

LIITE 21

Melumallinnus

Vastaanottaja
ABO Energy Suomi Oy

Asiakirjatyyppi
Raportti

Päivämäärä
21.02.2025

Viite
1510075265-004

MÄNTYKANKAAN TUULIVOIMAHANKE MELUMALLINNUS

Päivämäärä 21.2.2025
Laatija Ville Virtanen
Tarkastaja Jari Hosiokangas
Versio 02

Tuulivoimahankkeen meluselvitys

Sisältää Maanmittauslaitoksen Maastotietokannan 12/2024 aineistoa.

Viite 1510075265-004

Raporttihistoria:

Versio	Pvm / Laatija	Muutokset
01	9.12.2024, VV	-
02	21.2.2025, VV	-Päivitetty rakennuskanta, ja muokattu reseptori-pisteitä näiden mukaiseksi.

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	7
5.	TULOSEN TULKINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET	8
5.1	Melun erityispiirteet ja häiritsevyysskorjaukset	8
5.2	Alueen tuuliolosuhteet ja niiden vaikutukset meluun	8
5.3	Melutasot verrattuna ohjearvoihin	8

LIITTEET

Liite 1	Laskentaparametrit ja tuulivoimaloiden akustiset tiedot
Liite 2	Meluvyöhykkeet, VE0, Jäkäläkangas
Liite 3	Meluvyöhykkeet, VE1 Mäntykangas + Jäkäläkangas
Liite 4	Meluvyöhykkeet, VE1 Mäntykangas + Jäkäläkangas + Lylyharju
Liite 5	Meluvyöhykkeet, VE2 Mäntykangas + Jäkäläkangas
Liite 6	Meluvyöhykkeet, VE2 Mäntykangas + Jäkäläkangas + Lylyharju
Liite 7	Meluvyöhykkeet, VE3 Mäntykangas + Jäkäläkangas
Liite 8	Meluvyöhykkeet, VE4 Mäntykangas + Jäkäläkangas
Liite 9	Meluvyöhykkeet, VE5 Mäntykangas + Jäkäläkangas
Liite 10	Meluvyöhykkeet, VE6 Mäntykangas + Jäkäläkangas
Liite 11	Pienitaajuinen melu

1. YLEISTÄ

ABO Energy Suomi Oy suunnittelee tuulivoimapuiston rakentamista Parkanoon Pirkanmaalle ja Kurikkaan Etelä-Pohjanmaalle sijoittuvalle alueelle, jossa rakennettaisiin enintään 8 tuulivoimalaa. Tässä selvityksessä on mallinnettu tuulivoimalaitosten aiheuttamat melutasot niiden ympäristössä kuuden eri hankevaihtoehdon osalta sekä yhdessä Jäkäläkankaan ja Lylyharjun tuulivoimapuistojen kanssa. Työ tehdään ympäristövaikutusten arviointia varten.

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

Työ on tehty ABO Energy Suomi Oy:n toimeksiannosta. Ramboll Finland Oy:ssä YVA:n laatimisen projektipäällikkönä toimi FM Susanna Hirvonen. 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 määritelty 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 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 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 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 Vestas V172-7.2MW -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. Pienitaajuisen melun laskenta tehtiin laitosmallin ilmoitettuihin 1/3 –oktaavikaista tietoihin perustuen.

Melutasot mallinnettiin käyttäen tilaajan toimittaman voimalaitoksen Vestas V172-7.2MW –serrated trailing edge -mallille annettuja lähtöarvoja. Mallinnuksessa käytettiin melupäästöarvoa LWA 106,9 dB tuulennopeuden ollessa >9m/s napakorkeudella (lähde: 0128-4336_00, 2022-06-30). Saatujen lähtötietojen mukaan ko. voimalamallin melutaso ei kasva sen jälkeen, kun tuulennopeus saavuttaa arvon 9 m/s napakorkeudella, toisin sanoen tuulennopeudella 9 m/s - 15 m/s voimalaitoksen kokonaisäänitehotaso on sama (napakorkeudella).

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 pienitaajuisen 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. Vestas V172-7.2MW 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.

Taulukko 3. Tuulivoimalaitosten koordinaatit vaihtoehtoisissa VE1-VE6 (ETRS-TM35FIN)

VE1		
X	Y	Z
284578	6911869	151
285267	6911675	160
286110	6911546	154
286812	6911192	157
285623	6910629	157
285760	6909130	158
285915	6909969	156
286385	6909284	154
VE2		
286003	6911790	155
286628	6911624	151
285843	6909869	156
285626	6910662	157
VE3		
285623	6910629	157
285760	6909130	158
285915	6909969	156
286385	6909284	154
VE4		
284578	6911869	151
285267	6911675	160
286110	6911546	154
286812	6911192	157
VE5		
285843	6909869	156
285626	6910662	157
VE6		
286003	6911790	155
286628	6911624	151

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.

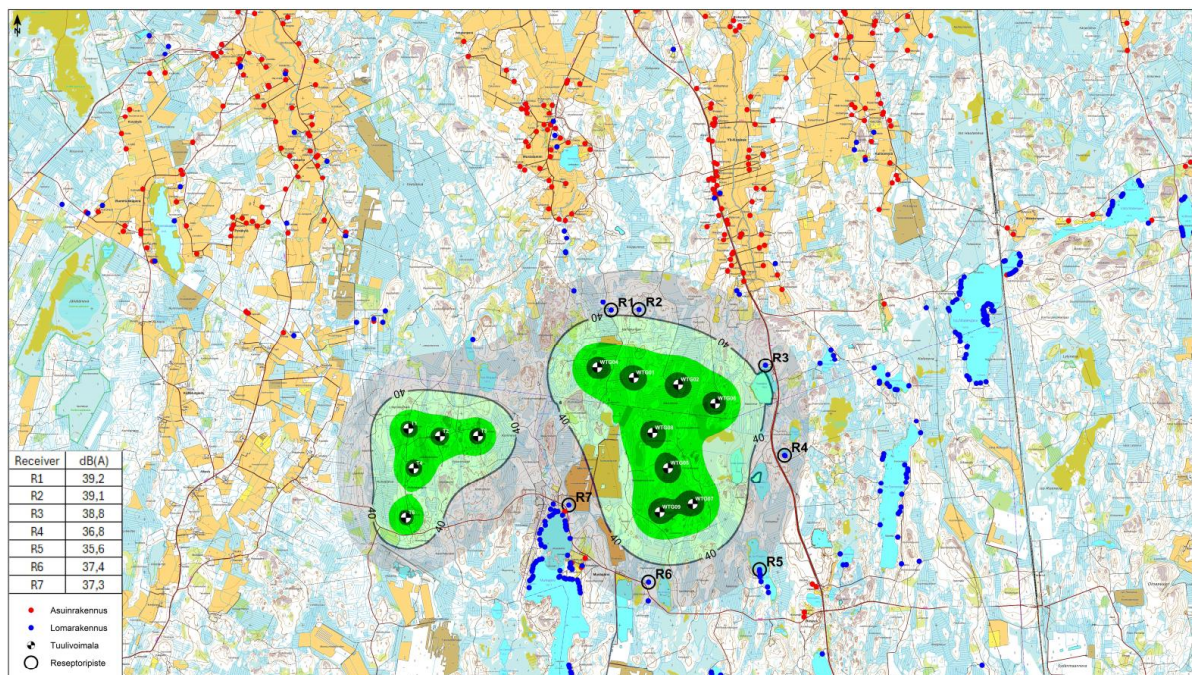
ISO 9613-2 -mallissa tuulen nopeutta tai suuntaa ei voida varioida, vaan laskentamallissa on oletuksena lievä myötätuuli melulähteestä laskentapisteeseen päin. Malli huomioi kolmiulotteisessa laskennassa mm. maastonmuodot sekä etäisyysvaimentumisen, ilman ääniabsorption, esteet, heijastukset ja maanpinnan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

Meluvyöhykelaskennat on tehty laskentapisteverkkoon ja ohjelma interpoloi melutasot laskentapisteen välisille alueille. Työssä laskettiin melutasot myös hankealuetta lähinnä olevien asuin-

ja lomarakennusten 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 häiritsevyyskorjauksia.

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 laitostmallin Vestas V172-7.2MW -voimalaitoksesta käytössä olevia 1/3-oktaavikaistatietoja väliltä 20Hz – 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 ilmastäeneristävyyssarvojen 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 R1-R7 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 kaikkien kolmen kilometrin etäisyydellä laitoksista sijaitsevien asuintalojen ja loma-asuntojen välinen maanpinnan korkeusero oli alle 60 metriä.

4. TULOKSET

4.1 Mallinnustulokset

Mallinnuksen laskennalliset meluvyöhykkeet (A-painotettu keskiäänitaso) on esitetty liitteissä 2-10. Melukuviin on merkitty asuin- ja lomarakennukset värikoodein Maanmittauslaitoksen maastotietokannan tietojen pohjalta. Melukuvissa on esitetty mallinnustulokset ilman mahdollisia häiritsevyys- tai muita korjauksia.

Taulukko 4. A-painotetut melutasot eniten melulle altistuvien kohteiden kohdalla (ulkomelutaso)

Reseptori	VE0 Jäkäläkangas LAeq / dB	Mäntykangas VE1+ Jäkäläkangas LAeq / dB	Mäntykangas VE2+ Jäkäläkangas LAeq / dB	Mäntykangas VE3+ Jäkäläkangas LAeq / dB	Mäntykangas VE4+ Jäkäläkangas LAeq / dB
1	22,7	39,2	34,7	30,6	38,7
2	21,4	39,1	36,4	30,9	38,5
3	17,1	38,8	37,5	32,3	37,7
4	14,1	36,8	33,6	34,0	33,7
5	17,5	35,6	30,7	34,6	28,5
6	21,1	37,4	31,7	36,9	28,4
7	28,6	37,3	34,6	36,2	32,9
Reseptori	Mäntykangas VE5 + Jäkäläkangas LAeq / dB	Mäntykangas VE6+ Jäkäläkangas LAeq / dB	Mäntykangas VE1+ Jäkäläkangas+ Lylyharju LAeq / dB	Mäntykangas VE2+ Jäkäläkangas+ Lylyharju LAeq / dB	
1	29,6	33,5	39,3	34,7	
2	29,8	35,5	39,2	36,5	
3	30,1	36,6	38,9	37,6	
4	30,3	31,0	37,0	34,0	
5	29,2	25,9	37,0	31,3	
6	30,9	25,8	37,4	31,9	
7	33,9	30,6	37,4	34,6	

Mallinnuksen mukaan yhtään vakituista asuintaloa tai loma-asuntoa ei ole 40 dB ylittävällä meluvyöhykkeellä.

4.2 Pienitaajuinen melu

Pienitaajuisen melun tasot terssikaistoittain laskettiin kuvassa 1 esitettyihin reseptoripisteisiin R1–R7. Taajuuspainottamattomat melutasot sisällä ja ulkona on esitetty tarkemmin liitteessä 11.

Asumisterveysasetuksen 545/2015 mukaisiin pienitaajuisen melun yöajan toimenpiderajoihin verrattessa, ulkovaipalta vaadittavat äänitasoerot (ΔL) välillä 40–200 Hz ovat 2–9 dB laajimmassa vaihtoehdossa VE1, jonka lisäksi on huomioitu Jäkäläkankaan ja Lylyharjun voimalahankkeet. Taajuuskaistoilla 20–31,5 Hz jo ulos lasketut pienitaajuisen melun tasot alittavat sisätilojen toimenpiderajat. Muiden vaihtoehtojen niin erillis- kuin yhteismallinnusten osalta melutasot ovat saman suuruiset tai pienemmät.

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 kaikissa reseptoripisteissä. Tulokset osoittavat, että ympäristön rakennusten kohdalla normaalia rakentamistapaa 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

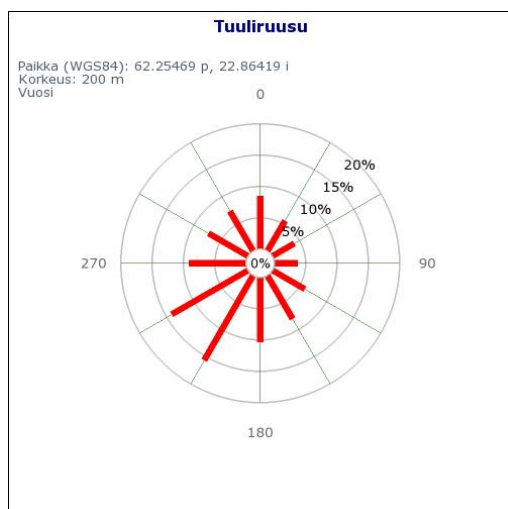
Valtioneuvoston asetuksessa 1107/2015 tuulivoimaloiden ulkomelutasoista ei mallinnusvaiheessa edellytetä korjauksia tai kannanottoa mahdollisesta impulssimaisuudesta tai kapeakaistaaisuudesta. Mahdollinen häiritsevyyskorjaus +5 dB tehdään valvonnan yhteydessä tehtävään mittaustulokseen, mikäli melun 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 tutkituilla voimalaitoksilla suurin äänitehotaso saavutetaan 9 m/s tai sitä suuremmalla tuulennopeudella (napakorkeudella). Alhaisemalla 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. Mäntykankaan tuulipuiston hankealueella vallitseva tuulensuunta on lounaasta. Tällöin mallinnuksen mukaisia melutasoja voi esiintyä useimmin voimaloiden koillispuolella.

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.

Mallinnuksen mukaan ulkomelutaso alittaa Valtioneuvoston asetuksen 1107/2015 ulkomelun päivääjan ohjearvon 45 dB ja yöajan ohjearvon 40 dB kaikkien hankealueen ympäristössä sijaitsevien asuin- ja lomarakennusten kohdalla jokaisessa mallinnetussa tilanteessa.

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.

Arvioidut sisämelun kokonaistasot alittavat 545/2015 sisämelun toimenpiderajan $L_{Aeq\ 1h}$ 25 dB.

Rakennukseen kohdistuessa 40 dB (ohjearvo), tai alle, melutaso, voidaan arvioida, että 25 dB:n toimenpideraja sisätiloissa alittuu normaalilla rakentamisella. Erittäin heikolla seinärakenteella, joka ei täytä rakentamisen nykyaikaisia määräyksiä tai standardeja, voidaan päästä niinkin alhaiseen ääneneristävyyteen kuin R_w 20 dB. Tälläkin ääneneristävyydellä päästään sisätiloissa toimenpideraja-arvon 25 dB alittavaan tasoon, kun ulkomelutason ohjearvo 40 dB täyttyy.

Laatija: Ville Virtanen, Ramboll Finland Oy
Päivämäärä: 4/12/2024

Hankevastaava: ABO Wind Oy
Hankealue: Mäntykangas

Mallinnusohjelman tiedot

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

Tuulivoimaloiden perustiedot ja akustiset tiedot

Vestas V172, Serrated Trailing Edge

Tuulivoimalan valmistaja: Vestas
Tyyppi: V172-7.2MW
Sarjanumero: -
Nimellisteho: 7,2 MW
Napakorkeus: 169
Roottorin halkaisija: 172 m
Tornin tyyppi: Putkitorni

Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun

Lapakulman säätö: Pyörimisnopeus: Muu, mikä:

☐ Kyllä ☐ Kyllä
☐ Ei ☐ Ei
☒ Ei ilmoitettu ☒ Ei ilmoitettu

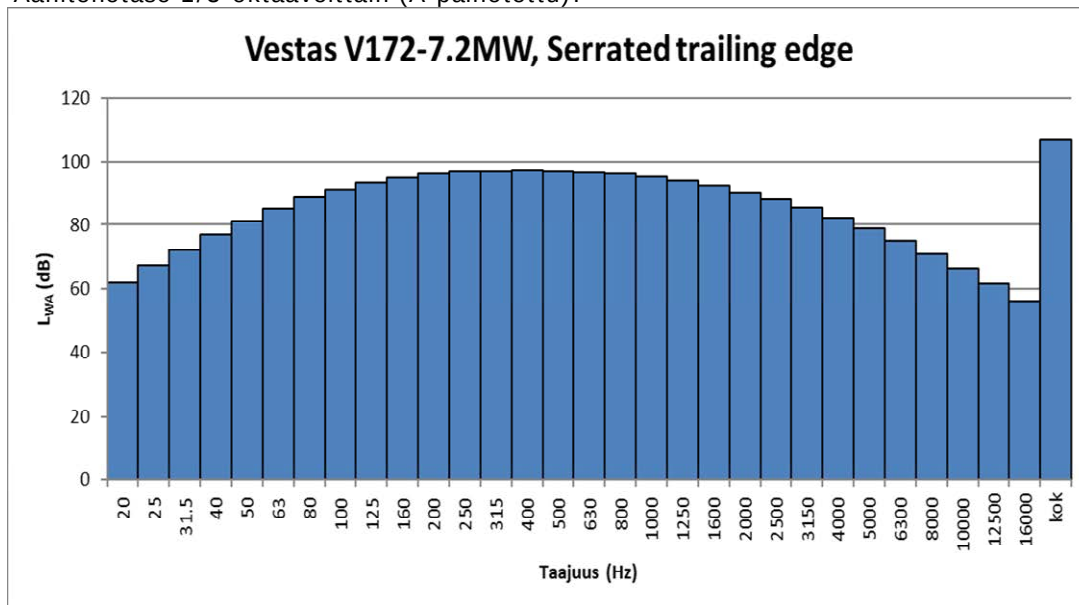
Äänitehotaso L_{WA} tuulennopeudella >9 m/s (napakorkeudella):

106,9 ☐ Takuuarvo

Suurin äänitehotaso L_{WA} :

106,9 dB + 2 dB (Uc) ☒ Takuuarvo Mode 0 (Serrated trailing edge)

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



Melun erityspiirteiden mittaust ja havainnot:

Kapeakaistaisuus /
Tonaalisuus

☐ Kyllä
☒ Ei
☐ Ei ilmoitettu

Impulssimaisuus

☐ Kyllä
☐ Ei
☒ Ei ilmoitettu

Merkityksellinen

sykintä
(amplitudimodulaatio)

☐ Kyllä
☐ Ei
☒ Ei ilmoitettu

Muu, mikä

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

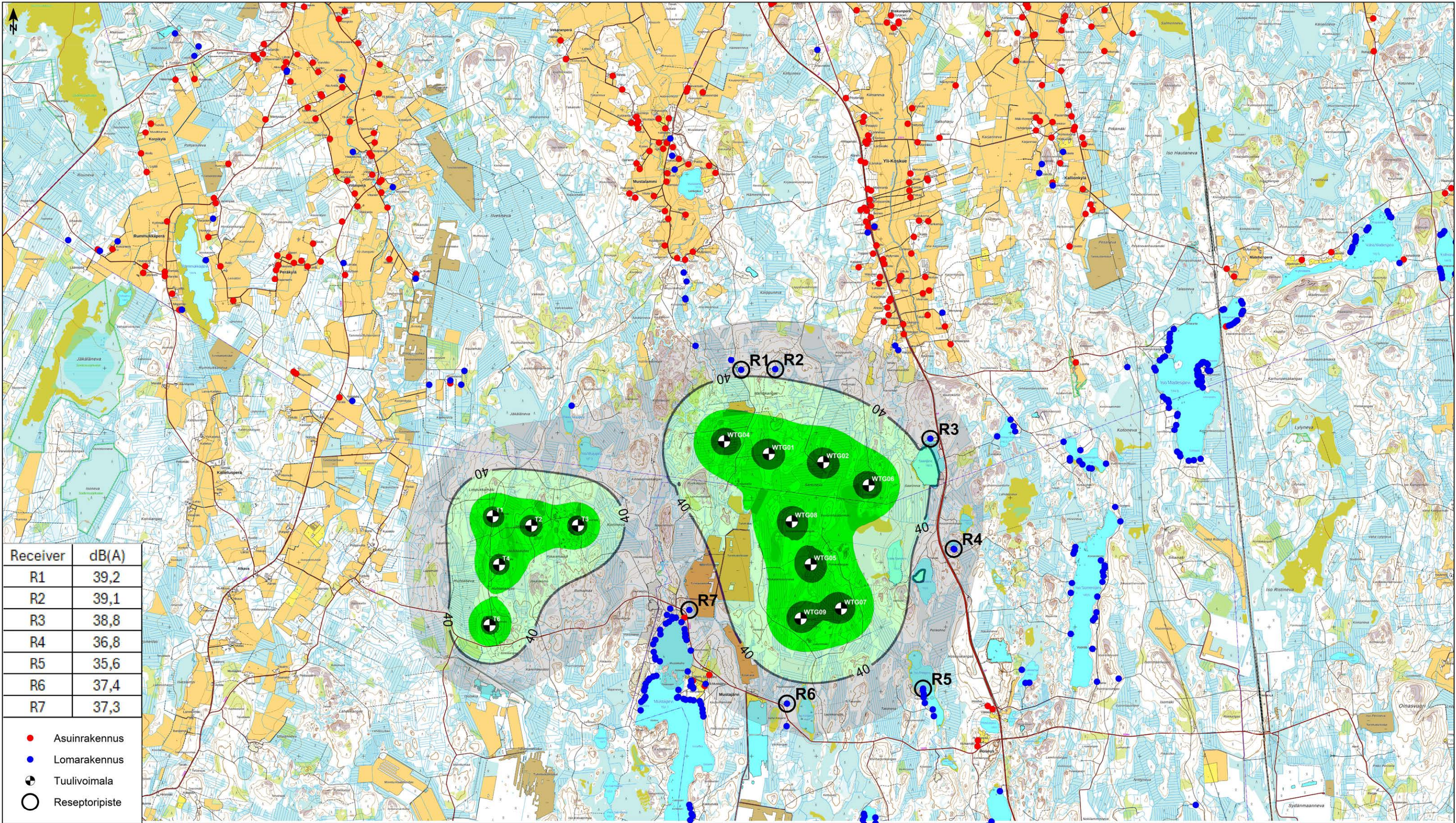
Ilmakehän stabiilius laskennassa / meteorologinen korjaus

Neutraali 0 neutraali - stabiili sääolosuhde

Voimalan äänen suuntaavuus ja vaimentuminen

☒ Vapaa avaruus

☐ Muu



Mäntykangas melumallinnus

Meluvyöhykkeet LAeq

-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus +4m

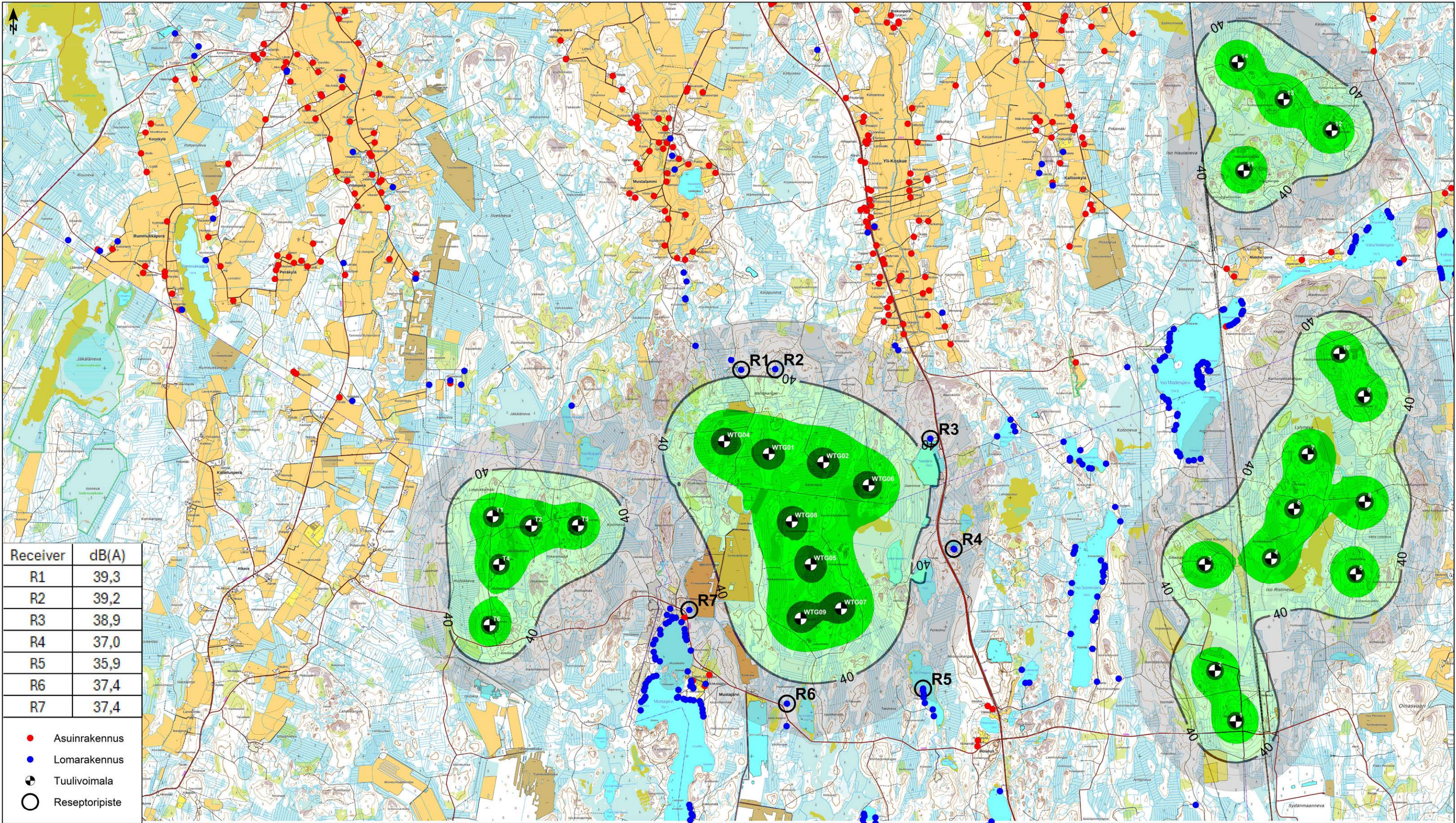
VE1
Vestas V172
-HH = 200 m
-LWA = 106,9 + 2 dB Uc

Jäkäläkangas huomioitu

Mittakaava/skala (A3) 1:55000
0 800 1600 2400 3200 m

20/2/2025 VV

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



Mäntykangas melumallinnus

Meluvyöhykkeet LAeq

-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus +4m

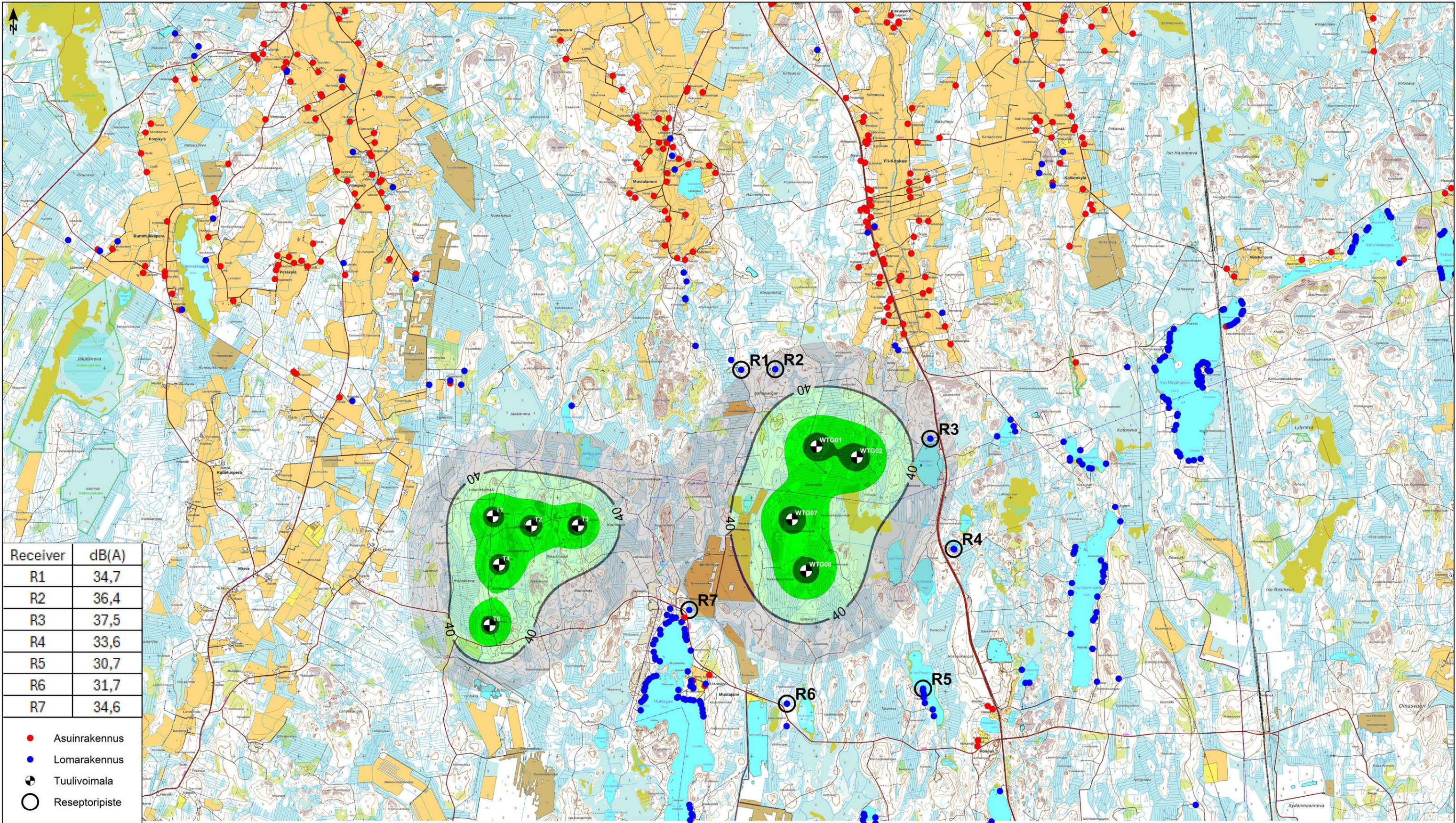
VE1
Vestas V172
-HH = 200 m
-LWA = 106,9 + 2 dB Uc

Jäkäläkangas ja Lylyharju huomioitu

Mittakaava/skala (A3) 1:55000
0 800 1600 2400 3200 m

20/2/2025 VV

Äänitaso
dB(A)
50 < 55
45 < 50
40 < 45
35 < 40
<= 35



Receiver	dB(A)
R1	34,7
R2	36,4
R3	37,5
R4	33,6
R5	30,7
R6	31,7
R7	34,6

- Asuinrakennus
- Lomarakenus
- Tuulivoimala
- Reseptoripiste



Mäntykangas melumallinnus

Meluvyöhykkeet LAeq

- Laskentamalli ISO 9613-2
- Laskentakorkeus +4m

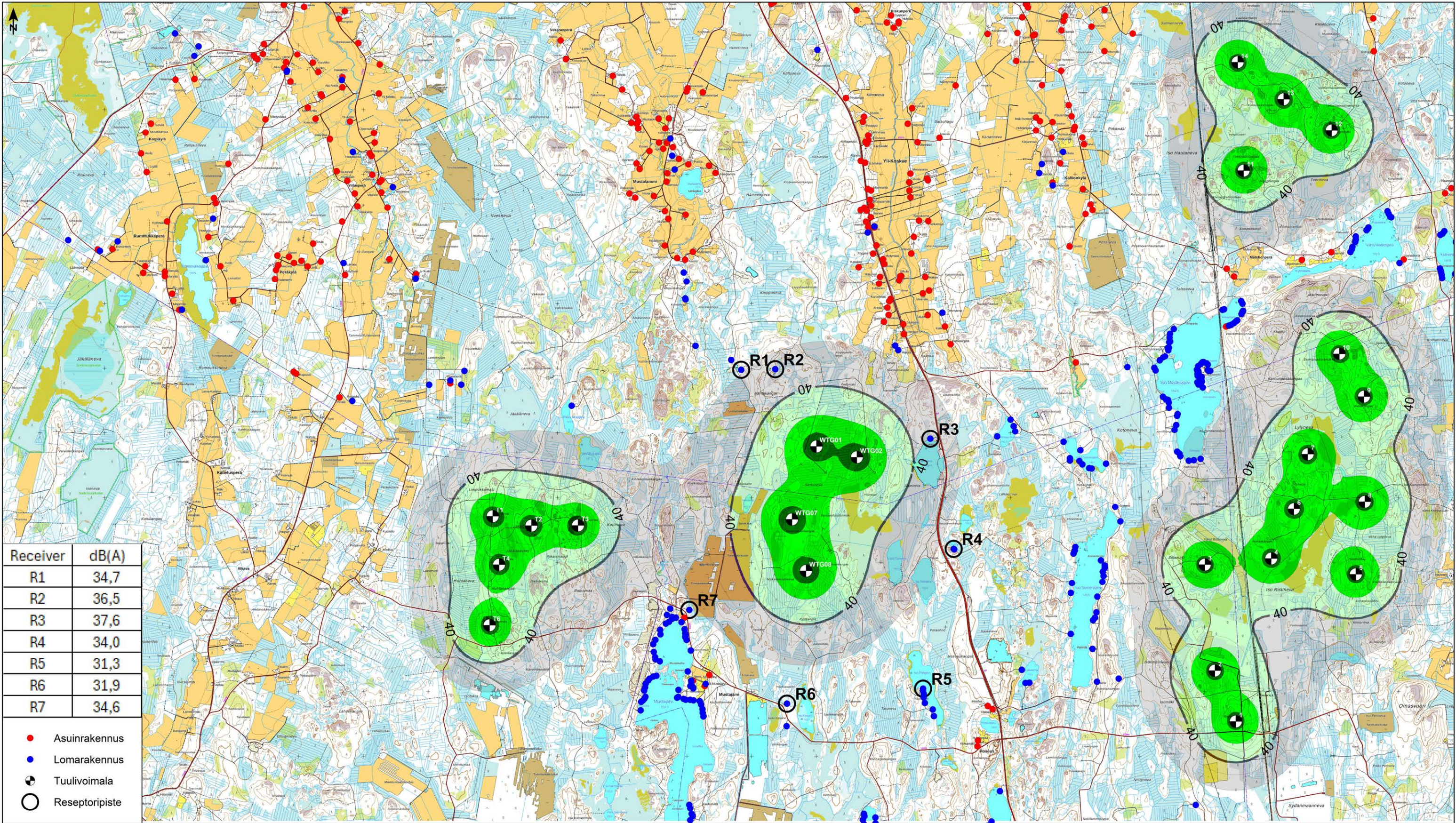
VE2
Vestas V172
-HH = 200 m
-LWA = 106,9 + 2 dB Uc

Jäkäläkangas huomioitu

Mittakaava/skala (A3) 1:55000
0 800 1600 2400 3200 m

20/2/2025 VV

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



Mäntykangas melumallinnus

Meluvyöhykkeet LAeq

-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus +4m

VE2
Vestas V172
-HH = 200 m
-LWA = 106,9 + 2 dB Uc

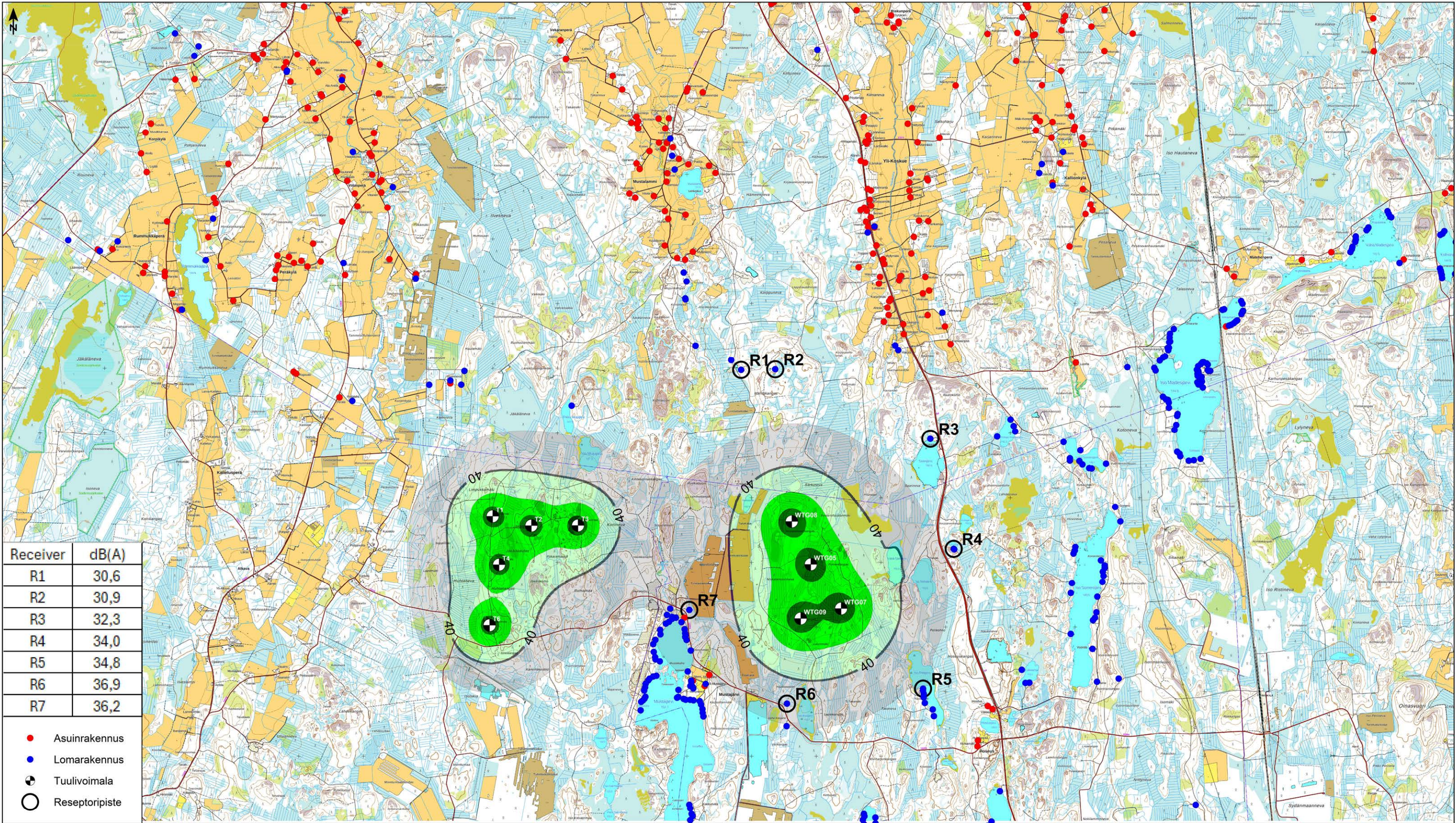
Jäkäläkangas ja Lylyharju huomioitu

Mittakaava/skala (A3) 1:55000
0 800 1600 2400 3200 m

20/2/2025 VV

Äänitaso
dB(A)

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



Receiver	dB(A)
R1	30,6
R2	30,9
R3	32,3
R4	34,0
R5	34,8
R6	36,9
R7	36,2

- Asuinrakennus
- Lomarakennus
- Tuulivoimala
- Reseptoripiste



Mäntykangas melumallinnus

Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

- Laskentamalli ISO 9613-2
- Laskentakorkeus +4m

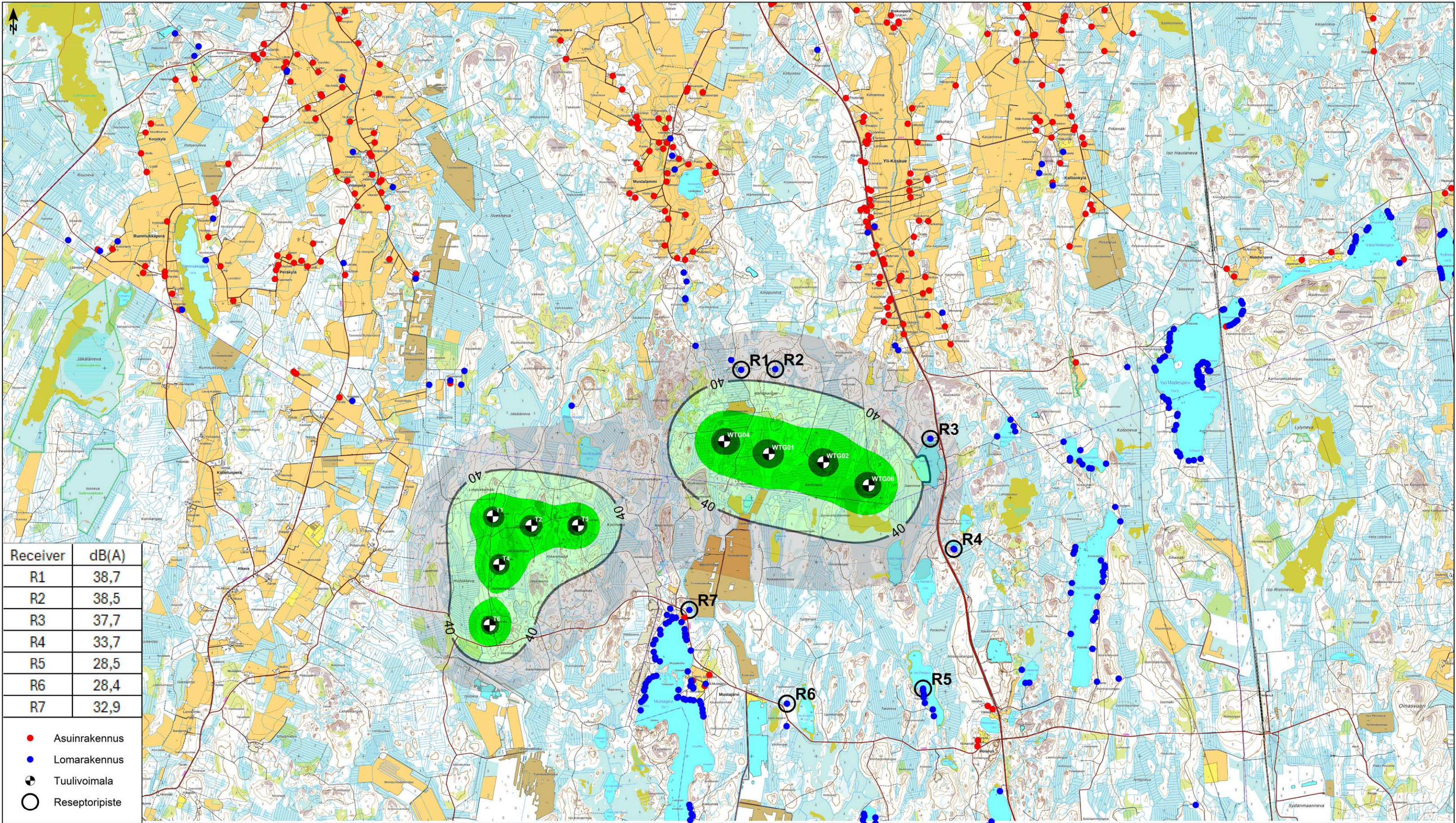
VE3
Vestas V172
-HH = 200 m
-L_{WA} = 106,9 + 2 dB U_c

Jäkäläkangas huomioitu

Mittakaava/skala (A3) 1:55000
0 800 1600 2400 3200 m

20/2/2025 VV

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



Mäntykangas melumallinnus

Meluvyöhykkeet LAeq

-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus +4m

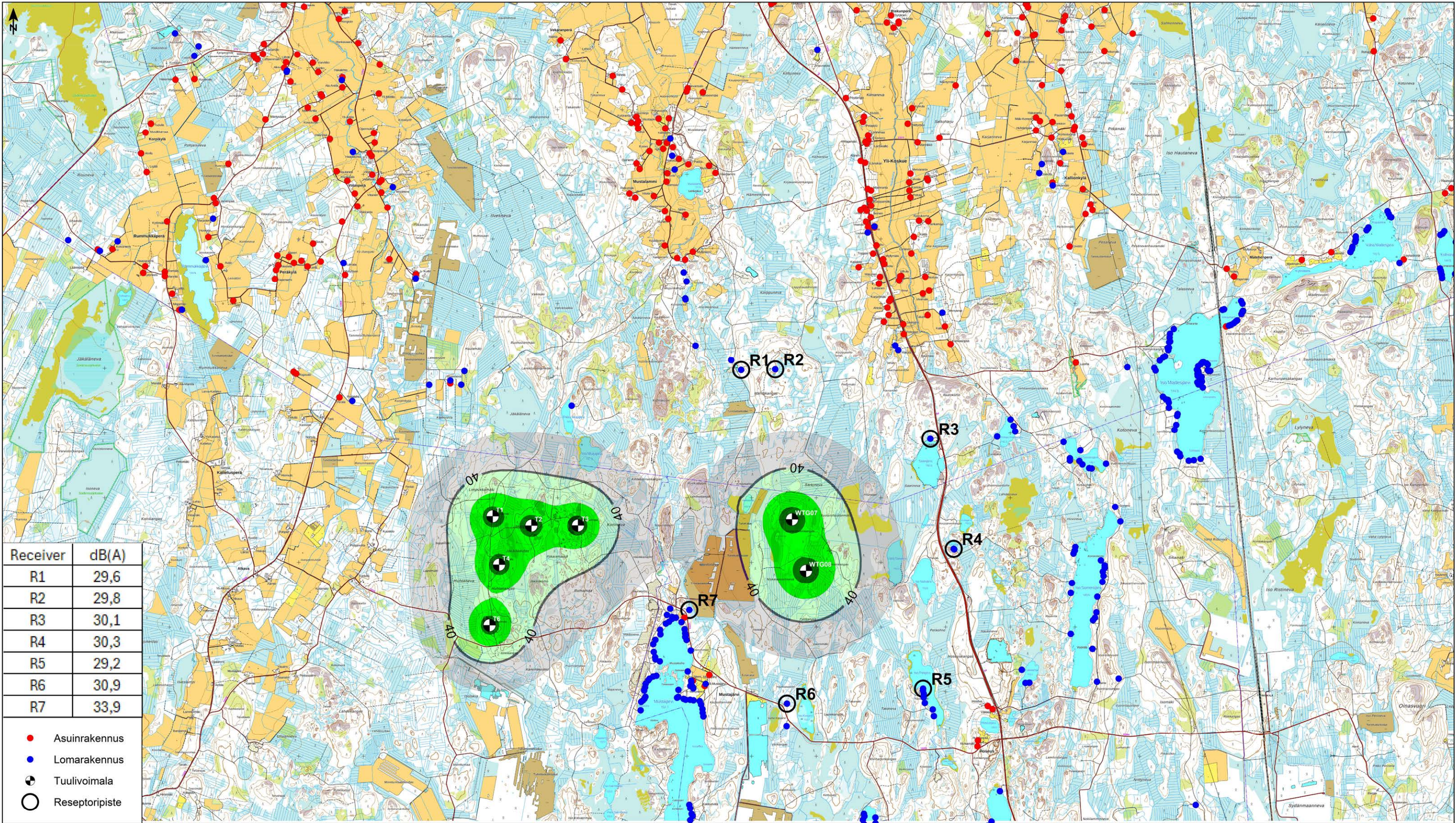
VE4
Vestas V172
-HH = 200 m
-LWA = 106,9 + 2 dB Uc

Jäkäläkangas huomioitu

Mittakaava/skala (A3) 1:55000
0 800 1600 2400 3200 m

20/2/2025 VV

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



Receiver	dB(A)
R1	29,6
R2	29,8
R3	30,1
R4	30,3
R5	29,2
R6	30,9
R7	33,9

- Asuinrakennus
- Lomarakennus
- Tuulivoimala
- Reseptoripiste



Mäntykangas
melumallinnus

Meluvyöhykkeet LAeq

-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus +4m

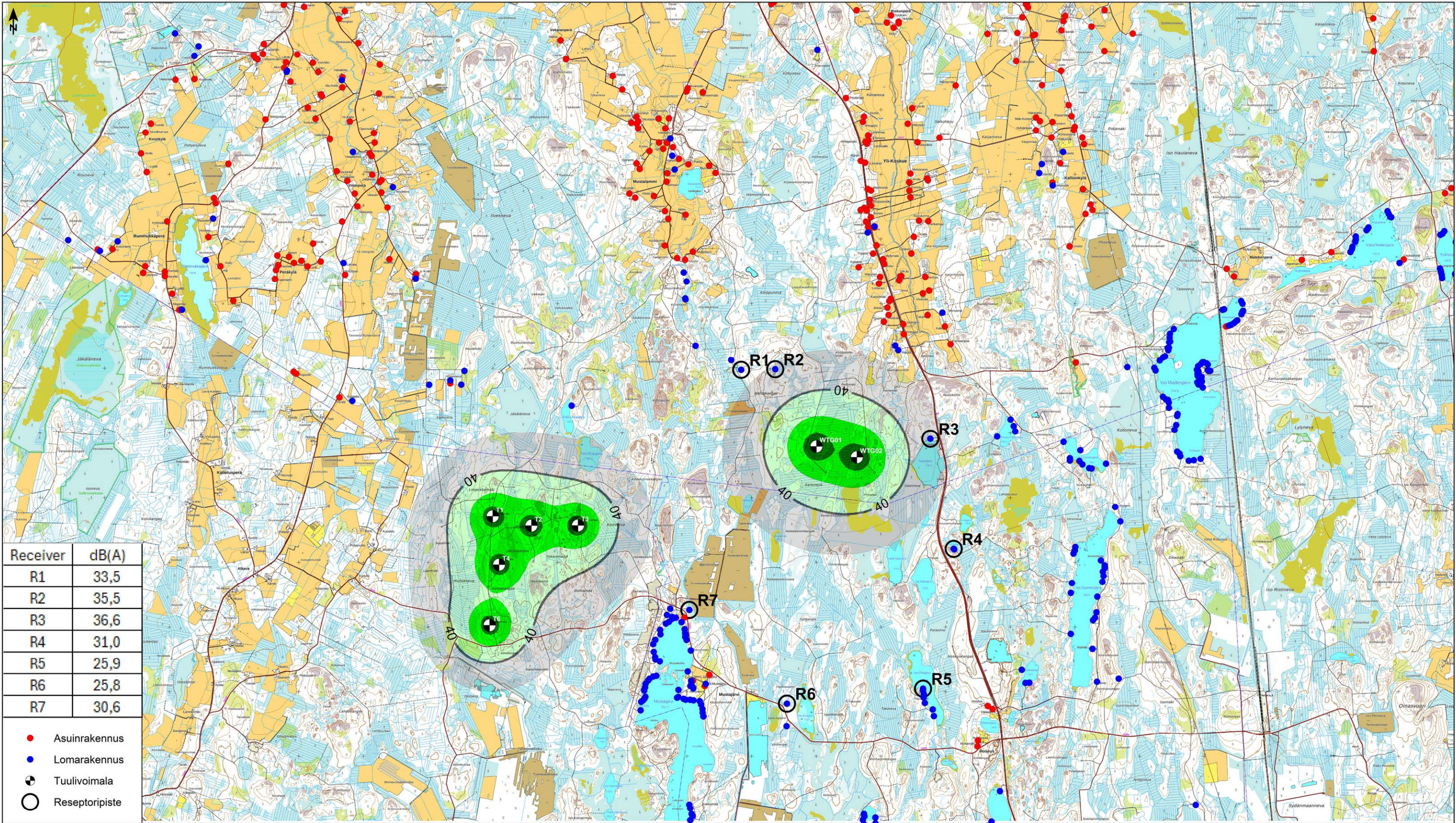
VE5
Vestas V172
-HH = 200 m
-LWA = 106,9 + 2 dB Uc

Jäkäläkangas huomioitu

Mittakaava/skala (A3) 1:55000
0 800 1600 2400 3200 m

20/2/2025 VV

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



Receiver	dB(A)
R1	33,5
R2	35,5
R3	36,6
R4	31,0
R5	25,9
R6	25,8
R7	30,6

- Asuinrakennus
- Lomarakennus
- Tuulivoimala
- Reseptoripiste



Mäntykangas melumallinnus

Meluvyöhykkeet LAeq

- Laskentamalli ISO 9613-2
- Laskentakorkeus +4m

VE6
Vestas V172
-HH = 200 m
-LWA = 106,9 + 2 dB Uc

Jäkäläkangas huomioitu

Mittakaava/skala (A3) 1:55000
0 800 1600 2400 3200 m

20/2/2025 VV

Äänitaso
dB(A)

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

Pienitaajuinen melu sisätiloissa vaihtoehdossa VE0, Jäkäläkangas											
Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	33	31	29	27	24	21	18	14	10	4	-1
R2	35	34	32	30	29	27	24	20	15	9	3
R3	32	31	29	28	26	24	20	16	12	5	-1
R4	32	31	29	27	26	23	20	16	11	5	-2
R5	32	31	29	27	26	23	20	16	11	5	-1
R6	35	33	32	30	29	26	23	20	15	9	3
R7	40	38	37	35	34	31	28	25	20	15	9
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

Pienitaajuinen melu ulkotiloissa vaihtoehdossa VE0, Jäkäläkangas

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	41	39	38	37	36	34	33	31	29	26	22
R2	43	42	41	41	40	40	38	36	34	30	26
R3	40	39	38	38	37	37	35	33	30	26	22
R4	40	39	38	38	37	36	35	33	30	26	21
R5	40	39	38	38	37	36	35	33	30	26	21
R6	43	42	41	41	40	39	38	36	34	30	26
R7	47	47	46	45	45	44	43	42	39	36	32
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Vaadittava ääneneristävyyden korkeimmillaan	-27	-17	-10	-4	1	2	3	4	3	2	0
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

Pienitaajuinen melu sisätiloissa vaihtoehdossa Mäntykangas VE1, Jäkäläkangas

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	45	44	42	40	39	37	34	30	26	21	15
R2	45	44	42	40	39	37	34	30	26	20	15
R3	44	43	41	40	38	36	33	29	25	20	14
R4	44	42	40	39	37	35	32	29	24	19	13
R5	42	40	39	37	36	34	31	27	23	17	11
R6	44	42	41	39	37	35	32	29	25	19	14
R7	44	43	41	39	38	35	32	29	25	19	14
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

Pienitaajuinen melu ulkotiloissa vaihtoehdossa Mäntykangas VE1, Jäkäläkangas

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	53	52	51	51	50	50	49	47	45	42	38
R2	53	52	51	51	50	50	49	47	45	42	38
R3	52	51	50	50	50	49	48	46	44	41	37
R4	51	50	49	49	49	48	47	45	43	40	36
R5	50	49	48	48	47	47	45	44	41	38	34
R6	51	50	50	49	49	48	47	46	43	40	36
R7	52	51	50	50	49	48	47	46	43	40	36
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Vaadittava ääneneristävyyden korkeimmillaan	-21	-12	-5	2	6	8	9	9	9	8	6
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

Pienitaajuinen melu sisätiloissa vaihtoehdossa Mäntykangas VE1, Jäkäläkangas+Lylyharju

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	46	44	42	41	39	37	34	30	26	21	15
R2	46	44	42	41	39	37	34	30	26	21	15
R3	45	44	42	40	39	36	33	30	25	20	14
R4	45	43	41	40	38	35	33	29	25	19	13
R5	44	42	40	38	36	34	31	27	23	17	12
R6	44	43	41	39	38	35	33	29	25	19	14
R7	45	43	41	40	38	36	33	29	25	19	14
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

Pienitaajuinen melu ulkotiloissa vaihtoehdossa Mäntykangas VE1, Jäkäläkangas+Lylyharju

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	53	52	51	51	51	50	49	47	45	42	38
R2	53	52	51	51	51	50	49	47	45	42	38
R3	53	52	51	51	50	49	48	47	44	41	37
R4	53	51	50	50	49	48	47	46	43	40	36
R5	51	50	49	48	48	47	46	44	42	38	34
R6	52	51	50	50	49	48	47	46	43	40	36
R7	52	51	50	50	49	49	47	46	43	40	37
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Vaadittava ääneneristävyyden korkeimmillaan	-21	-12	-5	2	7	8	9	9	9	8	6
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

Pienitaajuinen melu sisätiloissa vaihtoehdossa Mäntykangas VE2, Jäkäläkangas											
Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	41	40	38	37	35	33	30	26	22	16	11
R2	43	41	39	38	36	34	31	28	23	18	13
R3	43	42	40	38	37	35	32	28	24	19	13
R4	41	39	37	36	34	32	29	25	21	16	10
R5	38	36	35	33	32	29	26	23	18	12	7
R6	39	38	36	34	33	31	28	24	20	14	8
R7	42	40	38	37	35	33	30	26	22	16	11
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Pienitaajuinen melu ulkotiloissa vaihtoehdossa Mäntykangas VE2, Jäkäläkangas											
Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	49	48	47	47	47	46	45	43	41	37	34
R2	50	49	49	48	48	47	46	44	42	39	35
R3	51	50	49	49	48	48	47	45	43	40	36
R4	48	47	47	46	46	45	44	42	40	37	33
R5	46	45	44	43	43	42	41	39	37	33	30
R6	47	46	45	45	44	44	42	41	38	35	31
R7	49	48	47	47	46	46	44	43	40	37	34
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Vaadittava ääneneristävyyys korkeimmillaan	-23	-14	-7	0	4	6	7	7	7	6	4
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 vaihtoehdossa Mäntykangas VE2, Jäkäläkangas+Lylyharju											
Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	42	41	39	37	35	33	30	27	22	16	11
R2	43	42	40	38	37	34	31	28	23	18	13
R3	44	43	41	39	37	35	32	29	24	19	13
R4	43	41	39	37	35	33	30	26	22	16	10
R5	41	39	37	35	33	30	27	24	19	13	7
R6	41	39	37	35	33	31	28	24	20	14	8
R7	42	41	39	37	35	33	30	26	22	16	11
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Pienitaajuinen melu ulkotiloissa vaihtoehdossa Mäntykangas VE2, Jäkäläkangas+Lylyharju											
Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	50	49	48	47	47	46	45	43	41	38	34
R2	51	50	49	49	48	47	46	45	42	39	35
R3	52	51	50	49	49	48	47	45	43	40	36
R4	51	49	48	48	47	46	45	43	41	37	33
R5	49	47	46	45	44	43	42	41	38	34	30
R6	49	47	46	46	45	44	43	41	39	35	31
R7	50	49	48	47	47	46	45	43	41	37	34
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Vaadittava ääneneristävyyys korkeimmillaan	-22	-13	-6	0	5	6	7	7	7	6	4
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 vaihtoehdossa Mäntykangas VE3, Jäkäläkangas											
Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	39	37	35	34	32	30	27	23	19	13	7
R2	39	37	36	34	32	30	27	23	19	13	8
R3	39	38	36	34	33	30	28	24	19	14	8
R4	41	39	38	36	35	32	29	26	21	16	10
R5	41	39	38	36	35	32	29	26	22	16	11
R6	43	41	40	38	37	35	32	28	24	18	13
R7	43	41	39	38	36	34	31	27	23	18	12
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Pienitaajuinen melu ulkotiloissa vaihtoehdossa Mäntykangas VE3, Jäkäläkangas											
Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	46	45	45	44	44	43	42	40	37	34	30
R2	47	46	45	44	44	43	42	40	38	34	30
R3	47	46	45	45	44	43	42	41	38	35	31
R4	48	48	47	46	46	45	44	43	40	37	33
R5	48	48	47	46	46	45	44	43	40	37	33
R6	51	50	49	49	48	48	46	45	43	39	36
R7	50	49	49	48	48	47	46	44	42	39	35
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Vaadittava ääneneristävyyys korkeimmillaan	-23	-14	-7	0	4	6	6	7	7	5	4
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 vaihtoehdossa Mäntykangas VE4, Jäkäläkangas											
Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	44	43	41	40	38	36	33	29	25	20	15
R2	44	43	41	40	38	36	33	29	25	20	14
R3	43	41	40	38	37	35	32	28	24	18	13
R4	40	39	37	36	34	32	29	25	21	15	10
R5	37	35	33	32	30	28	25	21	16	10	5
R6	37	36	34	32	31	28	25	21	17	11	5
R7	41	39	37	35	34	31	28	25	20	15	9
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Pienitaajuinen melu ulkotiloissa vaihtoehdossa Mäntykangas VE4, Jäkäläkangas											
Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	52	51	50	50	50	49	48	46	44	41	37
R2	52	51	50	50	49	49	48	46	44	41	37
R3	51	50	49	49	48	48	47	45	43	40	36
R4	48	47	46	46	46	45	44	42	40	37	33
R5	44	43	42	42	42	41	39	38	35	32	27
R6	45	44	43	43	42	41	40	38	36	32	28
R7	48	47	46	46	45	44	43	41	39	36	32
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Vaadittava ääneneristävyyys korkeimmillaan	-22	-13	-6	1	6	7	8	8	8	7	5
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 vaihtoehdossa Mäntykangas VE5, Jäkäläkangas											
Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	38	36	34	33	31	28	25	22	17	12	6
R2	38	36	34	33	31	29	26	22	18	12	6
R3	37	35	34	32	31	28	25	22	17	12	6
R4	38	36	34	33	31	29	26	22	18	12	7
R5	36	35	33	32	30	28	25	21	16	11	5
R6	38	37	35	33	32	29	26	23	18	13	7
R7	41	39	37	36	34	32	29	25	21	15	10
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Pienitaajuinen melu ulkotiloissa vaihtoehdossa Mäntykangas VE5, Jäkäläkangas											
Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	45	44	43	43	42	41	40	39	36	33	29
R2	45	44	43	43	42	42	40	39	36	33	29
R3	45	44	43	43	42	41	40	38	36	33	29
R4	45	44	44	43	43	42	41	39	37	33	30
R5	44	43	42	42	41	41	39	38	35	32	28
R6	46	45	44	44	43	42	41	40	37	34	30
R7	48	47	46	46	45	45	43	42	40	36	33
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Vaadittava ääneneristävyyys korkeimmillaan	-26	-17	-10	-3	1	3	3	4	4	2	1
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 vaihtoehdossa Mäntykangas VE6, Jäkäläkangas											
Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	40	38	37	35	34	31	28	25	21	15	10
R2	41	40	38	37	35	33	30	26	22	17	12
R3	42	41	39	37	36	34	31	27	23	18	12
R4	38	36	35	33	32	29	26	23	18	13	7
R5	34	33	31	29	28	25	22	18	14	8	2
R6	35	34	32	30	28	26	23	19	14	8	3
R7	39	37	35	33	31	29	26	22	17	12	7
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Pienitaajuinen melu ulkotiloissa vaihtoehdossa Mäntykangas VE6, Jäkäläkangas											
Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	48	47	46	46	45	44	43	42	39	36	33
R2	49	48	47	47	47	46	45	43	41	38	34
R3	50	49	48	48	47	47	46	44	42	39	35
R4	46	45	44	44	43	42	41	40	37	34	30
R5	42	41	40	40	39	38	37	35	33	29	25
R6	43	42	41	40	40	39	37	36	33	30	26
R7	46	45	44	43	43	42	40	39	36	33	30
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Vaadittava ääneneristävyyys korkeimmillaan	-24	-15	-8	-1	3	5	6	6	6	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