



ETHA WIND



MELUSELVITYS

Piipsannevan Tuulivoimapuisto, 22.12.2021

SISÄLLYSLUETTELO

1	YHTEENVETO	3
2	TAUSTA	4
3	MELU.....	5
3.1	yleistä.....	5
3.2	Melun muodostuminen	5
4	MELUN OHJEARVOT	7
4.1	Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista	7
4.2	Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat	7
5	LÄHTÖTIEDOT JA MENETELMÄT	9
5.1	Lähtötiedot.....	9
5.2	Menetelmät.....	10
6	ARVIOIDUT MELUVAIKUTUKSET	12
6.1	Nykytilanne	12
6.2	Rakentamisen aikaiset vaikutukset	12
6.3	Toiminnan aikaiset vaikutukset.....	12
6.4	Pienitaajuinen melu	14
6.5	Käytön lopettamisen aikaiset vaikutukset.....	14
6.6	Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät	14
7	HAITTOJEN EHKÄISEMINEN JA SEURANTA.....	15
8	LÄHTEET	16
9	MALLINNUSTIETOJEN RAPORTTI, PIIPSANNEVA.....	17
	Liite 1: Melumallinnuksen tulokset.....	19
	Liite 2: Pienitaajuisen melun laskenta, Piipsanneva (painottamattomat melutasot).....	20
	Liite 3: Sijoitussuunnitelmat.....	22

VERSIONHISTORIA

Versio	Tekijä, Päivämäärä	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
Ver 1	Klaus Jåfs, 2020-11-26	Jukka Rönnlund	Jukka Rönnlund	Piipsannevan tuulivoimapuiston meluselvitys
Ver 2	Sai Varun 2021-12-22	Alexander Ehre	Alexander Ehre	Piipsannevan tuulivoimapuiston meluselvitys, päivitetty napakorkeus; 182m

1 YHTEENVETO

Tehtävä:

Meluselvitys Piipsannevan tuulivoimapuiston vaikutusalueella.

Työmenetelmät:

Meluselvitykseen on kerätty tietoa tuulivoimaloiden melun ominaispiirteistä, melun ohjearvoista, paikallisista olosuhteista sekä mallinnusmenetelmistä. Pääasiallisena laskentatyökaluna on käytetty WindPRO Ver3.4 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).

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 Piipsannevan tuulivoimapuistolle Haapaveden kaupungin alueella. Suunniteltu hanke koostuu yhteensä 39 tuulivoimalasta. Meluselvitys on osa hankkeen vaikutusten arviointia rakennuslupavaiheessa. Melumallinnuksessa on käytetty WTG236 -voimalan lähtötietoja. Mallinnuksessa voimaloiden napakorkeus oli 182 metriä ja äänitehotaso 106,8 +2,0 dB(A).

Meluselvitys on tehty ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti (Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014 Tuulivoimaloiden melun mallintaminen) WindPRO Ver3.4 ohjelmiston melulaskentatyökalulla. Pienitaajuinen melu on laskettu käyttäen R-ohjelmistoa ja työ on tehty ympäristöministeriön helmikuussa 2014 julkaisemia ohjeita noudattaen.

3 MELU

3.1 YLEISTÄ

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

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

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

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

3.2 MELUN MUODOSTUMINEN

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

Lapojen aiheuttama aerodynaaminen melu johtuu pyörimisestä aiheutuvasta jatkuvasta huminasta sekä jaksollisesta huminasta. Kovalla tuulella äänet ovat voimakkaimmillaan etenkin, kun tuuli puhaltaa voimalan suunnasta. Lämpötila ja ilmankosteus vaikuttavat melun voimakkuuteen.

Oleellisimmat tekijät äänen voimakkuuden kannalta ovat kuitenkin etäisyys tuulivoimalasta ja lähistöllä olevien voimaloiden lukumäärä. (Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016)

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

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

Seuraavassa taulukossa on vertailuarvoja äänenvoimakkuusarvojen suhteesta.

Taulukko 1. Vertailutaulukko absoluuttisista äänenvoimakkuuksista

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

4 MELUN OHJEARVOT

4.1 VALTIONEUVOSTON ASETUS TUULIVOIMALOIDEN ULKOMELUTASON OHJEARVOISTA

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

Taulukko 2. Ohjearvot valtioneuvoston asetuksessa

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

4.2 ASUMISTERVEYSASETUksen TOIMENPIDERAJAT

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

Taulukko 3. Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat yöaikaiselle pienitaajuiselle sisämelulle

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

Asuinhuoneistojen oleskeluun ja lepoon käytettävien huoneiden toimenpiderajoiksi on annettu päiväajan (klo 07–22) keskiäänitasolle L_{Aeq} 35 dB ja yöajan (klo 22–07) keskiäänitasolle L_{Aeq} 30 dB. Taustamelusta selvästi erottuvalle melulle, joka voi aiheuttaa esimerkiksi unihäiriötä, on toimenpiderajana nukkumiseen käytettävissä tiloissa yöaikaan (klo 22–07) yhden tunnin keskiäänitaso $L_{Aeq, 1h}$ 25 dB. Lisäksi on huomioitava melun erityisominaisuudet eli mahdolliset

kapeakaistaisuus- ja impulssimaisuuskorjaukset. Asetus sisältää toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle, jotka on annettu taajuuspainottamattomina tunnin keskiäänitasoina $L_{eq, 1h}$.

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

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

5 LÄHTÖTIEDOT JA MENETELMÄT

5.1 LÄHTÖTIEDOT

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

Mallinnuksessa on käytetty tuulivoimalavalmistajan ilmoittamia, ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti määriteltäviä, melupäästön takuuarvoja. Tämän takuuarvon tuulivoimalavalmistaja on arvioinut mittausten, roottorikoon ja tuulivoimalan toimintaperiaatteiden perusteella. Tässä raportissa WTG236-voimalamallin melupäästötiedot on otettu Vestaksen V162 5.6 MW-voimalamallista, jonka äänitietoja on päivitetty tammikuussa 2019.

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

Turbiinivalmistajien äänitiedot sisältävät epävarmuusmarginaalin. Vestaksen käyttämä epävarmuusmarginaali ei ole suoraan verrattavissa IEC TS 61400-14 -standardiin, johon ympäristöministeriön ohjeet viittaavat. Edellä mainituista syistä johtuen lähtömelutasoon on mallinnuksessa lisätty 2 dB:n epävarmuusmarginaali. Lisätyllä marginaalilla varmistetaan, että mallinnustulokset ovat riittävän konservatiiviset suhteessa ympäristöministeriön ohjeisiin ja lopulliseen voimalatyyppiin.

Mallinnuksessa käytetty voimalatyyppi on mainittu alla.

Taulukko 4. Hankkeen voimalatiedot

Hankealue	Voimalat	Voimalan tornin korkeus (m)	Voimalan äänitehotaso (Lwa)	1/3 oktaavikaistoittainen äänispektri
Piipsanneva	WTG236	182	106,8 +2,0 dB(A)	Käytössä

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

Lähtötiedot	
Maaston vaikutus melun etenemiseen, kerroin	0,4
Vesistöjen vaikutus melun etenemiseen, kerroin	0,0
Tarkastelupisteen korkeus (metriä maanpinnan yläpuolella)	4 m

Ilman lämpötila	15 °C
Ilman suhteellinen kosteus	70 %

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

Laskennassa on otettu lähtökohdaksi voimalan tuottama äänenvoimakkuus ja tämän pohjalta on mallinnettu äänen vaimeneminen (geometrinen vaimeneminen sekä ilmakehän vaimentava vaikutus) koko tuulivoimapuiston alueella. Mallinnuksessa on oletettu, että kaikki asunnot ovat tuulen alapuolella kaikkiin voimaloihin nähden ja tuulennopeus 10 metrin korkeudella maan pinnasta on 8 m/s. Useiden voimaloiden yhteismeluvaikutukset on otettu huomioon. 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 melumallinnuksessa korkeuserot eivät ylity 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 ilmiö, Amplitudimodulaatio (EAM, excessive amplitude modulation). Esiintyessään ilmiö aiheuttaa sen, että äänenvoimakkuuden merkittävät jaksottaiset vaihtelut lisäävät melun häiritsevyyttä. Amplitudimodulaatio on paikallisista olosuhteista ja voimalatyyppistä 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

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

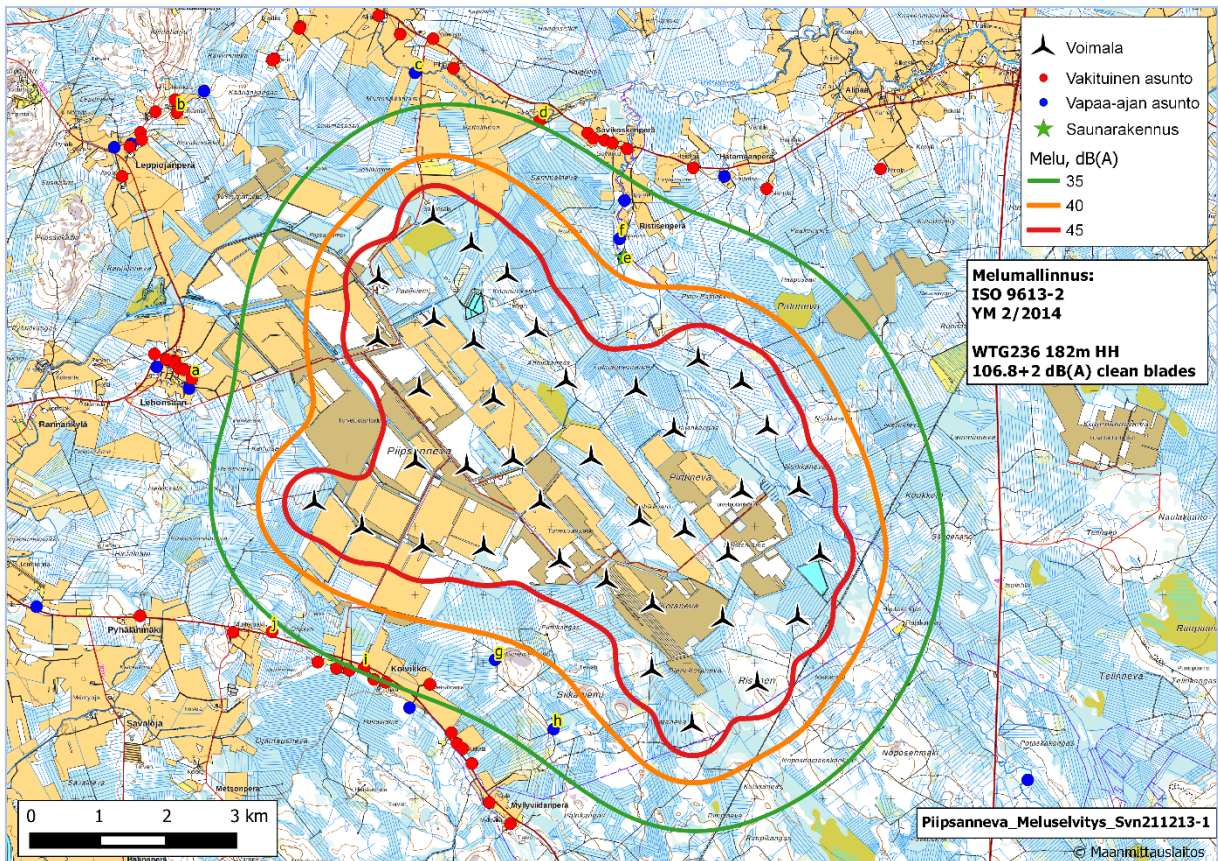
6.2 RAKENTAMISEN AIKAiset VAIKUTUKSET

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

Melumallinnuksessa Piipsannevan tuulivoimaloille käytettiin WTG236 -tuulivoimalan äänitietoja. Tuulivoimalan kokonaisäänitaso on $106,8 + 2,0 \text{ dB(A)}$ ja napakorkeus 182 metriä. Melumallinnuksessa on käytetty 39 voimalan sijoitussuunnitelmaa. Voimaloiden koordinaatit löytyvät liitteestä 3.



Kuva 1. Piipsannevan tuulivoimapuiston melumallinnus. Kymmenen havainnointipistettä on merkitty kuvaan 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.

Rakennustiedot on poimittu Maanmittauslaitoksen maastotietokannasta. Lisätietoja rakennuksista on saatu lisäksi hankkeesta vastaavalta.

Tulosten perusteella voidaan todeta, että Piipsannevan tuulivoimaloiden meluvaikutukset ovat melko vähäiset. Äänitaso lähimpien asuinrakennusten ja loma-asuntojen alueella on alle 39 dB(A) eli selvästi alle valtioneuvoston asetuksen mukaisen ohjearvon. Korkein äänitaso alueen lähialueella sijaitsevan havaintopisteen alueella on 38,9 dB(A) (Saunarakennus E). 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 keskimääristä 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 Piipsannevan 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 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-Rev5*. 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#

Vestas (2019). *V162-5_6MW Third Octaves, 0079-5298_V01*.

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

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

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, PIIPSANNEVA

RAPORTIN JA RAPORTOIJAN TIEDOT		*tarkentavat tiedot voi esittää kartalla tai muissa liitteissä	
Mallinnusraportti numero/tunniste:		Raportin hyväksyntäpäivämäärä: 22.12.2021	
Tekijä/organisaatio, yhteystiedot: Etha Wind Oy, Vaasanpuistikko 14 B11, 65100 VAASA, puh. +358 2900 20440			
Vastuuhenkilöt: Sai Varun			
Laatija: Sai Varun		Tarkastaja/hyväksyjä: Alexander Ehrh	
MALLINNUSOHJELMAN TIEDOT			
Mallinnusohjelma ja versio: WindPRO Ver3.4		Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2	
TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN TIEDOT)			
Tuulivoimalan valmistaja:		Tyyppi:	Sarjanumero/t:
Nimellisteho:	Napakorkeus: 182 m	Roottorin halkaisija: 236 m	Tornin tyyppi: Putkitorni
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun			
Lapakulman säätö		Pyörimisnopeus	
Kyllä	dB	Kyllä	dB
Ei	Ei tiedossa	Ei	Ei tiedossa
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT			
Melupäästötiedot WTG236 182 m HH (Tuulivoimalavalmistajan ilmoittama takuuarvo: 106,8 +2,0 dB(A)).			
WTG236, 182m HH 106.8 +2db(A) dB(A) Hz ■ 1/3 octaavi [Hz]			

Kapeakaistaisuus / Tonaalisuus		Impulssimaisuus		Merkityksellinen sykintä (amplitu- dimodulaatio)		Muu, Mikä:		
kyllä	ei	kyllä	ei	kyllä	ei	kyllä	ei	
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT								
Laskenta korkeus						Laskentaruudun koko [m·m]		
4 m		Muu, mikä ja miksi:				20 m * 20 m		
Suhteellinen kosteus				Lämpötila				
70 %		Muu, mikä ja miksi:			15 C°		Muu, mikä ja miksi:	
Maastomallin lähde ja tarkkuus								
Maastomallin lähde: Maanmittauslaitos				Vaakaresoluutio: 2 m		Pystyresoluutio: 1 m		
Maan- ja vedenpinnan 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

Taulukko 6. Piipsannevan mallinnuksen meluarvot valituissa kohteissa.

Havainnoin tipiste	Asunnon luokka	Itäinen Koord. (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS-TM35FIN)	Ohjearvo [dB(A)]	Melu [dB(A)]	Ohjearvoje n ylitys
a	Vakituinen asunto	429 716	7 113 178	40	32.7	Ei
b	Vakituinen asunto	429 497	7 117 087	40	27.7	Ei
c	Vapaa-ajan asunto	432 999	7 117 673	40	32.6	Ei
d	Vakituinen asunto	434 832	7 116 968	40	34.7	Ei
e	Saunarakennus	436 066	7 114 957	40	38.9	Ei
f	Vapaa-ajan asunto	436 007	7 115 233	40	38.1	Ei
g	Vapaa-ajan asunto	434 177	7 109 044	40	38.5	Ei
h	Vapaa-ajan asunto	435 040	7 108 024	40	36.9	Ei
i	Vakituinen asunto	432 248	7 108 920	40	35.3	Ei
j	Vakituinen asunto	430 895	7 109 455	40	34.3	Ei

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

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

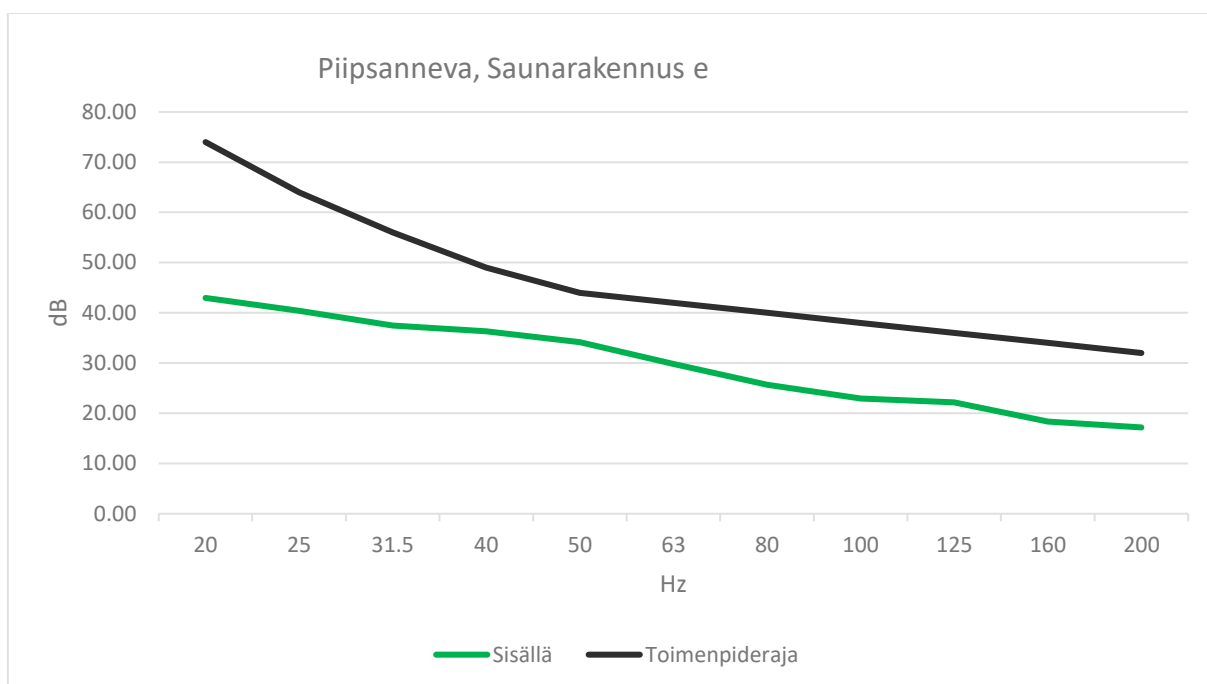
Pienitaajuihin melu on laskettu tilanteissa, jossa Piipsanneva on toiminnassa.

Taulukko 7. Pienitaajuihin melu rakennuksen ulkopuolella.

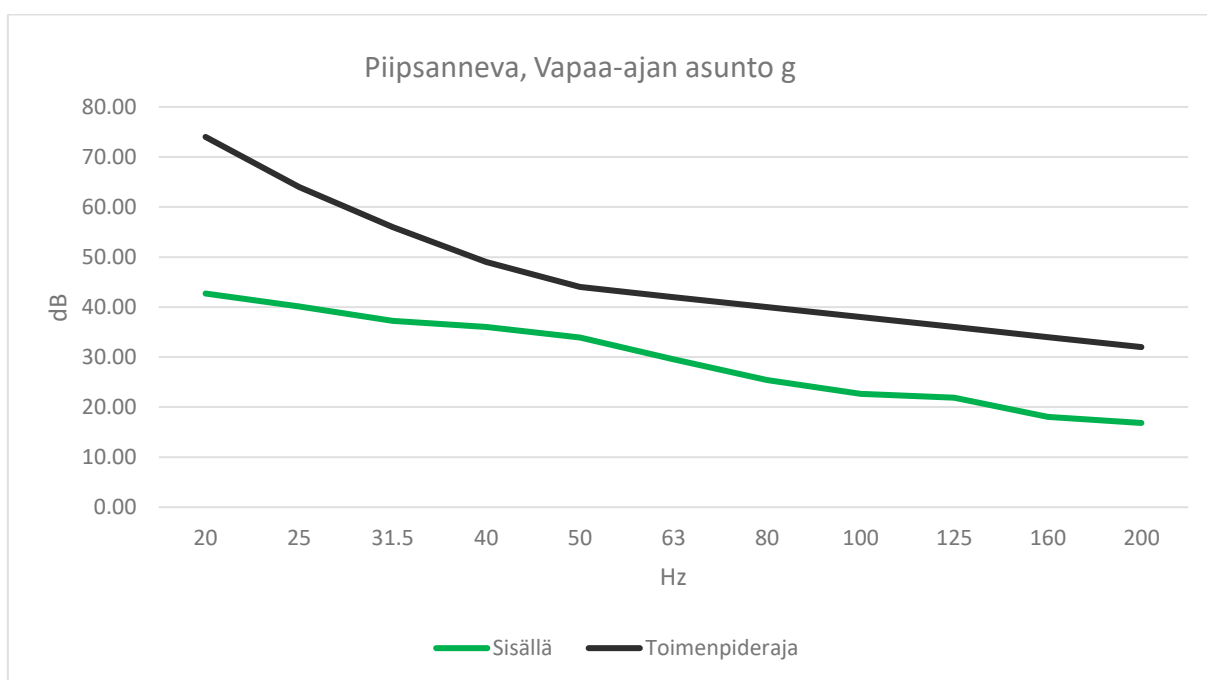
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
20	45.6	42.7	45.3	46.7	49.6	49.1	49.3	48.2	47.2	46.4
25	44.8	41.9	44.5	45.9	48.8	48.3	48.5	47.4	46.4	45.6
31,5	44.3	41.3	44.0	45.4	48.3	47.8	48.0	46.9	45.9	45.0
40	43.7	40.7	43.4	44.8	47.7	47.2	47.5	46.3	45.3	44.4
50	43.1	40.1	42.8	44.2	47.2	46.6	46.9	45.8	44.7	43.9
63	42.3	39.2	42.0	43.4	46.4	45.9	46.2	45.0	44.0	43.1
80	41.2	38.0	40.9	42.3	45.4	44.9	45.1	44.0	42.9	42.0
100	39.8	36.4	39.5	41.0	44.1	43.6	43.9	42.7	41.6	40.6
125	37.8	34.2	37.5	39.1	42.4	41.8	42.1	40.8	39.7	38.7
160	34.7	30.8	34.4	36.1	39.6	39.0	39.2	37.9	36.7	35.7
200	33.2	28.8	32.9	34.7	38.4	37.7	38.0	36.7	35.3	34.3

Taulukko 8. Pienitaajuihin melu sisätiloissa.

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
20	39.0	36.1	38.7	40.1	43.0	42.5	42.7	41.6	40.6	39.8
25	36.4	33.5	36.1	37.5	40.4	39.9	40.1	39.0	38.0	37.2
31,5	33.5	30.5	33.2	34.6	37.5	37.0	37.2	36.1	35.1	34.2
40	32.3	29.3	32.0	33.4	36.3	35.8	36.1	34.9	33.9	33.0
50	30.1	27.1	29.8	31.2	34.2	33.6	33.9	32.8	31.7	30.9
63	25.7	22.6	25.4	26.8	29.8	29.3	29.6	28.4	27.4	26.5
80	21.5	18.3	21.2	22.6	25.7	25.2	25.4	24.3	23.2	22.3
100	18.6	15.2	18.3	19.8	22.9	22.4	22.7	21.5	20.4	19.4
125	17.6	14.0	17.3	18.9	22.2	21.6	21.9	20.6	19.5	18.5
160	13.5	9.6	13.2	14.9	18.4	17.8	18.0	16.7	15.5	14.5
200	12.0	7.6	11.7	13.5	17.2	16.5	16.8	15.5	14.1	13.1



Kuva 2. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vakituksessa asunnossa e.



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

LIITE 3: SJOITUSSUUNNITELMAT

Voimaloiden sijainnit on esitetty alla olevassa taulukossa

Taulukko 9. Piipsannevan voimaloiden sijaintitiedot.

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35- FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35- FIN)	Tuulivoimalatyyppi
2	432 457	7 113 755	WTG236 182 m HH, 106,8 +2,0 dB(A)
4	433 071	7 113 024	WTG236 182 m HH, 106,8 +2,0 dB(A)
5	433 276	7 115 542	WTG236 182 m HH, 106,8 +2,0 dB(A)
7	434 163	7 112 880	WTG236 182 m HH, 106,8 +2,0 dB(A)
8	434 851	7 111 357	WTG236 182 m HH, 106,8 +2,0 dB(A)
10	432 473	7 114 654	WTG236 182 m HH, 106,8 +2,0 dB(A)
11	436 502	7 109 850	WTG236 182 m HH, 106,8 +2,0 dB(A)
12	433 837	7 115 146	WTG236 182 m HH, 106,8 +2,0 dB(A)
13	433 286	7 114 043	WTG236 182 m HH, 106,8 +2,0 dB(A)
14	434 363	7 114 703	WTG236 182 m HH, 106,8 +2,0 dB(A)
15	434 793	7 113 891	WTG236 182 m HH, 106,8 +2,0 dB(A)
16	435 230	7 113 143	WTG236 182 m HH, 106,8 +2,0 dB(A)
17	434 020	7 110 687	WTG236 182 m HH, 106,8 +2,0 dB(A)
18	437 175	7 113 456	WTG236 182 m HH, 106,8 +2,0 dB(A)
19	437 815	7 113 121	WTG236 182 m HH, 106,8 +2,0 dB(A)
20	438 657	7 111 560	WTG236 182 m HH, 106,8 +2,0 dB(A)
21	436 262	7 113 022	WTG236 182 m HH, 106,8 +2,0 dB(A)
22	433 769	7 111 872	WTG236 182 m HH, 106,8 +2,0 dB(A)
23	438 190	7 112 452	WTG236 182 m HH, 106,8 +2,0 dB(A)
24	437 614	7 110 589	WTG236 182 m HH, 106,8 +2,0 dB(A)
25	437 083	7 108 086	WTG236 182 m HH, 106,8 +2,0 dB(A)
26	435 825	7 110 197	WTG236 182 m HH, 106,8 +2,0 dB(A)
27	436 493	7 108 892	WTG236 182 m HH, 106,8 +2,0 dB(A)
28	431 527	7 111 352	WTG236 182 m HH, 106,8 +2,0 dB(A)
29	438 638	7 109 659	WTG236 182 m HH, 106,8 +2,0 dB(A)
30	438 968	7 110 589	WTG236 182 m HH, 106,8 +2,0 dB(A)
31	434 450	7 111 992	WTG236 182 m HH, 106,8 +2,0 dB(A)
32	435 138	7 110 499	WTG236 182 m HH, 106,8 +2,0 dB(A)
33	433 013	7 111 949	WTG236 182 m HH, 106,8 +2,0 dB(A)
34	436 313	7 111 110	WTG236 182 m HH, 106,8 +2,0 dB(A)
35	436 976	7 110 945	WTG236 182 m HH, 106,8 +2,0 dB(A)
36	435 600	7 112 009	WTG236 182 m HH, 106,8 +2,0 dB(A)
37	437 536	7 109 634	WTG236 182 m HH, 106,8 +2,0 dB(A)
38	437 817	7 111 519	WTG236 182 m HH, 106,8 +2,0 dB(A)
39	436 819	7 112 422	WTG236 182 m HH, 106,8 +2,0 dB(A)

40	433 872	7 113 713	WTG236 182 m HH, 106,8 +2,0 dB(A)
41	433 116	7 110 723	WTG236 182 m HH, 106,8 +2,0 dB(A)
42	432 227	7 110 987	WTG236 182 m HH, 106,8 +2,0 dB(A)
43	438 044	7 108 685	WTG236 182 m HH, 106,8 +2,0 dB(A)