



MELUSELVITYS

TUULIVOIMAPUISTO MASTBACKA

Sisällysluettelo

1	Yhteenveto	3
2	Tausta.....	4
3	Melu.....	4
3.1	Yleistä.....	4
3.2	Melun muodostuminen.....	4
4	Melun ohjeavot	5
4.1	Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjeavoista.....	5
4.2	Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat	6
5	Lähtötiedot ja menetelmät.....	6
5.1	Lähtötiedot.....	6
5.2	Menetelmät.....	7
6	Arvioidut meluvaikutukset	8
6.1	Nykytilanne	8
6.2	Rakentamisen aikaiset vaikutukset	9
6.3	Toiminnan aikaiset vaikutukset	9
6.4	Pienitaajuinen melu.....	10
6.5	Käytön lopettamisen aikaiset vaikutukset.....	10
6.6	Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät	10
7	Haittojen ehkäiseminen ja seuranta	10
8	Lähteet.....	12
9	Mallinnustietojen raportti	13
	Liite 1: Melumallinnuksen tulokset: Mastbacka.....	15
	Liite 2: Pienitaajuisen melun laskenta	16
	Liite 3: Sijoitussuunnitelma.....	18

Versiohistoria

Versio, Päivämäärä	Tekijä	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
2020-01-23	ArM	CKk	CGr	Mastbackan tuulivoimapuiston meluserveys

1 Yhteenveto

- Tehtävä:** Meluseelvitys Mastbackan tuulivoimapuiston vaikutusalueella.
- Työmenetelmät:** Meluseelvitykseen 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). 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.
- 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 Mastbackan tuulivoimapuistolle Pedersören kunnan alueella. Suunniteltu hanke koostuu yhteensä 6 tuulivoimalasta. Meluselvitys on osa hankkeen vaikutusten arviointia kaavoitusvaiheessa. Melumallinnuksessa on käytetty N149 4.5 MW -voimalan lähtötietoja. Mallinnuksessa voimaloiden napakorkeus oli 205,5 metriä ja äänitehotaso 106,1 dB(A). Mallinnuksessa käytettiin Nordexin maaliskuussa 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

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 huomioda, 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. Oleellimmat tekijät äänen leviämisen kannalta ovat kuitenkin lähtömelutaso, 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 (noin vuosi) ja tilapäisiä suhteessa tuulivoimaloiden elinkaareen (noin 25 vuotta). Lisäksi rakentamisen meluhaitat ajoittuvat päiväaikaan eikä yöajan meluhaittaa synny rakennusvaiheessa.

Seuraavassa taulukossa on vertailuarvoja äänenvoimakkuusarvojen suhteesta.

Taulukko 1. Vertailutaulukko absoluuttisista äänenvoimakkuuksista

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

4 Melun ohjeavot

4.1 Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjeavoista

Asetuksessa säädetään toimivien tuulivoimaloiden aiheuttaman laskennallisen tai mitatun melutason ohjeavot. Melulle altistuvalla alueella melutaso ei saa ulkona ylittää seuraavassa taulukossa lueteltuja A-taajuuspainotetun keskiäänitason ohjeavoja. 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 pieni- eli matalataajuuden sisämelun toimenpiderajat on esitetty alla.

Taulukko 3. Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat yöaikaiselle pienitaajuudelle 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 inihäiriötä, on toimenpiderajana nukkumiseen käytettävissä tiloissa yöaikaan (klo 22-7) yhden tunnin keskiäänitaso $L_{Aeq, 1h}$ 25 dB. Lisäksi on huomioitava melun erityisominaisuudet eli mahdolliset kapeakaistaisuus- ja impulssimaisuuskorjaukset. Asetus sisältää toimenpiderajat pienitaajuudelle 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 äänieristuksen 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. Tämän takuuarvon tuulivoimalavalmistaja on arvioinut äänimittausten, roottorikoon ja tuulivoimalan toimintaperiaatteiden perusteella.

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

Mallinnuksessa käytetty voimalatyyppe on mainittu alla.

Taulukko 4. Hankkeiden voimalatiedot

Hankealue	Voimalat	Voimalan tornin korkeus (m)	Voimalan äänitehotaso (L _{wa})	1/3 oktaavikaistoittainen äänispektri
Mastbacka	N149 4.5MW	205,5	106,1	Käytössä

Mallinnuksessa käytettyä kokonaisäänitehoa voidaan pitää korkeana, kun otetaan huomioon tuulivoimaloiden viimeaikainen tekninen kehitys. Vaikka lopullisesti valittava voimalamalli ja sen äänitekniset tiedot eivät vielä ole tiedossa, antaa toteutettu melumallinnus luotettavan kuvan hankkeen kokonaisvaikutuksista. Rakennuslupamenettelyn yhteydessä varmistetaan lopullisesti, että valittu voimalamalli ja hanke täyttää meluvaatimukset.

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

Lähtötiedot	
Maaston vaikutus melun etenemiseen, kerroin	0,4
Vesistöjen vaikutus melun etenemiseen, kerroin	0,0
Tarkastelupisteen korkeus (metriä maanpinnan yläpuolella)	4 m
Ilman lämpötila	15°C
Ilman suhteellinen kosteus	70 %

Alueen korkeustietona on käytetty Maanmittauslaitoksen kahden metrin korkeusmallia ja alueen maanpeitteisyys on Suomen ympäristökeskuksen OIVA-tietokannasta. Maaston vaimentava vaikutus on huomioitu ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisella kertoimella 0,4. Rakennustiedot perustuvat Maanmittauslaitoksen maastotietokantaan.

Laskennassa on otettu lähtökohdaksi voimalan tuottama äänenvoimakkuus ja tämän pohjalta on mallinnettu äänen vaimeneminen (geometrinen vaimeneminen sekä ilmakehän vaimentava vaikutus) koko tuulivoimapuiston alueella. Mallinnuksessa on oletettu, että kaikki asunnot ovat tuulen alapuolella kaikkiin voimaloihin nähden ja tuulennopeus 10 metrin korkeudella maan pinnasta on 8 m/s. Alueelta valittiin 10 havainnointipistettä, joiden kohdalta voimaloiden aiheuttamat äänenvoimakkuudet ilmoitetaan.

5.2 Menetelmät

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

Melumallinnusta 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 ylitä valituissa havainnointipisteissä eikä korjauksia ole tehty. Jos ääni on erityisen häiritsevää eli kapeakaistaista tai impulssimaista, lisätään laskenta- tai mittaustuloksiin 5 dB ennen asetuksen ohjearvoon vertaamista. Tässä mallinnuksessa laskentatuloksiin ei ole tarvetta lisätä sanktiota, koska lähtötiedoissa ei äänen erityispiirteitä havaittu.

Ympäristöministeriön ohjeessa (2/2014) mainitaan äänivaikutuksiin liittyvä ilmö, Amplitudimodulaatio (EAM, excessive amplitude modulation). Esiintyessään ilmiö aiheuttaa sen, että äänenvoimakkuuden merkittävät jaksottaiset vaihtelut lisäävät melun häiritsevyyttä. Amplitudimodulaatio on paikallisista olosuhteista ja 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. 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

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

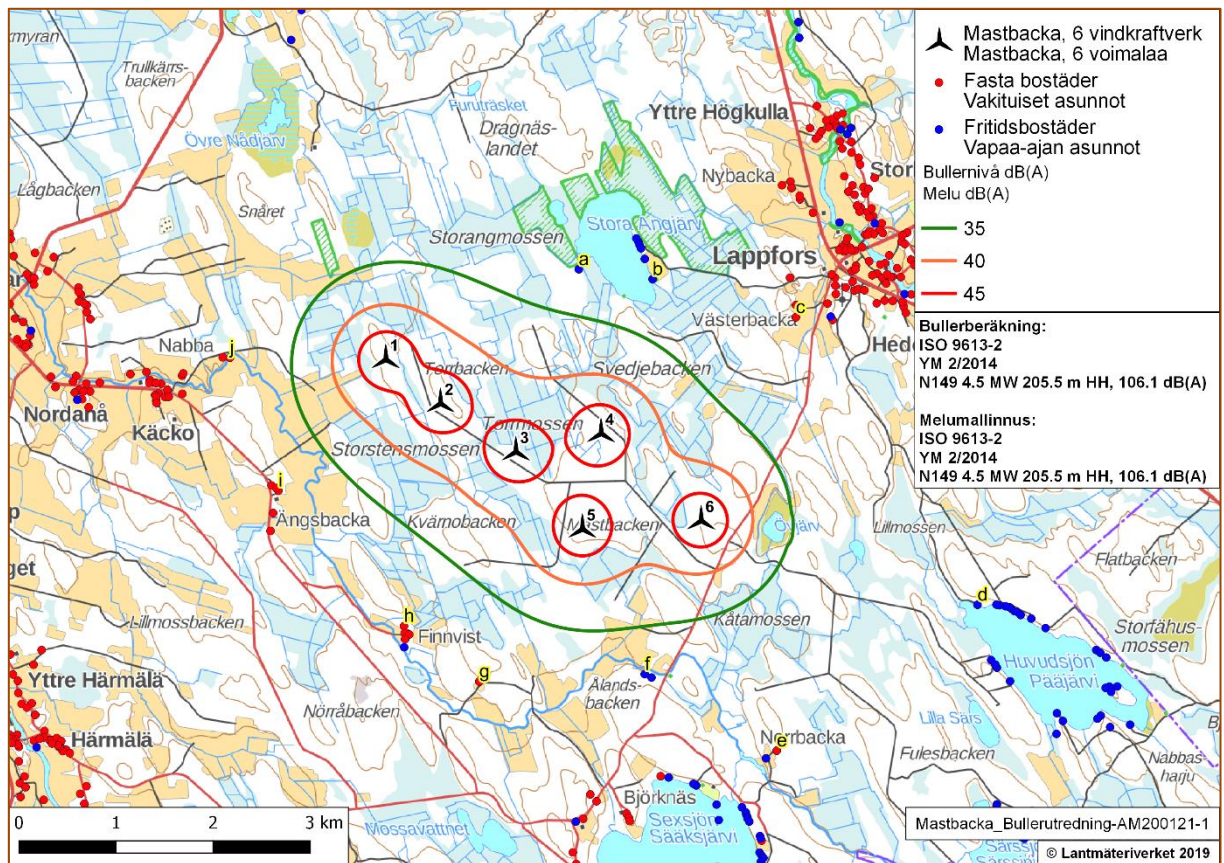
6.2 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

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 Mastbackan tuulivoimaloille käytettiin N149 4.5 MW -tuulivoimalan äänitietoja. Tuulivoimalan kokonaisäänitaso on 106,1 dB(A) ja napakorkeus 205,5 metriä. Melumallinnuksessa on käytetty 6 voimalan sijoitussuunnitelmaa. Voimaloiden koordinaatit löytyvät liitteestä 3.



Kuva 6-1. Mastbackan tuulivoimapuiston melumallinnus, N149 4.5 MW 106,1 dB(A). Kuvassa 10 havainnointipistettä on merkitty kirjaimilla.

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

Tulosten perusteella voidaan todeta, että Mastbackan tuulivoimaloiden meluvaikutukset ovat melko vähäiset. Äänitaso lähimpien asuinrakennusten ja loma-asuntojen alueella on alle 35

dB(A) eli selvästi alle valtioneuvoston asetuksen mukaisen ohjearvon. Korkein äänitaso alueen lähialueella sijaitsevan havaintopisteen alueella on 32,2 dB(A) (loma-asunto A). Alueen asutus sijoittuu pääosin Angjärven, Lappforsin ja Käckon (Purmssa sijaitseva asuinalue) alueille. Näillä alueilla melutaso on matala, noin 27–32 dB(A). Alueen pohjoispuolella sijaitsee luonnonsuojelualueita, erityisesti Astora Angjärven alueella. Luonnonsuojelualueilla laskennallinen melutaso on niin ikään matala, alle 35 dB(A).

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 (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 Mastbackan 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 päättämillä mallinnuksen lähtötiedoilla, jotka ympäristöministeriö on julkaissut.

7 Haittojen ehkäiseminen ja seuranta

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

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

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

Melumallinnusten perusteella valtioneuvoston asetuksen ohjearvoja sekä STM:n antamia sisätilojen pienitaajuisen melun ohjearvoja ei ylitetä.

8 Lähteet

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

Etha Wind (2018) 01-Noise-CGYK141220-1-Rev4. Internal work description.

Maanmittauslaitos (2019). Maanmittauslaitoksen avoimen tietoaaineiston CC 4.0 -lisenssi. <http://www.maanmittauslaitos.fi/asioi-verkossa/avoimien-aineistojen-tiedostopalvelu>

Nordex (2018). Third octave sound power levels Nordex N149/4.0-4.5. F008_270_A17_EN.

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>

Nordex (2018). *N149/4.0-4.5 Third octave sound power levels, F008_270_A17_EN*

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

Ympäristöministeriö (2016). Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/79057>

Ympäristöministeriö (2018). Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä. <https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B2852D34E-DA43-4DCA-9CEE-47DBB9EFCB08%7D/138568>

9 Mallinnustietojen raportti

RAPORTIN JA RAPORTOIJAN TIEDOT		*tarkentavat tiedot voi esittää kartalla tai muissa liitteissä					
Mallinnusraportin numero/tunniste:		Raportin hyväksyntäpäivämäärä: 23.01.2020					
Tekijä/organisaatio, yhteystiedot: Etha Wind Oy, Kirkkopuistikko 4, 65100 Vaasa, puh. 044-3809237							
Vastuhenkilöt Arina Makarova, Etha Wind Oy							
Laatija: Arina Makarova				Tarkastaja/hyväksyjä: Christian Granlund			
MALLINNUSOHJELMAN TIEDOT							
Mallinnusohjelma ja versio: WindPRO Ver3.2				Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2			
TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN TIEDOT)							
Tuulivoimalan valmistaja: Vestas				Tyyppi: N149		Sarjanumero/t:	
Nimellisteho: 4.5 MW		Napakorkeus: 205.5 m		Roottorin halkaisija: 149.0 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 Nordex N149 4,5 MW 205,5 m HH (Tuulivoimalavalmistajan ilmoittama takuuarvo: serrated blades 106,1 dB(A)).							
<p>Nordex N149, 205,5 m HH 106,1 dB(A)</p> <p style="text-align: center;">■ 1/3 oktaavi [Hz]</p>							
Melun erityispiirteiden mittaustulos ja havainnot:							
Kapeakaistaisuus / Tonaalisuus		Impulssimaisuus		Merkityksellinen sykiä (amplitudi-modulaatio)		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: Mastbacka

Taulukko 6. Mastbackan mallinnuksen meluarvot valituissa kohteissa

Havainnointipiste	Luokka	Itäinen Koord. (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS-TM35FIN)	Ohjearvo (dBA)	Melu [dBA]	Ohjearvojen ylitys
a	Vapaa-ajan asunto	307627	7049347	40	32.2	Ei
b	Vapaa-ajan asunto	308388	7049245	40	31.9	Ei
c	Vakituinen asunto	309863	7048853	40	28.2	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	311735	7045893	40	23.1	Ei
e	Vakituinen asunto	309667	7044392	40	25.7	Ei
f	Vapaa-ajan asunto	308307	7045179	40	31.7	Ei
g	Vakituinen asunto	306602	7045103	40	29.8	Ei
h	Vakituinen asunto	305827	7045674	40	30.2	Ei
i	Vakituinen asunto	304034	7048436	40	30.1	Ei
j	Vakituinen asunto	304533	7047068	40	30.7	Ei

Liite 2: Pienitaajuisten melun laskenta

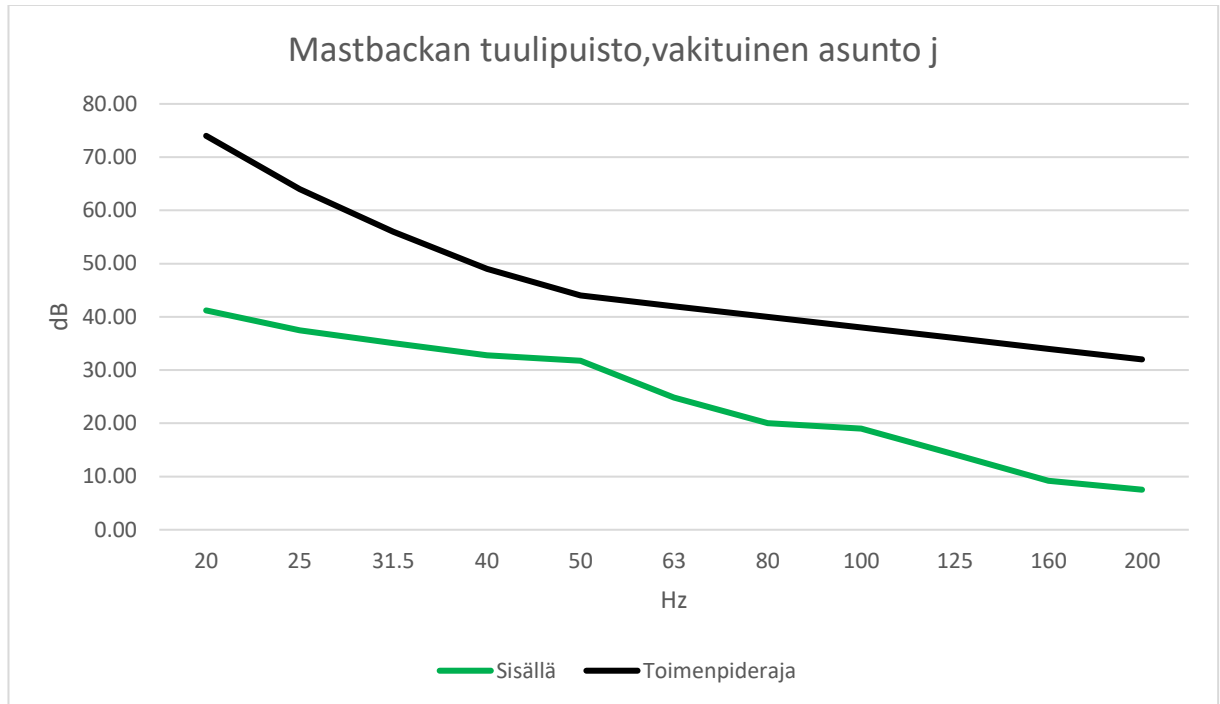
Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle alittuvat lähimmissä asunnoissa. Myös kauempana sijaitsevilla asunnoilla toimenpiderajat alittuvat, koska pienitaajuinen melu vähenee etäisyyden kasvaessa. Vapaa-ajan asuntojenkin kohdalla toimenpiderajat alittuvat.

Taulukko 7. Pienitaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella

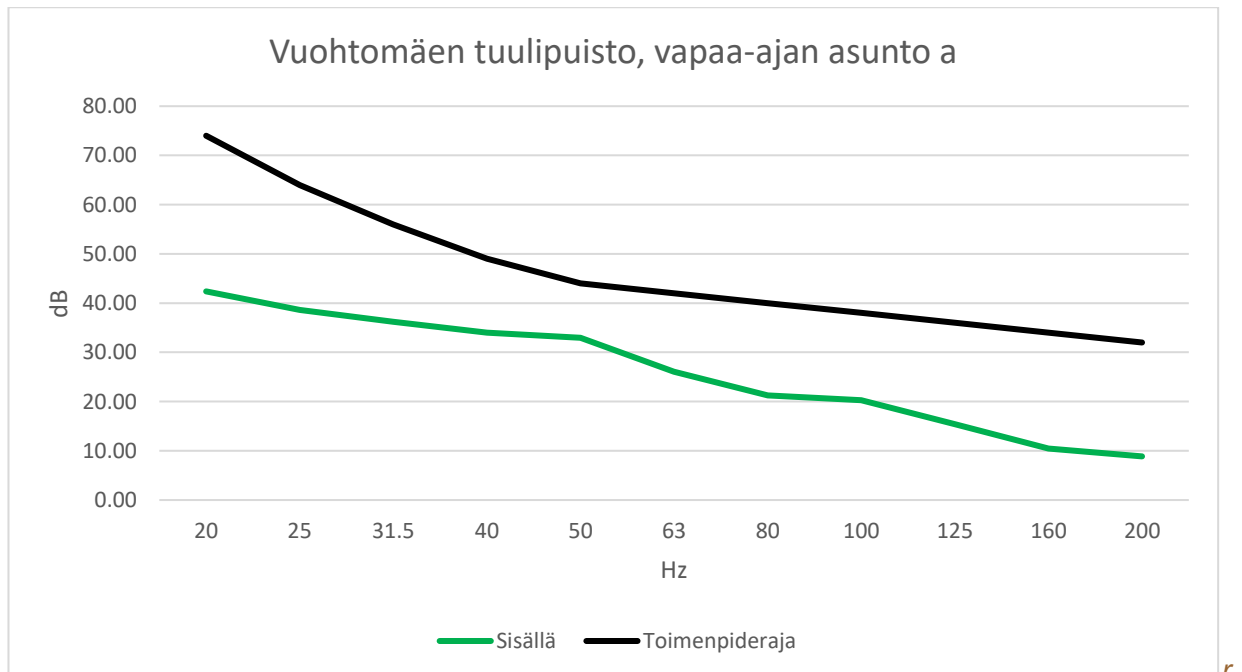
Taa-juus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
20	48.98	48.29	46.23	42.80	44.51	48.41	47.32	47.69	47.11	47.80
25	47.04	46.34	44.27	40.82	42.54	46.47	45.37	45.74	45.17	45.85
31,5	47.02	46.32	44.24	40.78	42.51	46.45	45.35	45.72	45.14	45.83
40	45.38	44.67	42.59	39.09	40.84	44.81	43.70	44.07	43.49	44.18
50	45.93	45.23	43.13	39.61	41.37	45.36	44.24	44.62	44.04	44.74
63	42.65	41.94	39.81	36.24	38.04	42.08	40.94	41.32	40.75	41.44
80	40.94	40.22	38.07	34.44	36.27	40.37	39.22	39.60	39.03	39.73
100	41.46	40.72	38.52	34.76	36.66	40.88	39.69	40.08	39.51	40.22
125	35.58	34.83	32.55	28.63	30.62	35.00	33.76	34.16	33.60	34.32
160	31.69	30.90	28.51	24.36	26.48	31.10	29.78	30.20	29.66	30.39
200	30.06	29.24	26.71	22.25	24.56	29.48	28.06	28.50	27.98	28.72

Taulukko 8. Pienitaajuinen melu sisätiloissa

Taa-juus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
20	42.38	41.69	39.63	36.20	37.91	41.81	40.72	41.09	40.51	41.20
25	38.64	37.94	35.87	32.42	34.14	38.07	36.97	37.34	36.77	37.45
31,5	36.22	35.52	33.44	29.98	31.71	35.65	34.55	34.92	34.34	35.03
40	33.98	33.27	31.19	27.69	29.44	33.41	32.30	32.67	32.09	32.78
50	32.93	32.23	30.13	26.61	28.37	32.36	31.24	31.62	31.04	31.74
63	26.05	25.34	23.21	19.64	21.44	25.48	24.34	24.72	24.15	24.84
80	21.24	20.52	18.37	14.74	16.57	20.67	19.52	19.90	19.33	20.03
100	20.26	19.52	17.32	13.56	15.46	19.68	18.49	18.88	18.31	19.02
125	15.38	14.63	12.35	8.43	10.42	14.80	13.56	13.96	13.40	14.12
160	10.49	9.70	7.31	3.16	5.28	9.90	8.58	9.00	8.46	9.19
200	8.86	8.04	5.51	1.05	3.36	8.28	6.86	7.30	6.78	7.52



Kuva 4. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosi-aali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vakituuisessa asunnossa j.



Kuva 5. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosi-aali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vapaa-ajan asunnossa a.

Liite 3: Sijoitussuunnitelma

Voimaloiden sijainnit on esitetty alla olevassa taulukossa.

Taulukäko 9. Mastbackan voimaloiden sijaintitiedot

Voimala	Itäinen koord. (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS-TM35FIN)
1	305638	7048424
2	306201	7047971
3	306978	7047474
4	307855	7047662
5	307663	7046679
6	308886	7046764