiallisesti päiväaikaan. Tämän vuoksi meluvaikutukset eivät kasva merkittäviksi. Tiestön ja perustusten rakentaminen tuottaa eniten melua ja lisääntyvä liikenne saattaa nostaa lähialueiden melutasoa hieman.

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

6.3 Toiminnan aikaiset vaikutukset

Valtioneuvoston asetuksen ulkomelutason ohjearvojen mukaiset äänitasot ulottuvat Mastokankaan tuulivoimapuistossa siten, että 40 dB(A):n raja ulottuu 500-900 metrin päähän uloimmasta voimalasta.

Mastokankaan melumallinnuksessa on käytetty Nordexin N131 3.0 MW voimalaa, jonka kokonaisäänitaso on 104.5 dB(A):ä ja napakorkeus 140 metriä (kuva 2).

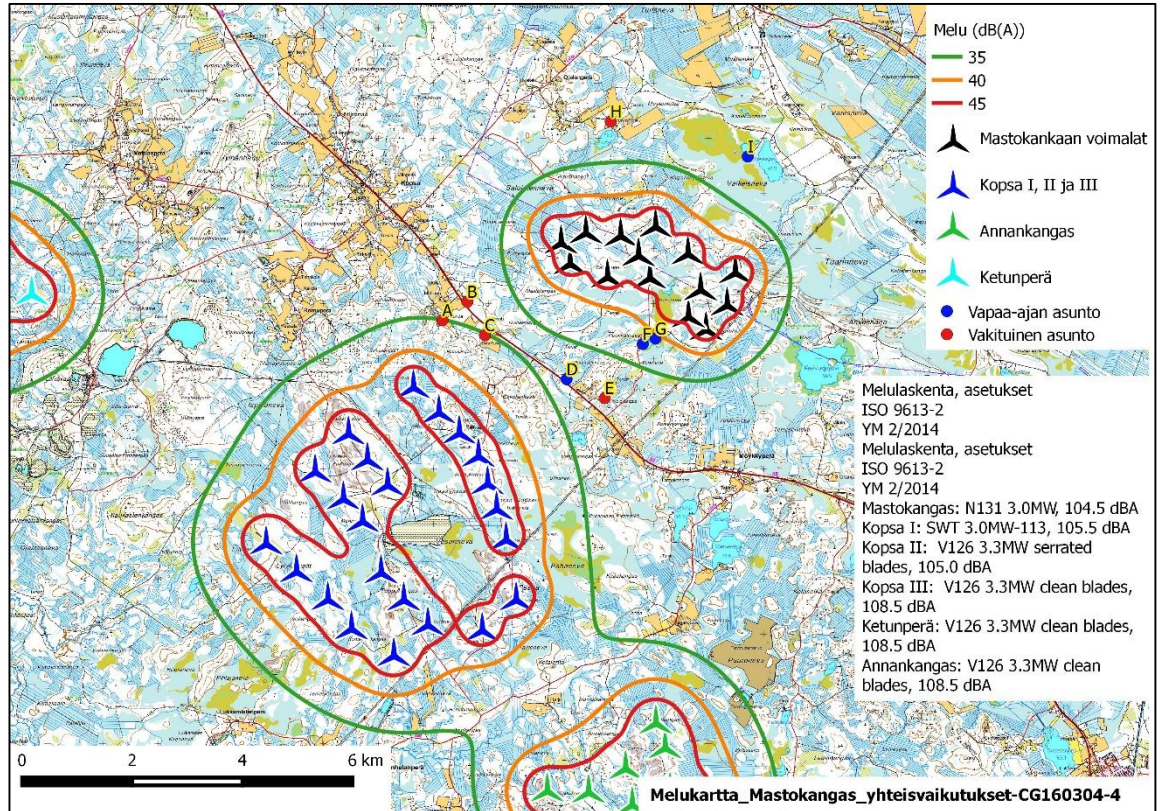


Kuva 2. Mastokankaan tuulivoimapuiston melumallinnus.

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

Alueen läheisyydestä on valittu yhdeksän havainnointipistettä, joiden melutasot eri mallinnuksissa on lueteltu liitteessä 1.

Alla esitellään meluvaikutukset, kun myös lähimmät tuulivoimapaistot Kopsa I, Kopsa II, Kopsa III, Ketunperä ja Annankangas on otettu huomioon. Ympäristöministeriön suunnitteluohjeavrot alitetaan myös tässä mallinuksessa.



Kuva 3. Mastokangas, yhteisvaikutusten melumallinnus. Kuvaan on merkitty kirjaimin yhdeksän havainnointipistettä.

Tulosten perusteella voidaan todeta, että Mastokankaan tuulivoimaloiden meluvaikutukset ovat normaalin toiminnan aikana vähäiset, myös kun muut puistot läheisyydessä on otettu huomioon.

Tuulivoimapaiston alueella, voimaloiden välittömässä läheisyydessä, äänitaso on yli 45 dBA, joten melulla saattaa olla vaikutuksia esimerkiksi alueen virkistyskäyttöön. Vaikutusalueella ei kuitenkaan ole virkistyskäyttöön kaavoitettuja alueita, joten näille annettuja ohjearvoja ei ole tarpeen soveltaa.

6.4 Pienitaajuinen melu

Pienitaajuinen melu on laskettu ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti.

Asumisterveysasetuksen toimenpideraja-arvot pienitaajuiselle melulle alittuvat selvästi lähimmissä asunnoissa. Vapaa-ajan asuntojenkin kohdalla sisätilojen toimenpideraja-arvot

alittuvat selvästi. Myös kauempana sijaitsevilla asunnoilla raja-arvot alittuvat, koska pienitaajuinen melu vähenee etäisyyden kasvaessa. Laskennan tulokset löytyvät liitteestä 2.

Laskennassa ei ole otettu huomioon asuntojen todellisia äänieristysominaisuuksia, joten todellinen pienitaajuinen melu voi olla laskettua korkeampi (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.

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

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.

Mallinnuksessa käytetty voimalatyyppi on hankekehittäjän arvion mukaan todennäköisin voimalavaihtoehto kyseiselle alueelle ja valittaessa eri voimalatyyppi, melumallinnuksen tulokset voivat muuttua.

Pienitaajuisen melun laskennassa käytettävä menetelmä käyttää oletuksena keskimääräistä talojen rakenteiden äänieristysarvoa, joten talojen eristykset voivat todellisuudessa olla joko suuremmat tai pienemmät.

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 toiminta-aikoja voidaan tarvittaessa muuttaa siten, että ohjearovot eivät ylity herkällä alueella, joskaan tälle ei meluselvityksen tulosten mukaan ole tarvetta Mastokankaan tuulivoimapuistossa.

8 Lähteet

Nordex (2014). *F008_246_A08_EN_R01_N131-3000_Third_octave*

Siemens (2014). *Standard Acoustic Emission, SWT-3.0-113, Rev. 0, Hub Height 142.50 m*

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

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

Suomen ympäristökeskus (2014). *OIVA – Ympäristö- ja paikkatietopalvelu asiantuntijoille*.

<http://www.d3.ymparisto.fi/d3/paikkatieto.htm>

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

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

Vestas (2015). *V126-3.3/3.45MW Third Octaves according to General Specification, DMS 0048-2151_V03*

Ympäristöministeriö (2012). *Tuulivoimarakentamisen suunnittelu*. Helsinki.

http://www.tuulivoimaopas.fi/files/40/Tuulivoimarakentamisen_suunnittelu.pdf

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

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

Maanmittauslaitos (2015). *Maanmittauslaitoksen avoimen tietoaaineiston lisenssi - versio 1.0 - 1.5.2012*. http://www.maanmittauslaitos.fi/avoindata_lisenssi_versio1_20120501

9 Mallinnustietojen raportti

RAPORTIN JA RAPORTOIJAN TIEDOT		*tarkentavat tiedot voi esittää kartalla tai muissa liitteissä	
Mallinnusraportin numero/tunniste:		Raportin hyväksyntäpäivämäärä: 4.3.2016	
Tekijä/organisaatio, yhteystiedot: Etha Wind Oy, Frilundintie 2 65170 VAASA, puh. 044-3809237			
Vastuuhenkilöt: Christian Granlund, Etha Wind Oy			
Laatija: Christian Granlund		Tarkastaja/hyväksyjä: Jukka Rönnlund	
MALLINNUSOHJELMAN TIEDOT			
Mallinnusohjelma ja versio: WindPRO Ver3.0.639		Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2	
TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN TIEDOT)			
Tuulivoimalan valmistaja: Nordex		Tyyppi: NI31	Sarjanumero/t:
Nimellisteho: 3,0 MW	Napakorkeus: 140 m	Roottorin halkaisija: 131 m	Tornin tyyppi: Putkitorni
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun			
Lapakulman säätö		Pyörimisnopeus	Muu, mikä
Kyllä	dB	Kyllä	dB
Ei	Ei tiedossa	Ei	Ei tiedossa

AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT							
Melupäästötiedot Nordex NI31 3.0MW 140m hh (Voimalavalmistaja on taannut kokonaismeluarvon 104.5 dBA)							
Oktaaveittain [Hz]		1/3-oktaaveittain [Hz]					
31,5	73.2	20	57.9	200	88.6	2000	92.9
63	83.0	25	63.4	250	89.6	2500	92.3
125	90.0	31,5	66.5	315	91.4	3150	91.9
250	94.8	40	71.6	400	90.7	4000	91.5
500	96.4	50	74.9	500	91.4	5000	89.4
1000	99.3	63	78.4	630	92.5	6300	84.6
2000	98.2	80	79.9	800	94.2	8000	78.6
4000	95.8	100	84.0	1000	94.8	10000	68.6
8000	85.7	125	84.6	1250	94.7		
		160	86.7	1600	94.8	Kok.	104.5
Matalataajuisen melun laskennassa lisätään 2 dBA:ä kuhunkin 1/3 oktaavikaistaan IEC 61400-14 standardin mukaisesti, jotta saadaan Lwd arvot.							
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT							
Laskenta korkeus				Laskentaruudun koko [m·m]			

4 m	Muu, mikä ja miksi:	10 m * 10 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: 2 m
Maan- ja vedenpinnan absorptio ja heijastuksen huomioiminen, käytetyt kertoimet		
ISO 9613-2		HUOM
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. Meluarvot valituissa kohteissa.

	Itäinen koord. (ETRS TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS TM35FIN)	Rakennuksen tyyppi	Ohjearvo (dBA)	Mastokangas	Mastokangas + Kopsa I-III + Ketunperä + Annankangas	Ohjearvojen ylitys
A	391170	7161694	Vakituinen asunto	40	25.6	35.1	Ei
B	391621	7162029	Vakituinen asunto	40	28.2	33.6	Ei
C	391941	7161423	Vakituinen asunto	40	28.0	35.1	Ei
D	393424	7160624	Vapaa-ajan asunto	40	29.6	34.1	Ei
E	394119	7160280	Vakituinen asunto	40	29.6	33.1	Ei
F	394808	7161261	Vapaa-ajan asunto	40	37.2	37.4	Ei
G	395037	7161362	Vapaa-ajan asunto	40	38.9	39.1	Ei
H	394224	7165301	Vakituinen asunto	40	30.1	30.7	Ei
I	396714	7164666	Vapaa-ajan asunto	40	29.8	30.3	Ei

Liite 2: Pienitaajuisten melun laskenta (lineaariset melutasot)

Asumisterveysasetuksen toimenpideraja-arvot pienitaajuiselle melulle alittuvat selvästi lähimmissä asunnoissa. Myös kauempana sijaitsevilla asunnoissa toimenpideraja-arvot alittuvat, koska pienitaajuinen melu vähenee etäisyyden kasvaessa.

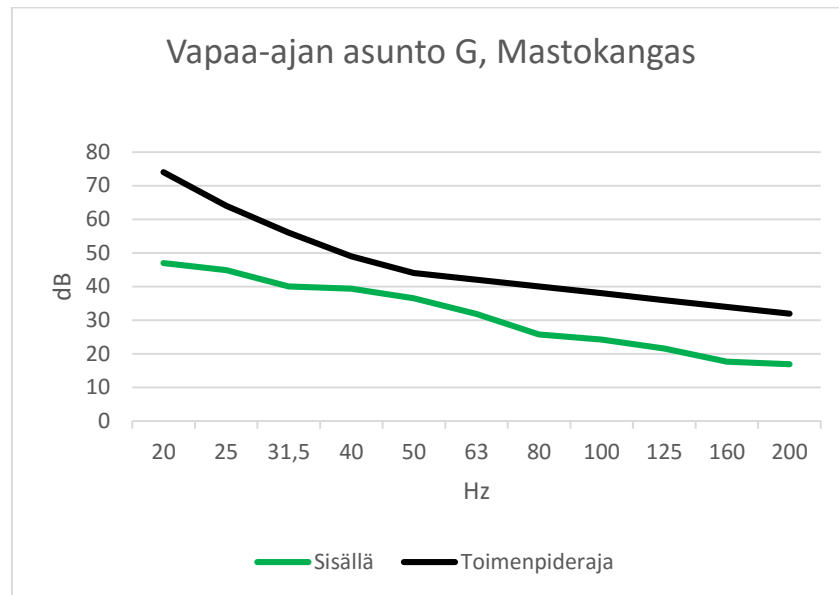
Vapaa-ajan asuntojenkin kohdalla toimenpideraja-arvot alittuvat selvästi.

Taulukko 7. Pienitaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella.

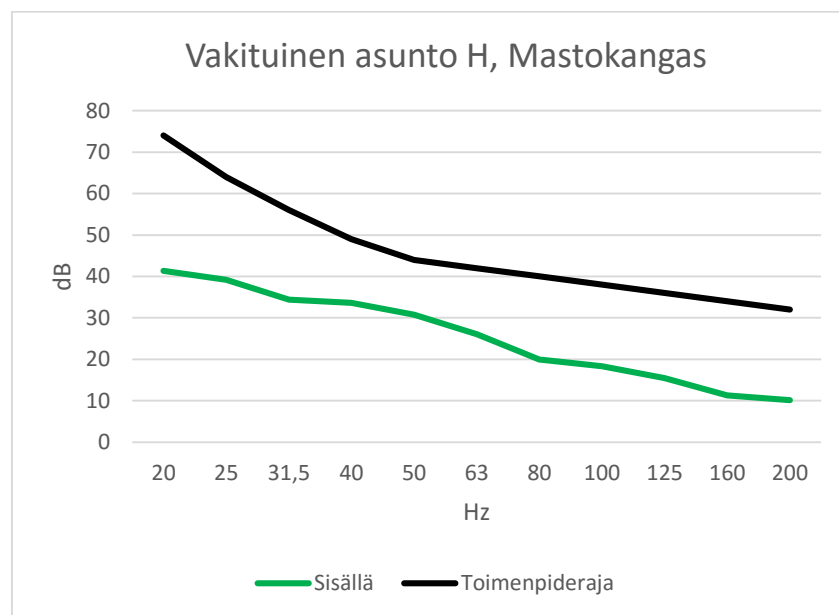
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
20	45.1	46.6	46.6	47.8	47.8	52.4	53.6	47.9	47.8
25	44.7	46.2	46.2	47.4	47.4	52.1	53.3	47.6	47.5
31,5	42.3	43.8	43.8	45.0	45.0	49.7	50.9	45.2	45.0
40	42.1	43.6	43.6	44.8	44.8	49.5	50.7	45.0	44.9
50	40.8	42.4	42.4	43.6	43.6	48.3	49.5	43.8	43.6
63	39.7	41.3	41.2	42.5	42.5	47.2	48.5	42.7	42.5
80	36.6	38.2	38.2	39.4	39.4	44.3	45.5	39.6	39.5
100	36.4	38.1	38.0	39.3	39.3	44.2	45.5	39.5	39.4
125	32.4	34.2	34.1	35.5	35.5	40.5	41.8	35.7	35.5
160	29.1	30.9	30.9	32.3	32.3	37.6	38.9	32.5	32.3
200	27.7	29.7	29.7	31.1	31.1	36.7	38.1	31.4	31.2

Taulukko 8. Pienitaajuinen melu sisätiloissa.

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
20	38.5	40.0	40.0	41.2	41.2	45.8	47.0	41.3	41.2
25	36.3	37.8	37.8	39.0	39.0	43.7	44.9	39.2	39.1
31,5	31.5	33.0	33.0	34.2	34.2	38.9	40.1	34.4	34.2
40	30.7	32.2	32.2	33.4	33.4	38.1	39.3	33.6	33.5
50	27.8	29.4	29.4	30.6	30.6	35.3	36.5	30.8	30.6
63	23.1	24.7	24.6	25.9	25.9	30.6	31.9	26.1	25.9
80	16.9	18.5	18.5	19.7	19.7	24.6	25.8	19.9	19.8
100	15.2	16.9	16.8	18.1	18.1	23.0	24.3	18.3	18.2
125	12.2	14.0	13.9	15.3	15.3	20.3	21.6	15.5	15.3
160	7.9	9.7	9.7	11.1	11.1	16.4	17.7	11.3	11.1
200	6.5	8.5	8.5	9.9	9.9	15.5	16.9	10.2	10.0



Kuva 3. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vapaa-ajan asunnossa G.



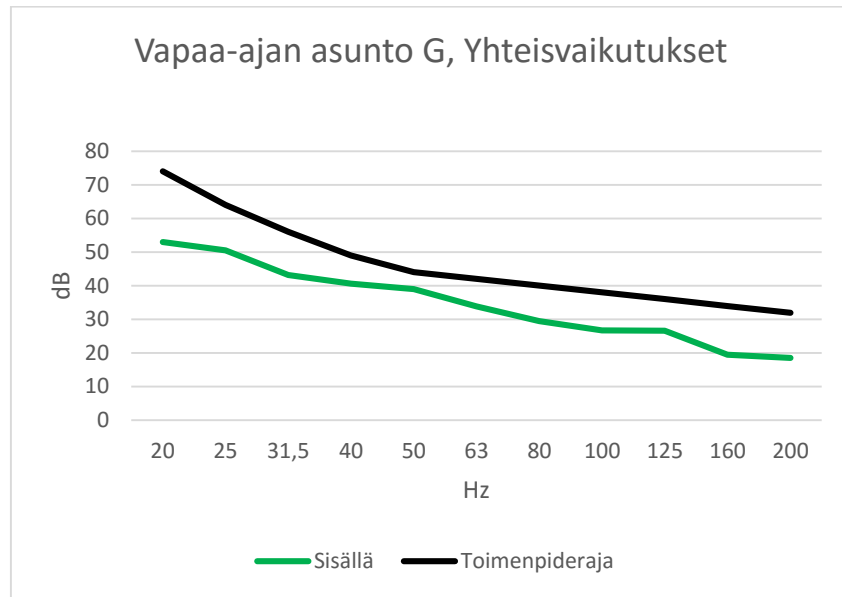
Kuva 4. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat, vakituudessa asunnossa H.

Taulukko 9. Pienitaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella, Mastokangas + Kopsa I-III, Ketunperä ja Annankangas

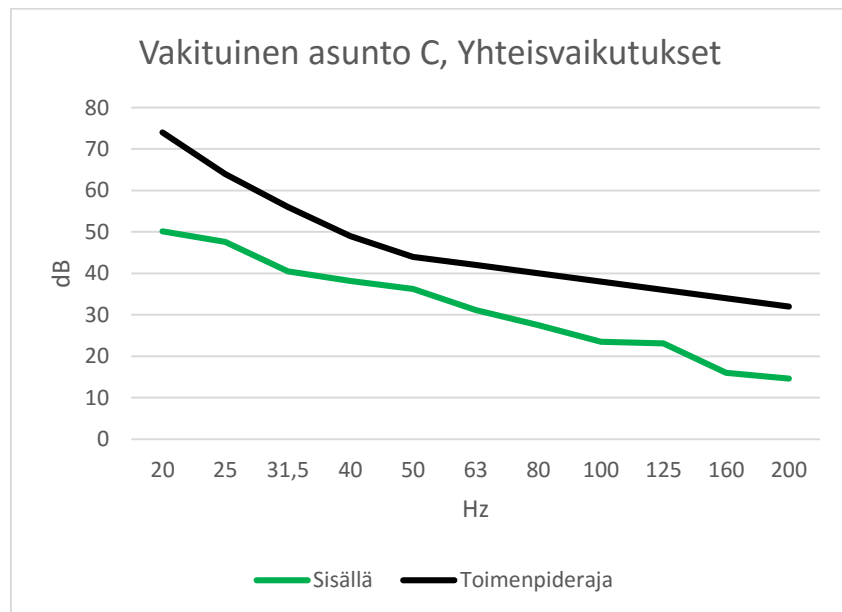
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
20	56.4	56.0	56.8	56.6	56.2	58.6	59.6	54.4	54.1
25	55.6	55.2	56.0	55.8	55.4	57.9	58.9	53.6	53.3
31,5	51.0	50.5	51.3	51.1	50.7	53.0	53.9	48.7	48.4
40	49.3	48.7	49.5	49.4	48.9	51.1	52.0	46.8	46.5
50	48.9	48.4	49.2	49.0	48.6	51.1	52.0	46.7	46.4
63	47.4	46.9	47.7	47.5	47.1	49.5	50.5	45.1	44.8
80	47.0	46.4	47.2	47.0	46.6	48.3	49.1	43.8	43.5
100	44.3	43.8	44.7	44.5	44.0	46.9	47.9	42.2	41.9
125	42.9	42.4	43.3	43.1	42.6	45.7	46.9	40.9	40.6
160	36.8	36.2	37.2	36.9	36.4	39.6	40.7	34.5	34.2
200	35.4	34.8	35.8	35.5	34.9	38.5	39.7	33.1	32.8

Taulukko 10. Pienitaajuinen melu sisätiloissa, Mastokangas + Kopsa I-III, Ketunperä ja Annankangas

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
20	49.8	49.4	50.2	50.0	49.6	52.0	53.0	47.8	47.5
25	47.2	46.8	47.6	47.4	47.0	49.5	50.5	45.2	44.9
31,5	40.2	39.7	40.5	40.3	39.9	42.2	43.1	37.9	37.6
40	37.9	37.3	38.1	38.0	37.5	39.7	40.6	35.4	35.1
50	35.9	35.4	36.2	36.0	35.6	38.1	39.0	33.7	33.4
63	30.8	30.3	31.1	30.9	30.5	32.9	33.9	28.5	28.2
80	27.3	26.7	27.5	27.3	26.9	28.6	29.4	24.1	23.8
100	23.1	22.6	23.5	23.3	22.8	25.7	26.7	21.0	20.7
125	22.7	22.2	23.1	22.9	22.4	25.5	26.7	20.7	20.4
160	15.6	15.0	16.0	15.7	15.2	18.4	19.5	13.3	13.0
200	14.2	13.6	14.6	14.3	13.7	17.3	18.5	11.9	11.6



Kuva 3. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vapaa-ajan asunnossa G, Mastokangas + Kopsa I-III, Ketunperä ja Annankangas



Kuva 4. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vakituudessa asunnossa C, Mastokangas + Kopsa I-III, Ketunperä ja Annankangas

Liite 3: Voimaloiden sijainnit

Taulukko 11. Mastokankaan voimaloiden sijaintitiedot.

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35- FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35- FIN)	Kokonaisäänen- voimakkuus [dB(A)]	Tuulivoimalatyyppi
1	394933	7162536	104.5	Nordex N131 3.0MW
2	394163	7162552	104.5	Nordex N131 3.0MW
3	393484	7162793	104.5	Nordex N131 3.0MW
4	393238	7163306	104.5	Nordex N131 3.0MW
5	393725	7163354	104.5	Nordex N131 3.0MW
6	394402	7163300	104.5	Nordex N131 3.0MW
7	395037	7163466	104.5	Nordex N131 3.0MW
8	395625	7162972	104.5	Nordex N131 3.0MW
9	396540	7162580	104.5	Nordex N131 3.0MW
10	396327	7162024	104.5	Nordex N131 3.0MW
11	395953	7161598	104.5	Nordex N131 3.0MW
12	395373	7161954	104.5	Nordex N131 3.0MW
13	394728	7162942	104.5	Nordex N131 3.0MW
14	395854	7162321	104.5	Nordex N131 3.0MW

Taulukko 12. Kopsa III voimaloiden sijaintitiedot.

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35- FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35- FIN)	Kokonaisäänen- voimakkuus [dB(A)]	Tuulivoimalatyyppi
A	390052	7157185	108.5	VESTAS V126-3.3 MW clean blade
B	387966	7157708	108.5	VESTAS V126-3.3 MW clean blade
C	388517	7157203	108.5	VESTAS V126-3.3 MW clean blade
D	389086	7156698	108.5	VESTAS V126-3.3 MW clean blade
E	389515	7156168	108.5	VESTAS V126-3.3 MW clean blade
F	390284	7155681	108.5	VESTAS V126-3.3 MW clean blade

Taulukko 13. Kopsa I voimaloiden sijaintitiedot.

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35- FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35- FIN)	Kokonaisäänen- voimakkuus [dB(A)]	Tuulivoimalatyyppi
1	390640	7160549	105.5	SIEMENS SWT 3.0MW-113
2	391103	7160091	105.5	SIEMENS SWT 3.0MW-113
3	391473	7159718	105.5	SIEMENS SWT 3.0MW-113
4	391821	7159299	105.5	SIEMENS SWT 3.0MW-113
5	391987	7158799	105.5	SIEMENS SWT 3.0MW-113
6	392150	7158339	105.5	SIEMENS SWT 3.0MW-113

7	392323	7157785	105.5	SIEMENS SWT 3.0MW-113
---	--------	---------	-------	-----------------------

Taulukko 14. Kopsa II voimaloiden sijaintitiedot.

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35- FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35- FIN)	Kokonaisäänen- voimakkuus [dB(A)]	Tuulivoimalatyyppi
8	389461	7159705	106.0	VESTAS V126-3.3 MW serrated blade
9	389805	7159232	106.0	VESTAS V126-3.3 MW serrated blade
10	390171	7158776	106.0	VESTAS V126-3.3 MW serrated blade
11	388855	7159015	106.0	VESTAS V126-3.3 MW serrated blade
12	389368	7158525	106.0	VESTAS V126-3.3 MW serrated blade
13	389716	7158118	106.0	VESTAS V126-3.3 MW serrated blade
14	390465	7156691	106.0	VESTAS V126-3.3 MW serrated blade
15	390903	7156238	106.0	VESTAS V126-3.3 MW serrated blade
16	391889	7156139	106.0	VESTAS V126-3.3 MW serrated blade
17	392506	7156693	106.0	VESTAS V126-3.3 MW serrated blade

Taulukko 15. Ketunperän voimaloiden sijaintitiedot.

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35- FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35- FIN)	Kokonaisäänen- voimakkuus [dB(A)]	Tuulivoimalatyyppi
1	382882	7162931	108.5	VESTAS V126-3.3 MW clean blade
2	383213	7162350	108.5	VESTAS V126-3.3 MW clean blade
3	383711	7162151	108.5	VESTAS V126-3.3 MW clean blade
4	381935	7162566	108.5	VESTAS V126-3.3 MW clean blade
5	382250	7162070	108.5	VESTAS V126-3.3 MW clean blade
6	382564	7161635	108.5	VESTAS V126-3.3 MW clean blade

Taulukko 16. Annankankaan voimaloiden sijaintitiedot.

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35- FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35- FIN)	Kokonaisäänen- voimakkuus [dB(A)]	Tuulivoimalatyyppi
1	393074	7153135	108.5	VESTAS V126-3.3 MW clean blade
2	393825	7153112	108.5	VESTAS V126-3.3 MW clean blade
3	394496	7153543	108.5	VESTAS V126-3.3 MW clean blade
4	395214	7153918	108.5	VESTAS V126-3.3 MW clean blade
5	395046	7154366	108.5	VESTAS V126-3.3 MW clean blade
6	394618	7152882	108.5	VESTAS V126-3.3 MW clean blade
7	395306	7153145	108.5	VESTAS V126-3.3 MW clean blade
8	395722	7152880	108.5	VESTAS V126-3.3 MW clean blade
9	395222	7152350	108.5	VESTAS V126-3.3 MW clean blade
10	395446	7151987	108.5	VESTAS V126-3.3 MW clean blade