

Vastaanottaja
Prokon Wind Energy Finland Oy

Asiakirjatyyppe
Raportti

Päivämäärä
4.8.2026

Viite
1510064983-004

VARSAVAARAN TUULIVOIMAHANKE

MELUMALLINNUS

Päivämäärä **4.8.2026**
Laatija **Ville Virtanen, Viivi Nieminen**
Tarkastaja **Jari Hosiokangas**
Versio **05**

Tuulivoimahankkeen meluselvitys

Sisältää Maanmittauslaitoksen Maastotietokannan 10/2022 aineistoa.

Viite 1510064983-004

Raporttihistoria:

Versio	Pvm / Laatija	Muutokset
01	17.10.2022, VV	-
02	7.10.2025, VV	Layout muutos
03	24.6.2026, VV	Layout muutos, reseptoripisteitä lisätty
04	28.7.2026, VINIE	Taulukkoon 3 lisätty WTG tunnuksset, uusi taulukko 4 lisätty, Hietavaaran WTG tunnuksset yhteismelu-kuvaan (liite 3) lisätty
05	4.8.2026, VINIE	Uusi taulukko 3 lisätty, taulukoiden numerointia muutettu (3-7).

SISÄLTÖ

1.	YLEISTÄ	3
2.	MELUN OHJEARVOT	3
2.1	Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista	3
2.2	Asumisterveysasetuksen melutason toimenpiderajat asuntojen sisätiloissa	3
3.	MELUMALLINNUKSEN TIEDOT	4
3.1	Tuulivoimalatiedot	4
3.2	Melulaskenta	5
3.3	Maastomalli ja rakennustiedot	6
4.	TULOKSET	7
4.1	Mallinnustulokset	7
4.2	Pienitaajuinen melu	8
5.	TULOSTEN TULKINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET	9
5.1	Melun erityispiirteet ja häiritsevyysskorjaukset	9
5.2	Alueen tuuliolosuhteet ja niiden vaikutukset meluun	9
5.3	Melutasot verrattuna ohjearvoihin	10

LIITTEET

Liite 1	Laskentaparametrit ja tuulivoimaloiden akustiset tiedot
Liite 2	Varsavaaran meluvyöhykkeet, äänitehotaso 106,4 dB + 2 dB Uc, HH 200
Liite 3	Varsavaaran, Hietavaaran ja Hukkalansalon yhteismeluvyöhykkeet, äänitehotaso 106,4 dB + 2 dB Uc, HH 200
Liite 4	Pienitaajuinen melu

1. YLEISTÄ

Prokon Wind Energy Finland Oy suunnittelee tuulivoimapuiston rakentamista Varsavaaran alueelle Paltamoon. Tässä selvityksessä on mallinnettu Varsavaaran tuulivoimalaitosten aiheuttamat melutasot, sekä yhteismeluvaikutukset yhdessä Hietavaaran ja Hukkalansalon tuulivoima-alueiden kanssa ympäristössä.

Melumallinnus tehtiin Ympäristöministeriön hallinnon ohjeita 2/2014 ”Tuulivoimaloiden melun mallintaminen” raportin mukaisilla laskentaparametreilla. Koska kyseessä on kaavoitusta ja ympäristövaikutusten arviointia varten tehty selvitys, on meluvyöhykkeiden mallinnuksessa käytetty laskentamallia ISO 9613-2. Pientaajuisten melun tarkastelu tehtiin soveltaen DSO 1284 mukaista menetelmää YM:n ohjeen 2/2014 mukaisesti.

Työ on tehty Prokon Wind Energy Finland Oy:n toimeksiannosta. Meluselvityksen laatimisesta ja meluvaikutusten arvioinnista on vastannut ins.(AMK) Ville Virtanen.

2. MELUN OHJEARVOT

2.1 Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista

Valtioneuvoston asetuksessa 1107/2015 (voimaantulopäivä 1.9.2015) on annettu tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvot. Ohjearvot on annettu absoluuttisina lukuarvoina, joissa ei huomioida taustamelua. Asetusta sovelletaan maankäyttö- ja rakennusalan mukaisessa maankäytön ja rakentamisen suunnittelussa, lupamenettelyissä ja valvonnassa sekä ympäristönsuojelulain mukaisessa lupamenettelyssä ja valvonnassa.

Tuulivoimalan toiminnasta aiheutuvan melupäästön takuuarvon perusteella määriteltä laskennallinen melutaso ja valvonnan yhteydessä mitattu melutason eivät saa ulkona ylittää melulle altistuvalla alueella melun A-taajuuspainotetun keskiäänitason (ekvivalenttitason L_{Aeq}) ohjearvoja taulukossa 1 esitetyn mukaisesti.

Taulukko 1. Valtioneuvoston asetuksen mukaiset tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvot 1107/2015

	Ulkomelutason L_{Aeq} päivällä klo 7-22	Ulkomelutason 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

Elinympäristöön vaikuttavaa toimintaa suunniteltaessa ja järjestettäessä sekä tällaista toimintaa harjoitettaessa huomioon otettavista sisämelutasoista säädetään terveydensuojelulaissa (763/1994) ja sen nojalla annetuissa säännöksissä.

Valvonnan yhteydessä saatuun mittaustulokseen tehdään 5 dB lisäys, mikäli tuulivoimalan melu on impulssimaista tai kapeakaistaista altistuvalla alueella.

2.2 Asumisterveysasetuksen melutason toimenpiderajat asuntojen sisätiloissa

Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa 545/2015 (voimaantulopäivä 15.5.2015) on annettu toimenpiderajoja asuntojen ja muiden oleskelutilojen sisämelulle (ns. asumisterveysasetus).

Asuinhuoneistojen asuinhuoneisiin (paitsi keittiö ja muut tilat) toimenpiderajoiksi on annettu päiväajan keskiäänitasolle $L_{Aeq, 7-22}$ 35 dB ja yöajan keskiäänitasolle $L_{Aeq, 22-7}$ 30 dB.

Selvästi taustamelusta erottuvalle melulle, joka voi aiheuttaa unihäiriötä, on toimenpiderajana nukkumiseen käytettävissä tiloissa yöaikaan (klo 22-7) yhden tunnin keskiäänitaso $L_{Aeq, 1h}$ 25 dB. Lisäksi on huomioitava melun erityisominaisuudet eli mahdolliset kapeakaistaisuus- ja impulssimaisuuskorjaukset.

Asetus sisältää toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle, jotka on annettu taajuuspainottamattomina tunnin keskiäänitasoina $L_{eq, 1h}$ (taulukko 2).

Taulukko 2. Yöaikaisen pienitaajuuden sisämelun toimenpiderajat terssikaistoittain (Asumisterveysasetus). Päiväaikaan sallitaan 5 dB suurempia arvoja.

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

3. MELUMALLINNUKSEN TIEDOT

3.1 Tuulivoimalatiedot

Melumallinnukset tehtiin hankkeen tuulivoimaloiden osalta Nordex N163/6.XMW laitosmallilla. Napakorkeutena mallinnuksessa oli 200 m. Tuulivoimaloiden akustiset tiedot on esitetty liitteessä 1.

Melupäästöarvot syötettiin meluvyöhykelaskentaan ja reseptoripisteiden kokonaisäänitasojen laskentaan 1/3-oktaavikaistoittain voimalavalmistajan ilmoittaman taajuusjakauman mukaisesti. Pienitaajuuden melun laskenta tehtiin laitosmallin ilmoitettuihin 1/3 -oktaavikaista tietoihin perustuen.

Melutasot mallinnettiin käyttäen tilaajan toimittaman voimalaitoksen Nordex N163/6.XMW –ser-rated trailing edge -mallille annettuja lähtöarvoja. Tilaajan toiveesta mallinnuksessa käytettiin melupäästöarvoa L_{WA} 106,4 dB tuulennopeuden ollessa >7m/s 10 m korkeudella maanpinnasta (lähde: F008_277_A17_EN, Rev. 03 (2021-12-10)), joka tällä tuulivoimamallilla saavutetaan moodilla 1. Saatujen lähtötietojen mukaan ko. voimalamallin melutaso ei kasva sen jälkeen, kun tuulennopeus saavuttaa arvon 7 m/s 10 m korkeudella maanpinnasta, toisin sanoen tuulennopeudella 8 m/s ja 10 m/s ko. voimalaitoksen äänitehotaso on sama kuin tuulennopeudella 7 m/s (referenssikorkeudella 10 m maan pinnasta).

Jotta tuulivoimalan päästö on IEC 61400-14 mukaisen luottamusvälin sisällä, eli melupäästöarvo vastaa mallinnusohjeen 2/2014 vaatimuksen mukaista äänitehotason takuuarvoa (L_{WAd} , declared value), lisättiin + 2 dB kokonaisepävarmuustaso (U_c), koska epävarmuutta ei ole erikseen ilmoitettu. Myös pienitaajuuden melun laskennan terssikaista-arvoihin on tehty + 2 dB lisäys, jolloin myös terssikaista-arvot vastaavat mallinnusohjeen mukaista takuuarvomäärittelyä. 2 dB on tavallinen mittauksen kokonaisepävarmuustaso (U_c).

Tuulivoimalaitoksen äänitehotaso muuttuu tuulennopeuden muuttuessa, joka vaikuttaa merkittävästi alhaisemmillä tuulennopeuksilla ympäristössä havaittavaan melutasoon. Nordex N163/6.XMW tuulivoimalaitosta voidaan ajaa myös eri melunrajoitusmoodeilla. Melun tuoton rajoittaminen vaikuttaa myös sähkön tuottoon.

Lisäksi on tehty melun yhteisvaikutusmallinnukset, joissa on huomioitu Hietavaaran, Hukkalansalon ja Tulijokilan tuulivoimalahankkeiden voimat. Näiden hankkeiden voimalaitosten napakorkeudet ja lähtömelutasot (L_{wa}) on esitetty taulukossa 3.

Mallinnuksessa käytetyt Varsavaaran hankkeen voimalaitosten koordinaatit on esitetty taulukossa 4. Taulukossa 5 on esitetty hanketta lähinnä olevan Hietavaaran tuulivoimalapuiston voimalaitosten koordinaatit. Z-koordinaatti kertoo maaston korkeuden metreissä merenpinnan yläpuolella tuulivoimalan suunnitellulla sijaintipaikalla.

Taulukko 3. Yhteismelumallinnuksessa huomioitujen hankkeiden voimalaitosten lähtömelutasot

	Hietavaara	Hukkalansalo	Tulijokila
Napakorkeus	200 m	200 m	200 m
Lähtömelutaso	104,8 dB + 2 dB (U_c)	107,8 dB + 2 dB (U_c)	106,9 dB + 2 dB (U_c)

Taulukko 4. Varsavaaran tuulivoimalaitosten koordinaatit (ETRS-TM35FIN)

Tunnus	X	Y	Z
VV01	543529	7158779	170
VV02	543156	7160153	201
VV03	542675	7161133	214
VV04	543662	7159886	191
VV05	544493	7159975	185
VV06	542211	7158539	165
VV07	541191	7158272	181
VV08	540477	7158314	194
VV09	541931	7159878	242
VV10	541466	7160382	259
VV11	542537	7160326	263
VV12	541913	7161009	285

Taulukko 5. Hietavaaran tuulivoimalaitosten koordinaatit (ETRS-TM35FIN)

Tunnus	X	Y	Z
H1	541866	7169379	261
H2	542424	7169216	255
H3	542834	7168601	236
H4	541887	7168240	272
H5	542081	7167881	272
H6	542771	7167907	245
H7	542725	7167348	247
H8	542154	7166520	277
H9	539728	7163798	227
H10	540493	7163693	239
H11	541369	7163637	294
H12	541991	7163427	252
H13	540612	7163096	242
H14	541219	7162841	270
H15	541626	7162584	248
H16	541264	7162095	254
H17	540871	7160988	265
H18	540004	7160564	249

3.2 Melulaskenta

Melumallinnus tehtiin Ympäristöministeriön hallinnon ohjeita 2/2014 ”Tuulivoimaloiden melun mallintaminen” raportin mukaisilla laskentaparametreilla. Koska kyseessä on ympäristövaikutusten arviointia varten tehty selvitys, on meluvyöhykkeiden mallinnuksessa käytetty ISO 9613-2-laskentamallia.

Melumallinnukset on tehty SoundPlan 9.0 -melulaskentaohjelmalla. SoundPlan -ohjelmistosta saa lisätietoa internet-sivustolta www.soundplan.eu.

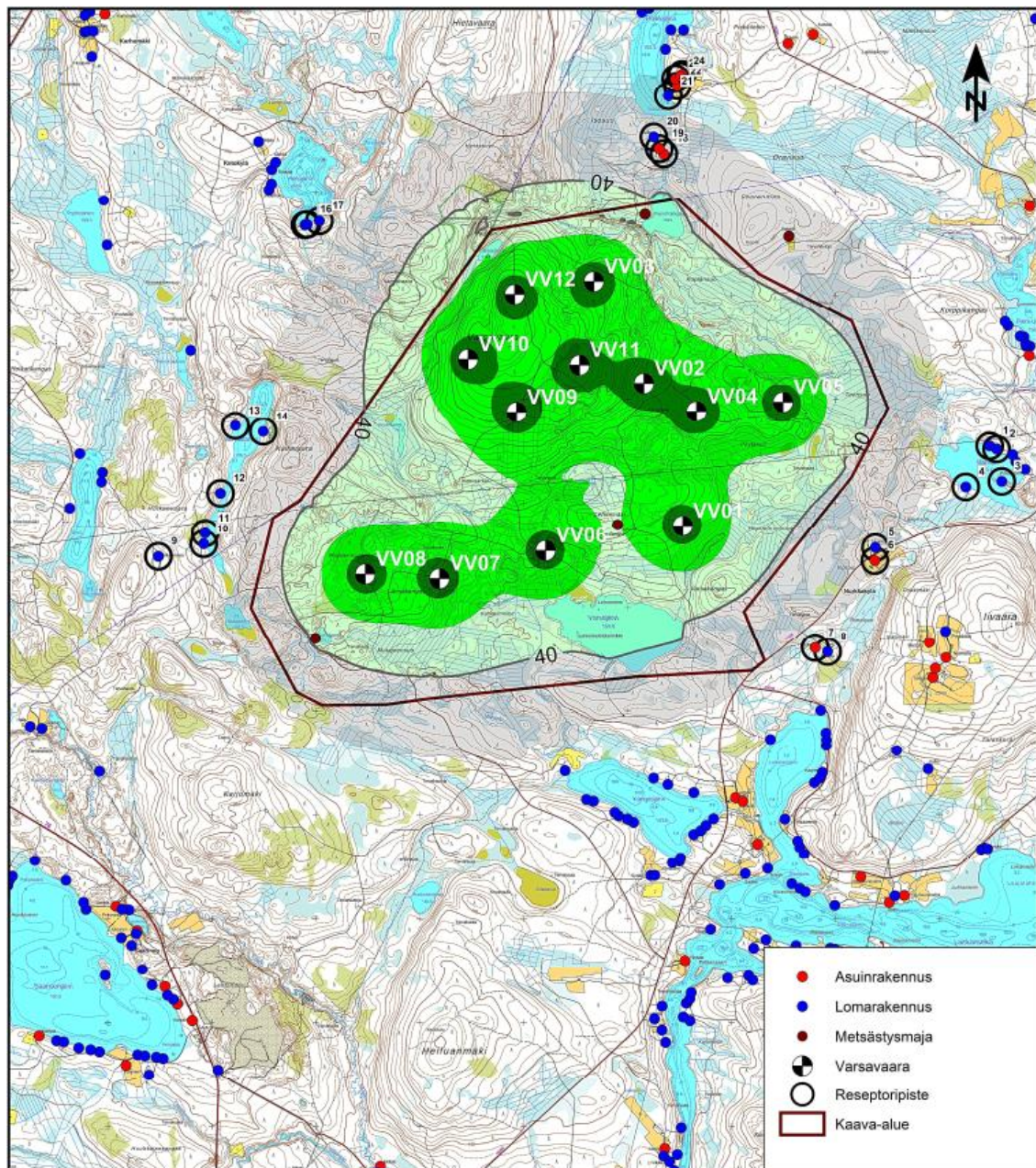
ISO 9613-2 -mallissa tuulen nopeutta tai suuntaa ei voida varioida, vaan laskentamallissa on oletuksena lievä myötätuuli melulähteestä laskentapisteeseen päin. Malli huomioi kolmiulotteisessa laskennassa mm. maastonmuodot sekä etäisyysvaimentumisen, ilman ääniabsorption, esteet, heijastukset ja maanpinnan absorptio-ominaisuudet.

Meluvyöhykelaskennat on tehty laskentapisteverkkoon ja ohjelma interpoloi melutasot laskentapisteidien välisille alueille. Työssä laskettiin melutasot myös hankealuetta lähinnä olevien asuintalojen kohdalle sijoitettuihin reseptoripisteisiin. Reseptoripisteiden sijainnit on esitetty kuvassa 1

ja laskentatulokset taulukossa 6. Taulukossa ja melukartoissa esitetyt melutasot ovat suoraan mallinnuksen tuloksia, eikä niihin ole lisätty mitään mahdollisia häiritsevyysskorjauksia.

Pienitaajuisen melun tarkastelu tehtiin soveltaen DSO 1284 mukaista menetelmää YM:n ohjeen 2/2014 mukaisesti. Pienitaajuisen melun ulko- ja sisämeluntasoa (L_{eq}) tarkasteltiin tuulivoimaloita lähinnä sijaitsevan asuintalon kohdalla olevassa reseptoripisteessä. Melupäästötietoina käytettiin laitostyömallin Nordex N163/6.X MW -voimalaitoksesta käytössä olevia 1/3-oktaavikaistatietoja väliltä 20 Hz – 200 Hz laitoksen suurimmalle ilmoitetulle äänitehotasolle, johon on lisätty + 2 dB epävarmuus. Rakennusten sisälle aiheutuvia pientaajuisia melutasoja arvioitiin Turun ammattikorkeakoulun tekemässä ”The sound insulation of façades at frequencies 5–5000 Hz, Keränen et. al.” tutkimuksessa esitettyjen pientalojen julkisivun ilmaääneneristävyyssarvojen avulla. Ko. tutkimuksen tulokset on esitelty julkaisussa ”Building and Environment 156 (2019) 12–20”.

Liitteessä 1 on esitetty melulaskennan oleelliset lähtötiedot, esim. laskentaparametrit.



Kuva 1. Reseptoripisteiden sijainnit

3.3 Maastomalli ja rakennustiedot

Maastomalli on laadittu Maanmittauslaitoksen maastotietokannan aineistosta. Maastomallissa ei huomioitu rakennuksia. Mallissa ei ole huomioitu metsäkasvillisuutta melua vaimentavana tekijänä. Metsäkasvillisuus (puusto yms.) voi vaimentaa melua, mikäli kasvillisuusvyöhyke on riittävän korkea ja syvyys on suuri. Kuitenkin ympäristömeluarvioinneissa pääsääntöisesti

kasvillisuuden vaikutusta ei oteta huomioon, koska vyöhykkeiden pysyvyydestä ei voida olla varmoja (esim. puuston avohakkuut). Myöskään laskentamallien kyvystä huomioida luotettavasti puuston vaikutus melun etenemiseen oikein ei ole vielä riittävästi tutkittua tietoa.

Hankealueella tuulivoimalan suunniteltujen sijaintipaikkojen ja osan enintään kolmen kilometrin etäisyydellä laitoksista sijaitsevien asuintalojen ja loma-asuntojen välinen maanpinnan korkeusero oli yli 60 metriä. Tämä huomioitiin Ympäristöministeriön ohjeen (2/2014) mukaisesti näiden rakennusten reseptoripistelaskennoissa lisäämällä +2dB tuulivoimaloiden melupäästöihin.

4. TULOKSET

4.1 Mallinnustulokset

Mallinnuksen laskennalliset meluvyöhykkeet (A-painotettu keskiäänitaso) on esitetty liitteessä 2 ja yhteisvaikutusten osalta liitteessä 3.

Melukuviin on merkitty asuin- ja lomarakennukset värikoodein Maanmittauslaitoksen maastotietokannan tietojen pohjalta. Melukuviissa on esitetty mallinnustulokset ilman mahdollisia häiritsevyy- tai muita korjauksia.

Taulukoissa 6 ja 7 on esitetty Varsavaaran reseptoripistekohtaiset melutasot yksinään sekä yhteismallinnuksena Hietavaaran ja Hukkalansalon tuulivoima-alueiden kanssa, ja huomioitu korkeuserokorjaus.

Taulukko 6. A-painotetut Varsavaaran melutasot reseptoripisteissä (ulkomelutaso)

Receiver	Voimalaitokset, joissa melupäästön korjaus (+2dB) korkeuseron perusteella	Ei korjattu, L _{Aeq} (dB)	Korjaus tehty, L _{Aeq} (dB)	Korjauksen vaikutus, L _{Aeq} (dB)
R1	-	33,4	-	-
R2	-	32,7	-	-
R3	-	32,6	-	-
R4	-	32,3	-	-
R5	-	35,8	-	-
R6	-	35,5	-	-
R7	-	34,1	-	-
R8	-	34,2	-	-
R9	-	32,3	-	-
R10	-	33,9	-	-
R11	-	33,3	-	-
R12	VV10	33,9	34,2	0,3
R13	VV10, VV12	33,7	34,5	0,8
R14	VV10, VV12	31,1	31,7	0,6
R15	VV12	29,8	30,3	0,5
R16	-	29,9	-	-
R17	-	30,3	-	-
R18	VV10, VV11, VV12	37,1	37,8	0,7
R19	VV10, VV11, VV12	36,9	37,6	0,7
R20	VV10, VV11, VV12	36,5	37,2	0,7
R21	VV11, VV12	35,4	36,0	0,6
R22	VV11, VV12	33,9	34,5	0,6
R23	VV11, VV12	33,7	34,3	0,6
R24	VV11, VV12	33,5	34,1	0,6
R25	VV11, VV12	33,4	34,0	0,6

Taulukko 7. A-painotetut yhteisvaikutuksen melutasot reseptoripisteissä (ulkomelutaso)

Receiver	Voimalaitokset, joissa melupäästön korjaus (+2dB) korkeuseron perusteella	Ei korjattu, L _{Aeq} (dB)	Korjaus tehty, L _{Aeq} (dB)	Korjauksen vaikutus, L _{Aeq} (dB)
R1	-	33,4	-	-
R2	-	32,7	-	-
R3	-	32,6	-	-
R4	-	32,3	-	-
R5	-	35,8	-	-
R6	-	35,5	-	-
R7	-	34,1	-	-
R8	-	34,2	-	-
R9	-	33,3	-	-
R10	-	35,2	-	-
R11	-	35,0	-	-
R12	VV10, H17	36,0	36,4	0,4
R13	VV10, VV12, H17	37,4	38,0	0,6
R14	VV10, VV12, H17	36,8	37,1	0,3
R15	VV12, H11	39,3	39,4	0,1
R16	H11	39,8	39,9	0,1
R17	H11	40,6	40,7	0,1
R18	VV10, VV11, VV12, H11, H12, H14, H16, H17	39,3	40,3	1,0
R19	VV10, VV11, VV12, H11, H12, H14, H16, H17	39,3	40,3	1,0
R20	VV10, VV11, VV12, H11, H12, H14, H16, H17	39,3	40,3	1,0
R21	VV11, VV12, H11, H12, H14, H16	39,1	40,2	1,1
R22	VV11, VV12, H11, H14	37,8	38,3	0,5
R23	VV11, VV12, H11, H14	37,8	38,3	0,5
R24	VV11, VV12, H11, H14	37,5	38,1	0,6
R25	VV11, VV12, H11, H14	37,5	38,0	0,5

Mallinnusten mukaan Varsavaaran erillismallinnuksen osalta ei ylitetä raja-arvoa 40 dB yhdenkään reseptoripisteen osalta, kun huomioidaan >60m korkeuseron + 2 dB korjaus.

Yhteismallinnuksen osalta R17-R21 osalta ylittyy raja-arvo 40 dB lievästi, kun korkeuserokorjaus on huomioitu. Reseptoripisteen R17 osalta raja-arvo 40 dB ylittyy myös ilman korkeuserokorjausta.

4.2 Pienitaajuinen melu

Verrattaessa Varsavaaran erillismallinnuksen reseptoripisteiden laskentatuloksia Asumisterveysasetuksen 545/2015 mukaisiin pienitaajuisen melun yöajan toimenpiderajoihin, ulkovaipalta vaadittavat äänitasoerot (ΔL) välillä 31,5–200 Hz ovat 1–10 dB. Taajuuskaistalla 20 ja 25 Hz jo ulkotilaan lasketut pienitaajuisen melun tasot alittavat sisätilojen toimenpiderajat.

Yhteismelumallinnuksen osalta reseptoripisteiden R15, R16 ja R17 osalta ylittyy 63 Hz taajuudella Asumisterveysasetuksen 545/2015 mukainen pienitaajuisen melun yöajan toimenpideraja 2 dB:llä. Muiden kaistojen osalta toimenpideraja täyttyy ja ulkovaipalta vaadittavat äänitasoerot (ΔL) välillä 25–200 Hz (huomioimatta kaistaa 63 Hz) ovat 3–15 dB. Taajuuskaistalla 20 Hz jo ulkotilaan lasketut pienitaajuisen melun tasot alittavat sisätilojen toimenpiderajat.

Turun ammattikorkeakoulun tutkimuksen mukaiset ääneneristävyysarvot (äänitasoero ΔL) kuvaavat tilastollista estimaattia ilmaääneneristyskyvystä, joka ylittyy suomalaisten pientalojen tapauksessa 84 % todennäköisyydellä.

Kun huomioidaan ulkoseinän ääneneristävyys Turun ammattikorkeakoulun tutkimuksessa mainittujen arvojen mukaisesti, alittavat terssikohtaiset melutasot toimenpiderajat niissä reseptoripisteissä, joissa alitetaan ulkomelutaso 40 dB kaikkien terssikaistojen osalta. Tulokset osoittavat, että ympäristön rakennusten kohdalla normaalia rakentamistapaa vastaava ilmaääneneristys riittää vaimentamaan tuulivoimalaitosten pienitaajuisten melun toimenpiderajojen alle, kun ulkomelutaso alittaa 40 dB. Tulosten perusteella voidaan myös todeta, että pienitaajuinen melu alittaa toimenpiderajat myös kauempana tuulivoimaloista, koska laskennan periaatteiden mukaan pienitaajuinen melu vaimenee etäisyyden kasvaessa.

5. TULOSTEN TULKINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

5.1 Melun erityispiirteet ja häiritsevyyskorjaukset

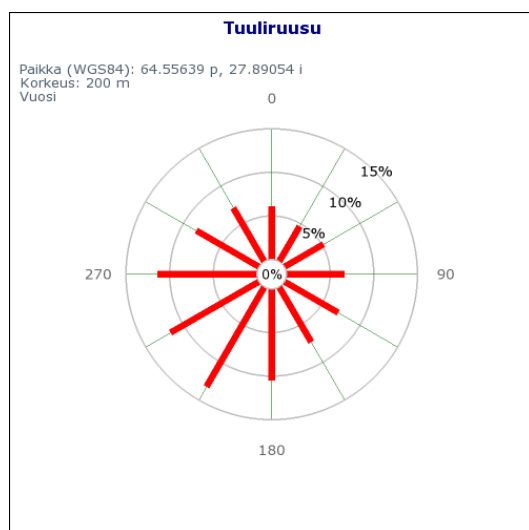
Valtioneuvoston asetuksessa 1107/2015 tuulivoimaloiden ulkomelutasoista ei mallinnusvaiheessa edellytetä korjauksia tai kannanottoa mahdollisesta impulssimaisuudesta tai kapeakaistaisuudesta. Mahdollinen häiritsevyyskorjaus +5 dB tehdään valvonnan yhteydessä tehtävään mittaustulokseen, mikäli melun todetaan olevan kapeakaistaista ja/tai impulssimaista. Impulssimaisuuden ja kapeakaistaisuuden määrittäminen mittaustuloksesta tehdään YM:n ohjeessa *”Tuulivoimaloiden melutason mittaaminen altistuvassa kohteessa”* 4/2014 esitetyn mukaisesti.

1107/2015 asetus ei sisällä korjausta merkityksellisestä sykinästä (EAM, Excess amplitude modulation), koska sen määrittämiseen ei ole standardisoitua menetelmää. Tavanomainen tuulivoimalan äänitason vaihtelu (NAM, Normal amplitude modulation) on osa tuulivoimalaitoksen toimintaa ja sisältyy ohjearvoihin.

5.2 Alueen tuuliolosuhteet ja niiden vaikutukset meluun

Tuuliolosuhteet vaikuttavat tuulivoimalaitoksen meluntuottoon. Meluntuotto ei kasva lineaarisesti tuulennopeuden mukana ja äänitehotason voimistuminen pysähtyy tai alkaa laskea yleensä noin 7-11 m/s tuulennopeudella. Tässä selvityksessä tutkituilla voimalaitoksella suurin äänitehotaso saavutetaan 7 m/s tai sitä suuremmalla tuulennopeudella (referenssikorkeudella 10 m maanpinnasta). Alhaisemmalla tuulennopeudella voimalaitoksen äänitehotaso saattaa olla merkittävästi maksimiarvoa pienempi.

Tuulennopeus vaihtelee päivä- ja yöaikana ja hetkittäinen äänitaso vaihtelee sen mukaisesti. Mallinnuksen tulokset vastaavat keskiäänitasoja tilanteessa, jossa tuulennopeus on koko päivä- tai yöajan erittäin voimakasta. Todellinen päivä- ja yöajan keskiäänitaso laitosten ympärillä riippuu tarkastelujakson tuulisuudesta, ja mallinnuksen mukaiset melutasot edustavatkin lähelle äänekäintä mahdollista tilannetta.



Kuva 2. Tuuliruusu Suomen Tuuliatlaksesta

Tuulennopeuden lisäksi myös tuulensuunta vaikuttaa melun leviämiseen. Varsavaaran tuulipuiston hankealueella vallitseva tuulensuunta on lounaasta. Tällöin mallinnuksen mukaisia melutasoja voi esiintyä useimmin voimaloiden koillispuolella. Myös etelä-länsituulet ovat tuuliruusun perusteella yleisiä.

5.3 Melutasot verrattuna ohjearvoihin

YM:n mallinnusohjeen (2/2014) mukaan ohjearvovertailussa ei huomioida epävarmuutta, kun laskenta tehdään ohjeessa mainituilla parametreilla ja käyttäen valmistajan takaamia melupäästöarvoja (declared value tai warranted level). Tällöin melupäästön takuuarvoon on sisällytetty koko laskennan epävarmuus. Tässä mallinnuksessa käytetyn voimalaitoksen melupäästöarvoon on lisätty + 2 dB epävarmuus.

Ulkomelutasot

Mallinnusten mukaan Varsavaaran erillismallinnuksen osalta ei ylitetä raja-arvoa 40 dB yhdenkään reseptoripisteen osalta, kun huomioidaan >60m korkeuseron + 2 dB korjaus.

Yhteismallinnuksen osalta pisteissä R17-R21 ylittyy raja-arvo 40 dB lievästi, kun korkeuserokorjaus on huomioitu. Reseptoripisteen R17 osalta raja-arvo 40 dB ylittyy myös ilman korkeuserokorjausta.

Sisämelutasot

Valtioneuvoston asetuksessa veloitetaan noudattamaan sisätilojen melun osalta Asumisterveysasetuksessa 545/2015 annettuja sisätilojen melun toimenpiderajoja. Tuulivoiman ulkomelun ohjearvoilla pyritään varmistamaan sisämelun osalta sallittujen arvojen täyttyminen.

Verrattaessa Varsavaaran erillismallinnuksen reseptoripisteiden laskentatuloksia Asumisterveysasetuksen 545/2015 mukaisiin pienitaajuisen melun yöajan toimenpiderajoihin, ulkovaipalta vaadittavat äänitasoerot (ΔL) välillä 31,5–200 Hz ovat 1–10 dB. Taajuuskaistalla 20 ja 25 Hz jo ulkotilaan lasketut pienitaajuisen melun tasot alittavat sisätilojen toimenpiderajat.

Yhteismelumallinnuksen osalta reseptoripisteiden R15, R16 ja R17 osalta ylittyy taajuudella 63 Hz Asumisterveysasetuksen 545/2015 mukainen pienitaajuisen melun yöajan toimenpideraja 2 dB:llä. Muiden kaistojen osalta toimenpideraja täyttyy ja ulkovaipalta vaadittavat äänitasoerot (ΔL) välillä 25–200 Hz (huomioimatta kaistaa 63 Hz) ovat 3–15 dB. Taajuuskaistalla 20 Hz jo ulkotilaan lasketut pienitaajuisen melun tasot alittavat sisätilojen toimenpiderajat.

Korkein melutaso on yhteismallinnuksen tilanteessa, reseptorin R17 kohdalla melutason ollessa 40,7 dB kun huomioidaan >60m korkeuseron + 2 dB korjaus. Vaadittu rakennuksen ääneneristävyyssarvo, jolla alitetaan 545/2015 sisämelun toimenpideraja $L_{Aeq\ 1h}$ 25 dB, on siis 15,7 dB (40,7 dB – 25 dB). Normaalilla rakentamisella ulkovaipan ääneneristävyyssarvo R'_w on 30 dB. 545/2015 sisämelun toimenpiderajan $L_{Aeq\ 1h}$ 25 dB ei siis arvioida ylittyvän yhdenkään ympäristön asuin- tai lomarakennuksen osalta.

Laatija: Ville Virtanen, Ramboll Finland Oy
Päivämäärä: 21/11/2025

Hankevastaava: Prokon Wind Energy Finland Oy
Hankealue: Varsavaara

Mallinnusohjelman tiedot

Mallinnusohjelma ja versio: SoundPlan 9.0
Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2

Tuulivoimaloiden perustiedot ja akustiset tiedot

Nordex N163/6.X, Serrated Trailing Edge

Tuulivoimalan valmistaja:	Tyyppi:	Sarjanumero:	
Nordex	N163/6.X	-	
Nimellisteho:	Napakorkeus:	Roottorin halkaisija:	Tornin tyyppi:
6,X MW	200 m	163 m	Putkitorni

Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun

Lapakulman säätö:	Pyörimisnopeus:	Muu, mikä:
☐ Kyllä	☐ Kyllä	Noise modes 1-18
☐ Ei	☐ Ei	
☒ Ei ilmoitettu	☒ Ei ilmoitettu	

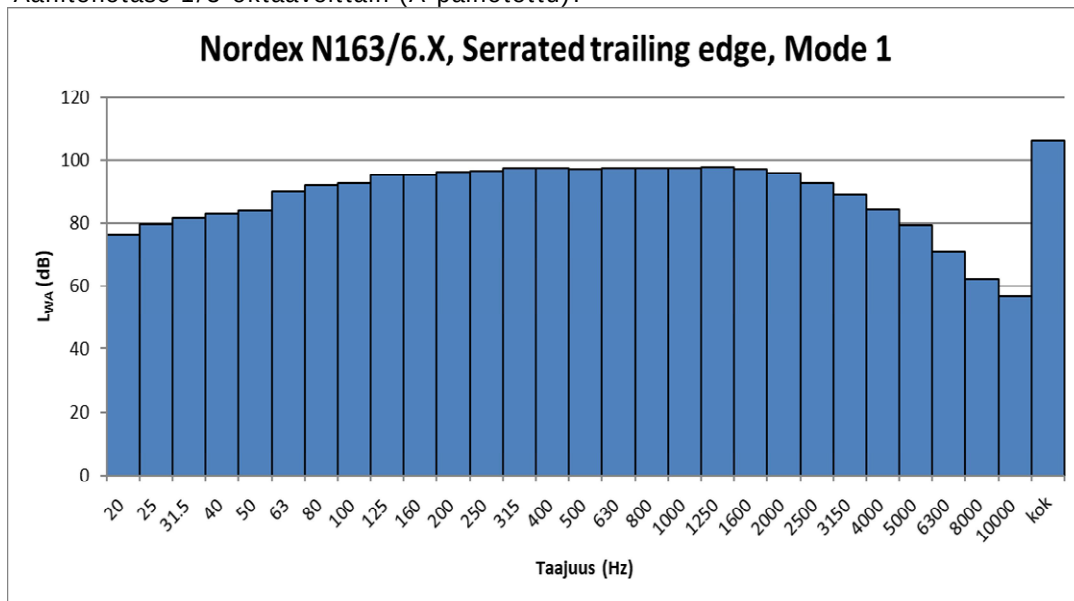
Äänitehotaso L_{WA} tuulennopeudella >6 m/s (10 m korkeudella maanpinnasta):

106,4 ☐ Takuuarvo

Suurin äänitehotaso L_{WA} :

106,4 dB + 2 dB (Uc) ☒ Takuuarvo Mode 1 (serrated trailing edge)

Äänitehotaso 1/3-oktaaveittain (A-painotettu):



Melun erityspiirteiden mittausta ja havainnot:

Kapeakaistaisuus / Tonaalisuus	Impulssimaisuus	Merkityksellinen sykintä (amplitudimodulaatio)	Muu, mikä
☐ Kyllä	☐ Kyllä	☐ Kyllä	
☒ Ei	☐ Ei	☐ Ei	
☐ Ei ilmoitettu	☒ Ei ilmoitettu	☒ Ei ilmoitettu	

Laskennan lähtötiedot

Laskentaverkko

Laskentakorkeus:

4 metriä

Laskentaruudukon koko:

20*20 metriä

Sääolosuhteet

Suhteellinen kosteus:

70 %

Lämpötila:

15 °C

Maastomalli

Maastomallin lähde:

Maanmittauslaitos, Maastotietokanta

Vaakaresoluutio:

-

Pystyresoluutio:

2,5 m

Hankealueen korkeuserot

Tuulivoimalan perustusten ja altistuvan kohteen korkeusero yli 60 m (3 km etäisyydellä voimaloista)

☒ Kyllä

☐ Ei

Jos kyllä, mitkä tuulivoimalat:

VV01, VV05, VV06, VV09, H1, H2, H3, H4, H5, H6, H9

Maan- ja vedenpinnan absorptio ja heijastukset, käytetyt kertoimet

Vesialueet 0 akustisesti kova pinta

Maa-alueet 0,4 akustisesti puolikova pinta

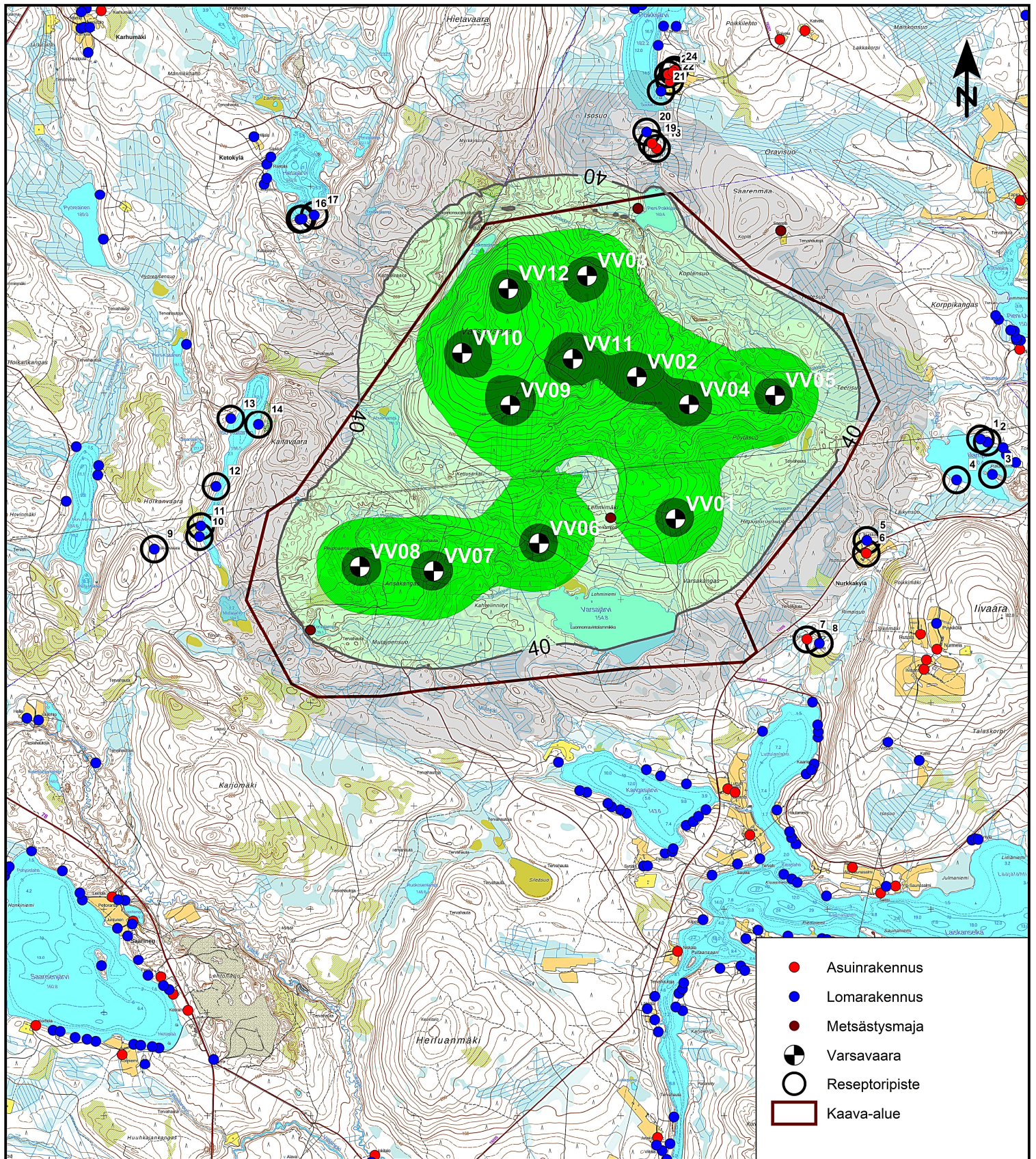
Ilmakehän stabiilius laskennassa / meteorologinen korjaus

Neutraali 0 neutraali - stabiili sääolosuhde

Voimalan äänen suuntaavuus ja vaimentuminen

☒ Vapaa avaruus

☐ Muu



RAMBOLL

PROKON Wind Energy Finland Oy

Varsavaara

Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

Laskentamalli ISO 9613-2
Laskentakorkeus 4 m

Varsavaara
Nordex N163/6.X, with STE, mode 1
-HH 200 m
- L_{WA} 106,4dB + 2 dB (Uc)

Äänitaso
dB(A)

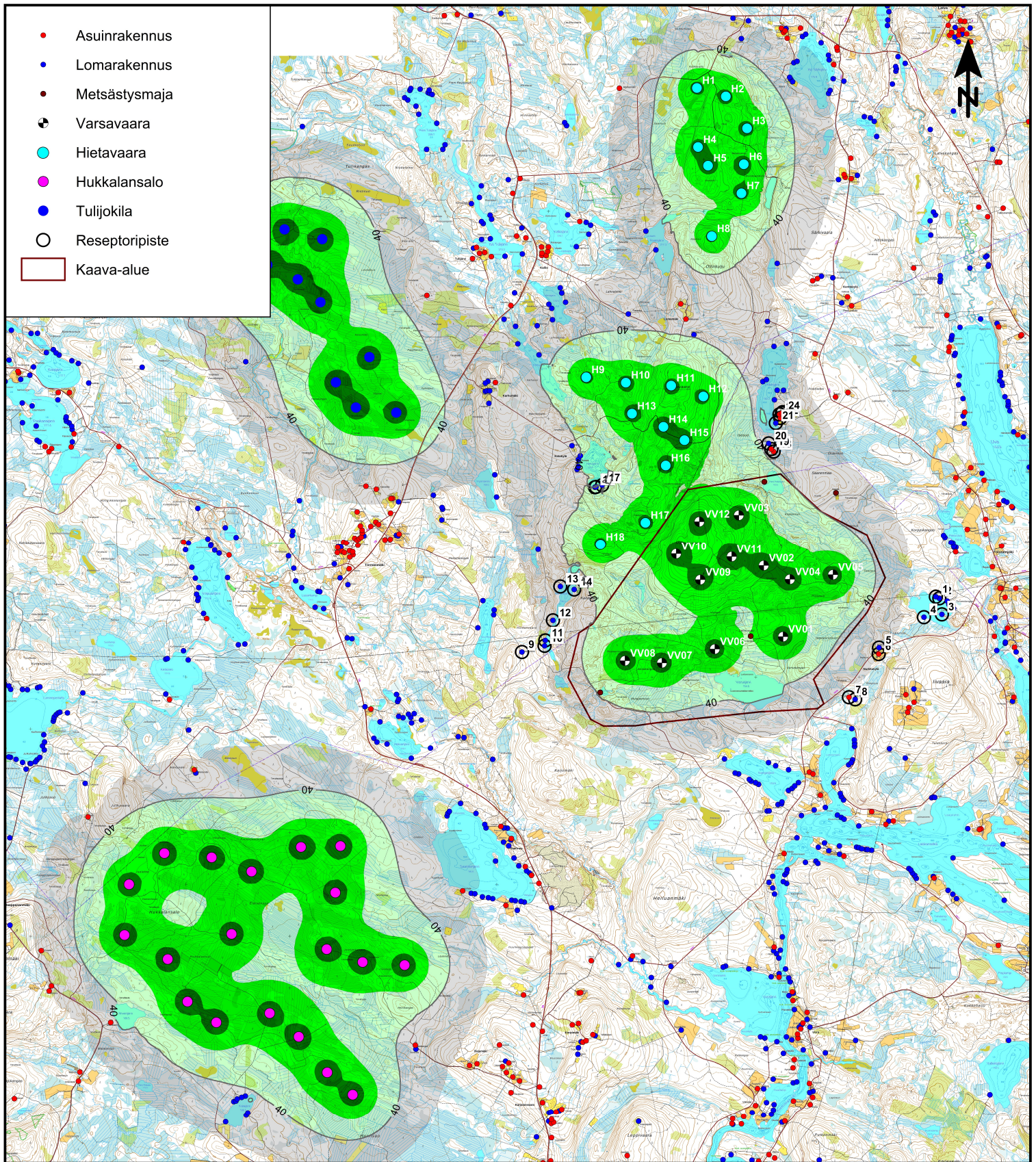
50 <		<= 50
45 <		<= 45
40 <		<= 40
35 <		<= 35

Mittakaava (A4) 1:50000

0 800 1600 2400 3200 m

26/6/2026 VV

Liite 2



RAMBOLL

PROKON Wind Energy Finland Oy

Varsavaara

Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

Laskentamalli ISO 9613-2
Laskentakorkeus 4 m

Varsavaara
Nordex N163/6.X, with STE, mode 1
-HH 200 m
- L_{WA} 106,4dB + 2 dB (Uc)

Äänitaso
dB(A)

50 < ≤ 50
45 < ≤ 45
40 < ≤ 40
35 < ≤ 35

Mittakaava (A4) 1:100000

0 1500 3000 4500 6000 m

28/07/2026 VV, VINIE

Liite 3

Pienitaajuisen melu sisätiloissa, Varsavaara											
Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	53	50	45	40	35	36	31	25	21	14	8
R2	53	50	45	40	35	36	31	25	21	14	8
R3	53	50	45	40	35	35	31	25	21	13	7
R4	54	50	46	41	36	36	32	26	22	14	9
R5	56	52	48	43	38	38	34	28	24	17	11
R6	55	52	47	42	38	38	33	28	24	16	11
R7	55	52	47	42	37	37	33	27	23	16	10
R8	55	51	47	42	37	37	33	27	23	15	10
R9	54	50	46	41	36	36	31	26	22	14	8
R10	55	52	47	42	37	37	33	27	23	16	10
R11	55	52	47	42	37	37	33	27	23	16	10
R12	55	52	47	42	38	38	33	28	24	16	11
R13	55	52	47	43	38	38	33	28	24	16	11
R14	56	53	48	43	38	39	34	28	25	17	12
R15	55	52	47	42	37	38	33	27	23	16	10
R16	55	52	47	42	37	38	33	27	23	16	10
R17	55	52	47	42	38	38	33	28	24	16	11
R18	56	53	49	44	39	39	34	29	25	18	12
R19	56	53	48	43	39	39	34	29	25	17	12
R20	56	53	48	43	38	39	34	28	24	17	11
R21	55	51	47	42	37	37	33	27	23	15	10
R22	54	51	46	41	36	37	32	26	22	15	9
R23	54	51	46	41	36	37	32	26	22	15	9
R24	54	51	46	41	36	36	32	26	22	15	9
R25	54	51	46	41	36	36	32	26	22	15	9
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

Pienitaajuisen melu ulkotiloissa, Varsavaara											
Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	61	58	55	51	47	49	46	42	40	35	31
R2	61	58	54	51	47	49	46	42	40	35	31
R3	60	58	54	50	47	48	45	42	40	34	30
R4	61	59	55	51	47	49	46	43	41	36	31
R5	63	60	57	53	49	51	48	45	43	38	34
R6	63	60	57	53	49	51	48	44	42	37	33
R7	63	60	56	52	49	50	48	44	42	37	33
R8	62	60	56	52	48	50	47	44	42	37	33
R9	61	58	55	51	47	49	46	42	40	35	31
R10	62	60	56	52	49	50	48	44	42	37	33
R11	63	60	56	52	49	50	48	44	42	37	33
R12	63	60	57	53	49	51	48	44	42	37	33
R13	63	60	57	53	49	51	48	44	42	37	33
R14	64	61	58	54	50	52	49	45	43	38	35
R15	63	60	56	52	49	51	48	44	42	37	33
R16	63	60	56	53	49	51	48	44	42	37	33
R17	63	60	57	53	49	51	48	44	42	37	33
R18	64	61	58	54	50	52	49	46	44	39	35
R19	64	61	58	54	50	52	49	45	43	39	35
R20	64	61	57	53	50	52	49	45	43	38	34
R21	62	60	56	52	48	50	47	44	42	37	33
R22	62	59	56	52	48	50	47	43	41	36	32
R23	62	59	55	52	48	50	47	43	41	36	32
R24	62	59	55	51	48	49	47	43	41	36	32
R25	62	59	55	51	48	49	47	43	41	36	32
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Vaadittava ääneneristävyyss korkeimmillaan	-10	-3	2	5	6	10	9	8	8	5	3
Ääneneristävyyssarvot (äänitasoero ΔL)	7,6	8,3	9,2	10,3	11,5	13	14,8	16,8	18,8	21,1	22,8

Pienitaajuinen melu sisätiloissa, yhteismallinnus

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	53	50	46	41	36	36	32	26	22	15	9
R2	53	50	45	41	36	36	32	26	22	15	9
R3	53	50	45	40	36	36	31	26	22	14	8
R4	54	50	46	41	37	37	32	27	22	15	9
R5	56	52	48	43	38	38	34	28	24	17	11
R6	55	52	48	43	38	38	34	28	24	17	11
R7	55	52	47	42	38	38	33	28	24	17	11
R8	55	51	47	42	38	38	33	27	23	16	10
R9	56	53	48	43	38	38	34	28	24	16	10
R10	57	54	49	44	39	39	35	29	25	18	12
R11	57	54	49	44	39	40	35	29	25	18	12
R12	58	54	50	45	40	40	36	30	26	18	13
R13	59	55	51	46	41	41	37	31	27	20	14
R14	59	56	51	47	42	42	37	32	28	20	15
R15	61	58	53	48	43	44	39	33	30	22	17
R16	61	58	53	48	43	44	39	34	30	23	17
R17	62	58	54	49	44	44	40	34	30	23	17
R18	60	56	52	47	42	42	38	32	28	21	15
R19	60	56	52	47	42	42	38	32	28	21	15
R20	60	56	52	47	42	42	38	32	28	21	15
R21	59	56	51	46	41	42	37	31	27	20	14
R22	59	56	51	46	41	41	37	31	27	20	14
R23	59	56	51	46	41	41	37	31	27	20	14
R24	59	55	51	46	41	41	37	31	27	20	14
R25	59	55	51	46	41	41	37	31	27	20	14
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

Pienitaajuinen melu ulkotiloissa yhteismallinnus

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	61	58	55	51	48	49	47	43	41	36	32
R2	61	58	55	51	48	49	46	43	41	36	31
R3	61	58	54	51	47	49	46	43	40	35	31
R4	61	59	55	52	48	50	47	43	41	36	32
R5	63	61	57	53	50	51	49	45	43	38	34
R6	63	60	57	53	50	51	49	45	43	38	34
R7	63	60	56	53	49	51	48	45	43	38	34
R8	62	60	56	52	49	51	48	44	42	37	33
R9	64	61	57	53	50	51	49	45	43	37	33
R10	65	62	58	54	51	52	50	46	44	39	35
R11	65	62	58	55	51	53	50	46	44	39	35
R12	65	63	59	55	51	53	50	47	45	40	35
R13	66	64	60	56	52	54	51	48	46	41	37
R14	67	64	61	57	53	55	52	48	47	42	38
R15	69	66	62	59	55	57	54	50	48	44	40
R16	69	66	63	59	55	57	54	50	48	44	40
R17	69	66	63	59	55	57	54	51	49	44	40
R18	67	65	61	57	53	55	53	49	47	42	38
R19	67	65	61	57	54	55	53	49	47	42	38
R20	67	65	61	57	54	55	53	49	47	42	38
R21	67	64	60	57	53	55	52	48	46	41	37
R22	66	64	60	56	53	54	52	48	46	41	37
R23	66	64	60	56	53	54	52	48	46	41	37
R24	66	64	60	56	52	54	51	48	46	41	37
R25	66	64	60	56	52	54	51	48	46	41	37
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Vaadittava ääneneristävyyden korkeimmillaan	-5	2	7	10	11	15	14	13	13	10	8
Ääneneristävyyden arvot (äänitasoero ΔL)	7,6	8,3	9,2	10,3	11,5	13	14,8	16,8	18,8	21,1	22,8