



MELUSELVITYS

MAANINKA

Sisällysluettelo

1	Yhteenveto	4
2	Tausta.....	5
3	Melu.....	5
3.1	Melun muodostuminen.....	5
4	Melun ohjearvot	7
4.1	Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista	7
4.2	Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat	7
5	Lähtötiedot ja menetelmät.....	8
5.1	Lähtötiedot.....	8
5.2	Menetelmät	9
6	Arvioidut meluvaikutukset	10
6.1	Nykytilanne	10
6.2	Rakentamisen aikaiset vaikutukset	10
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, Maaninka.....	15
	Liite 1: Melumallinnuksen tulokset, Maaninka	17
	Liite 2: Pienitaajuisen melun laskenta, Maaninka (lineaariset melutasot)	18
	Liite 3: Sijoitussuunnitelma.....	20

Versiohistoria

Versio	Tekijä	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
Ver 1	CGr, 2018-04-20	JRd	JRd	Maaninnan tuulivoimapuiston meluselvitys

1 Yhteenveto

- Tehtävä:** Meluselvitys Maaningan tuulivoimapuiston vaikutusalueella.
- Työmenetelmät:** Meluselvitykseen on kerätty tietoa tuulivoimaloiden melun ominaispiirteistä, melun ohjearvoista, paikallisista olosuhteista sekä mallinnusmenetelmistä. Pääasiallisena laskentatyökaluna on käytetty WindPRO Ver3.1 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

Tämä meluselvitys on tehty Maaningan alueelle suunnitellulle tuulivoimapuistolle Kuusamon kunnan alueella. Suunniteltu tuulivoimapuisto on kokonaisuudessaan 54 voimalan laajuinen. Melumallinnus on tehty Nordex N131 3,0MW voimalalla, jonka napakorkeus on 184,5 metriä.

Tämä selvitys on tehty ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti (Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014 Tuulivoimaloiden melun mallintaminen) WindPRO Ver3.1 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 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.

3.1 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 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 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	40 dB	40 dB

4.2 Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat

Sosiaali- ja terveysministeriön vuoden 2015 Asumisterveysasetuksessa määrittelemät yöaikaisen pieni- eli matalataajuisen 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
$L_{eq, 1h}$ / 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 määriteltyjä, 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. Maaninnan tapauksessa äänitehotasot on ilmoitettu 1/3 oktaavikaistoittain.

Mallinnuksessa käytetty voimalatyyppi on mainittu alla.

Taulukko 4. Hankkeiden voimalatiedot

Hankealue	Suunnittelu-vaihe	Voimalat	Voimalan tornin korkeus (m)	Voimalan äänitehotaso (L _{wa})	1/3 oktaavikaistoittainen äänispektri
Maaninka	Kaavoitus	N131 3.0MW	184.5	104.5/101.5 dB(A) ¹	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

¹ Neljälle voimalalle käytettiin äänitehotasoa 101.5 dB(A) (serrated blades) ja muille 50 voimalalle äänitehotasoa 104.5 dB(A) (clean blades). Voimalat lueteltu liitteessä 3.

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 tapauksessa korkeuserot eivät ylity 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.

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.

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

6.1 Nykytilanne

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

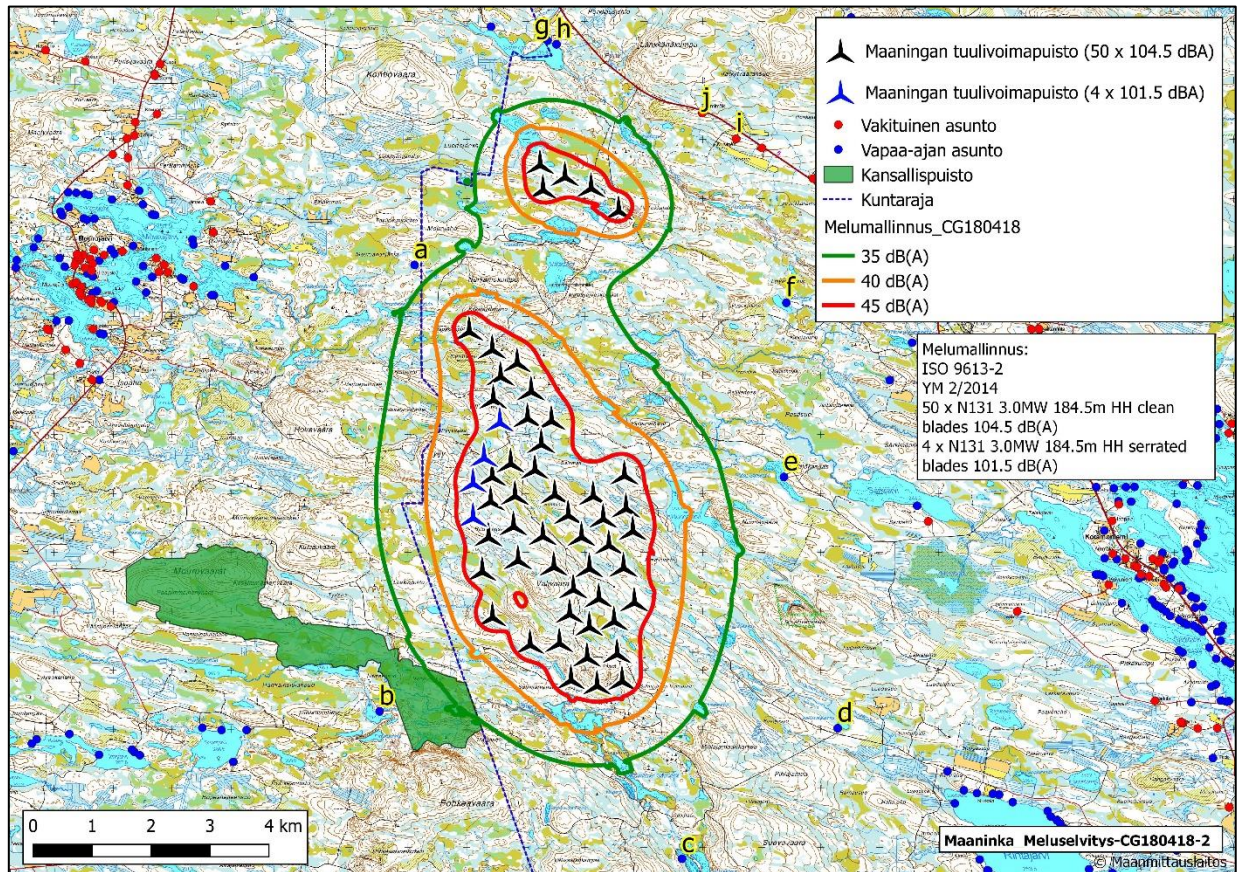
6.2 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

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

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

6.3 Toiminnan aikaiset vaikutukset

Maanigan melumallinnuksessa on käytetty Nordexin N131 3.0 MW clean blades voimalaa, jonka kokonaisäänitaso on 104,5 dB(A) ja napakorkeus 184,5 metriä (kuva 2). Neljälle voimalalle on käytetty serrated blades voimalavaihtoehtoa, jonka kokonaisäänitaso on 101.5 dB(A).



Kuva 2. Maaningan tuulivoimapaiston melumallinnus. Kuvassa 10 havainnointipistettä on merkitty kirjaimilla.

Melumallinnuksen 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.

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

Noin 1,5 km etäisyydellä tuulivoimapaistosta sijaitsee Riisitunturin kansallispuisto. Melutasot kansallispuiston alueella alittavat selvästi 45 dB(A):n raja-arvot.

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

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 asunnoilla 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 Maaningan 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

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

7 Haittojen ehkäiseminen ja seuranta

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

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

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

Melumallinnusten perusteella valtioneuvoston asetuksen ohjearvoja sekä STM:n antamia sisätilojen pienitaajuuden 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 (2016) *01-Noise-CGYK141220-1-Rev3*. Internal work description.

Maanmittauslaitos (2018). 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 (2018). *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>

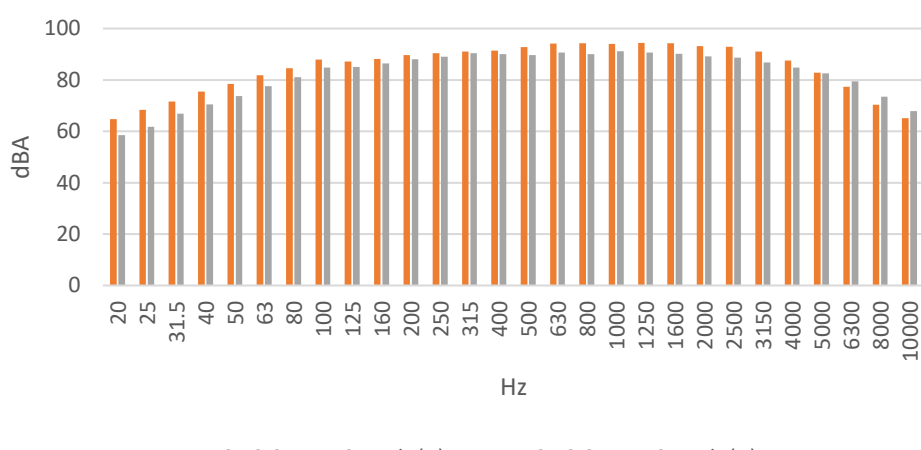
Nordex (2016). *Third octave sound power levels Nordex N131/3000 Serrated Trailing Edge – Operational Modes. F008_263_A18_EN_R00*

Nordex (2015). *Third octave sound power levels Nordex N131/3000 – Operational Modes. F008_246_A17_EN*

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, Maaninka

RAPORTIN JA RAPORTOIJAN TIEDOT		*tarkentavat tiedot voi esittää kartalla tai muissa liitteissä	
Mallinnusraportin numero/tunniste:		Raportin hyväksyntäpäivämäärä: 20.4.2018	
Tekijä/organisaatio, yhteystiedot: Etha Wind Oy, Kirkkopuistikko 4, 65100 Vaasa, puh. 044-3809237			
Vastuuhenkilöt Christian Granlund, Etha Wind Oy			
Laatija: Christian Granlund		Tarkastaja/hyväksyjä: Jukka Rönnlund	
MALLINNUSOHJELMAN TIEDOT			
Mallinnusohjelma ja versio: WindPRO Ver3.1		Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2	
TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN TIEDOT)			
Tuulivoimalan valmistaja: Nordex		Tyyppi: N131	Sarjanumero/t:
Nimellisteho: 3,0 MW	Napakorkeus: 184,5 m	Roottorin halkaisija: 131,0 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 N131 3,0 MW, 184,5m HH (Tuulivoimalavalmistajan ilmoittama takuuarvo: clean blades 104,5 dB(A) ja serrated blades 101,5 dB(A)).			
Melupäästötiedot 1/3-oktaaveittain  ■ N131 3.0MW 104.5 dB(A) ■ N131 3.0MW 101.5 dB(A)			
Pienitaajuuden melun laskennassa lisätään 2 dBA:ä kuhunkin 1/3 oktaavikaistaan IEC 61400-14 standardin mukaisesti, jotta saadaan Lwd arvot.			
Melun erityispiirteiden mittaust ja havainnot:			
Kapeakaistaisuus / Tonaali-	Impulssimaisuus	Merkityksellisen sykinä (amplitudi-)	Muu, Mikä:
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 absorption ja heijastuksen huomioiminen, käytetyt kertoimet			
ISO 9613-2			
Vesialueet, (0) / (G)	0		
Maa-alueet, (0,4) / (A-D/E-F)	0,4		
Maa-alueet, (0) / (G)			
Ilmakehän stabiilius laskennassa/meteorologinen korjaus			
Neutraali, (0): kyllä		Muu, mikä ja miksi:	
Voimalan äänen suuntaavuus ja vaimentuminen			
Vapaa avaruus		Muu, mikä, miksi:	
Melulle altistuvat asukkaat ja kohteet, lkm (ilman meluntorjuntaa/voimalan ohjausta)			
Asukkaat: 0 kpl	Vapaa-ajan rakennukset: 0 kpl	Hoito- ja oppilaitokset: 0 kpl	
Melulle altistuvat asukkaat ja kohteet, lkm (meluntorjunta/voimalan ohjaus huomioiden)			
Asukkaat: 0 kpl	Vapaa-ajan rakennukset: 0 kpl	Hoito- ja oppilaitokset: 0 kpl	
Melun leviäminen virkistys- tai luonnonsuojelualueille			
Virkistysalueet: 0 kpl		Luonnonsuojelualueet: 0 kpl	

Liite 1: Melumallinnuksen tulokset, Maaninka

Taulukko 6. Maaninnan mallinnuksen meluarvot valituissa kohteissa

Havannointi-piste	Luokka	Itäinen Koord. (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS-TM35FIN)	Ohjearvo (dBA)	Melu [dBA]	Ohjearvo- jen ylitys
a	Vapaa-ajan asunto	569111	7361875	40	33.5	Ei
b	Vapaa-ajan asunto	568519	7354304	40	30.3	Ei
c	Vapaa-ajan asunto	573647	7351805	40	27.3	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	576289	7354018	40	26.7	Ei
e	Vapaa-ajan asunto	575377	7358278	40	30.9	Ei
f	Vapaa-ajan asunto	575417	7361230	40	27.7	Ei
g	Vapaa-ajan asunto	571367	7365677	40	29.7	Ei
h	Vapaa-ajan asunto	571518	7365614	40	29.9	Ei
i	Vakituinen asunto	574567	7364014	40	27.8	Ei
j	Vakituinen asunto	573993	7364450	40	28.8	Ei

Liite 2: Pienitaajuisten melun laskenta, Maaninka (painottamattomat melutasot)

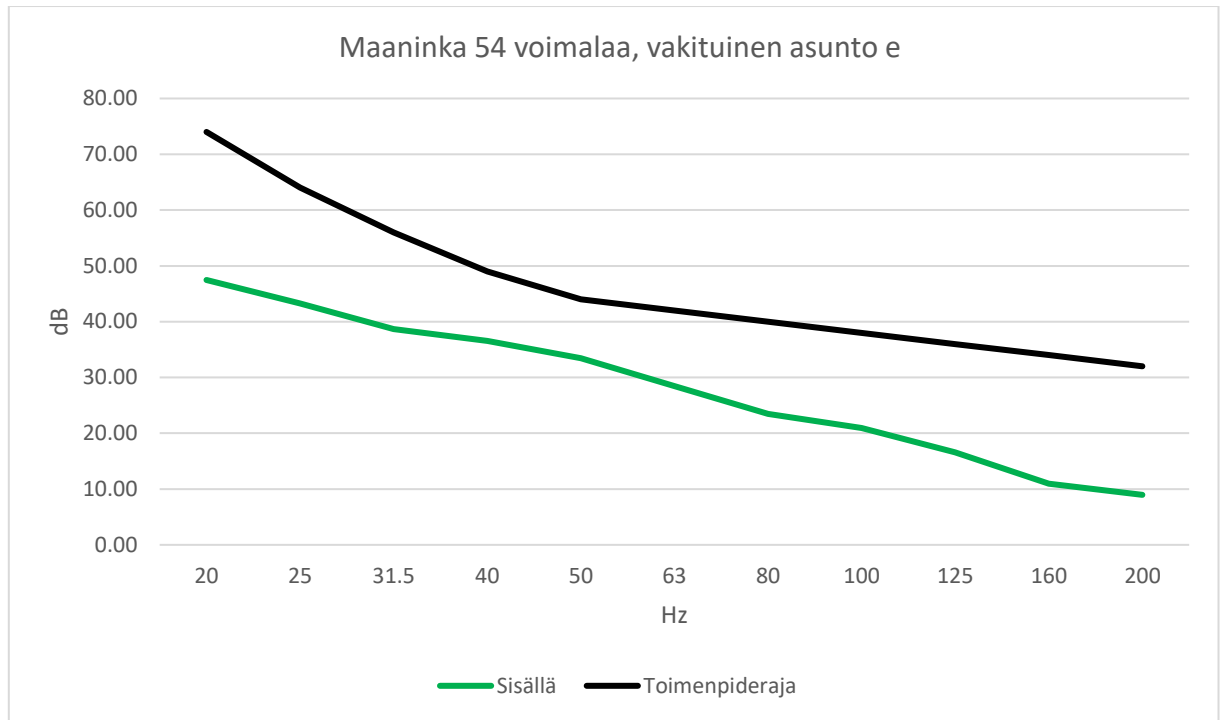
Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle alittuvat lähimmissä asunnoissa. Myös kauempana sijaitsevilla asunnoissa toimenpiderajat alittuvat, koska pienitaajuinen melu vähenee etäisyyden kasvaessa. Vapaa-ajan asuntojenkin kohdalla toimenpiderajat alittuvat.

Taulukko 7. Pienitaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella

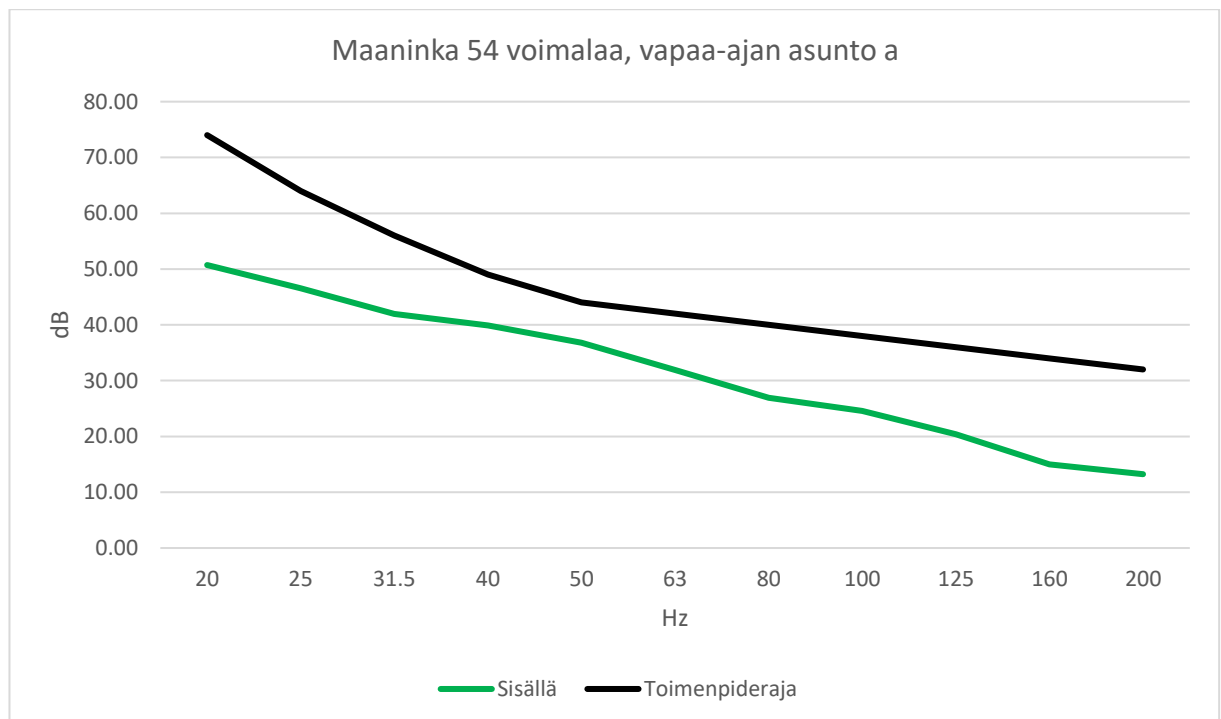
	Taajuus (Hz)					Melutaso kohteissa (dB)				
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
20	57.32	56.02	53.82	53.59	56.36	54.39	53.87	54.04	53.67	54.07
25	54.94	53.63	51.41	51.18	53.97	51.98	51.47	51.64	51.27	51.67
31,5	52.75	51.42	49.18	48.95	51.78	49.77	49.25	49.42	49.04	49.44
40	51.27	49.94	47.67	47.44	50.29	48.26	47.75	47.92	47.53	47.94
50	49.81	48.45	46.17	45.93	48.81	46.76	46.25	46.43	46.03	46.45
63	48.49	47.10	44.77	44.52	47.46	45.37	44.87	45.06	44.64	45.07
80	46.65	45.21	42.82	42.56	45.59	43.43	42.96	43.14	42.70	43.15
100	45.76	44.24	41.76	41.47	44.64	42.38	41.95	42.15	41.65	42.13
125	40.57	38.94	36.31	35.99	39.36	36.95	36.61	36.82	36.23	36.77
160	36.19	34.37	31.55	31.18	34.82	32.20	32.04	32.27	31.53	32.16
200	34.43	32.37	29.32	28.86	32.84	29.94	30.09	30.35	29.41	30.16

Taulukko 8. Pienitaajuinen melu sisätiloissa

	Taajuus (Hz)					Melutaso kohteissa (dB)				
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
20	50.72	49.42	47.22	46.99	49.76	47.79	47.27	47.44	47.07	47.47
25	46.54	45.23	43.01	42.78	45.57	43.58	43.07	43.24	42.87	43.27
31,5	41.95	40.62	38.38	38.15	40.98	38.97	38.45	38.62	38.24	38.64
40	39.87	38.54	36.27	36.04	38.89	36.86	36.35	36.52	36.13	36.54
50	36.81	35.45	33.17	32.93	35.81	33.76	33.25	33.43	33.03	33.45
63	31.89	30.50	28.17	27.92	30.86	28.77	28.27	28.46	28.04	28.47
80	26.95	25.51	23.12	22.86	25.89	23.73	23.26	23.44	23.00	23.45
100	24.56	23.04	20.56	20.27	23.44	21.18	20.75	20.95	20.45	20.93
125	20.37	18.74	16.11	15.79	19.16	16.75	16.41	16.62	16.03	16.57
160	14.99	13.17	10.35	9.98	13.62	11.00	10.84	11.07	10.33	10.96
200	13.23	11.17	8.12	7.66	11.64	8.74	8.89	9.15	8.21	8.96



Kuva 4. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vakituksessa asunnossa e.



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

Liite 3: Sijoitussuunnitelma

Tämä laskenta perustuu kaavaehdotusvaiheessa olevaan sijoitussuunnitelmaan (54 voimalaa). Maaninnan voimaloiden sijainnit on esitetty alla olevassa taulukossa.

Taulukko 9. Maaninnan voimaloiden sijaintitiedot

Voimala	Itäinen Koord. (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS-TM35FIN)	Tuulivoimalatyyppi
1	571236	7363629	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
2	571286	7363205	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
3	571659	7363424	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
4	572102	7363235	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
5	572569	7362849	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
6	570034	7360804	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
7	570426	7360495	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
8	570848	7360267	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
9	570566	7360039	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
10	571085	7359788	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
11	570444	7359646	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
12	570554	7359259	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH serrated blades, 101.5 dB(A)
13	571024	7359332	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
14	571429	7359290	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
15	571257	7358894	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
16	570285	7358660	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH serrated blades, 101.5 dB(A)
17	570738	7358565	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
18	571148	7358456	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
19	570425	7358339	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
20	570100	7358228	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH serrated blades, 101.5 dB(A)
21	570399	7357923	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
22	570811	7358017	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
23	571485	7358036	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
24	572137	7358014	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
25	572667	7358362	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
26	572694	7357803	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
27	572307	7357628	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)

28	572809	7357419	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
29	571713	7357690	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
30	571940	7357320	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
31	572403	7357180	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
32	572652	7356797	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
33	570100	7357644	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH serrated blades, 101.5 dB(A)
34	570361	7357313	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
35	570786	7357499	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
36	571283	7357334	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
37	570863	7356923	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
38	570256	7356732	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
39	570429	7355958	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
40	571470	7356815	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
41	572073	7356788	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
42	571800	7356432	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
43	572233	7356277	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
44	572835	7356210	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
45	572491	7355890	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
46	571738	7356012	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
47	572072	7355795	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
48	571564	7355519	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
49	571067	7355493	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
50	572034	7355273	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
51	572542	7355335	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
52	572628	7354875	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
53	572203	7354799	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)
54	571761	7354893	Nordex N131 3.0MW 184.5m HH clean blades, 104.5 dB(A)