

Sitowise

Valkiavaara (VE3)

Tuulivoimapuiston meluselvitys

10.12.2025

Copyright © AFRY Finland Oy

Kaikki oikeudet pidätetään. Tätä asiakirjaa tai osaa siitä ei saa kopioida tai jäljentää missään muodossa ilman AFRY Finland Oy:n antamaa kirjallista lupaa.

AFRY Finland Oy:n projektinumero on 101020250-002.

Kannen kuva:© AFRY

Selvityksessä on käytetty Maanmittauslaitoksen ja Suomen ympäristökeskuksen avoimien aineistojen käyttölupien alaista materiaalia, jotka on lisensoitu Creative Commons Nimeä 4.0 Kansainvälinen -lisenssillä: http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.fi.

YHTEYSTIEDOT

Hankkeesta vastaava:

Sitowise

Anna-Maria Kujala

anna-maria.kujala@sitowise.com

Tekijä:

AFRY Finland Oy

Juulianna Lähteinen

juulianna.lahteinen@afry.com

Renewables & Energy Storage Development, Finland

www.afry.com

Raportin tiedot:

Projektinumero: 101020250-002

Raporttiversio: 001

Raportin tila: VALMIS

Raporttihistoria:

Versio	Pvm/Laatija	Pvm/Tarkastaja	Merkinnät/Muutokset
001	10.12.2025/ Juulianna Lähteinen, Technical Consultant	10.12.2025/ Mika Laitinen, Senior Consultant	Alkuperäinen

Copyright © AFRY Finland Oy

SISÄLLYS

1 JOHDANTO 5

2 TUULIVOIMALOIDEN MELU 7
2.1 Yleistä tuulivoimamelusta 7
2.2 Melumallinnusohjeistus 8
2.3 Ohjearvot 9
2.4 Sisämelutasojen arviointi 10

3 TUULIVOIMAKOHTEEN MELUMALLINNUS 11
3.1 Keskiäänitasojen LAeq mallinnus 11
3.2 Matalataajuisen melun mallinnus 15
3.3 Melun yhteisvaikutukset 18

4 YHTEENVETO 25

5 VIITTEET 26

6 MELUMALLINNUKSEN TIEDOT 27

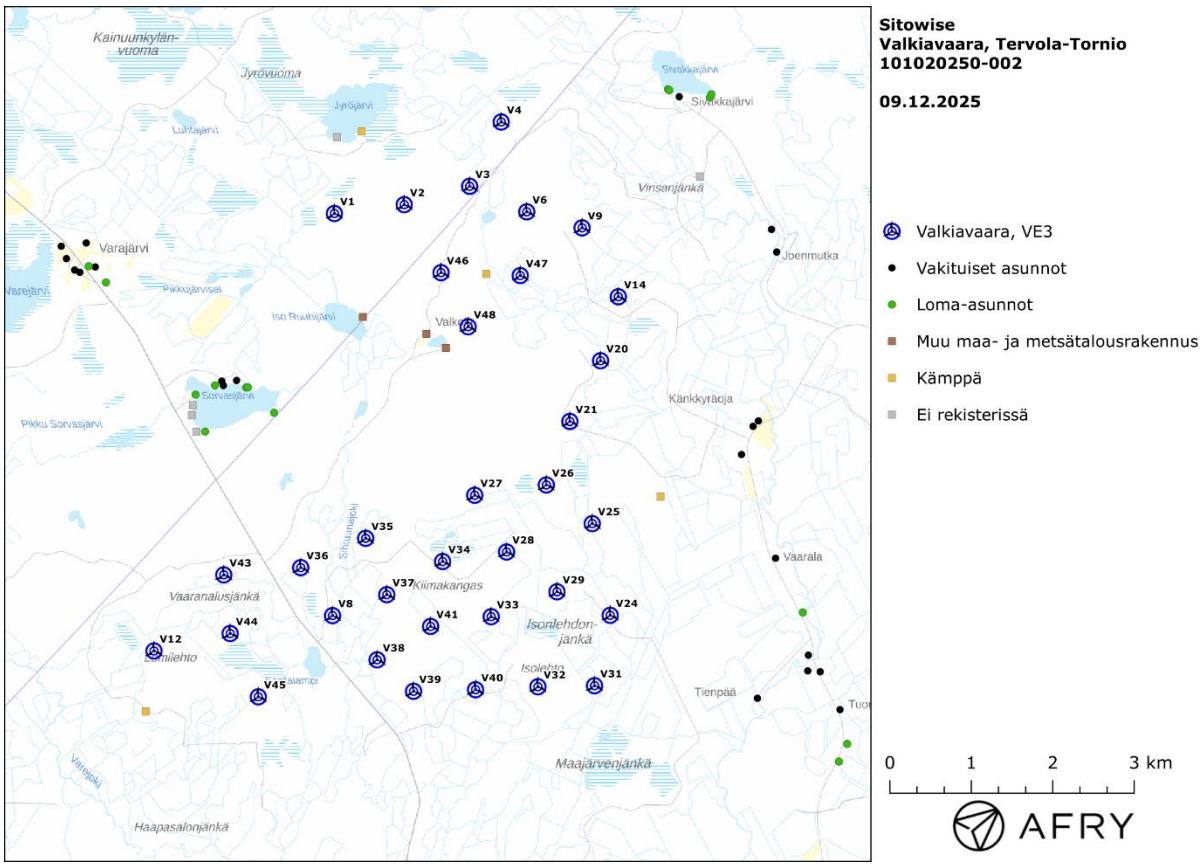
Copyright © AFRY Finland Oy

1 JOHDANTO

Selvityksessä arvioidaan Tervolan kunnan ja Tornion kaupungin alueelle suunnitellun Valkiavaaran tuulivoimapuiston aiheuttamaa meluvaikutusta laskennallisten mallien avulla. Arviointi on tehty 34 voimalan suunnitelmalle VE3. Voimaloiden sijainnit on esitetty karttapohjalla kuvassa (Kuva 1-1) ja koordinaatit annettu taulukossa (Taulukko 1-1).

Mallinnuksissa voimaloille on käytetty napakorkeutta 200 m ja tuulivoimalatyypin V172 7.2 MW taajuusjakaumaa äänitehotasolla 109,8 dB(A) (tuulivoimalavalmistajan ilmoittama maksimiäänitehotaso 107,8 dB(A) + varmuusarvo 2 dB(A)). Tuulivoimalatyypin melupäästön tunnusarvoa ei pystytä tässä yhteydessä määrittämään standardin IEC TS 61400-14 mukaisesti, joten ilmoitettuun melupäästön lukuarvoon lisätään 2 dB tunnusarvon saamiseksi. Näin määriteltynä selvityksessä käytetyt lähtömelutasot ovat ympäristöministeriön mallinnusohjeistuksen mukaisia melupäästön tunnusarvoja.

Selvityksessä arvioidaan lisäksi Valkiavaaran sekä läheisten tuulivoimapuistojen melun yhteisvaikutuksia. Yhteisvaikutuksia käsitellään kappaleessa 3.3.



Kuva 1-1: Tuulivoimaloiden sijainnit Valkiavaaran hankealueella.

Copyright © AFRY Finland Oy

Taulukko 1-1: Valkiavaaran tuulivoimaloiden (34 kpl) sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa ja maaston korkeus tuulivoimalan paikalla.

Tuulivoimalat	E	N	Maaston korkeus [m]
V1	393530	7351429	141
V2	394387	7351538	167
V3	395190	7351763	153
V4	395577	7352552	134
V6	395891	7351450	141
V8	393507	7346496	90
V9	396570	7351253	116
V12	391315	7346063	107
V14	397015	7350408	101
V20	396797	7349623	92
V21	396420	7348878	97
V24	396915	7346500	79
V25	396695	7347625	95
V26	396131	7348099	102
V27	395252	7347973	103
V28	395643	7347277	96
V29	396262	7346789	87
V31	396723	7345636	72
V32	396028	7345624	86
V33	395454	7346483	88
V34	394858	7347160	104
V35	393914	7347445	101
V36	393116	7347085	99
V37	394173	7346753	97
V38	394054	7345954	91
V39	394501	7345568	85
V40	395262	7345588	73
V41	394711	7346364	98
V43	392172	7346996	106
V44	392250	7346277	98
V45	392596	7345500	98
V46	394839	7350704	128
V47	395811	7350668	119
V48	395171	7350040	131

Copyright © AFRY Finland Oy

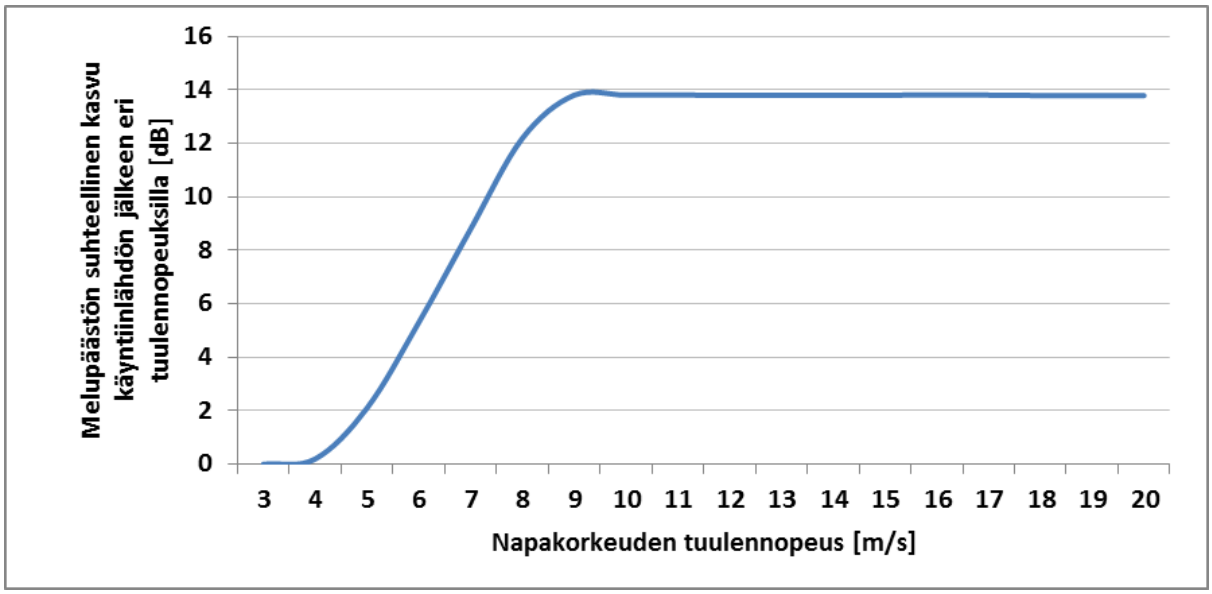
2 TUULIVOIMALOIDEN MELU

2.1 Yleistä tuulivoimamelusta

Tuulivoimalaitosten käyntiääni koostuu pääosin laajakaistaisesta lapojen aerodynaamisesta melusta sekä hieman kapeakaistaisemmasta sähköntuotantokoneiston yksittäisten osien aiheuttamasta melusta, johon kuuluvat muun muassa vaihteisto, generaattori sekä jäähdytysjärjestelmät. Tuulivoimaloiden aerodynaaminen melu on hallitsevin äänilähde, joka kattaa noin 90 prosenttia kokonaisäänienergiasta lapojen suuren vaikutuspinta-alan vuoksi [14]. Tuulivoimamelu on A-taajuusjakaumaltaan painottunut tyypillisesti 200–1000 Hz:n väliin.

Modernit kolmilapaiset tuulivoimalaitokset ovat nykyisin ylävirtalaitoksia, joissa siivistö sijaitsee tuulen etupuolella suhteessa voimalan torniin. Katsottaessa aerodynaamisen melun suuntaavuutta ylhäältä käsin on siivistön äänitaso sivutuulen puolelta noin 4–6 dB alhaisempi kuin tuulen ylä- ja alapuolilla samalla etäisyydellä [17].

Vaihtuvanopeuksisen tuulivoimalan äänipäästö on suoraan verrannollinen tuulennopeuteen siten, että alhaisilla tuulilla eli hitaalla roottorin pyörimisnopeudella ja lähellä käyntiinlähtönopeutta lähtöäänitaso on usein noin 10–15 dB alhaisempi kuin voimalan nimellisteholla, jossa roottori saavuttaa suurimman kierrosnopeuden (Kuva 2-1).



Kuva 2-1: Esimerkkikuva äänipäästön kasvusta napakorkeuden tuulennopeuden mukaan. Äänitason nousu tasoittuu n. 10 m/s voimalan napakorkeudella mitatun tuulennopeuden jälkeen.

Äänipäästön L_{WA} huipputaso saavutetaan tyypillisesti voimalan nimellistehotasolla, joka tarkoittaa tyypillisesti yli 10 m/s tuulennopeutta napakorkeudella voimalamallista ja etenkin tornikorkeudesta riippuen. Tuulennopeuden edelleen kasvaessa tuulivoimalan siipikulmasäätö tasoittaa äänitehotason nousun roottorin pyörimisnopeuden pysyessä ennallaan.

Taustamelu, kuten liikennemelu ja teollisuusmelu sekä tuulen tuottama aallokko- ja puustokohina, peittävät tuulivoimaloiden melua, mutta peittoäänet ovat ajallisesti ja tasoltaan vaihtelevia. Tuulikohina esimerkiksi puustossa on taajuuskaistaltaan laajakaistaista ja tuulensuunnasta, puulajeista, vuodenajasta ja tuulennopeudesta riippuva. Puustokohinan äänitaso mittauskorkeudella 1,5 m voi nousta kuitenkin tuulennopeuden mukaan kokemusperäisesti jopa yli 60 dB:n tasolle [16].

Copyright © AFRY Finland Oy

Ilmakehän pystysuuntaisen stabiilisuuden ja ilmavirran turbulenssin vaihtelut vuorokauden eri aikoina voivat vaikuttaa tuulisuuden tasoon eri korkeuksilla [15]. Ilmakehän neutraalin stabiilisuuden vallitessa 8 m/s tuulennopeus 10 metrin korkeudella vastaa korkeudella 100 m nopeutta 12 m/s, korkeudella 160 m nopeutta 14 m/s ja korkeudella 200 m nopeutta 15 m/s.

Moderneissa tuulivoimalaitoksissa melun lähtöäänitasoa voidaan kontrolloida erillisellä optimointisäädöllä, jonka avulla kellonajan, tuulensuunnan ja tuulennopeuden mukaan säädetään lapakulmaa haluttuun pyörimisnopeuteen ja melutasoon. Tällä säädöllä on kuitenkin vaikutuksia voimalan sen hetkiseen tuotantotehoon. Modernit voimalamallit sisältävät usein myös siiven jättöreunan sahalaidoituksen, joka vähentää melupäästöä nimellisteholla tällä hetkellä noin 2–3 dB ja tulevaisuudessa vieläkin enemmän serraatioiden tuotekehityksen johdosta [13].

Tarkempia taustatietoja tuulivoimaloiden aiheuttaman melun syntymekanismeista, luonteesta ja vaikutuksista on koottuna julkaisuihin [1], [2] ja [5].

2.2 Melumallinnusohjeistus

Ympäristöministeriö on julkaissut 28.2.2014 ohjeen tuulivoimaloiden melun mallintamiseen [7]. Ohjeessa on annettu tietoja mallinnusmenettelyistä arvioitaessa tuulivoimaloiden aiheuttamaa melukuormitusta ympäristönsuojelulain täytäntöönpanossa ja soveltamisessa sekä maankäyttö- ja rakennuslain mukaisissa menettelyissä. Ohjeissa määritellään yksityiskohtaisesti käytettävät mallit, niiden parametrit ja lähtötiedot sekä tulosten esittämistavat. Yksityiskohtainen ohjeistus on koettu tarpeelliseksi, jotta mallinnustulokset olisivat aina tekijöistä riippumatta vertailukelpoisia keskenään. Tämän raportin melumallinnus on toteutettu ympäristöministeriön mallinnusohjeistuksen mukaisesti.

Melumallinnuksen lähtötietona tulisi käyttää teknisen spesifikaation IEC TS 61400-14 mukaista tuulivoimalan melupäästön tunnusarvoa (declared value) L_{WAd}. Se määritellään standardin IEC 61400-11 mukaisissa mittauksissa äänitehotasoksi, jonka varmuus melupäästön mahdollisessa verifioinnissa on 95 %. Tunnusarvo koostuu mitatusta keskimääräisestä äänitehotasosta L_{WA} sekä varmuusarvosta K, joka vastaa voimalatyyppien melutason vaihteluväliä 95 %:n varmuudella.

Äänitehotasot on ilmoitettava 1/3-oktaaveittain keskitaajuuksilla 20–10000 Hz ja oktaaveittain keskitaajuuksilla 31,5–8000 Hz, ja ne tulee olla saatavilla 10 m:n referenssikorkeutta vastaavilla tuulen nopeuksilla 8 m/s ja 10 m/s. Melumallinnuksen epävarmuus on tarkastelussa ja ohjeistuksessa sisällytetty laskennassa käytettyyn tuulivoimaloiden melupäästön arvoon, jolloin mallinnustuloksia voidaan suoraan verrata suunnitteluohjearvoihin ilman erillistä epävarmuustarkastelua, ja äänen etenemisen ja ympäristöolosuhteiden mallinnukseen voidaan käyttää vakioituja sää- ja ympäristöolosuhdearvoja.

Melun häiritsevyyteen vaikuttaa äänitasojen lisäksi melupäästöön mahdollisesti liittyvät erityisen häiritsevät melukomponentit: melun kapeakaistaisuus, melun impulssimaisuus ja merkityksellinen sykintä (nk. amplitudimodulaatio). Melun impulssimaisuuden ja merkityksellisen sykinnän vaikutukset oletetaan sisältyvän valmistajan ilmoittamiin melupäästön tunnusarvoihin, eikä mallinnusohjeistuksessa edellytetä niiden erillistä tarkastelua.

Äänen etenemislaskennassa käytetään ohjeen mukaisia standardiin ISO 9613-2:2024 perustuvia sää- ja ympäristöolosuhdearvoja. Maaston pinnan laatu ja muoto otetaan mallinnuksessa erillisinä huomioon. Lisäksi matalataajuisen äänen eteneminen tulee mallintaa erikseen ohjeistuksessa määritellyn erillislaskennan avulla, joka perustuu Tanskassa

Copyright © AFRY Finland Oy

annettuun ohjeistukseen, jonka parametreja on mukautettu Suomen olosuhteisiin [3]. Laskennassa otetaan huomioon geometrinen etäisyysvaimennus sekä ohjeistuksen mukaiset ilmakehän absorption ja maastovaikutuksen parametrit. Matalataajuisen äänen tarkastelu tehdään erikseen 1/3-oktaaveittain taajuusalueella 20–200 Hz melulle merkittävimmin altistuvien kohteiden (rakennusten) ulkopuolella. Laskennan tarkoituksena on tuottaa tieto ulkomelutasoista terssikaistoittain, ja niiden perusteella voidaan arvioida rakennuksen sisämelutaso oletetulla ääneneristävyydellä.

2.3 Ohjearvot

Valtioneuvoston 1.9.2015 voimaan astunut asetus 1107/2015 määrittää tuulivoimaloiden aiheuttaman ulkomelutason ohjearvot [9]. Päätöstä sovelletaan meluhaittojen ehkäisemiseksi ja ympäristön viihtyisyyden turvaamiseksi maankäytön, liikenteen ja rakentamisen suunnittelussa sekä rakentamisen lupamenettelyissä. Ohjearvot määritetään melun A-painotettuina päivä- (klo 07–22) ja yöajan (klo 22–07) ekvivalenttimelutasoina ulkoalueille asumiseen käytettävillä alueilla. Valtioneuvoston asetus korvaa aiemmat ympäristöministeriön suosittelemat suunnitteluarvot tuulivoimaloiden ulkomelutasoille [8].

Valtioneuvoston aiemmassa melutasoihin liittyvässä päätöksessä 993/1992 on annettu luonnonsuojelualueille päiväajan ohjearvo 45 dB(A) ja yöajan ohjearvo 40 dB(A) [10]. Tuulivoimameluasetuksen 1107/1/2015 perustelumuistion mukaan asetusta ei sovelleta kaikilla luonnonsuojelualueilla, vaan ainoastaan yleiselle virkistyskäytölle tärkeillä luonnonsuojelualueilla, joille on rakennettu käyttöä palvelevia polkuja ja muita rakenteita. Aiemman melupäätöksen 993/1992 luonnonsuojelualueiden ohjearvoja ei siis tuulivoimamelun osalta sovellettaisi.

Kun laskennallisia melutasoja verrataan valtioneuvoston asetuksen ohjearvoihin, lasketuun melutasoon ei tehdä korjausta melun impulssimaisuuden tai kapeakaistaisuuden vuoksi. Ympäristöministeriön melumallinnusohjeistuksen [7] mukaan näiden vaikutusten oletetaan lähtökohtaisesti sisältyvän valmistajan ilmoittamiin melupäästön tunnusarvoihin, joita käytetään laskennan lähtötietoina. Sen sijaan valvonnan yhteydessä tehtäviin mittaustuloksiin lisätään 5 dB ennen valtioneuvoston ohjearvoon vertaamista, mikäli tuulivoimalan ääni sisältää kapeakaistaisia tai impulssimaisia komponentteja. Valtioneuvoston ohjearvot on koottu taulukkoon (Taulukko 2-1).

Taulukko 2-1: Mallinnustulosten arvioinnissa sovellettavat valtioneuvoston asetuksen mukaiset ohjearvot.

Tuulivoimamelun ohjearvot	LA_{eq} päiväajalle (klo 7–22)	LA_{eq} yöajalle (klo 22–7)
Pysyvä asutus, Loma-asutus, Hoitolaitokset, Leirintäalueet	45 dB	40 dB
Oppilaitokset, Virkistysalueet	45 dB	-
Kansallispuistot	40 dB	40 dB

Sosiaali- ja terveysministeriö on määrittänyt 15.5.2015 voimaan astuneessa asumisterveysasetuksessa toimenpiderajat matalataajuiselle yöaikaiselle melulle sisätiloissa [6]. Melun toimenpiderajat on annettu terssikaistoittain painottamattomille tunnin keskiäänitasoille, ja ne on lueteltu taulukossa (Taulukko 2-2). Ohjeistuksen mukaiset mallinnustulokset vastaavat matalataajuisen melun tasoa ulkotiloissa, joten ne eivät ole suoraan verrannollisia Asumisterveysasetuksen arvoihin. Ulkomelutasojen avulla voidaan kuitenkin

Copyright © AFRY Finland Oy

arvioida sisämelutasoja, kun rakennuksen vaipan ääneneristävyys tunnetaan riittävällä tarkkuudella.

Taulukko 2-2: Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat sisämelulle terssikaistoittain. Desibeliarvot ovat taajuuspainottamattomia.

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

2.4 Sisämelutasojen arviointi

Asumisterveysasetuksessa 545/2015 annetaan matalien taajuuksien 20–200 Hz tunnin keskiäänitasojen (Taulukko 2-2) lisäksi toimenpiderajat päivä- ja yöajan kokonaismelutasoille sisätiloissa. Päiväaikainen (klo 07-22) keskiäänitaso ei saa ylittää 35 dB(A) ja yöaikainen (klo 22-07) keskiäänitaso 30 dB(A). Lisäksi yöaikainen musiikkimelu tai muu vastaava mahdollisesti unihäiriötä aiheuttava melu, joka erottuu selvästi taustamelusta, ei saa ylittää 25 dB yhden tunnin keskiäänitasona $L_{eq,1h}$ mitattuna niissä tiloissa, jotka on tarkoitettu nukkumiseen.

Ympäristöministeriön melumallinnusohjeet eivät sisällä erillisiä ohjeita sisämelun kokonaisäänitason mallintamiseksi. Yöajan sisämelun toimenpiderajojen oletetaan kuitenkin alittuvan, mikäli melumallinnuksen antamat ulkomelutasot sekä matalataajuisen sisämelun tasot alittavat valtioneuvoston asetuksen ohjearvot ja asumisterveysasetuksen toimenpidearvot. Ympäristöministeriön asetuksen 796/2017 mukaan uudisrakennusten ulkovaipan ääneneristyksen on oltava vähintään 30 dB. Jos tuulivoimaloiden aiheuttama ulkomelutaso alittaa 40 dB(A), niin sisämelutaso pysyy uudisrakennuksilla selkeästi toimenpiderajan alapuolella. Vanhemmat rakennukset eivät kuitenkaan välttämättä toteuta uuden asetuksen vaatimustasoa.

Suomalaisten asuinrakennusten ääneneristävyyttä on tutkittu artikkelissa [4], jossa on esitetty taajuuskohtaiset äänitasoerot matalille taajuuskaistoille 20-200 Hz. Artikkelin arvot (Taulukko 3-4) on määritetty tilastollisesti niin, että ne ylittyvät 84 % todennäköisyydellä suomalaisissa pientaloissa, ja niitä on käytetty tässä selvityksessä matalataajuisten sisämelutasojen arviointiin. Rakennusten ilmaäänieristyksen keskimääräinen profiili kasvaa korkeammille taajuuksille mentäessä, jonka perusteella mallinnusohjeistuksen mukainen sisämelujen arviointi tehdään vain matalille taajuuksille. Jos matalataajuisen sisämelun tasojen todetaan pysyvän annetuissa toimenpiderajoissa, myös kokonaismelun tasot pysyvät todennäköisesti raja-arvojen alapuolella.

Copyright © AFRY Finland Oy

3 TUULIVOIMAKOHTEEN MELUMALLINNUS

3.1 Keskiäänitasojen LAeq mallinnus

Tuulivoimaloiden aiheuttaman keskiäänitason mallinnus on suoritettu laskentastandardin ISO 9613-2:2024 mukaisesti AFRY Numerola -mallinnusohjelmistolla. Mallinnuksessa on käytetty V172 7.2 MW PO7200 (blades with serrated trailing edges) taajuusjakaumia. Taajuusjakaumat on saatu seuraavista tuulivoimalavalmistajan dokumenteista:

- Third octave noise emission EnVentus™ 172-7.2MW. Document no. 0128-4336_01. 2024-11-29.

Dokumentissa esitetyt melutasot perustuvat tuulivoimalatyypillä V172 tehtyihin testimittauksiin. Dokumentissa ilmoitettuihin melutasoihin on lisätty ympäristöministeriön 14.9.2016 antaman lisäohjeistuksen mukainen 2 dB:n varmuusarvo [11]:

”Takuuarvoa ei ole aina esitetty dokumentissa IEC 61400-14 standardin määrittämällä tavalla ja takuuarvo joudutaan tällöin arvioimaan hankekehittäjän tai meluselvitystä tekevän konsultin toimesta. Tässä tapauksessa laskeminen tulee suorittaa IEC 61400-14 mukaisesti. Mikäli takuuarvoa ei ole mahdollista määrittää standardin IEC 61400-14 mukaisesti, tulee tuulivoimalan melupäästön lukuarvoon lisätä varmuusarvona 2 dB takuuarvon saamiseksi.”

Tuulivoimalatyypin V172 7.2 MW PO7200 äänitehotaso on 107,8 dB(A). Mallinnuksissa voimaloille on käytetty äänitehotasoa 109,8 dB(A). Mallinnuksissa käytetyt taajuusjakaumat vastaavat tuulennopeutta 15 m/s napakorkeudella 200 m, jonka arvioidaan vastaavan melumallinnusohjeistuksen mukaista referenssinopeutta 8 m/s 10 m korkeudella. Tuulivoimaloiden melun impulssimaisuuteen tai amplitudimodulaatioon liittyvää sanktiota ei ole käytetty mallinnuksessa.

Tuulivoimalatyyppien melupäästön kapeakaistaisuuden arvioinnissa on käytetty ympäristöministeriön raportissa Ympäristömelun mittaaminen [12] esitettyä yksinkertaista menetelmää, joka perustuu äänitehotasojen vertailuun terssikaistoittain (1/3-oktaaveittain). Melun tulkitaan olevan kapeakaistaista, mikäli ainakin yhden terssikaistan äänitehotaso on vähintään 5 dB suurempi kuin välittömästi kyseisen kaistan ala- ja yläpuolella olevien terssikaistojen tasot. Luvussa 6 esitettyjen melun taajuusjakaumien mukaan tämä ehto ei toteudu, joten melun kapeakaistaisuuteen liittyvää sanktiota ei ole käytetty.

Maaston korkeusaineistona on käytetty Maanmittauslaitoksen aineistoa *Korkeusmalli 2 m*, jonka pystysuuntainen tarkkuus on 0,3 m ja vaakasuuntainen resoluutio 2 m. Melutasot tuulivoimaloiden ympäristössä laskettiin hilapisteistöön, jonka korkeus on (ohjeistuksen mukaisesti) 4 m maanpinnasta ja vaakaresoluutio 10 m. Ilmakehän absorption aiheuttama vaimennus, äänen suuntaavuus ja sääolosuhteiden vaikutus äänen etenemiseen on määritetty ympäristöministeriön ohjeistusten mukaisesti. Tuulivoimalan sijoituspaikan ympäristössä maaston vaikutuskerroin on ollut maa-alueilla 0,4 ja vesialueilla 0,0. Mallinnusohjeistuksen mukaisesti tuulivoimalan melupäästöön lisätään 2 dB, mikäli voimalan ja melulle altistuvan kohteen välinen korkeusero ylittää 60 m. Akustisen laskennan lähtötiedoista ja parametreista on tehty yhteenveto lukuun 6.

Taulukossa (Taulukko 3-2) on määritelty tuulivoimaloiden ympäristöstä yhdeksän pistettä, joiden kohdilla keskiäänitason LAeq ja matalataajuisen melun tasoja tarkastellaan tarkemmin. Pisteet on valittu asuntojen kohdilta, joihin kohdistuu suurin meluvaikutus. Näitä

Copyright © AFRY Finland Oy

pisteitä kutsutaan reseptoreiksi, ja niiden paikat suhteessa tuulivoimaloihin on esitetty karttapohjalla (Kuva 3-1). Reseptorit sijaitsevat noin 1,7-2,2 km etäisyydellä voimaloista.

Alueen rakennustieto perustuu Maanmittauslaitoksen maastotietokannan aineistoon, jossa on eritelty alueen asuinrakennukset ja loma-asunnot. MML:n maastotietokannan aineiston mukaan hankealueelle ja sen välittömään läheisyyteen sijoittuu useita asuin- ja lomarakennuksiksi luokiteltuja rakennuksia. Asiakkaalta tulleen tiedon mukaan osa rakennuksista on todellisuudessa käyttötarkoitukseltaan muita rakennuksia tai niitä ei ole merkitty kunnan rekisteriin. Nämä kyseiset rakennukset on lueteltu taulukossa (Taulukko 3-1). Melun ohjearvot koskevat ainoastaan vakituisiksi asuinrakennuksiksi sekä loma-asunnoiksi tarkoitettuja rakennuksia, minkä vuoksi kyseisiä rakennuksia ei huomioida tämän raportin melutarkasteluissa. Rakennukset on merkitty myös karttakuviin.

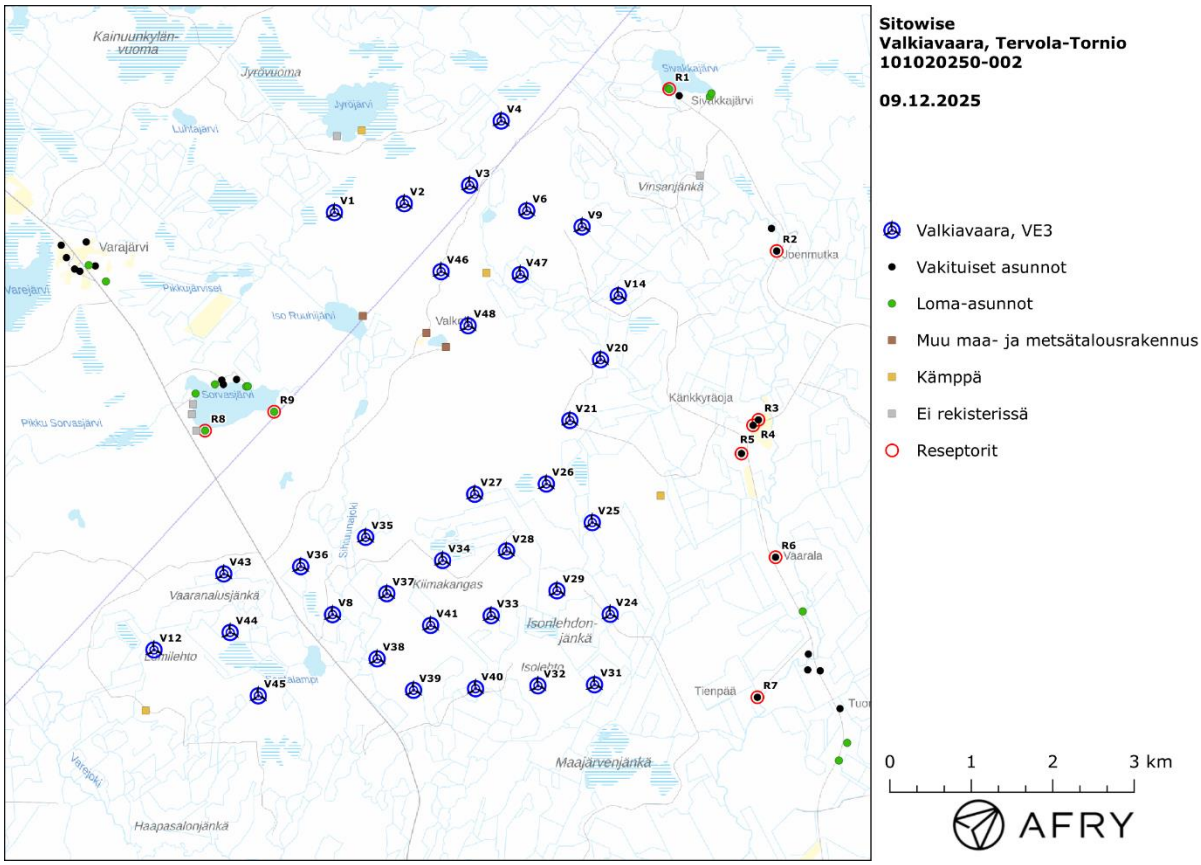
Taulukko 3-1: Asiakkaalta saadut rakennusten statukset.

Kiinteistönumero	Status
845-402-214-2	kämppä
845-402-5-142	muu maa- ja metsätalousrakennus
845-402-5-155	kämppä
845-402-94-2	kämppä
845-404-15-2	rakennusta ei rekistereissä
845-404-27-0	muu maa- ja metsätalousrakennus
851-424-13-19	rakennusta ei rekistereissä
851-424-13-36	rakennusta ei rekistereissä
851-424-14-22	rakennusta ei rekistereissä
851-424-2-23	muu maa- ja metsätalousrakennus
851-433-16-35	kämppä
851-433-878-48	rakennusta ei rekistereissä

Taulukko 3-2: Reseptorien koordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa.

Reseptori	E	N	Maaston korkeus [m]	Rakennusluokitus
R1	397641	7352942	102	loma-asunto
R2	398960	7350955	78	vakituinen asunto
R3	398736	7348884	71	vakituinen asunto
R4	398670	7348816	71	vakituinen asunto
R5	398528	7348470	75	vakituinen asunto
R6	398946	7347198	73	vakituinen asunto
R7	398723	7345480	61	vakituinen asunto
R8	391943	7348751	126	loma-asunto
R9	392791	7348983	123	loma-asunto

Copyright © AFRY Finland Oy



Kuva 3-1: Reseptoreiden paikat Valkiavaaran tuulivoimapuiston hankealueella.

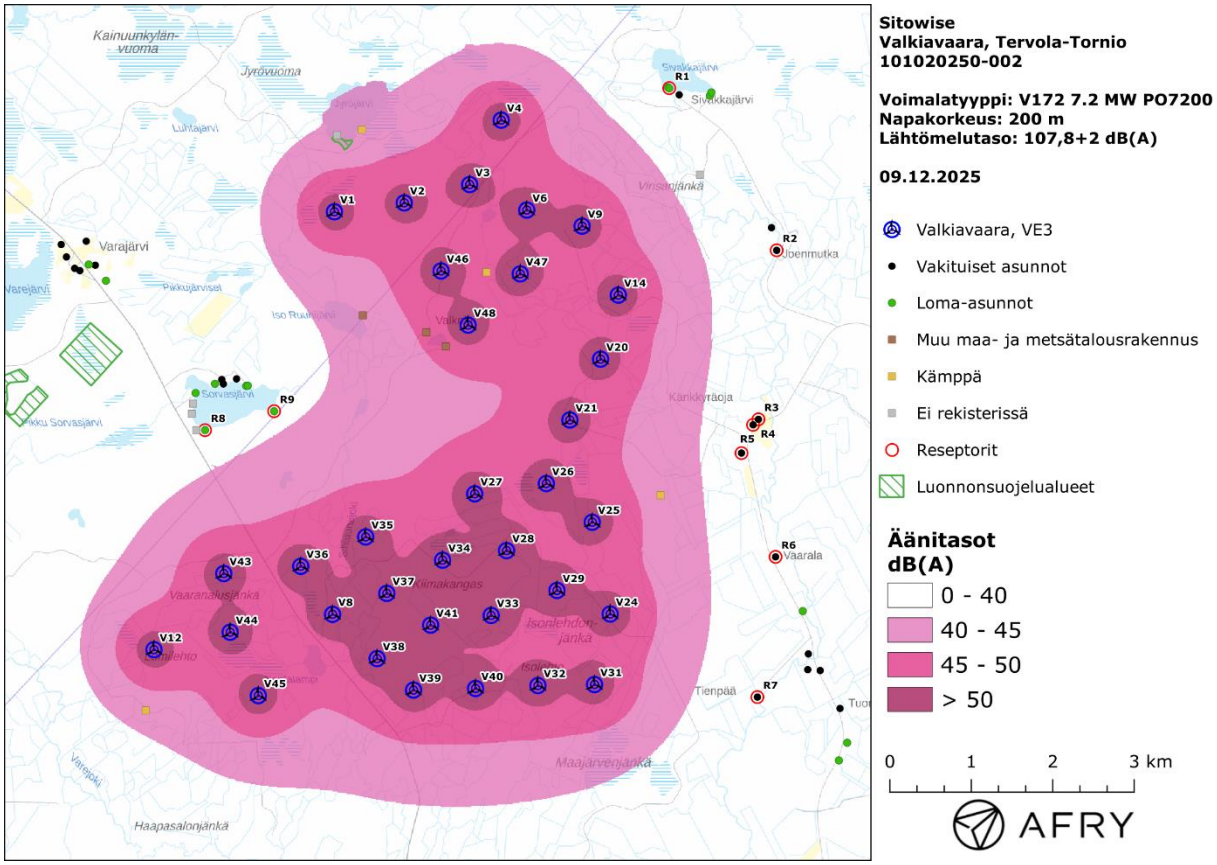
Copyright © AFRY Finland Oy

Meluvaikutus

Tuulivoimaloiden aiheuttama mallinnettu keskiäänitaso LAeq on esitetty karttakuvana (Kuva 3-2). Alueen rakennustieto perustuu Maanmittauslaitoksen maastotietokannan aineistoon, jossa on eritelty alueen asuinrakennukset ja loma-asunnot. Karttaan on lisäksi merkitty asiakkaan tarkentamat rakennukset (kts. Taulukko 3-1). Karttakuvaan on merkitty keskiäänitasojen 40 dB(A), 45 dB(A) ja 50 dB(A) mukaiset vyöhykkeet, joita käytetään apuna tulosten arvioinnissa.

Keskiäänitasot reseptoreiden kohdilla on lueteltu taulukossa (Taulukko 3-3). Mallinnustulosten perusteella keskiäänitasot jäävät valtioneuvoston asetuksen 40 dB(A):n ohjearvon alapuolelle kaikkien alueen asuin- ja lomarakennusten kohdilla.

Karttakuvassa on lisäksi esitetty hankkeen ympäristössä sijaitsevat luonnonsuojelualueet. Hankealueen välittömään läheisyyteen sijoittuu Jyröjärven yksityinen luonnonsuojelualue (YSA232848), jossa saavutetaan 40 dB(A):n melutaso. 45 dB(A):n päiväajan ja 40 dB(A):n yöajan ohjearvoa sovelletaan ainoastaan yleiselle virkistyskäytölle tärkeillä luonnonsuojelualueilla, joille on rakennettu käyttöä palvelevia polkuja tai muita rakenteita.



Kuva 3-2: Keskiäänitasot LAeq Valkiavaaran tuulivoimapuiston hankealueella.

Copyright © AFRY Finland Oy

Taulukko 3-3: Keskiäänitasot LAeq reseptoripisteiden kohdilla.

Reseptori	Äänitaso dB(A)
R1	36,3
R2	35,9
R3	37,3
R4	37,5
R5	38,0
R6	36,5
R7	36,3
R8	38,1
R9	39,2

3.2 Matalataajuisen melun mallinnus

Matalataajuisen melun laskenta on suoritettu ympäristöministeriön mallinnusohjeistuksen mukaisesti [7]. Laskennan lähtötietona on käytetty samoja valmistajan ilmoittamia melun taajuusjakaumia kuin keskiäänitasojen mallinnuksessa, mutta rajoittuen 1/3-oktaaveittain taajuuksille 20–200 Hz. Matalataajuisen melun laskenta suoritetaan taajuuspainottamattomilla melutasoilla.

Meluvaikutus

Matalataajuisen melun arvioinnissa käytetään Suomen asumisterveysasetuksessa määriteltyjä taajuuskohtaisia arvoja, jotka antavat toimenpiderajat matalataajuisen melun yöaikaisille *sisämelutasoille* (Taulukko 2-2). Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen mallinnus antaa matalataajuisen *ulkomelun* tasot voimaloita lähimpien rakennusten kohdilla. Tulokset eivät siis ole suoraan vertailukelpoisia asumisterveysasetuksen arvoihin, vaan tulkinnassa pitää huomioida myös rakennusten ulkovaipan ääneneristävyys.

Ympäristöministeriön ohjeiden mukainen matalataajuisen melun laskenta perustuu Tanskan ympäristöhallinnon ohjeissa esitettyyn menetelmään [3], jonka parametreihin on tehty joitakin Suomen olosuhteisiin perustuvia tarkennuksia. Tanskan menetelmässä on määritelty rakennuksesta aiheutuva äänitasoero (ΔL_σ) taajuuskaistoittain, jolloin saadaan laskettua myös sisämelutasot ja toimenpiderajoihin verrannolliset mallinnustulokset.

Tässä raportissa käytetyt rakennusten parametrit perustuvat tutkimukseen suomalaisten pientalojen äänieristävyyden arvoista [4]. Turun ammattikorkeakoulussa tehdyssä tutkimuksessa esitetyt arvot perustuvat suomalaisissa pientaloissa tehtyihin mittauksiin, joiden avulla on johdettu tilastollinen estimaatti talojen ääneneristävyyksille eri taajuuksilla. Artikkelin [4] äänitasoerot ylittyvät 84 % todennäköisyydellä suomalaisissa pientaloissa, ja ne ovat selkeästi alhaisempia kuin Tanskan ympäristöhallinnon ohjeissa annetut arvot. Ne antavat siten konservatiivisen arvion rakennusten aiheuttamalle ääneneristävyydelle, ja tässä raportissa vertailurakennusten matalataajuisia sisämelutasoja arvioidaan käyttäen näitä alempia äänitasoeroja. Taulukossa (Taulukko 3-4) on esitetty sekä Tanskan ympäristöhallinnon ohjeissa että artikkelissa [4] annetut äänitasoerot.

Copyright © AFRY Finland Oy

Taulukko 3-4: Rakennuksen äänitasoerot taajuuskaistoittain.

Taajuus [Hz]	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
Äänitasoero [dB] (Tanskan ohjeistus)	6,6	8,4	10,8	11,4	13,0	16,6	19,7	21,2	20,2	21,2	-
Äänitasoero [dB] (viite [4])	7,6	8,3	9,2	10,3	11,5	13,0	14,8	16,8	18,8	21,1	22,8

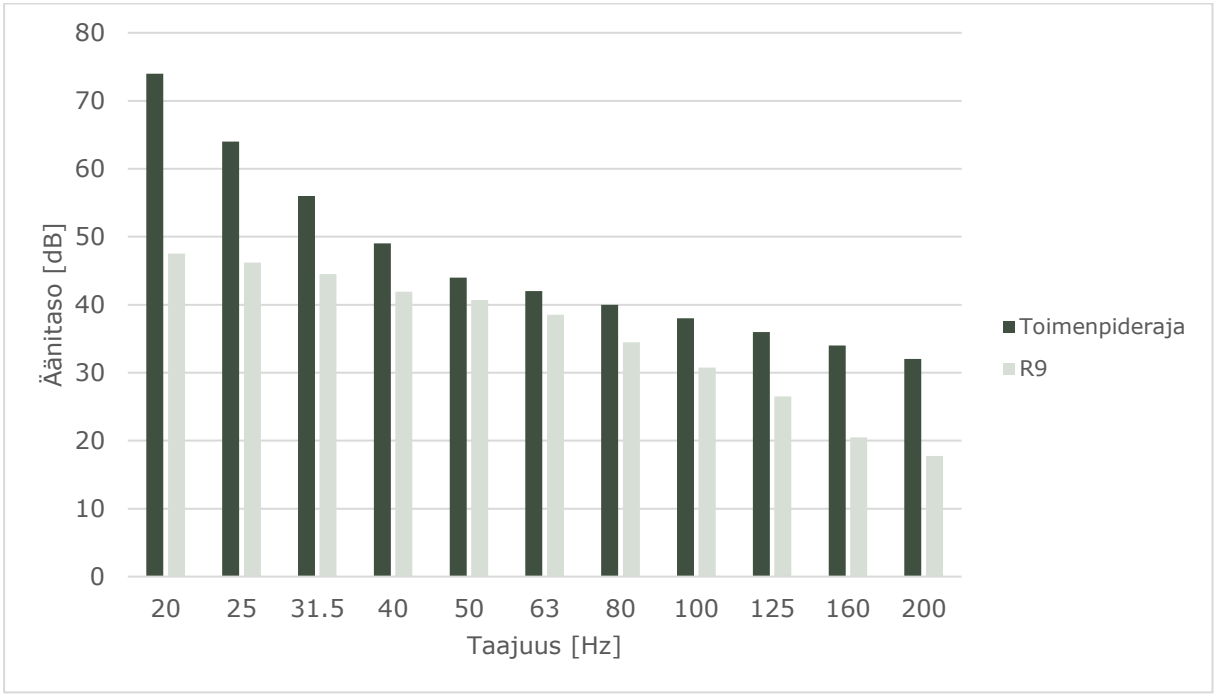
Melutasoja tarkastellaan aiemmin määriteltyjen reseptoreiden paikoilla. Lisäksi lasketaan sisämelutasot eniten melulle altistuvassa kohteessa käyttäen alempia äänitasoeroja (Taulukko 3-4) ja verrataan näitä tuloksia Asumisterveysasetuksen arvoihin. Tuulivoimaloiden aiheuttama matalataajuinen ulkomelutaso reseptoreiden kohdilla taajuuskaistoittain ja ilman taajuuspainotusta on lueteltu taulukossa (Taulukko 3-5). Taulukkoon on eritelty ohjeistuksen mukaisesti lasketut ulkotilojen melutasot.

Korkeimmat matalataajuisen melun tasot kohdistuvat reseptoripisteeseen R9, jonka kohdalla on laskettu myös sisämelutasot ja verrattu niitä Asumisterveysasetuksen arvoihin (Kuva 3-3). Kun otetaan huomioon rakennuksien ääneneristävyys, melutasot jäävät toimenpiderajojen alapuolelle koko taajuusvälillä.

Taulukko 3-5: Matalataajuisen ulkomelun äänitasot (dB) reseptoreiden kohdilla.

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	52,6	51,9	51,1	49,6	49,6	48,9	46,6	44,8	42,5	38,7	37,6
R2	52,4	51,7	50,9	49,4	49,4	48,7	46,4	44,5	42,2	38,4	37,2
R3	53,5	52,9	52,0	50,6	50,5	49,9	47,6	45,8	43,5	39,7	38,6
R4	53,7	53,0	52,2	50,8	50,7	50,0	47,7	46,0	43,7	39,9	38,8
R5	54,0	53,4	52,6	51,1	51,1	50,4	48,1	46,4	44,1	40,4	39,3
R6	53,1	52,4	51,6	50,1	50,1	49,4	47,1	45,3	43,0	39,2	38,0
R7	52,8	52,1	51,3	49,8	49,8	49,1	46,8	45,0	42,6	38,8	37,7
R8	54,2	53,6	52,8	51,3	51,3	50,6	48,3	46,6	44,3	40,5	39,5
R9	55,1	54,5	53,7	52,2	52,2	51,5	49,3	47,5	45,3	41,6	40,6

Copyright © AFRY Finland Oy



Kuva 3-3: Matalataajuisen sisämelun tasot reseptorin R9 kohdalla.

Copyright © AFRY Finland Oy

3.3 Melun yhteisvaikutukset

Tässä luvussa arvioidaan Valkiavaaran voimaloiden sekä läheisten tuulivoimapuistojen aiheuttamaa melun yhteisvaikutusta. Mallinnuksissa huomioidaan suunnitteilla olevat Kolopetäjä-Rovavaara, Martimo, Outojänkä, Löylyvaara, Kuusivuoma sekä toiminnassa oleva Varevaara. Huomioitavien naapuripuistojen lähimpien tuulivoimaloiden etäisyys Valkiavaaran voimaloista on 10 km tai alle. Tätä kauempana olevien tuulivoimaloiden meluvaikutus voidaan olettaa merkityksettömäksi yhteisvaikutusten kannalta lähinnä metsäisessä ympäristössä. Taulukkoon (Taulukko 3-6) on koottu naapuripuistojen voimalatiedot.

Taulukko 3-6: Mallinnuksissa naapuripuistoille käytetyt voimalamitat, tuulivoimalatyypit sekä lähtömelutasot.

Tuulivoimapuisto	Etäisyys Valkiavaaraan	Voima-lat	Napa-korkeus	Voimalatyyppi	Lähtömelutaso
Kolopetäjä-Rovavaara	1,2 km	77 kpl	210 m	V172 7.2 MW	107,8+2 dB(A)
Martimo	1,7 km	70 kpl	200 m	V172 7.2 MW	107,8+2 dB(A)
Outojänkä	4,8 km	35 kpl	200 m	V172 7.2 MW	107,8+2 dB(A)
Löylyvaara	8,6 km	3 kpl	146 m	V126 3.3 MW	105,5+2 dB(A)
Kuusivuoma	8,8 km	31 kpl	200 m	V172 7.2 MW	107,8+2 dB(A)
Varevaara	10,0 km	10 kpl	140 m	V112 3.0 MW	106,5+2 dB(A)

Melumallinnuksessa naapuripuistojen Kolopetäjä-Rovavaara, Martimo, Outojänkä sekä Kuusivuoma voimaloille on käytetty tuulivoimalatyyppiä V172 7.2 MW PO7200 (blades with serrated trailing edges), jonka lähtömelutaso on 107,8 dB(A). Tähän lähtömelutasoon on lisätty 2 dB:n varmuusarvo tunnusarvon saamiseksi, joten mallinnuksessa on käytetty äänitehotasoa 109,8 dB(A). Tuulivoimalatyypin melun taajuusjakaumat on saatu samasta dokumentista kuin Valkiavaaran voimaloille käytetty taajuusjakauma (kappale 3.1). Kolopetäjä-Rovavaaran voimaloille on käytetty napakorkeutta 210 m. Martimon, Outojängän sekä Kuusivuoman voimaloille on käytetty napakorkeutta 200 m.

Melumallinnuksessa Löylyvaaran voimaloille on käytetty tuulivoimalatyyppiä V126 3.3 MW Mode 0 (serrated trailing edges) lähtömelutasolla 105,5 dB(A). Tähän melutasoon on lisätty 2 dB:n varmuusarvo tunnusarvon saamiseksi, joten mallinnuksessa on käytetty äänitehotasoa 107,5 dB(A). Löylyvaaran voimaloille on käytetty napakorkeutta 146 m. Melun taajuusjakaumat on saatu seuraavasta dokumentista:

- V126-3.3MW-Mk2A_50/60 Hz Third Octaves according to General Specification. DMS 0048-2151_V01. 2014-11-11.

Varevaaran tuulivoimapuisto on toiminnassa tuulivoimatyypillä V112 3.0 MW ja napakorkeudella 140 m. V112 3.0 MW Mode 0 lähtömelutaso on 106,5 dB(A). Tähän melutasoon on lisätty 2 dB:n varmuusarvo tunnusarvon saamiseksi, joten mallinnuksessa on käytetty äänitehotasoa 108,5 dB(A). Melumallinnuksessa käytetty, turbiinivalmistajalta saatu taajuuskaistakohtainen melupäästötieto on esitetty kappaleessa 6.

Naapuripuistojen voimaloiden koordinaatit on annettu taulukoissa (Taulukko 3-7-Taulukko 3-12).

Copyright © AFRY Finland Oy

Taulukko 3-7: Kolopetäjä-Rovavaaran tuulivoimaloiden (77 kpl) sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa ja maaston korkeus tuulivoimalan paikalla.

Tuuli-voimalat	E	N	Maaston korkeus [m]	Tuuli-voimalat	E	N	Maaston korkeus [m]
KR1	393551	7344355	76	KR40	391113	7337305	46
KR2	393926	7343935	73	KR41	390313	7336714	42
KR3	393115	7343985	73	KR42	389064	7336442	42
KR4	391987	7344125	71	KR43	389052	7335787	40
KR5	391343	7344239	70	KR44	390031	7335892	46
KR6	390729	7344248	71	KR45	391291	7336343	41
KR7	389992	7344178	74	KR46	392085	7336687	53
KR8	388896	7344154	78	KR47	393047	7337372	56
KR9	390405	7343466	72	KR48	393446	7336696	50
KR10	389579	7343483	70	KR49	392947	7336072	55
KR11	388908	7343127	75	KR50	392665	7335339	45
KR12	389721	7342577	70	KR51	392215	7335952	52
KR13	388998	7342004	74	KR52	391511	7335523	42
KR14	389055	7341354	72	KR53	390814	7335529	38
KR15	388241	7340747	88	KR54	388725	7337446	54
KR16	386620	7340385	75	KR55	389667	7339792	74
KR17	385780	7340379	71	KR56	390330	7340582	70
KR18	385357	7341084	73	KR57	389834	7341425	67
KR19	384482	7341037	71	KR58	391319	7341286	66
KR20	384452	7341700	81	KR59	391944	7341315	71
KR21	389071	7340129	81	KR60	392075	7342764	68
KR22	387956	7339831	78	KR61	392676	7344247	77
KR23	386982	7339490	79	KR62	391984	7339784	78
KR24	386133	7339420	59	KR63	391389	7339539	70
KR25	386300	7338308	55	KR64	390789	7339210	60
KR26	387212	7338795	60	KR65	390908	7341916	70
KR27	388086	7338768	56	KR66	391737	7342216	67
KR28	388609	7339515	71	KR67	387983	7341877	83
KR29	389286	7338536	54	KR68	387751	7342635	92
KR30	388157	7337947	58	KR69	388209	7343565	90
KR31	390163	7338763	57	KR70	386718	7342500	131
KR32	389918	7338056	58	KR71	385648	7341898	90
KR33	389538	7337123	51	KR72	386454	7341756	82
KR34	390287	7337536	54	KR73	387010	7341303	77
KR35	391347	7338774	80	KR74	391057	7340057	64
KR36	392038	7339003	105	KR75	389482	7340773	72
KR37	392777	7338873	81	KR76	390791	7338198	51
KR38	392316	7337960	63	KR77	386321	7341167	74
KR39	391902	7337489	64				

Copyright © AFRY Finland Oy

Taulukko 3-8: Martimon tuulivoimaloiden (70 kpl)sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa ja maaston korkeus tuulivoimalan paikalla.

Tuuli-voimalat	E	N	Maaston korkeus [m]	Tuuli-voimalat	E	N	Maaston korkeus [m]
M1	377136	7346601	98	M36	377939	7348298	98
M2	381942	7349951	116	M37	384931	7345604	92
M3	384823	7350235	129	M38	377927	7341803	84
M4	378218	7349690	106	M39	381585	7345156	90
M5	376338	7343974	96	M40	377484	7345706	101
M6	386698	7348199	130	M41	383766	7349664	124
M7	380286	7349474	115	M42	387472	7348166	109
M8	377219	7341555	113	M43	379571	7349548	113
M9	384185	7351157	134	M44	375984	7342889	92
M10	379407	7345078	116	M45	388106	7345330	98
M11	383586	7346346	94	M46	384979	7348706	117
M12	384845	7343049	103	M47	385299	7343681	91
M13	382688	7348862	115	M48	381471	7342111	66
M14	387386	7347276	109	M49	381136	7349414	114
M15	379158	7350132	117	M50	380067	7344005	91
M16	379784	7341455	84	M51	386473	7346774	108
M17	385431	7349826	129	M52	379950	7346725	104
M18	380634	7346505	107	M53	383541	7343988	77
M19	388935	7345847	90	M54	376849	7345049	105
M20	383614	7342612	81	M55	383831	7348006	115
M21	378277	7347180	102	M56	379088	7343932	99
M22	381938	7351003	128	M57	381836	7349104	114
M23	375548	7343958	97	M58	378631	7348904	106
M24	385606	7348200	122	M59	384153	7343180	88
M25	377274	7344017	97	M60	376874	7342518	86
M26	387384	7345330	92	M61	387884	7346811	102
M27	380842	7341808	67	M62	381534	7346355	99
M28	382486	7346956	101	M63	385084	7346808	105
M29	383152	7350834	136	M64	380734	7343249	72
M30	388577	7347134	101	M65	382970	7350062	128
M31	378894	7345938	112	M66	378147	7344004	97
M32	382484	7342265	68	M67	386313	7345891	104
M33	380686	7348606	109	M68	379436	7347755	102
M34	379156	7341846	85	M69	384033	7345524	99
M35	389668	7346470	87	M70	384387	7349114	119

Copyright © AFRY Finland Oy

Taulukko 3-9: Outojängän tuulivoimaloiden (35 kpl) sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa ja maaston korkeus tuulivoimalan paikalla.

Tuuli-voimalat	E	N	Maaston korkeus [m]	Tuuli-voimalat	E	N	Maaston korkeus [m]
O1	400794	7341190	52	O19	405110	7343435	59
O2	402059	7341405	54	O20	407266	7343686	72
O3	402877	7341029	48	O21	406693	7344229	66
O4	403450	7339901	40	O22	405994	7341566	45
O5	404442	7340348	43	O23	402925	7342444	54
O6	404286	7340826	44	O24	402284	7342985	61
O7	405051	7340999	52	O25	403450	7343543	61
O8	405707	7340832	43	O26	404336	7343988	59
O9	406884	7340772	40	O27	401665	7343636	59
O10	407714	7341083	42	O28	402910	7344316	71
O11	407099	7341465	44	O29	402176	7344714	62
O12	408406	7341871	51	O30	405221	7344917	65
O13	407522	7342731	56	O31	401823	7345772	71
O14	408215	7343656	69	O32	402897	7345978	76
O15	405284	7342175	54	O33	404074	7345978	68
O16	404406	7342420	49	O34	404915	7346246	69
O17	403695	7341716	49	O35	401396	7340463	46
O18	405940	7343250	57				

Taulukko 3-10: Löylyvaaran tuulivoimaloiden (3 kpl) sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa ja maaston korkeus tuulivoimalan paikalla.

Tuulivoimalat	E	N	Maaston korkeus [m]
L1	399117	7336738	84
L2	398713	7336999	86
L3	398156	7337154	85

Copyright © AFRY Finland Oy

Taulukko 3-11: Kuusivuoman tuulivoimaloiden (31 kpl) sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa ja maaston korkeus tuulivoimalan paikalla.

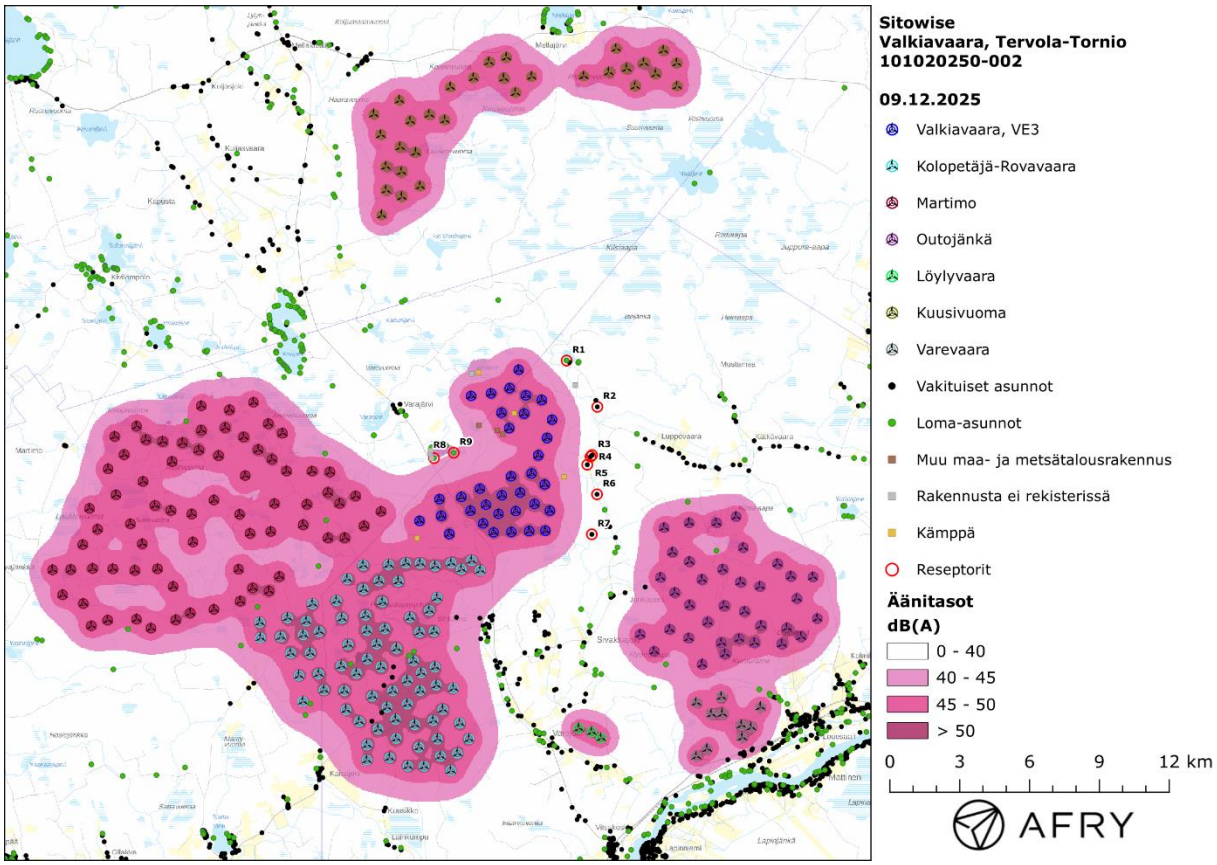
Tuuli-voimalat	E	N	Maaston korkeus [m]	Tuuli-voimalat	E	N	Maaston korkeus [m]
K1	402368	7365715	159	K17	392642	7364685	144
K2	401795	7366262	169	K18	392407	7363264	139
K3	400952	7365723	176	K19	391734	7363510	138
K4	399763	7366344	166	K20	390452	7364120	107
K5	402381	7364722	147	K21	390917	7363227	113
K6	401462	7365244	166	K22	389353	7363521	91
K7	400583	7364720	158	K23	389652	7362636	103
K8	400217	7365480	166	K24	390487	7362112	120
K9	399446	7365323	162	K25	391156	7361875	141
K10	398373	7365157	156	K26	389868	7361276	123
K11	396132	7365136	152	K27	390542	7361047	120
K12	395050	7365960	153	K28	391344	7360431	129
K13	395441	7364441	147	K29	389877	7360256	120
K14	394937	7365057	146	K30	390554	7359968	122
K15	394298	7365762	143	K31	389689	7359188	120
K16	393634	7365082	140				

Taulukko 3-12: Varevaaran tuulivoimaloiden (10 kpl) sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa ja maaston korkeus tuulivoimalan paikalla.

Tuulivoimalat	E	N	Maaston korkeus [m]
VA1	403212	7335951	56
VA2	403670	7336274	60
VA3	403203	7338261	70
VA4	403858	7337760	74
VA5	404324	7337778	74
VA6	404287	7338510	70
VA7	405150	7337291	68
VA8	405562	7337201	67
VA9	405180	7336763	70
VA10	405964	7338072	50

Valkiavaaran ja naapuripuistojen mallinnettu keskiäänitaso LAeq on esitetty karttakuvana (Kuva 3-4). Keskiäänitasot reseptorien kohdalla on lueteltu taulukossa (Taulukko 3-13). Mallinnustulosten perusteella Valkiavaaran ja naapuripuistojen melun yhteisvaikutukset aiheuttavat valtioneuvoston 40 dB(A):n ohjearvon ylityksen reseptoripisteen R9 kohdalla. Asutuksen kohdalla yhteisvaikutukset nostavat keskiäänitasoa 0,7-1,9 dB(A).

Copyright © AFRY Finland Oy



Kuva 3-4: Keskiäänitasot LAeq, kun mallinnuksissa huomioidaan Valkiavaaran ja naapuripuistojen voimalat.

Taulukko 3-13: Keskiäänitasot LAeq reseptoripisteiden kohdilla, kun mallinnuksissa huomioidaan Valkiavaaran ja naapuripuistojen voimalat.

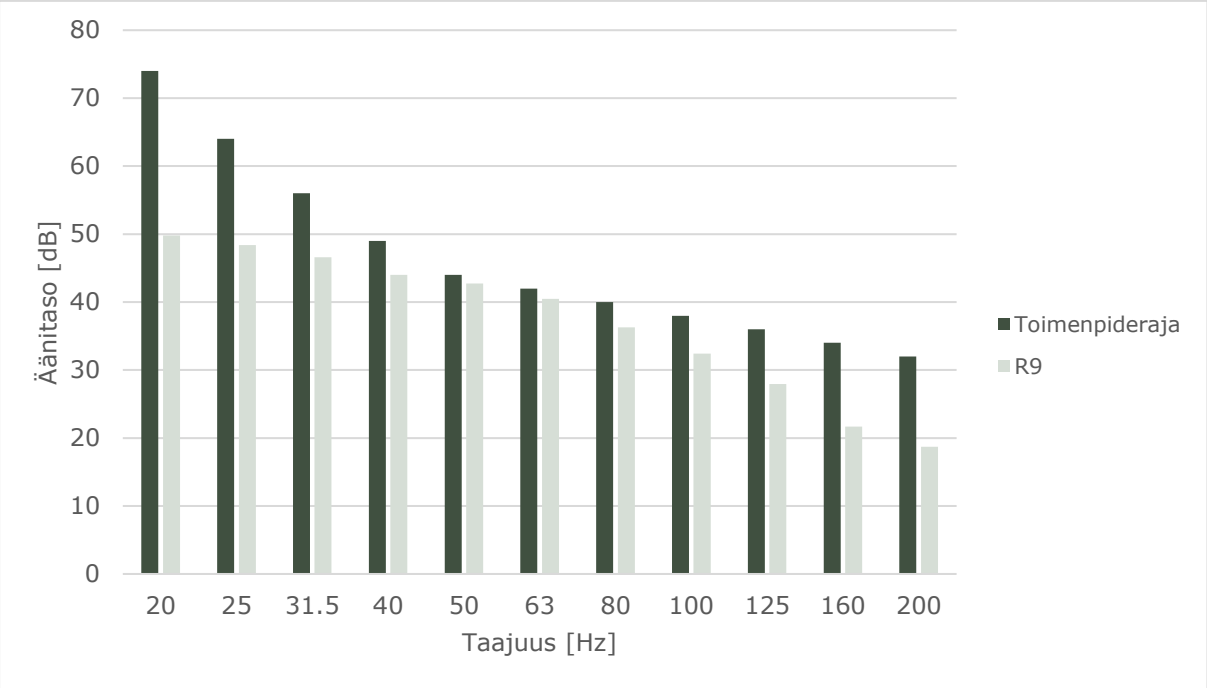
Reseptori	Äänitaso dB(A)
R1	37,0
R2	36,8
R3	38,2
R4	38,4
R5	38,8
R6	38,0
R7	38,2
R8	39,6
R9	40,2

Valkiavaaran ja naapuripuistojen aiheuttama matalataajuinen ulkomelutaso reseptoreiden kohdilla taajuuskaistoittain ja ilman taajuuspainotusta on lueteltu taulukossa (Taulukko 3-14). Korkeimmat matalataajuisen melun tasot kohdistuvat reseptoripisteeseen R9, jonka kohdalla on myös laskettu sisämelutasot ja verrattu niitä Asumisterveysasetuksen arvoihin (Kuva 3-5). Kun otetaan huomioon rakennuksien ääneneristävyys, yhteisvaikutusten melutasot jäävät asetusarvojen alapuolelle koko taajuusvälillä.

Copyright © AFRY Finland Oy

Taulukko 3-14: Matalataajuisen ulkomelun äänitasot (dB) reseptoreiden kohdilla, kun mallinnuksissa huomioidaan Valkiavaaran sekä naapuripuistojen voimalat.

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	54,6	53,9	53,0	51,5	51,3	50,5	48,0	46,0	43,5	39,4	38,0
R2	54,8	54,0	53,1	51,5	51,4	50,5	48,1	46,0	43,4	39,2	37,8
R3	55,8	55,1	54,2	52,6	52,5	51,7	49,3	47,3	44,8	40,7	39,3
R4	55,9	55,2	54,3	52,7	52,6	51,8	49,4	47,5	44,9	40,9	39,5
R5	56,2	55,5	54,6	53,0	52,9	52,1	49,7	47,8	45,3	41,3	40,0
R6	56,0	55,3	54,3	52,8	52,7	51,9	49,4	47,5	44,9	40,8	39,4
R7	56,3	55,5	54,6	53,0	52,9	52,1	49,7	47,7	45,2	41,0	39,6
R8	57,1	56,4	55,6	54,0	54,0	53,2	50,8	48,9	46,4	42,4	41,0
R9	57,4	56,7	55,8	54,3	54,2	53,5	51,1	49,2	46,8	42,8	41,5



Kuva 3-5: Matalataajuisen sisämelun tasot reseptorin R9 kohdalla, kun mallinnuksissa huomioidaan Valkiavaaran ja naapuripuistojen voimalat.

Copyright © AFRY Finland Oy

4 YHTEENVETO

Raportissa on esitetty Tervolan kunnan ja Tornion kaupungin alueelle suunnitellun Valkiavaaran tuulivoimapuiston ympäristölleen aiheuttaman meluvaikutuksen laskennallinen arvio. Arviointi on tehty 34 voimalan suunnitelmalle VE3, käyttäen tuulivoimalatyypin V172 7.2 MW PO7200 taajuusjakaumia ja napakorkeutta 200 m.

Mallinnusten perusteella melutasot alueen loma- ja asuinrakennusten kohdilla jäävät alle valtioneuvoston ohjearvojen. Myös matalataajuisen melun tasot pysyvät kaikkien asuin- ja lomarakennusten kohdalla asumisterveysasetuksessa asetettujen arvojen alapuolella.

Mallinnuksissa huomioitiin lisäksi melun yhteisvaikutukset kuuden naapuripuiston kanssa. Yhteisvaikutukset aiheuttavat valtioneuvoston 40 dB:n ohjearvon ylityksen yhden lomarakennuksen kohdalla. Kyseinen rakennus sijoittuu erityisesti Valkiavaaran, Kolopetäjä-Rovavaaran sekä Martimon tuulivoimaloiden vaikutusalueelle.

Copyright © AFRY Finland Oy

5 VIITTEET

[1] C. Di Napoli: Tuulivoimaloiden melun syntytavat ja leviäminen, Suomen Ympäristö 4, 2007.

[2] D. Siponen: Noise Annoyance of Wind Turbines, VTT Research Report VTTR-00951-11, 2011.

[3] J. Jakobsen: Danish regulation for low frequency noise from wind turbines, Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control 31(4), 2012.

[4] J. Keränen, J. Hakala, V. Hongisto: The sound insulation of façades at frequencies 5–5000Hz, Building and Envinronment 156, 2019.

[5] S. Uosukainen: Tuulivoimaloiden melun synty, eteneminen ja häiritsevyys, VTT Tiedotteita 2529, 2010.

[6] Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. Sosiaali- ja terveysministeriö 2015.

[7] Tuulivoimaloiden melun mallintaminen, Ympäristöhallinnon ohjeita 2|2014. Ympäristöministeriö.

[8] Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016. Ympäristöhallinnon ohjeita 5|2016. Ympäristöministeriö, 2016.

[9] Valtioneuvoston asetus 1107/2015 tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista. Astui voimaan 1.9.2015.

[10] Valtioneuvoston päätös 993/1992 melutason ohjearvoista. Astui voimaan 1.1.1993.

[11] Yhteenveto tuulivoimaloiden melupäästön takuuarvon käyttämisestä meluselvityksissä liittyvästä kyselystä. Ympäristöministeriö, 14.9.2016.

[12] Ympäristömelun mittaaminen. Ympäristöministeriö, Ohje I 1995.

[13] C. A. León: Trailing Edge Serrations, Effect of Their Flap Angle on Flow and Acoustics. 7th International Conference on Wind Turbine Noise, Rotterdam, 2nd to 5th May 2017.

[14] M. Gupta, K. Madsen: Advancements in continuous learning for tonality free turbine design. Conference Proceedings. 8th International Conference on Wind Turbine Noise, Lissabon, June 12-14, 2019.

[15] K. Bolin: The Influence of Background Sounds on Loudness and Annoyance of Wind Turbine Noise. Acta Acustica united with Acustica, Vol 98 (2012) pages 741-748.

[16] D. Halstead, N. Tam: A study of background noise levels measured during far-field receptor testing of wind turbine facilities. Conference Proceedings. 8th International Con-ference on Wind Turbine Noise, Lissabon, June 12-14, 2019.

[17] S. Oerlemans, J.G. Schepers: Prediction of wind turbine noise directivity and swish, Proc. 3rd Int. conference on wind turbine noise, Aalborg, Denmark, 2009.

Copyright © AFRY Finland Oy

6 MELUMALLINNUKSEN TIEDOT

Raportin ja raportoijan tiedot							
Mallinnusraportin numero/tunniste: **101020250-002.001**				Raportin hyväksyntäpäivämäärä: **10.12.2025**			
Tekijä/organisaatio, yhteystiedot: **AFRY Finland Oy**							
Vastuuhenkilöt: **Juulianna Lähteinen ja Mika Laitinen**							
Laatija: **Juulianna Lähteinen**				Tarkastaja/hyväksyjä: **Mika Laitinen**			
Mallinnusohjelman tiedot							
Mallinnusohjelma ja versio: **AFRY Numerola -mallinnusohjelmisto**				Mallinnusmenetelmä: **ISO 9613-2:2024**			
Tuulivoimalan/Tuulivoimaloiden tiedot							
Tuulivoimalan valmistaja: **Vestas**				Tyyppi: **V172 7.2 MW PO7200** **V126 3.3 MW Mode 0** **V112 3.0 MW Mode 0**		Sarjanumero/t:	
Nimellisteho: **7.2 MW** **3.3 MW** **3.0 MW**		Napakorkeus: **200 m / 210 m** **146 m** **140 m**		Roottorin halkaisija: **172 m** **126 m** **112 m**		Tornin tyyppi:	
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 V172 7.2 MW PO7200 (valmistajan ilmoittamat melupäästön tunnusarvot)

- Third octave noise emission EnVentus™ 172. Document no. 0128-4336_01. 2024-11-29.

Alla oleviin arvoihin on jo lisätty 2 dB:n varmuusarvo.

Oktaaveittain [Hz]		1/3-oktaaveittain [Hz]					
31,5		20	64,7	200	97,7	2000	97,2
63	91,8	25	69,9	250	99,2	2500	96,6
125	98,8	31,5	74,6	315	98,9	3150	96,8
250	103,4	40	78,4	400	97,8	4000	96,3
500	102,4	50	83,0	500	97,4	5000	92,0
1000	103,0	63	86,9	630	97,6	6300	85,7
2000	101,9	80	89,2	800	98,2	8000	81,4
4000	100,3	100	91,7	1000	98,4	10000	77,2
8000	87,5	125	94,0	1250	98,0		
		160	95,6	1600	97,5		

Copyright © AFRY Finland Oy

Melupäästötiedot V112 3.0 MW (valmistajan ilmoittamat melupäästön tunnusarvot) Taajuusjakauma on saatu tuulivoimalavalmistajalta. Alla oleviin arvoihin on jo lisätty 2 dB:n varmuusarvo.							
Oktaaveittain [Hz]		1/3-oktaaveittain [Hz]					
31,5		20	68,8	200	87,5	2000	96,8
63	87,7	25	73,1	250	90,7	2500	93,8
125	93,5	31,5	75,7	315	93	3150	89,4
250	95,7	40	77,7	400	95	4000	87,9
500	102,1	50	80,5	500	97,1	5000	78,5
1000	104,8	63	82,5	630	98,9	6300	69,6
2000	102,3	80	84,8	800	99,5	8000	58,9
4000	91,9	100	85,7	1000	100,2	10000	
8000	70,2	125	90,8	1250	100,3		
		160	88,3	1600	99,9		

Melun erityispiirteiden mittaus ja havainnot:

Kapeakaistaisuus/ tonaalisuus		Impulssimaisuus		Merkityksellinen sykintä (amplitudi-modulaatio)		Muu, mikä:		
kyllä	**ei**	kyllä	**ei**	kyllä	**ei**	kyllä	**ei**	

Laskentakorkeus	Laskentaruudun koko [m x m]
4 m	**10 m x 10 m**
Suhteellinen kosteus	Lämpötila
70 %	**15 C°**

Maastomallin lähde ja tarkkuus		
Maastomallin lähde: **Maanmittauslaitos**	Vaakaresoluutio: **2 m**	Pystyresoluutio: **0,3 m**

Maan- ja vedenpinnan absorption ja heijastuksen huomioiminen, käytetyt kertoimet
ISO 9613-2:2024
Vesialueet, (0) / (G)
Maa-alueet, (0,4) / (A-D/E-F)
Maa-alueet (0) / (G)
Ilmakehän stabiilius laskennassa/meteorologinen korjaus
Neutraali
Voimalan äänen suuntaavuus ja vaimentuminen
Vapaa avaruus

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**

Copyright © AFRY Finland Oy

Lineaariset melutasot [dB] altistuvien kohteiden (rakennusten) ulkopuolella, kun mallinnuksissa huomioidaan Valkiavaaran voimalat:											
Hz	**20**	**25**	**31,5**	**40**	**50**	**63**	**80**	**100**	**125**	**160**	**200**
R1	52,6	51,9	51,1	49,6	49,6	48,9	46,6	44,8	42,5	38,7	37,6
R2	52,4	51,7	50,9	49,4	49,4	48,7	46,4	44,5	42,2	38,4	37,2
R3	53,5	52,9	52,0	50,6	50,5	49,9	47,6	45,8	43,5	39,7	38,6
R4	53,7	53,0	52,2	50,8	50,7	50,0	47,7	46,0	43,7	39,9	38,8
R5	54,0	53,4	52,6	51,1	51,1	50,4	48,1	46,4	44,1	40,4	39,3
R6	53,1	52,4	51,6	50,1	50,1	49,4	47,1	45,3	43,0	39,2	38,0
R7	52,8	52,1	51,3	49,8	49,8	49,1	46,8	45,0	42,6	38,8	37,7
R8	54,2	53,6	52,8	51,3	51,3	50,6	48,3	46,6	44,3	40,5	39,5

Copyright © AFRY Finland Oy