

Vastaanottaja
Infinergies Finland Oy

Asiakirjatyyppi
Raportti

Päivämäärä
17.4.2024

Viite
1510062976-005

KÄRSÄMÄEN HALMEMÄEN TUULIVOIMAHANKE MELUMALLINNUS

Päivämäärä 17.4.2024
Laatija Ville Virtanen
Tarkastaja Jari Hosiokangas

Tuulivoimahankkeen meluselvitys

Sisältää Maanmittauslaitoksen Maastotietokannan 12/2023
aineistoa.

Viite 1510062976-005

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	6
3.3	Maastomalli ja rakennustiedot	7
4.	TULOKSET	8
4.1	Mallinnustulokset	8
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	VE1 meluvyöhykkeet, äänitehotaso 109,2 dB + 2 + 1 dB Uc, HH 200
Liite 3	VE2 meluvyöhykkeet, äänitehotaso 109,2 dB + 2 + 1 dB Uc, HH 200
Liite 4	VE1 Yhteismeluvyöhykkeet
Liite 5	VE2 Yhteismeluvyöhykkeet
Liite 6	Muiden tuulivoima-alueiden yhteismeluvyöhykkeet
Liite 7	Pienitaajuisen melun tarkastelu reseptoripisteittäin

1. YLEISTÄ

Infinergies Finland Oy suunnittelee tuulivoimapuiston rakentamista Kärsämäen Halmemäen alueelle. Tässä selvityksessä on mallinnettu tuulivoimalaitosten aiheuttamat melutasot ympäristössä ympäristövaikutusten arviointia varten erikseen sekä yhdessä alueen muiden suunniteltujen tuulivoimahankkeiden kanssa.

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 laskentamallia ISO 9613-2. Pientaajuisen melun tarkastelu tehtiin soveltaen DSO 1284 mukaista menetelmää YM:n ohjeen 2/2014 mukaisesti.

Työ on tehty Infinergies Finland Oy:n toimeksiannosta. Meluselvityksen laatimisesta 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 taustamelua ei oteta huomioon. 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 määritelty laskennallinen melutaso ja valvonnan yhteydessä mitattu melutaso 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 säädetään huomioon otettavista sisämelutasoista 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 päiväjän 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 otettava huomioon 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 pienitaajuisen sisämelun toimenpiderajat terssikaistoittain (Asumisterveysasetus). Päiväaikana 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 Nordex N163/5.XMW laitostallilla. 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. Pienitaajuisen melun laskenta tehtiin laitostallin ilmoitettuihin 1/3 –oktaavikaista tietoihin perustuen.

Melutasot mallinnettiin käyttäen tilaajan toimittaman voimalaitoksen Nordex N163/5.XMW -mallille annettuja lähtöarvoja. Tilaajan toiveesta mallinnuksessa käytettiin melupäästöarvoa L_{WA} 109,2 dB tuulennopeuden ollessa ≥ 6 m/s 10 m korkeudella maanpinnasta (lähde: F008_276_A17_EN, Rev.10 (2023-12-04)), joka tällä tuulivoimamallilla saavutetaan moodilla 0. Saatujen lähtötietojen mukaan ko. voimalamallin melutaso ei kasva sen jälkeen, kun tuulennopeus saavuttaa arvon 6 m/s 10 m korkeudella maanpinnasta, toisin sanoen tuulennopeudella 7-12 m/s voimalaitoksen äänitehotaso on sama kuin tuulennopeudella 6 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. Lisäksi melupäästöön lisättiin + 1 dB tilaajan toivomuksesta. Myös pienitaajuisen melun laskennan terssikaista-arvoihin on tehty yhteensä + 3 dB lisäys, jolloin myös terssikaista-arvot vastaavat mallinnusohjeen mukaista takuuarvomäärittelyä. 2 dB on tavanomainen mittauksen kokonaisepävarmuustaso (U_c).

Tuulivoimalaitoksen äänitehotaso muuttuu tuulennopeuden muuttuessa, joka vaikuttaa merkittävästi alhaisemmilla tuulennopeuksilla ympäristössä havaittavaan melutasoon. Nordex N163/5.XMW tuulivoimalaitosta voidaan ajaa myös eri melunrajoitusmoodeilla. Melun tuoton rajoittaminen vaikuttaa myös sähkön tuottoon.

Mallinnuksessa käytetyt voimalaitosten koordinaatit on esitetty taulukossa 3. Z-koordinaatti kertoo maaston korkeuden metreissä merenpinnan yläpuolella tuulivoimalan suunnitellulla sijaintipaikalla.

Mallinnuksessa huomioon otettujen Uposenmäen ja Pilpankankaan tuulivoimahankkeiden mallinnuksessa käytettiin vastaavaa N163/5.X-voimalaa.

Hautakankaan, Nurmesnevan ja Riitamaan tuulivoimahankkeiden mallinnuksessa käytettiin Vestas V172-7.2MW -voimalaitoksen tietoja, jonka osalta käytettiin melupäästöarvoa L_{WA} 106,9 dB johon lisättiin + 2 dB kokonaisepävarmuustaso (U_c). Vestasin tiedot perustuvat dokumentin nro 0128-4336_00, 30.06.2022 tietoihin.

Taulukko 3. Halmemäen tuulivoimalaitosten koordinaatit vaihtoehdossa VE1 (ETRS-TM35FIN)

X	Y	Z		X	Y	Z
446889	7085444	123		448747	7088584	124
445964	7084552	129		448007	7086675	140
446734	7083834	128		448551	7089396	118
447501	7084429	131		449140	7087021	130
448716	7083980	148		452470	7089459	131
447467	7082259	140		445685	7082503	151
448400	7087694	127		444909	7083054	139
448816	7085011	146		444937	7084063	152
449594	7083372	153		445783	7083560	145
448731	7086059	142		446311	7082000	152
449731	7084451	150		447718	7083372	132
451519	7086645	143		448600	7082965	145
450597	7085006	141		447723	7088494	121
451061	7083877	152		450137	7086527	134
451943	7090128	122		450888	7085921	138
450966	7089976	119		452029	7088609	135
450812	7087245	137		456617	7086912	132
451579	7087752	138		455989	7087516	132
452457	7086949	143		454949	7088682	128
452466	7085782	156		455224	7087917	130
452088	7084344	146		456874	7087980	129
453049	7084779	157		444170	7083583	133
454282	7085388	162		447046	7087825	132
455141	7085738	153		449637	7087980	127
453353	7087401	149		450762	7088322	130
454381	7086279	154		450032	7088987	122
455239	7086758	138		454295	7087788	133
453929	7088745	129		452447	7087836	141
453189	7088319	140		456407	7089177	127
454410	7089499	124		458207	7089436	129
449655	7085646	136		457953	7088045	131
453406	7089483	127		456029	7086136	139
453432	7086459	156		457358	7088880	126
447818	7085382	141		451607	7085205	143

Taulukko 3. Halmemäen tuulivoimalaitosten koordinaatit vaihtoehdossa VE2 (ETRS-TM35FIN)

X	Y	Z		X	Y	Z
446889	7085444	123		447818	7085382	141
445964	7084552	129		448747	7088584	124
446781	7083687	129		448007	7086675	140
447501	7084429	131		448551	7089396	118
448716	7083980	148		449140	7087021	130
447467	7082259	140		445968	7082721	148
448400	7087694	127		445029	7082893	140
448816	7085011	146		444688	7083709	141
449594	7083372	153		445783	7083560	145
448731	7086059	142		446134	7081920	153
449731	7084451	150		447718	7083372	132
451519	7086645	143		448600	7082965	145
450597	7085006	141		447723	7088494	121
451061	7083877	152		450137	7086527	134
451312	7089693	122		450888	7085921	138
450812	7087245	137		452165	7088877	135
451579	7087752	138		455989	7087516	132
452457	7086949	143		454949	7088682	128

452466	7085782	156		455224	7087917	130
454282	7085388	162		447046	7087825	132
455141	7085738	153		449637	7087980	127
453353	7087401	149		450762	7088322	130
454381	7086279	154		450032	7088987	122
455239	7086758	138		454295	7087788	133
454117	7089232	125		452447	7087836	141
453460	7088420	140		456407	7089177	127
449655	7085646	136		451607	7085205	143
453432	7086459	156				

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.

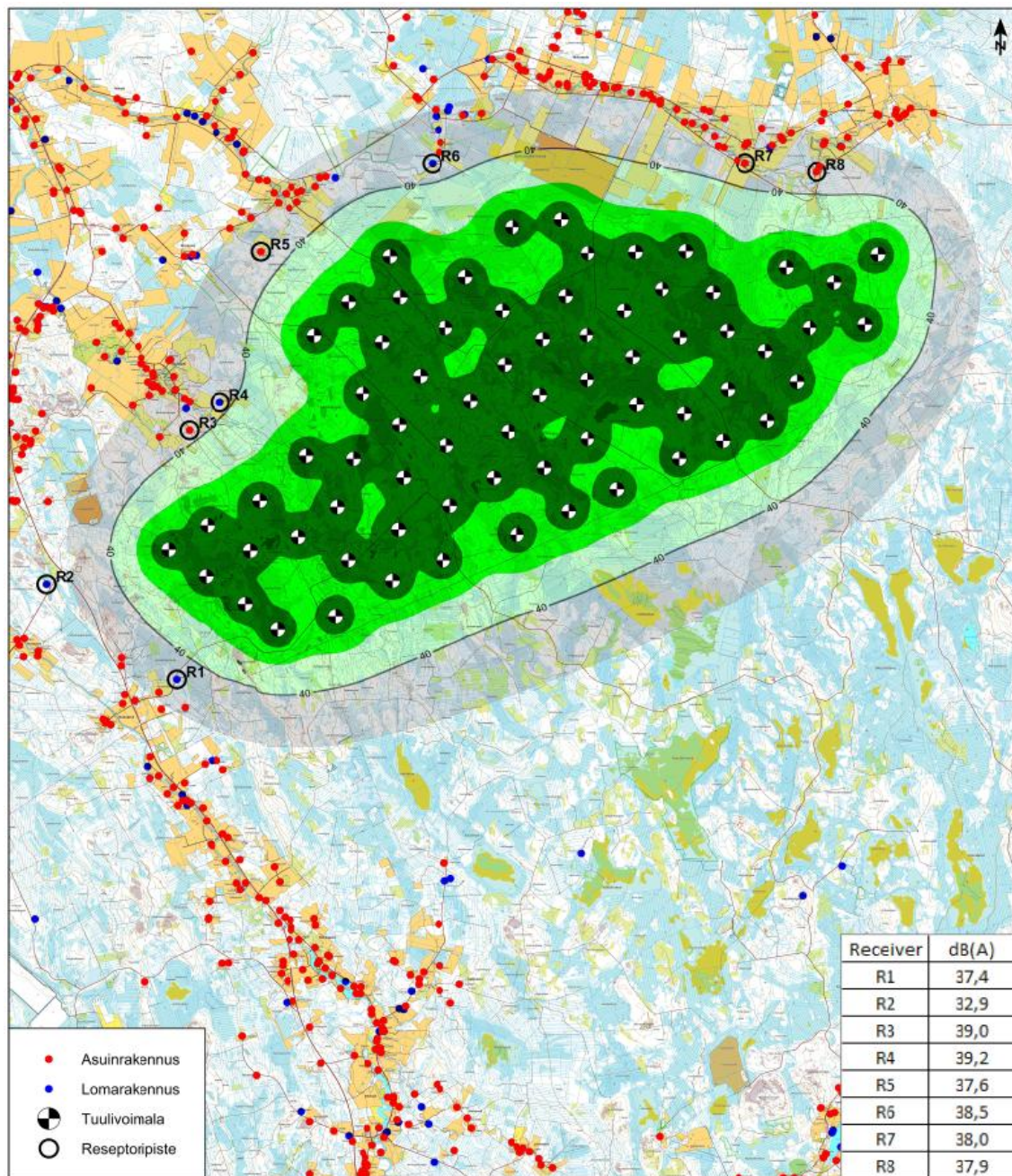
Melumallinnukset on tehty SoundPlan 9.0 -melulaskentaohjelmalla. SoundPlan -ohjelmistosta saa lisätietoa internet-sivustolta www.soundplan.eu.

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 laskentapisteen välisille alueille. Työssä laskettiin melutasot myös hankealuetta lähinnä olevien asuintalojen kohdalle sijoitettuihin reseptoripisteisiin. Reseptoripisteiden sijainnit on esitetty kuvassa 1 ja laskentatulokset taulukossa 4. 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 (Leq) tarkasteltiin tuulivoimaloita lähinnä sijaitsevan asuintalon kohdalla olevassa reseptoripisteessä. Melupäästötietoina käytettiin laitospölyn Nordex N163/5.X MW -voimalaitoksesta käytössä olevia 1/3-oktaavikaistatietoja väliltä 20Hz – 200 Hz laitoksen suurimmalle ilmoitetulle äänitehotasolle, johon on lisätty + 2 dB epävarmuus, sekä tilaajan toivoma ylimääräinen + 1 dB. Rakennusten sisälle aiheutuvia pienitaajuisia melutasoja arvioitiin Turun ammattikorkeakoulun tekemässä "The sound insulation of façades at frequencies 5–5000 Hz, Keränen et. al." tutkimuksessa esitettyjen pientalojen julkisivun ilmajääleneristävyyssarvojen 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. VE1, reseptoripisteiden R1-R8 sijainnit.

3.3 Maastomalli ja rakennustiedot

Maastomalli on laadittu Maanmittauslaitoksen korkeusmalli 2m -aineistosta, muu maastotieto (rakennukset ja niiden luokittelu sekä vesialueet) on saatu Maanmittauslaitoksen maastotietokannasta. Maastomallissa ei rakennuksia ole otettu huomioon objekteina. Mallissa ei ole otettu huomioon 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 ottaa luotettavasti huomioon puuston vaikutus melun etenemiseen oikein ei ole vielä riittävästi tutkittua tietoa.

4. TULOKSET

4.1 Mallinnustulokset

Mallinnuksen laskennalliset meluvyöhykkeet (A-painotettu keskiäänitaso) vaihtoehdolle VE1 on esitetty liitteessä 2 ja vaihtoehdolle VE2 liitteessä 3. Yhteismallinnusten melukuvat on esitetty liitteissä 4-6.

Melukuviin on merkitty asuin- ja lomarakennukset värikoodein Maanmittauslaitoksen maastotietokannan tietojen pohjalta. Lisäksi kartassa on esitetty värikoodein myös virkistyskohteet. Melukuvissa on esitetty mallinnustulokset ilman mahdollisia häiritsevyys- tai muita korjauksia.

Taulukossa 4 on esitetty mallinnetut melutasot liitteissä 2 ja 3 esitetyissä asuin- ja lomarakennusten reseptoripisteissä Halmemäen voimaloiden osalta ja taulukossa 5 yhteismallinnusten osalta.

Taulukko 4. Keskiäänitasot reseptoripisteissä vaihtoehdoissa VE1 ja VE2

Reseptori	VE1, L_{Aeq} , dB	VE2, L_{Aeq} , dB
R1	37,4	37,1
R2	32,9	31,6
R3	39,0	38,2
R4	39,2	38,9
R5	37,6	37,5
R6	38,5	37,5
R7	38,0	35,8
R8	37,9	34,7

Taulukko 5. Yhteismallinnuksen keskiäänitasot reseptoripisteissä vaihtoehdoissa VE1 ja VE2

Reseptori	VE1, L_{Aeq} , dB	VE2, L_{Aeq} , dB	Muut, L_{Aeq} , dB
R1	39,6	39,4	35,6
R2	36,6	36,1	34,2
R3	39,3	38,6	28,5
R4	39,5	39,1	27,2
R5	37,7	37,6	20,0
R6	38,5	37,6	13,1
R7	38,1	36,0	21,0
R8	38,0	35,0	23,2

4.2 Pienitaajuinen melu

Pienitaajuisen melun tasot terssikaistoittain laskettiin kuvassa 1 esitettyihin reseptoripisteisiin R1–R8. Taajuuspainottamattomat melutasot sisällä ja ulkona on esitetty tarkemmin liitteessä 7.

Erillismallinnusten osalta vaihtoehdoissa VE1 ja VE2 asumisterveysasetuksen 545/2015 mukaisesti pienitaajuisen melun yöajan toimenpiderajoihin verratessa, ulkovaipalta vaadittavat äänitasoerot (ΔL) ovat korkeimmillaan luokkaa 5–12 dB taajuuskaistoilla 40-200 Hz. Muiden taajuuskaistojen jo ulos lasketut äänenpainetasot alittavat toimenpiderajat.

Yhteismallinnusten molempien vaihtohtojen VE1 ja VE2 asumisterveysasetuksen 545/2015 mukaisesti pienitaajuisen melun yöajan toimenpiderajoihin verratessa, ulkovaipalta vaadittavat äänitasoerot (ΔL) ovat korkeimmillaan luokkaa 1–12 dB taajuuskaistoilla 31,5-200 Hz. Muiden taajuuskaistojen jo ulos lasketut äänenpainetasot alittavat toimenpiderajat.

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

Kun ulkoseinän ääneneristävyys otetaan huomioon Turun ammattikorkeakoulun tutkimuksessa mainittujen arvojen mukaisesti, alittavat terssikohtaiset melutasot toimenpiderajat kaikissa reseptoripisteissä. Tulokset osoittavat, että ympäristön rakennusten kohdalla normaalia rakentamista vastaava ilmaääneneristys riittää vaimentamaan tuulivoimalaitosten pienitaajuisen melun toimenpiderajojen alle tässä selvityksessä käytetyllä voimalalla. 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

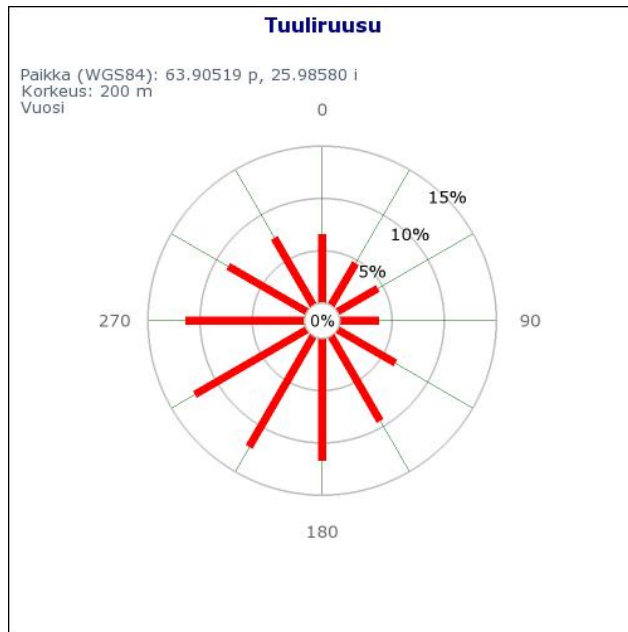
Valtioneuvoston asetuksessa 1107/2015 tuulivoimaloiden ulkomelutasoista ei mallinnusvaiheessa edellytetä korjauksia tai kannanottoa mahdollisesta impulssimaisuudesta tai kapeakaistaisuudesta. Mahdollinen häiritsevyyskorjaus +5 dB tehdään valvonnan yhteydessä tehtävään mittaustulokseen, mikäli melun todetaan 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 sykinnästä (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 tutkitulla 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 6. Tuuliruusu Suomen Tuuliatlaksesta

Tuulennopeuden lisäksi myös tuulensuunta vaikuttaa melun leviämiseen. Halmemäen tuulipuiston hankealueella vallitseva tuulensuunta on lounaasta. Mallinnuksen mukaisia melutasoja voi esiintyä useimmin voimaloiden koillispuolella.

5.3 Melutasot verrattuna ohjearvoihin

YM:n mallinnusohjeen (2/2014) mukaan ohjearvovertailussa ei oteta huomioon epävarmuutta, kun laskenta tehdään ohjeessa mainituilla parametreilla ja valmistajan takaamia melupäästöarvoja käyttämällä (declared value tai warranted level). Tällöin melupäästön takuuarvoon on sisällytetty koko laskennan epävarmuus. Tässä mallinnuksessa käytetyn voimalaitoksen melupäästöarvoon on lisätty + 2 dB epävarmuus, sekä asiakkaan toivoma + 1 dB.

Mallinnusten mukaan yhdenkään Halmemäen ympäristön asuin- tai lomarakennuksen kohdalla ei ylitetä 40 dB ohjearvoa, huomioitaessa vain Halmemäen voimalat eikä myöskään yhteismallinnuksessa, kun myös muut alueen tuulivoima-alueet otetaan huomioon.

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

Sisätiloihin arvioidut (ulkoseinän ääneneristävyys Turun ammattikorkeakoulun tutkimuksen arvojen mukaisesti) pienitaajuisen melun tasot alittavat sisätiloihin annetut 545/2015 mukaiset toimenpiderajat ympäristön rakennusten kohdalla, kun huomioidaan vain Halmemäen voimalat.

Myös yhteisvaikutusten tilanteissa VE1 ja VE2 alitetaan toimenpiderajat ympäristön rakennusten kohdalla.

Arvioidut sisämelun kokonaistasot alittavat 545/2015 sisämelun toimenpiderajan LAeq 1h 25 dB jokaisessa reseptoripisteessä.

Laatija: Ville Virtanen, Ramboll Finland Oy
 Päivämäärä: 12/12/2025

Hankevastaava: Infinergies Finland Oy
 Hankealue: Halmemäki

Mallinnusohjelman tiedot

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

Tuulivoimaloiden perustiedot ja akustiset tiedot

Nordex N163/5.X, Clean blade

Tuulivoimalan valmistaja:	Tyyppi:	Sarjanumero:	
Nordex	N163/5.X	-	
Nimellisteho:	Napakorkeus:	Roottorin halkaisija:	Tornin tyyppi:
5,X MW	200 m	163 m	Putkitorni

Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun

Lapakulman säätö:	Pyörimisnopeus:	Muu, mikä:
<input type="checkbox"/> Kyllä	<input type="checkbox"/> Kyllä	Noise modes 0-18
<input type="checkbox"/> Ei	<input type="checkbox"/> Ei	
<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	

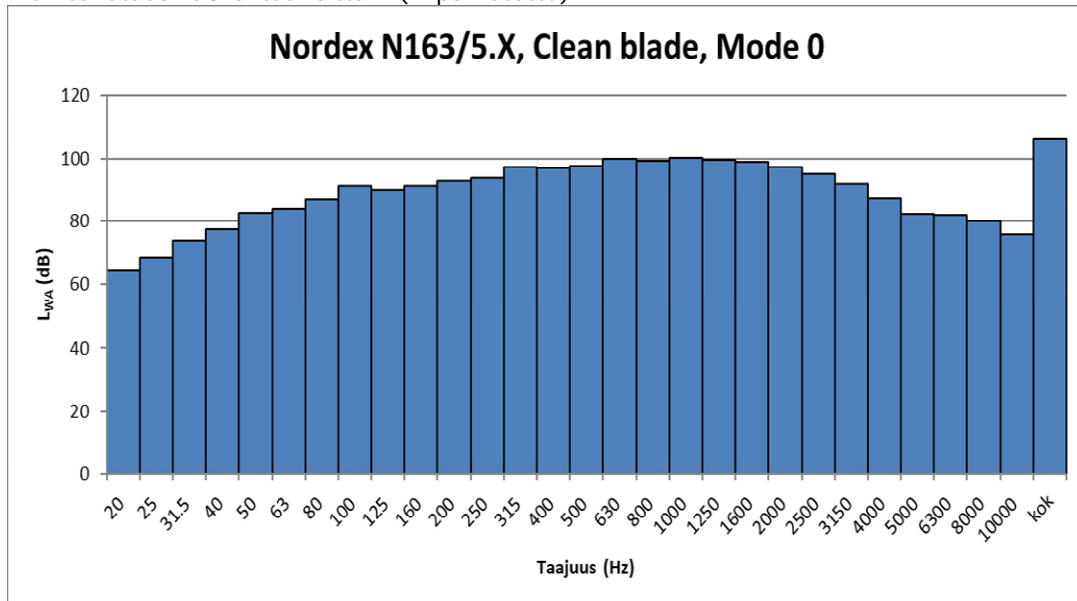
Äänitehotaso L_{WA} tuulennopeudella >6 m/s (10 m korkeudella maanpinnasta):

109,2 Takuuarvo

Suurin äänitehotaso L_{WA} :

109,2 dB + 3 dB (Uc) Takuuarvo Mode 0 (Clean blade)

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



Melun erityspiirteiden mittaustulos ja havainnot:

Kapeakaistaisuus / Tonaalisuus	Impulssimaisuus	Merkityksellinen sykintä (amplitudimodulaatio)	Muu, mikä
<input type="checkbox"/> Kyllä	<input type="checkbox"/> Kyllä	<input type="checkbox"/> Kyllä	
<input checked="" type="checkbox"/> Ei	<input type="checkbox"/> Ei	<input type="checkbox"/> Ei	
<input type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	<input checked="" type="checkbox"/> 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:

2,0 m

Pystyresoluutio:

0,3 m

Hankealueen korkeuserot

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

Kyllä Ei

Jos kyllä, mitkä tuulivoimalat:

Maan- ja vedenpinnan absorptio ja heijastukset, käytetyt kertoimet

Vesialueet 0 akustisesti kova pinta

Maa-alueet 0,4 akustisesti puolikova pinta

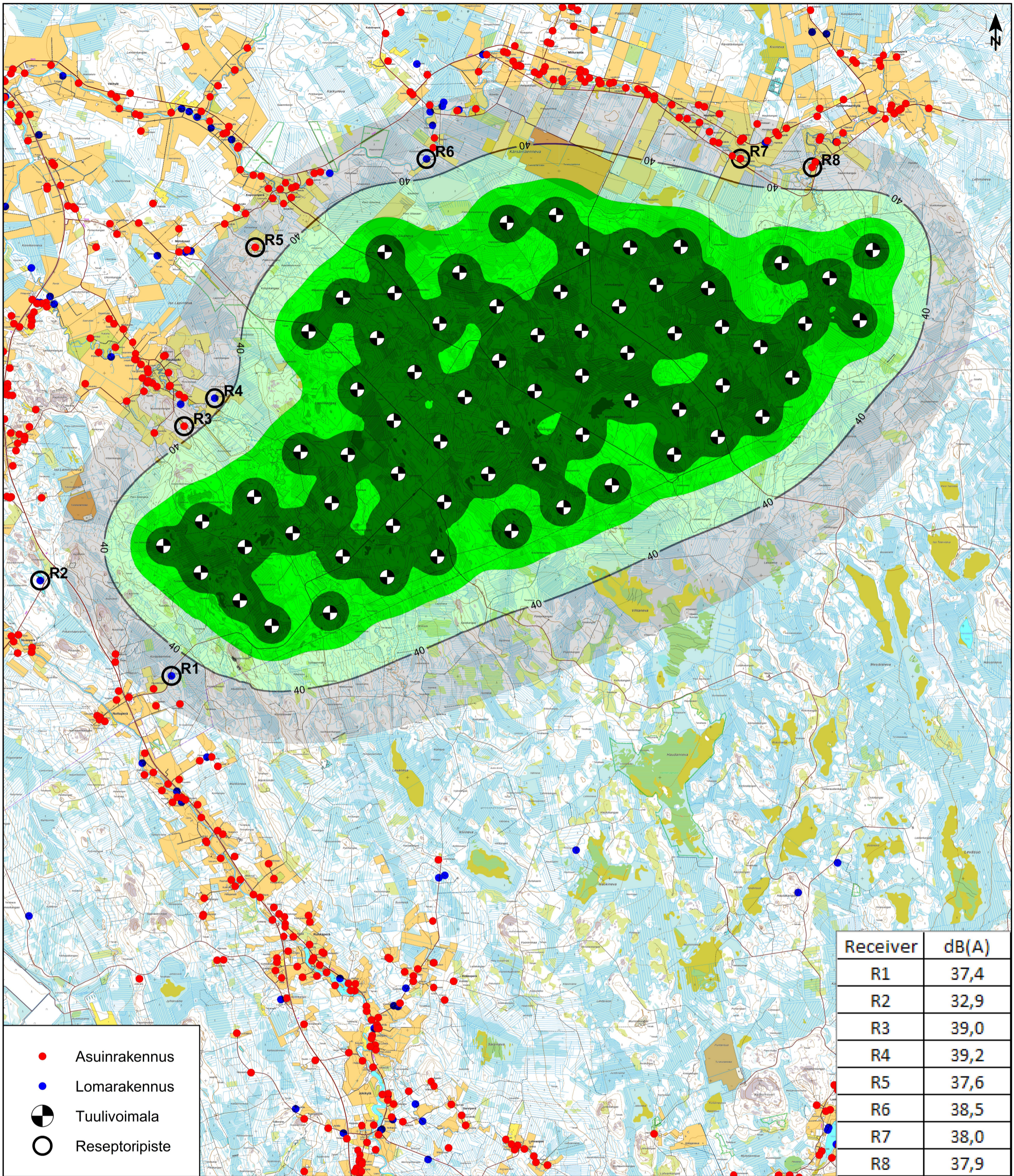
Ilmakehän stabiilius laskennassa/meteorologinen korjaus

Neutraali 0 neutraali - stabiili sääolosuhde

Voimalan äänen suuntaavuus ja vaimentuminen

Vapaa avaruus

Muu



Halmemäki melumallinnus

Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

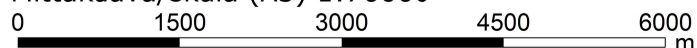
-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus +4m

VE1
Nordex N163/5.x
-HH = 200 m
- L_{WA} = 109,2 dB (STR) +3 dB Uc

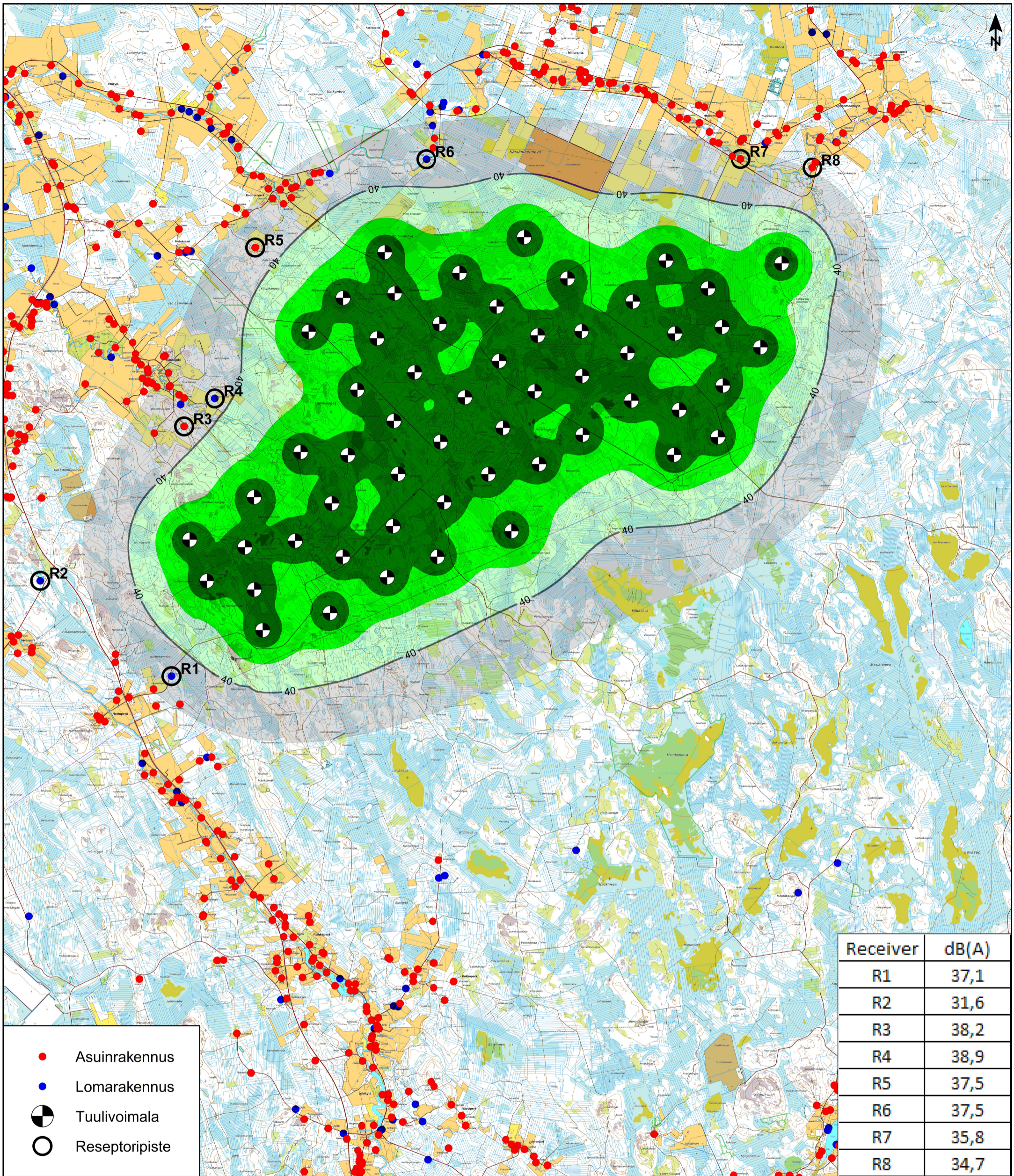
Äänitaso dB(A)

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

Mittakaava/skala (A3) 1:70000



26/1/2024 VV



Halmemäki melumallinnus

Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

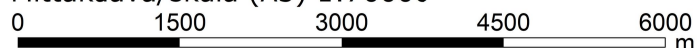
-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus +4m

VE2
Nordex N163/5.x
-HH = 200 m
- L_{WA} = 109,2 dB (STR) + 3 dB U_c

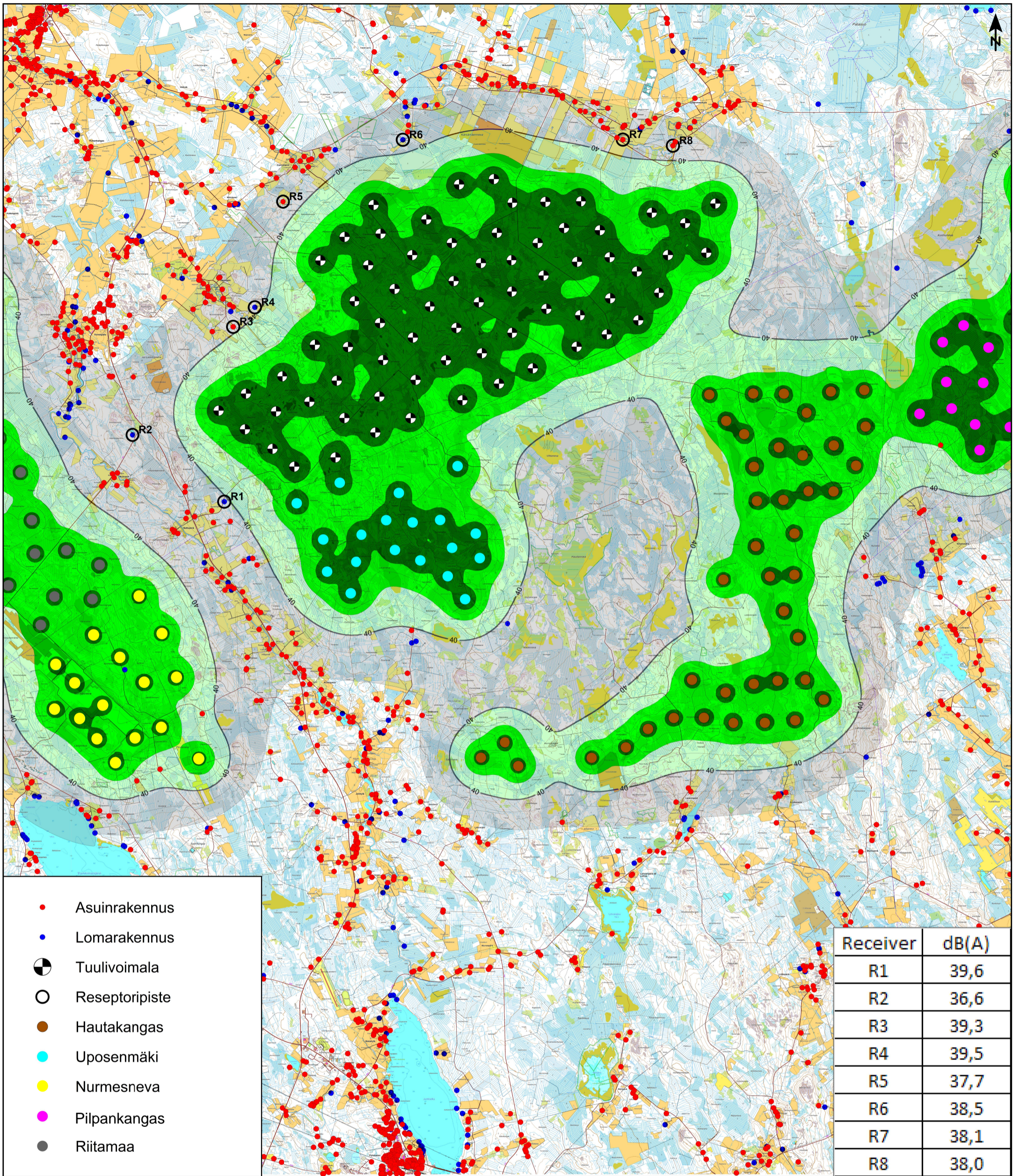
Äänitaso
dB(A)

50 < [Dark Green] <= 50
45 < [Medium Green] <= 45
40 < [Light Green] <= 40
35 < [Grey] <= 35

Mittakaava/skala (A3) 1:70000



26/1/2024 VV



Halmemäki melumallinnus

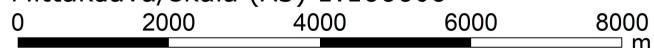
Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus +4m

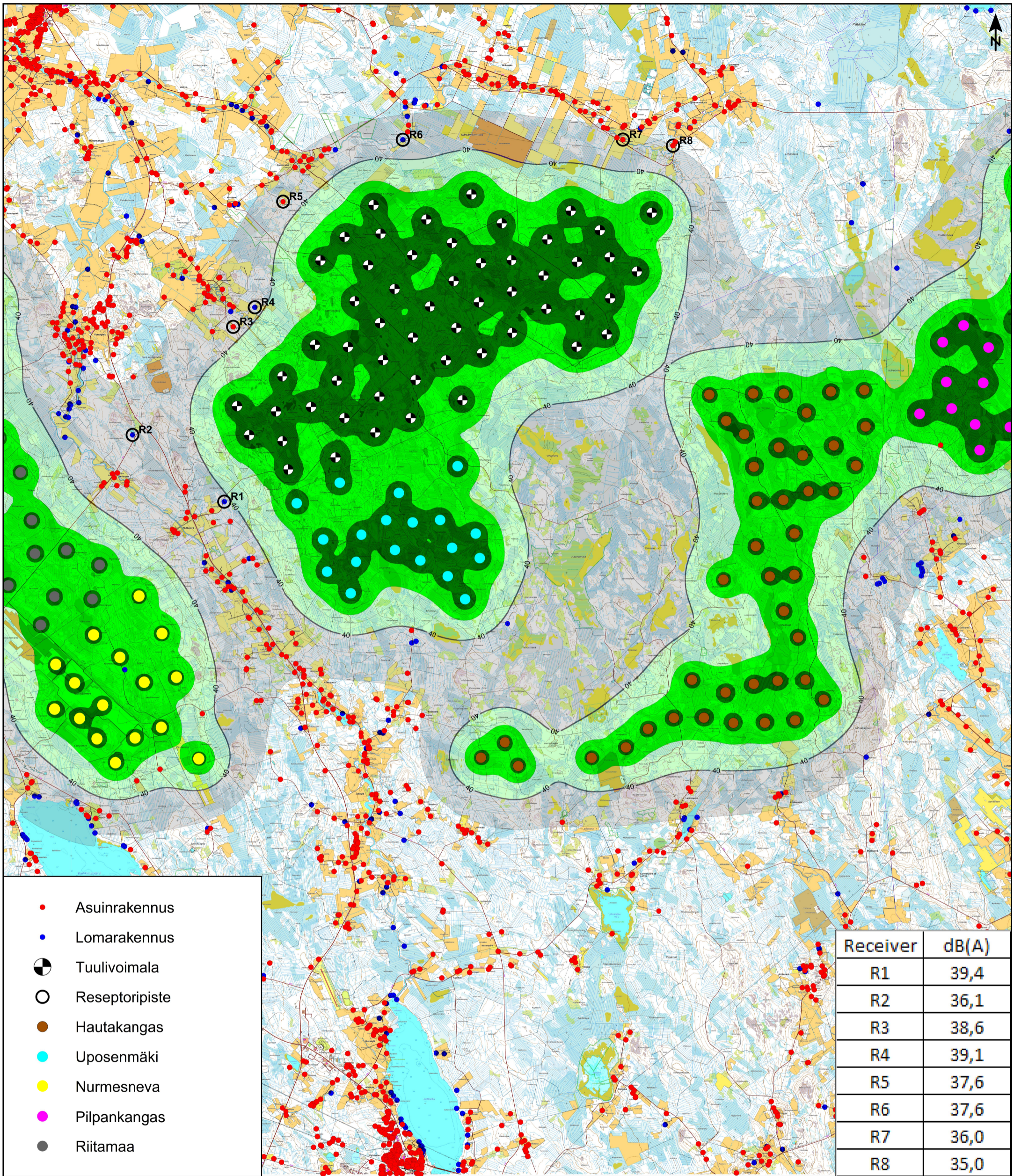
VE1
Nordex N163/5.x
-HH = 200 m
-LWA = 109,2 dB (STR) +3 dB Uc

Äänitaso dB(A)	
50 <	<= 50
45 <	<= 45
40 <	<= 40
35 <	<= 35

Mittakaava/skala (A3) 1:100000



18/4/2024 VV



Halmemäki melumallinnus

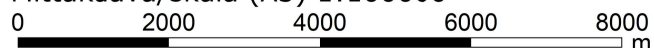
Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus +4m

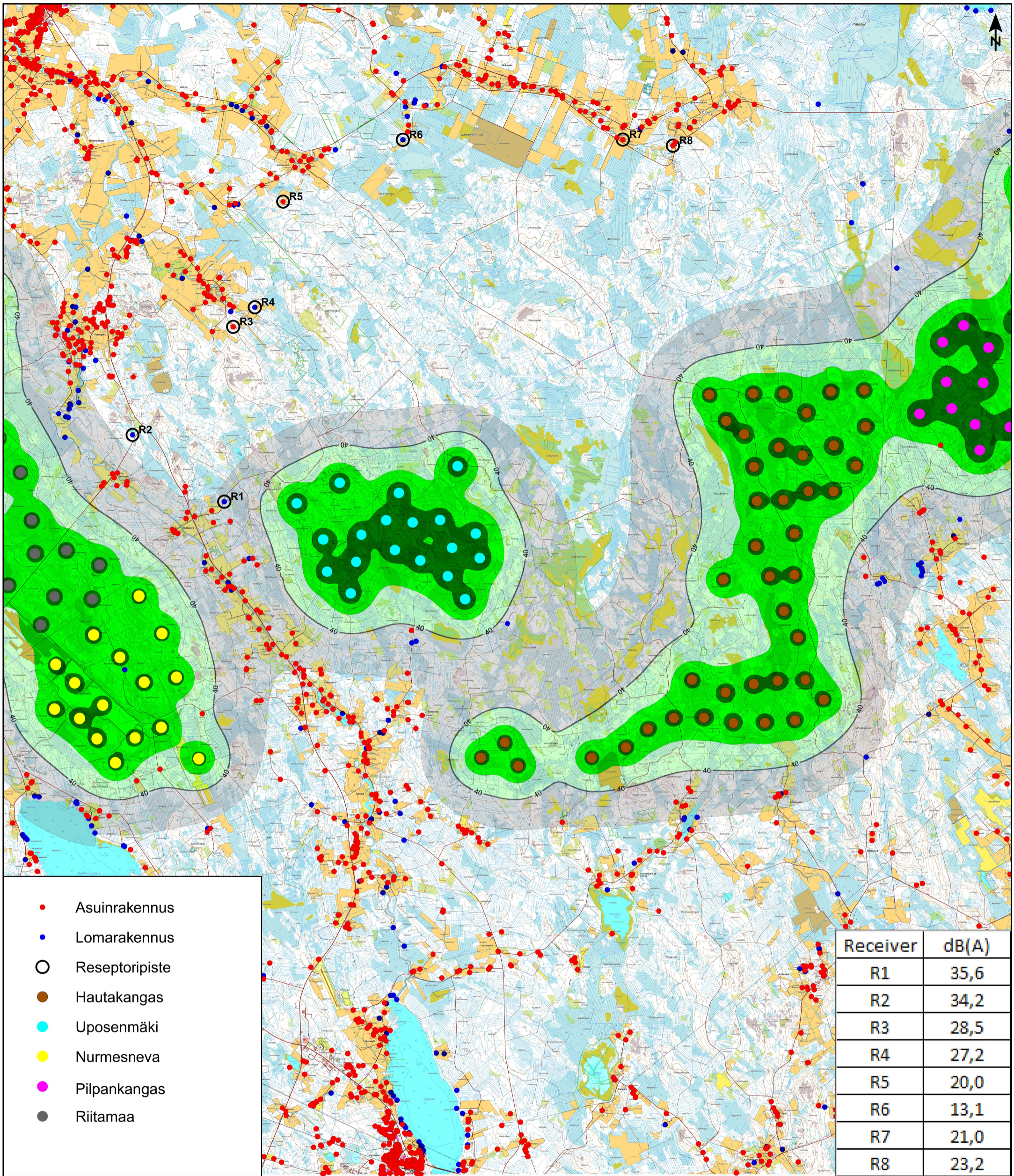
VE2
Nordex N163/5.x
-HH = 200 m
-L_{WA} = 109,2 dB (STR) +3 dB U_c

Äänitaso dB(A)	
50 <	<= 50
45 <	<= 45
40 <	<= 40
35 <	<= 35

Mittakaava/skala (A3) 1:100000



18/4/2024 VV



Halmemäki melumallinnus

Meluvyöhykkeet L_{Aeq}
 -Laskentamalli ISO 9613-2
 -Laskentakorkeus +4m
 Muut voimalat

Äänitaso dB(A)

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

Mittakaava/skala (A3) 1:100000
 0 2000 4000 6000 8000 m

18/4/2024 VV

Pienitaajuinen melu sisätiloissa vaihtoehdossa VE1

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	48	45	45	42	41	36	33	31	23	16	11
R2	46	43	42	39	38	34	30	28	20	13	7
R3	50	47	46	43	42	38	34	32	24	18	13
R4	50	47	46	44	43	38	35	33	25	18	13
R5	49	46	45	43	42	37	33	32	23	17	12
R6	50	47	46	43	42	38	34	32	24	18	12
R7	49	47	46	43	42	37	34	32	24	17	12
R8	49	46	45	42	42	37	33	32	23	17	12
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

Pienitaajuinen melu ulkotiloissa vaihtoehdossa VE1

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	56	54	54	52	52	49	47	48	41	37	34
R2	54	51	51	50	50	47	45	45	38	34	30
R3	57	55	55	54	54	51	49	49	43	39	36
R4	58	56	56	54	54	51	49	50	43	39	36
R5	57	54	54	53	53	50	48	48	42	38	34
R6	57	55	55	53	54	51	49	49	43	39	35
R7	57	55	55	53	54	50	49	49	43	39	35
R8	56	54	54	53	53	50	48	48	42	38	35
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Vaadittava ääneneristävyyys korkeimmillaan	-16,3	-8,4	-0,4	5,0	10,3	9,0	9,3	11,6	7,4	5,5	3,9
Ääneneristävyyssarvot (äänitasoero ΔL)	7,6	8,3	9,2	10,3	11,5	13,0	14,8	16,8	18,8	21,1	22,8

Pienitaajuinen melu sisätiloissa vaihtoehdossa VE2

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	48	45	44	41	41	36	32	30	22	16	11
R2	45	42	41	39	38	33	29	27	19	12	6
R3	49	46	45	43	42	37	34	32	24	17	12
R4	50	47	46	43	42	38	34	32	24	18	13
R5	49	46	45	42	41	37	33	31	23	17	11
R6	49	46	45	42	41	37	33	31	23	17	12
R7	48	45	44	41	40	35	32	30	22	15	10
R8	47	44	43	40	39	34	31	29	21	14	9
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

Pienitaajuinen melu ulkotiloissa vaihtoehdossa VE2

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	55	53	53	52	52	49	47	47	41	37	34
R2	53	51	51	49	49	46	44	44	38	33	29
R3	57	55	55	53	53	50	48	49	42	39	35
R4	57	55	55	54	54	51	49	49	43	39	36
R5	56	54	54	52	53	50	48	48	42	38	34
R6	56	54	54	53	53	50	48	48	42	38	34
R7	55	53	53	51	52	48	47	47	41	37	33
R8	54	52	52	50	51	47	46	46	39	35	32
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Vaadittava ääneneristävyyys korkeimmillaan	-16,7	-8,8	-0,9	4,6	9,9	8,6	8,9	11,2	7,0	5,1	3,6
Ääneneristävyyssarvot (äänitasoero ΔL)	7,6	8,3	9,2	10,3	11,5	13,0	14,8	16,8	18,8	21,1	22,8

Pienitaajuinen melu sisätiloissa vaihtoehdossa VE1 yhdessä alueen muiden tuulivoimaloiden kanssa

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	51	48	47	44	43	39	36	33	26	20	14
R2	49	46	45	43	42	38	35	32	25	19	13
R3	51	48	47	44	43	39	35	33	25	19	13
R4	51	48	47	45	44	39	36	33	26	19	14
R5	50	47	46	43	42	38	34	32	24	18	12
R6	50	47	46	44	43	38	35	33	24	18	13
R7	50	47	46	44	43	38	35	32	24	18	12
R8	50	47	46	43	42	38	34	32	24	18	12
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

Pienitaajuinen melu ulkotiloissa vaihtoehdossa VE1 yhdessä alueen muiden tuulivoimaloiden kanssa

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	58	56	56	55	55	52	51	50	45	41	37
R2	56	55	54	53	53	51	49	48	44	40	36
R3	58	56	56	55	55	52	50	50	44	40	36
R4	58	56	56	55	55	52	50	50	44	40	36
R5	57	55	55	54	54	51	49	49	43	39	35
R6	58	56	56	54	54	51	49	49	43	39	35
R7	58	56	55	54	54	51	49	49	43	39	35
R8	57	55	55	54	54	51	49	49	43	39	35
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Vaadittava ääneneristävyyys korkeimmillaan	-15,5	-7,5	0,3	5,9	11,1	10,2	10,6	12,3	9,0	7,0	5,0
Ääneneristävyyssarvot (äänitasoero ΔL)	7,6	8,3	9,2	10,3	11,5	13,0	14,8	16,8	18,8	21,1	22,8

Pienitaajuinen melu sisätiloissa vaihtoehdossa VE2 yhdessä alueen muiden tuulivoimaloiden kanssa

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	50	48	47	44	43	39	36	33	26	20	14
R2	48	46	45	42	41	38	34	31	25	18	12
R3	50	47	46	44	43	38	35	33	25	19	13
R4	50	48	47	44	43	39	35	33	25	19	13
R5	49	47	46	43	42	37	34	32	24	17	12
R6	49	47	46	43	42	37	34	32	24	17	12
R7	48	46	45	42	41	37	33	31	23	16	10
R8	48	45	44	42	40	36	32	30	22	15	10
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

Pienitaajuinen melu ulkotiloissa vaihtoehdossa VE2 yhdessä alueen muiden tuulivoimaloiden kanssa

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	58	56	56	55	55	52	50	50	45	41	37
R2	56	54	54	53	53	51	49	48	44	40	35
R3	58	56	56	54	54	51	50	50	44	40	36
R4	58	56	56	55	55	52	50	50	44	40	36
R5	57	55	55	53	53	50	49	49	43	38	35
R6	57	55	55	53	54	50	49	49	43	38	35
R7	56	54	54	52	53	50	48	48	42	37	33
R8	55	53	53	52	52	49	47	47	41	37	32
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Vaadittava ääneneristävyyys korkeimmillaan	-15,9	-7,9	0,0	5,5	10,7	10,0	10,4	12,0	8,8	6,8	4,8
Ääneneristävyyssarvot (äänitasoero ΔL)	7,6	8,3	9,2	10,3	11,5	13,0	14,8	16,8	18,8	21,1	22,8

Pienitaajuinen melu sisätiloissa huomioitaessa vain alueen muut tuulivoima-alueet											
Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	47	44	43	41	40	36	33	30	24	17	11
R2	45	43	42	40	39	36	33	29	24	17	11
R3	43	41	40	38	36	33	29	26	19	12	5
R4	43	41	39	37	36	32	29	25	19	11	4
R5	41	39	38	35	34	30	27	23	16	9	1
R6	41	38	37	35	33	29	26	22	15	6	-2
R7	42	39	38	36	34	30	27	23	16	8	1
R8	42	40	38	36	35	31	27	24	17	9	2
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Pienitaajuinen melu ulkotiloissa huomioitaessa vain alueen muut tuulivoima-alueet											
Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	54	53	52	51	51	49	48	47	42	38	34
R2	53	52	51	50	50	49	47	46	42	38	34
R3	51	49	49	48	48	46	44	42	38	33	28
R4	51	49	49	48	47	45	44	42	37	33	27
R5	49	47	47	46	46	43	42	40	35	30	24
R6	48	47	46	45	45	42	41	39	33	28	21
R7	49	47	47	46	46	43	42	40	35	30	24
R8	50	48	48	46	46	44	42	40	36	30	25
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Vaadittava ääneneristävyyys korkeimmillaan	-19,7	-11,3	-3,6	2,3	7,3	7,3	7,8	8,7	6,5	4,4	2,1
Ääneneristävyyssarvot (äänitasoero ΔL)	7,6	8,3	9,2	10,3	11,5	13,0	14,8	16,8	18,8	21,1	22,8