

Vastaanottaja  
Abo Wind Oy

Asiakirjatyyppi  
Raportti

Päivämäärä  
12.9.2023

Viite  
1510069787-004

# MYYRÄNKANKAAN TUULIVOIMA- HANKE

## MELUMALLINNUS

Päivämäärä 12.9.2023  
Laatija Ville Virtanen  
Tarkastaja Jari Hosiokangas

Tuulivoimahankkeen meluselvitys

Sisältää Maanmittauslaitoksen Maastotietokannan 5/2023  
aineistoa.

Viite 1510069787-004

## 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.	TULOSTEN TULKINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET	12
5.1	Melun erityispiirteet ja häiritsevyysskorjaukset	12
5.2	Alueen tuuliolosuhteet ja niiden vaikutukset meluun	12
5.3	Melutasot verrattuna ohjearvoihin	13

## LIITTEET

Liite 1	Laskentaparametrit ja tuulivoimaloiden akustiset tiedot
Liite 2	Meluvyöhykkeet, VE1, äänitehotaso 106,9 dB + 2 dB Uc, HH 215
Liite 3	Meluvyöhykkeet, VE2, äänitehotaso 106,9 dB + 2 dB Uc, HH 215
Liite 4	Meluvyöhykkeet, VE3, äänitehotaso 106,9 dB + 2 dB Uc, HH 195
Liite 2	Yhteismallinnus, meluvyöhykkeet, VE1, äänitehotaso 106,9 dB + 2 dB Uc, HH 215
Liite 3	Yhteismallinnus, meluvyöhykkeet, VE2, äänitehotaso 106,9 dB + 2 dB Uc, HH 215
Liite 4	Yhteismallinnus, meluvyöhykkeet, VE3, äänitehotaso 106,9 dB + 2 dB Uc, HH 195

## 1. YLEISTÄ

ABO Wind Oy suunnittelee Myyränkankaan tuulivoimapuiston rakentamista Kihniön kunnan ja Virtain kaupungin rajalle. Tässä selvityksessä on mallinnettu kolmen vaihtoehdon (VE1, VE2 ja VE3) tuulivoimalaitosten aiheuttamat melutasot niiden ympäristössä erikseen sekä yhdessä Tuuranmäen ja Vermassalon tuulivoimahankkeiden kanssa ympäristönvaikutusten 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 Wind Oy:n toimeksiannosta, tilaajan yhteyshenkilönä oli Janne Ristolainen. Rambollissa YVA-kaavan laatimisen projektipäällikkönä toimii Axel Andersson. 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 rakennuslain 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 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 impulssi-maisuuskorjaukset.

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. Vaihtoehdossa VE1 ja VE3 voimaloiden lukumäärä oli 27 kpl ja vaihtoehdossa VE2 22kpl. Napakorkeutena mallinnuksessa oli vaihtoehdossa VE1 ja VE2 215 m ja vaihtoehdossa VE3 195 m. Tuulivoimaloiden akustiset tiedot on esitetty liitteessä 1.

Koska Tuuranmäen ja Vermassalon voimaloiden malli ei ole tiedossa, käytettiin myös näiden osalta Vestas V172 7.2MW -laitosmallin melupäästötietoja. Napakorkeus Tuuranmäen voimaloilla on 205 m ja Vermassalon 225 m.

Melupäästöarvot syötettiin meluvyöhykelaskentaan ja reseptoripisteiden kokonaisäänitasojen laskentaan 1/3-oktaavikaistoittain voimalavalmistajan ilmoittaman taajuusjakauman mukaisesti. Pienitaajuisen melun laskenta tehtiin laitosmallin ilmoitettuihin 1/3 –oktaavikaistatietoihin perustuen.

Melutasot mallinnettiin käyttäen tilaajan toimittaman voimalaitoksen Vestas V172 7.2MW –serrated trailing edge -mallille annettuja lähtöarvoja. Mallinnuksessa käytettiin melupäästöarvoa LWA 106,9 dB tuulenopeuden ollessa >9m/s napakorkeudella (lähde: 0128-4336\_00, 2022-06-30). Saatujen lähtötietojen mukaan ko. voimalamallin melutaso ei kasva sen jälkeen, kun tuulenopeus saavuttaa arvon 9 m/s 10 m korkeudella maanpinnasta, toisin sanoen tuulenopeudella 9 m/s ja 15 m/s ko. voimalaitoksen kokonaisäänitehotaso on sama (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 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 tuulenopeuden muuttuessa, joka vaikuttaa merkittävästi alhaisemmillä tuulenopeuksilla 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 (ETRS-TM35FIN)

Tun- nus	X	Y	Z	VE1	VE2	VE3
				HH215	HH215	HH195
1	306295	6906714	155	x	x	x
2	307044	6906518	156	x	x	x
3	307938	6906665	158	x	x	x
4	308816	6907054	158	x	x	x
5	309505	6906463	158	x	x	x
6	310351	6906536	158	x	x	x
7	310483	6907552	154	x	x	x
8	309637	6907365	156	x	x	x
9	309755	6908282	150	x	x	x
10	308908	6908084	154	x	x	x
11	307897	6907598	155	x	x	x
12	307013	6907544	152	x	x	x
13	306086	6907822	147	x	x	x
14	306082	6909087	142	x	x	x
15	307016	6908882	148	x	x	x
16	307637	6908481	151	x	x	x
17	308497	6908828	151	x	x	x
18	309391	6909203	147	x	-	x
19	308706	6909769	149	x	-	x
20	307886	6909528	149	x	x	x
21	306839	6909719	144	x	x	x
22	306160	6910154	143	x	x	x
23	307543	6910385	145	x	x	x
24	308435	6910779	148	x	-	x
25	307924	6911450	149	x	-	x
26	307102	6911093	143	x	x	x
27	307189	6912183	146	x	-	x

### 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 8.2 -melulaskentaohjelmalla. SoundPlan -ohjelmistosta saa lisätietoa internet-sivustolta [www.soundplan.eu](http://www.soundplan.eu).

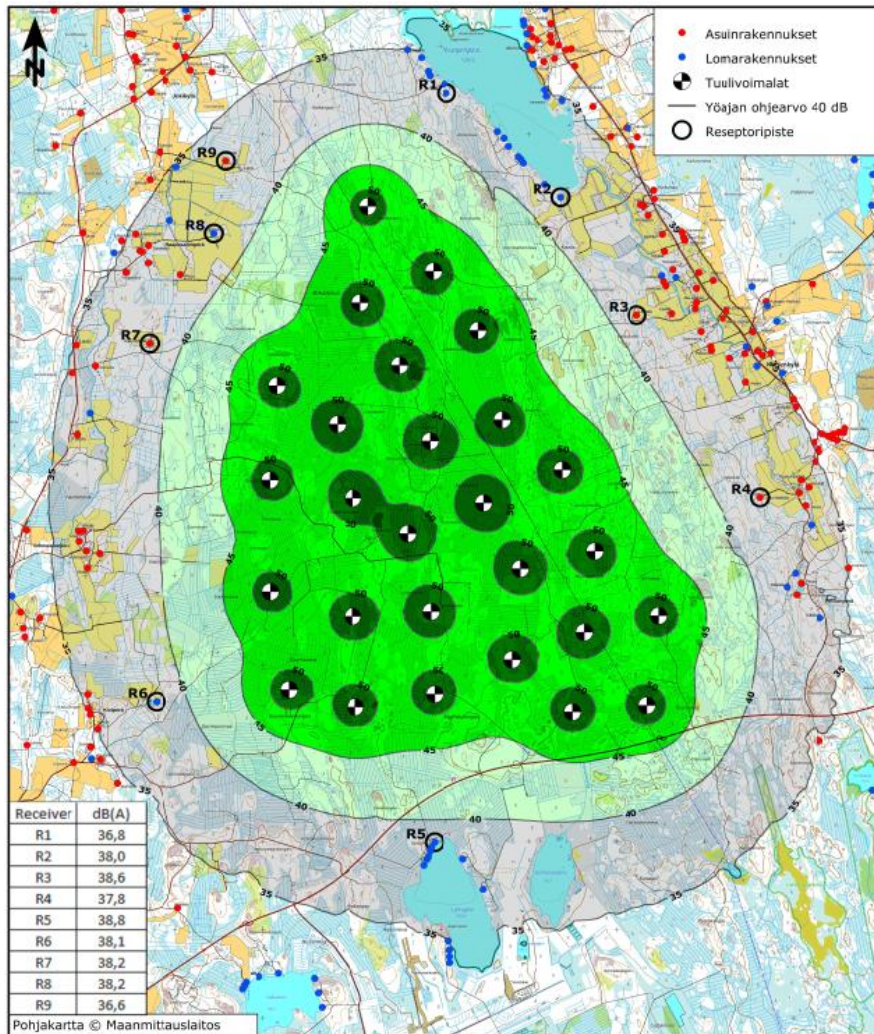
ISO 9613-2 -mallissa tuulen nopeutta tai suuntaa ei voida varioida, vaan laskentamallissa on oletuksena lievä myötätuuli melulähteestä laskentapisteeseen päin. Malli huomioi kolmiulotteisessa laskennassa mm. maastonmuodot sekä etäisyysvaimentumisen, ilman ääniabsorption, esteet, heijastukset ja maanpinnan 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 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 laitosmallin Vestas V172-7.2 MW -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 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 R1-R9 sijainnit vaihtoehdon VE1 tilanteessa

### 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 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 liitteessä 2.

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

Reseptoripisteiden laskentatulokset on esitetty taulukossa 4.

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

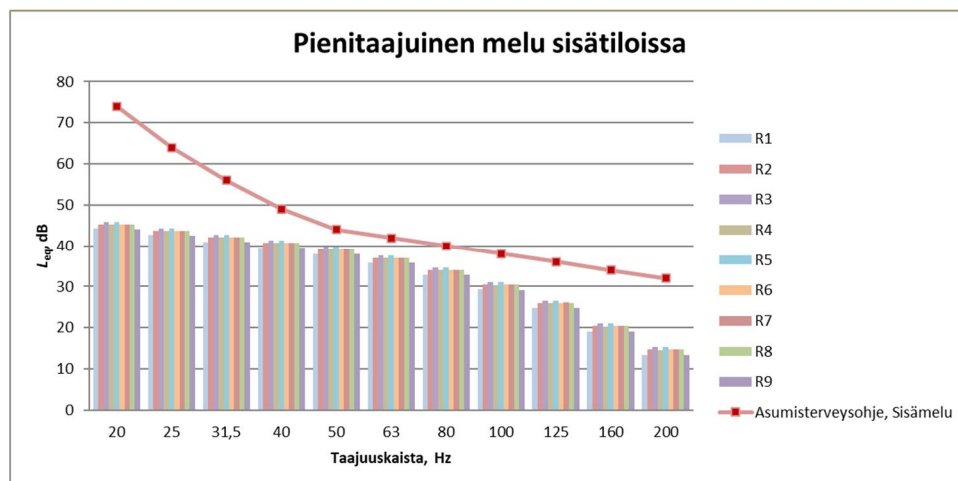
Reseptori	$L_{Aeq}$ / dB VE1	$L_{Aeq}$ / dB VE2	$L_{Aeq}$ / dB VE3	$L_{Aeq}$ / dB Yhteis VE1	$L_{Aeq}$ / dB Yhteis VE2	$L_{Aeq}$ / dB Yhteis VE3
1	36,8	32,2	36,7	37,3	33,7	37,3
2	38,0	33,9	38,0	38,4	34,9	38,4
3	38,6	35,5	38,6	38,9	36,1	38,9
4	37,8	36,9	37,7	38,2	37,4	38,2
5	38,8	38,7	38,8	38,8	38,7	38,8
6	38,1	38,0	38,1	38,1	38,0	38,1
7	38,2	37,6	38,2	38,2	37,6	38,2
8	38,2	36,5	38,2	38,2	36,6	38,2
9	36,6	34,0	36,6	36,7	34,2	36,7

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

Korkein melutaso on yhteismallinnuksen tilanteissa VE1 ja VE3 reseptorin 5 rakennuksen kohdalla ollessa 38,9 dB. Vaadittu rakennuksen ääneneristävyysarvo, jolla alitetaan 545/2015 sisämelun toimenpiderajan  $L_{Aeq, 1h}$  25 dB, on siis 13,9 dB (38,9 dB – 25 dB). Normaaliilla rakentamisella ulko-vaipan ääneneristävyysarvo  $R'_w$  on 30 dB. 545/2015 sisämelun toimenpiderajan  $L_{Aeq, 1h}$  25 dB ei siis arvioida ylittävän yhdenkään ympäristön asuin- tai lomarakennuksen osalta.

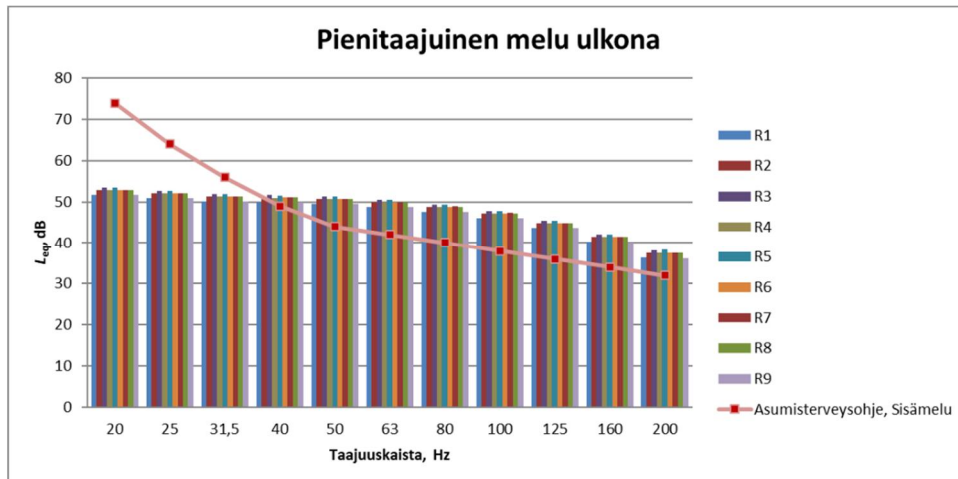
### 4.2 Pienitaajuinen melu

Pienitaajuisen melun tasot terssikaistoittain laskettiin kuvassa 1 esitettyihin reseptoripisteisiin 1–9. Taajuuspainottamattomat melutasot on esitetty kuvissa 2-7 jokaiselle tutkittavalle vaihtoehdolle.



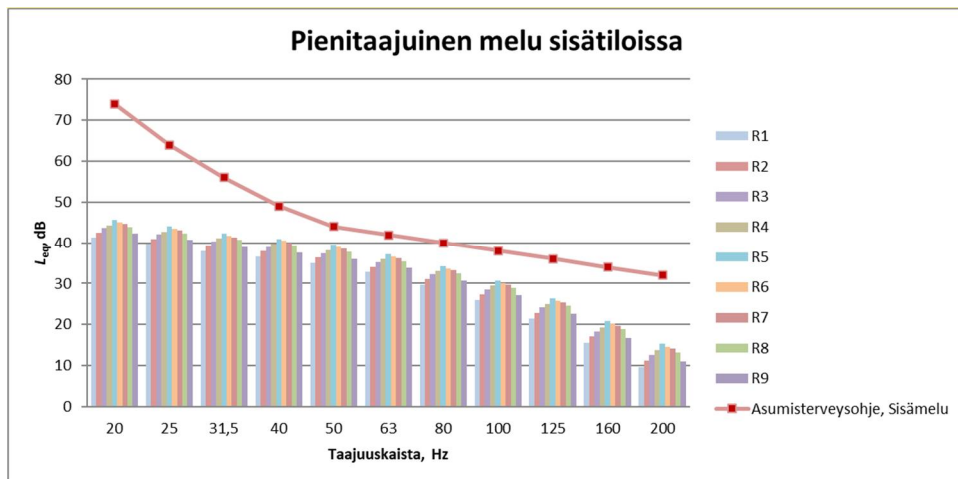
Kuva 2. Pienitaajuisen sisämelun laskentatulokset reseptoripisteissä vaihtoehdossa VE1



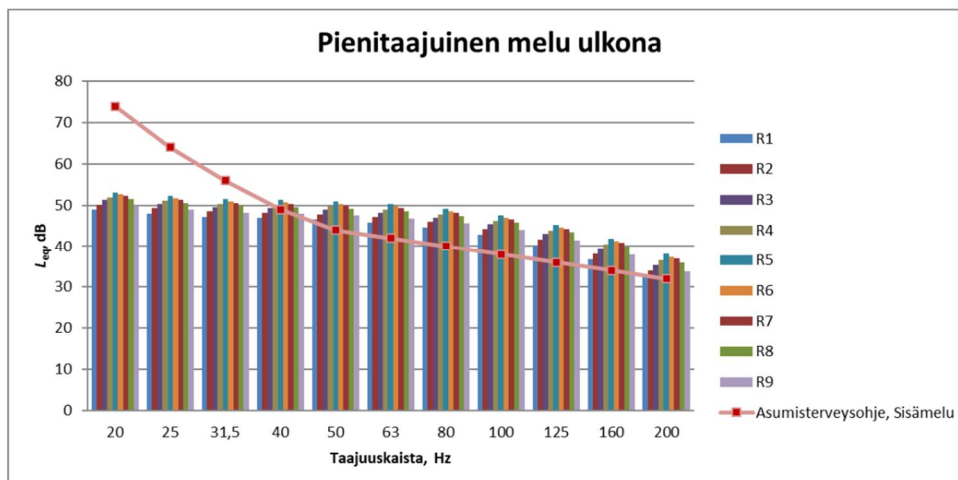


Kuva 3. Pienitaajuisen ulkomelun laskentatulokset reseptoripisteissä vaihtoehdossa VE1

Verrattaessa vaihtoehdon VE1 laskentatuloksia Asumisterveysasetuksen 545/2015 mukaisiin pienitaajuisen melun yöajan toimenpiderajoihin, ulkovaipalta vaadittavat äänitasoerot ( $\Delta L$ ) välillä 40–200 Hz ovat 1-10 dB. Taajuuskaistoilla 20–31,5 Hz jo ulkotilaan lasketut pienitaajuisen melun tasot alittavat sisätilojen toimenpiderajat.

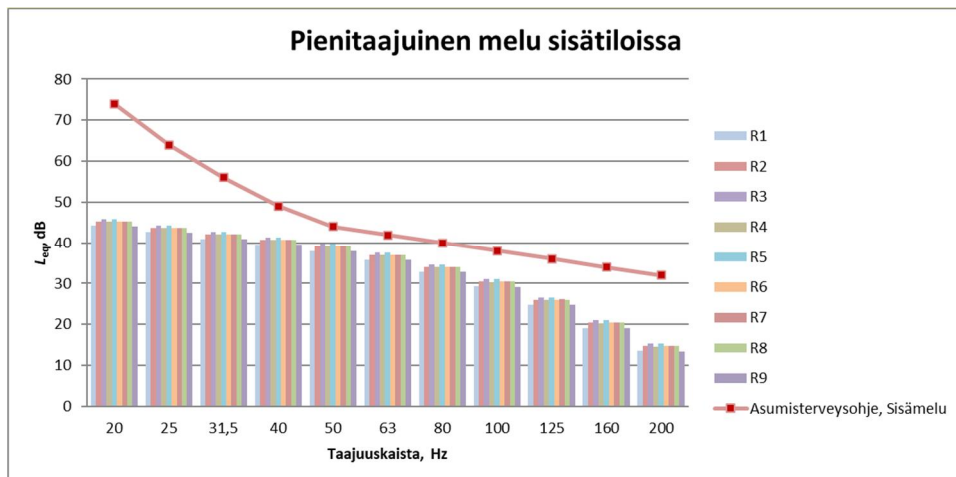


Kuva 4. Pienitaajuisen sisämelun laskentatulokset reseptoripisteissä vaihtoehdossa VE2

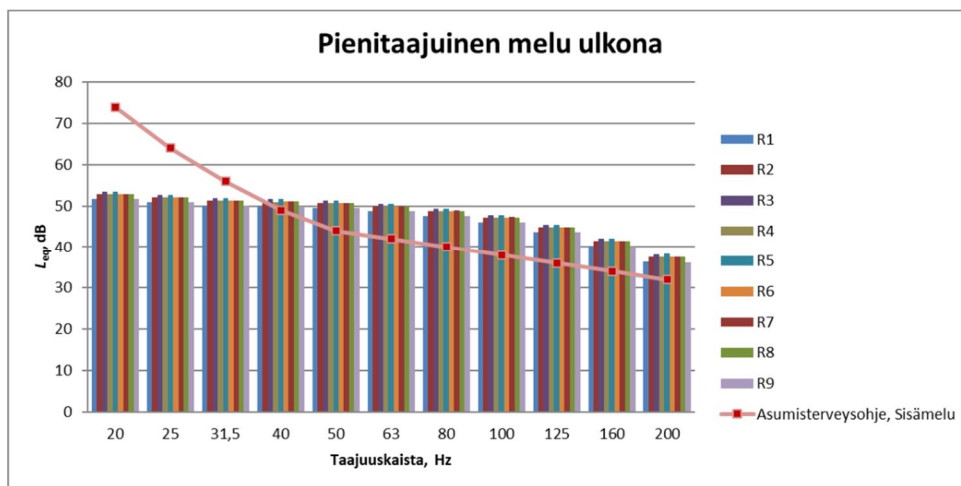


Kuva 5. Pienitaajuisen ulkomelun laskentatulokset reseptoripisteissä vaihtoehdossa VE2

Verrattaessa vaihtoehdon VE2 laskentatuloksia Asumisterveysasetuksen 545/2015 mukaisiin pienitaajuisen melun yöajan toimenpiderajoihin, ulkovaipalta vaadittavat äänitasoerot ( $\Delta L$ ) välillä 40–200 Hz ovat 1-10 dB. Taajuuskaistoilla 20–31,5 Hz jo ulkotilaan lasketut pienitaajuisen melun tasot alittavat sisätilojen toimenpiderajat.



Kuva 6. Pienitaajuisen sisämelun laskentatulokset reseptoripisteissä vaihtoehdossa VE3

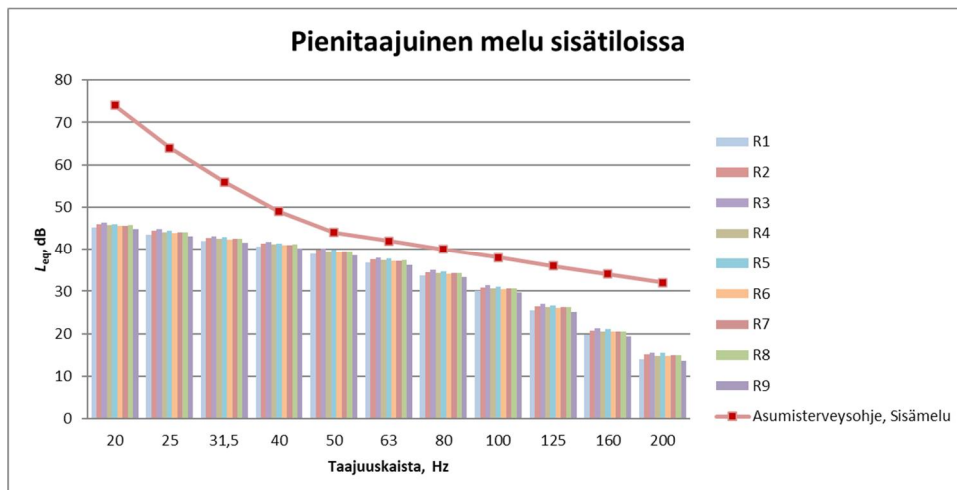


Kuva 7. Pienitaajuisen ulkomelun laskentatulokset reseptoripisteissä vaihtoehdossa VE3

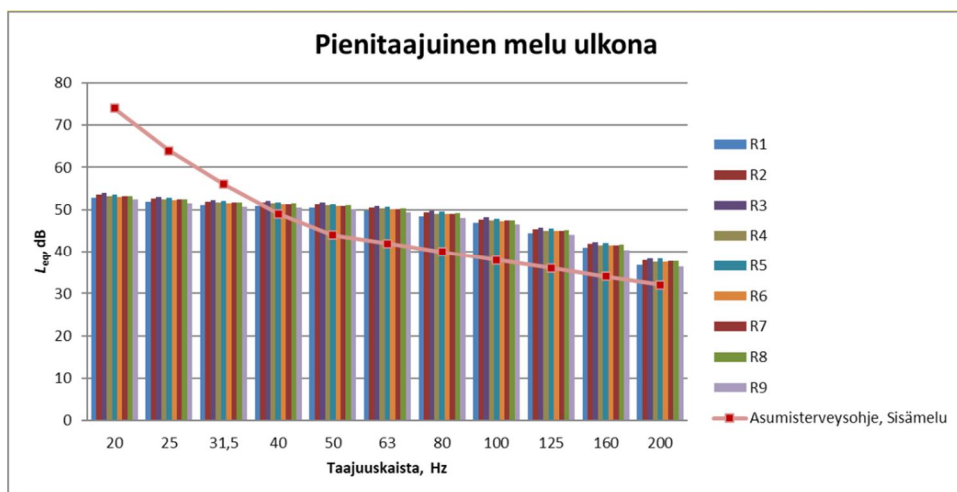
Verrattaessa vaihtoehdon VE3 laskentatuloksia Asumisterveysasetuksen 545/2015 mukaisiin pienitaajuisen melun yöajan toimenpiderajoihin, ulkovaipalta vaadittavat äänitasoerot ( $\Delta L$ ) välillä 40–200 Hz ovat 1-10 dB. Taajuuskaistoilla 20–31,5 Hz jo ulkotilaan lasketut pienitaajuisen melun tasot alittavat sisätilojen toimenpiderajat.

#### 4.3 Pienitaajuinen yhteismelu

Pienitaajuisen melun tasot terssikaistoittain laskettiin kuvassa 1 esitettyihin reseptoripisteisiin 1–9 yhteismallinnustilanteissa yhdessä Tuuranmäen ja Vermassalon tuulivoima-alueiden kanssa. Taajuuspainottamattomat melutasot on esitetty kuvissa 8-13 jokaiselle tutkittavalle vaihtoehdolle.

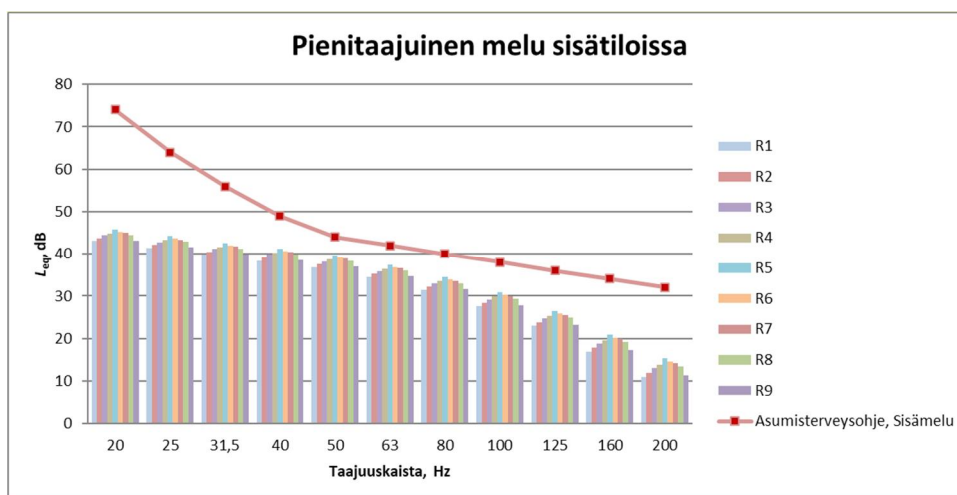


Kuva 8. Pienitaajuisen sisämelun laskentatulokset reseptoripisteissä vaihtoehdossa VE1 yhdessä Tuuranmäen ja Vermassalon voimaloiden kanssa

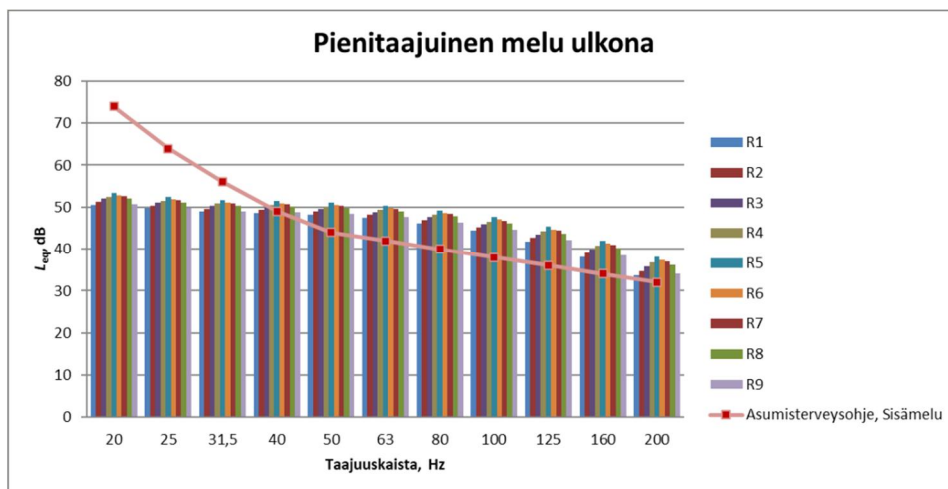


Kuva 9. Pienitaajuisen ulkomelun laskentatulokset reseptoripisteissä vaihtoehdossa VE1 yhdessä Tuuranmäen ja Vermassalon voimaloiden kanssa

Verrattaessa vaihtoehdon VE1 laskentatuloksia Asumisterveysasetuksen 545/2015 mukaisiin pienitaajuisen melun yöajan toimenpiderajoihin, ulkovaipalta vaadittavat äänitasoerot ( $\Delta L$ ) välillä 40–200 Hz ovat 1–10 dB. Taajuuskaistoilla 20–31,5 Hz jo ulkotilaan lasketut pienitaajuisen melun tasot alittavat sisätilojen toimenpiderajat.

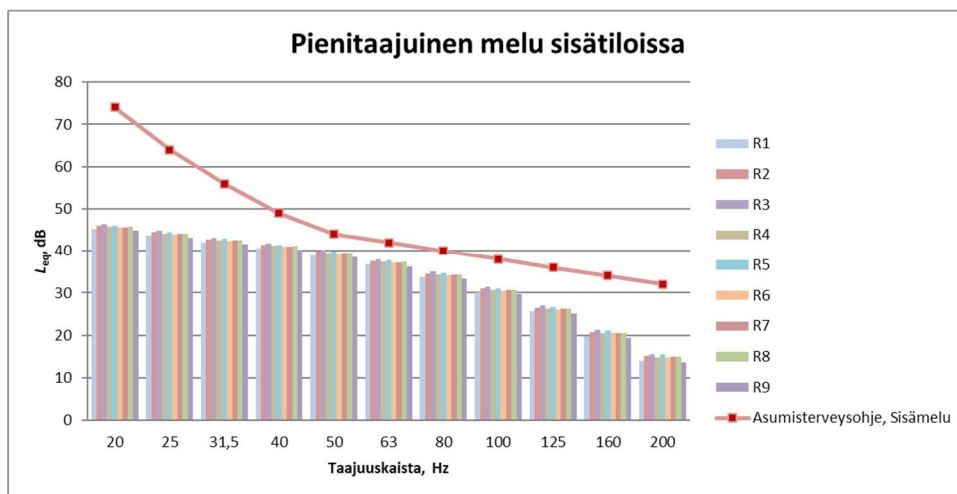


Kuva 10. Pienitaajuisen sisämelun laskentatulokset reseptoripisteissä vaihtoehdossa VE2 yhdessä Tuuranmäen ja Vermassalon voimaloiden kanssa

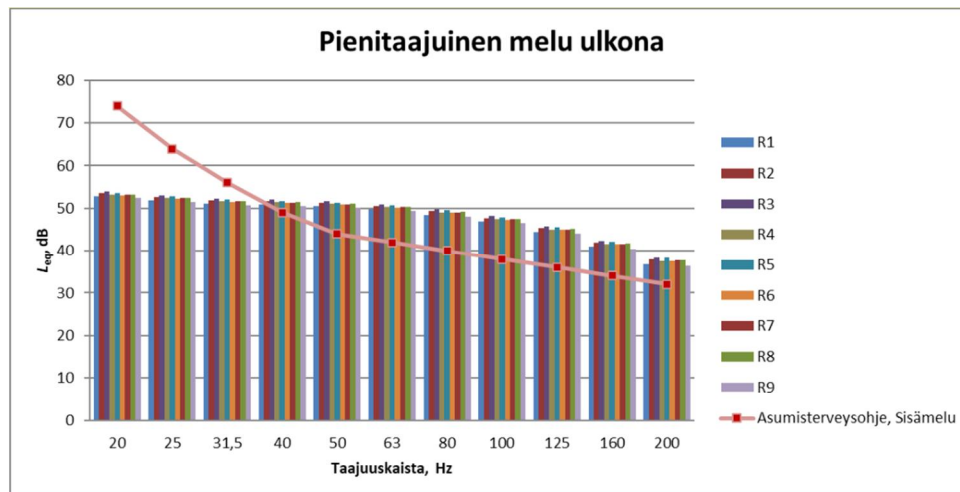


Kuva 11. Pienitaajuisen ulkomelun laskentatulokset reseptoripisteissä vaihtoehdossa VE2 yhdessä Tuuranmäen ja Vermassalon voimaloiden kanssa

Verrattaessa vaihtoehdon VE2 laskentatuloksia Asumisterveysasetuksen 545/2015 mukaisiin pienitaajuisen melun yöajan toimenpiderajoihin, ulkovaipalta vaadittavat äänitasoerot ( $\Delta L$ ) välillä 40–200 Hz ovat 1–10 dB. Taajuuskaistoilla 20–31,5 Hz jo ulkotilaan lasketut pienitaajuisen melun tasot ylittävät sisätilojen toimenpiderajat.



Kuva 12. Pienitaajuisen sisämelun laskentatulokset reseptoripisteissä vaihtoehdossa VE3 yhdessä Tuuranmäen ja Vermassalon voimaloiden kanssa



Kuva 13. Pienitaajuisen ulkomelun laskentatulokset reseptoripisteissä vaihtoehdossa VE3 yhdessä Tuuranmäen ja Vermassalon voimaloiden kanssa

Verrattaessa vaihtoehdon VE3 laskentatuloksia Asumisterveysasetuksen 545/2015 mukaisiin pienitaajuisen melun yöajan toimenpiderajoihin, ulkovaipalta vaadittavat äänitasoerot ( $\Delta L$ ) välillä 40–200 Hz ovat 1–10 dB. Taajuuskaistoilla 20–31,5 Hz jo ulkotilaan lasketut pienitaajuisen melun tasot alittavat sisätilojen toimenpiderajat.

Turun ammattikorkeakoulun tutkimuksen mukaiset ääneneristävyysarvot (äänitasoero  $\Delta L$ ) 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 reseptoripisteessä kaikkien terssikaistojen osalta. Tulokset osoittavat, että ympäristön rakennusten kohdalla normaalia rakentamistapaa vastaava ilmaääneneristys riittää vaimentamaan tuulivoimalaitosten pienitaajuisen melun toimenpiderajojen alle. Tulosten perusteella voidaan myös todeta, että pienitaajuinen melu alittaa toimenpiderajat myös kauempänä tuulivoimaloita, koska laskennan periaatteiden mukaan pienitaajuinen melu vaimenee etäisyyden kasvaessa.

## 5. TULOSTEN TULKINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

### 5.1 Melun erityispiirteet ja häiritsevyysskorjaukset

Valtioneuvoston asetuksessa 1107/2015 tuulivoimaloiden ulkomelutasoista ei mallinnusvaiheessa edellytetä korjauksia tai kannanottoa mahdollisesta impulssimaisuudesta tai kapeakaistaaisuudesta. Mahdollinen häiritsevyysskorjaus +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.

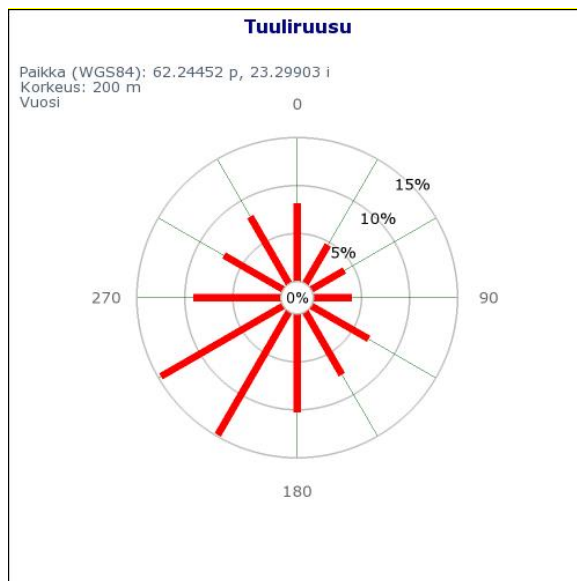
1107/2015 asetus ei sisällä korjausta merkityksellisestä sykinnästä (EAM, Excess amplitude modulation), koska sen määrittämiseen ei ole standardisoitua menetelmää. Tavanomainen tuulivoimalan äänitason vaihtelu (NAM, Normal amplitude modulation) on osa tuulivoimalaitoksen toimintaa ja sisältyy ohjearvoihin.

### 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). 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 4. Tuuliruusu Suomen Tuuliatlaksesta

Tuulennopeuden lisäksi myös tuulensuunta vaikuttaa melun leviämiseen. Myyränkankaan 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 päiväajan 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 ääneneristävyyden Turun ammattikorkeakoulun tutkimuksen arvojen mukaisesti) pienitaajuuden 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.

Laatija: Ville Virtanen, Ramboll Finland Oy  
 Päivämäärä: 13/9/2023

Hankevastaava: ABO Wind Oy  
 Hankealue: Myyränkangas

## Mallinnusohjelman tiedot

Mallinnusohjelma ja versio: SoundPlan 8.2  
 Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2

## Tuulivoimaloiden perustiedot ja akustiset tiedot

NordexN163/5.X, Serrated Trailing Edge

Tuulivoimalan valmistaja: Vestas  
 Tyypin: V172-7.2MW  
 Sarjanumero: -  
 Nimellisteho: 7,2 MW  
 Napakorkeus: 200  
 Roottorin halkaisija: 172 m  
 Tornin tyyppi: Putkitorni

Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun

Lapakulman säätö:  Kyllä  Ei  Ei ilmoitettu  
 Pyörimisnopeus:  Kyllä  Ei  Ei ilmoitettu  
 Muu, mikä:

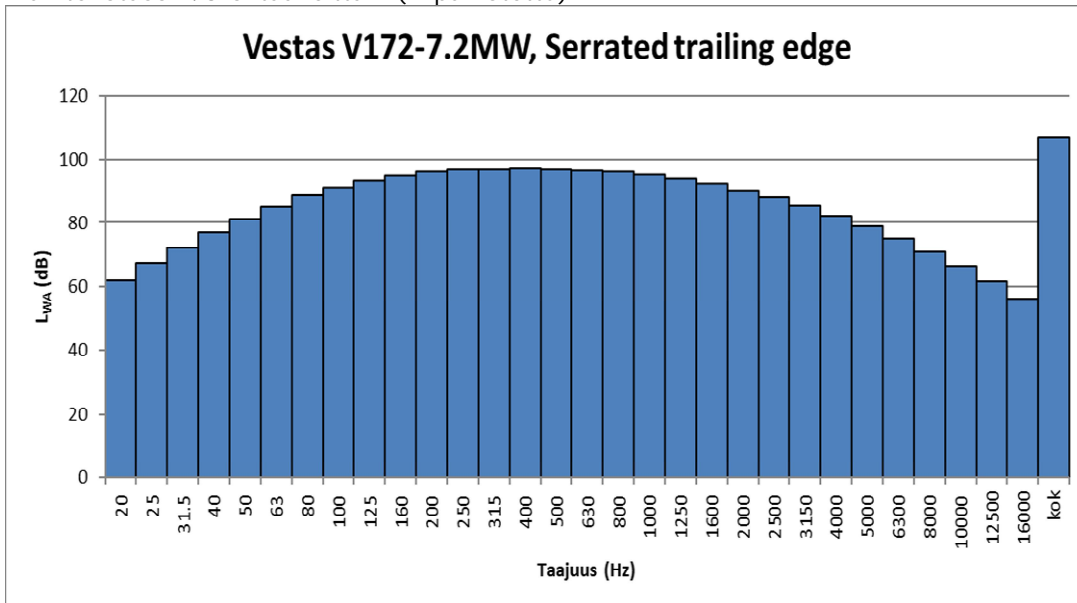
Äänitehotaso  $L_{WA}$  tuulennopeudella  $>9$  m/s (napakorkeudella):

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 mittaus 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

Laskentaruudun 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

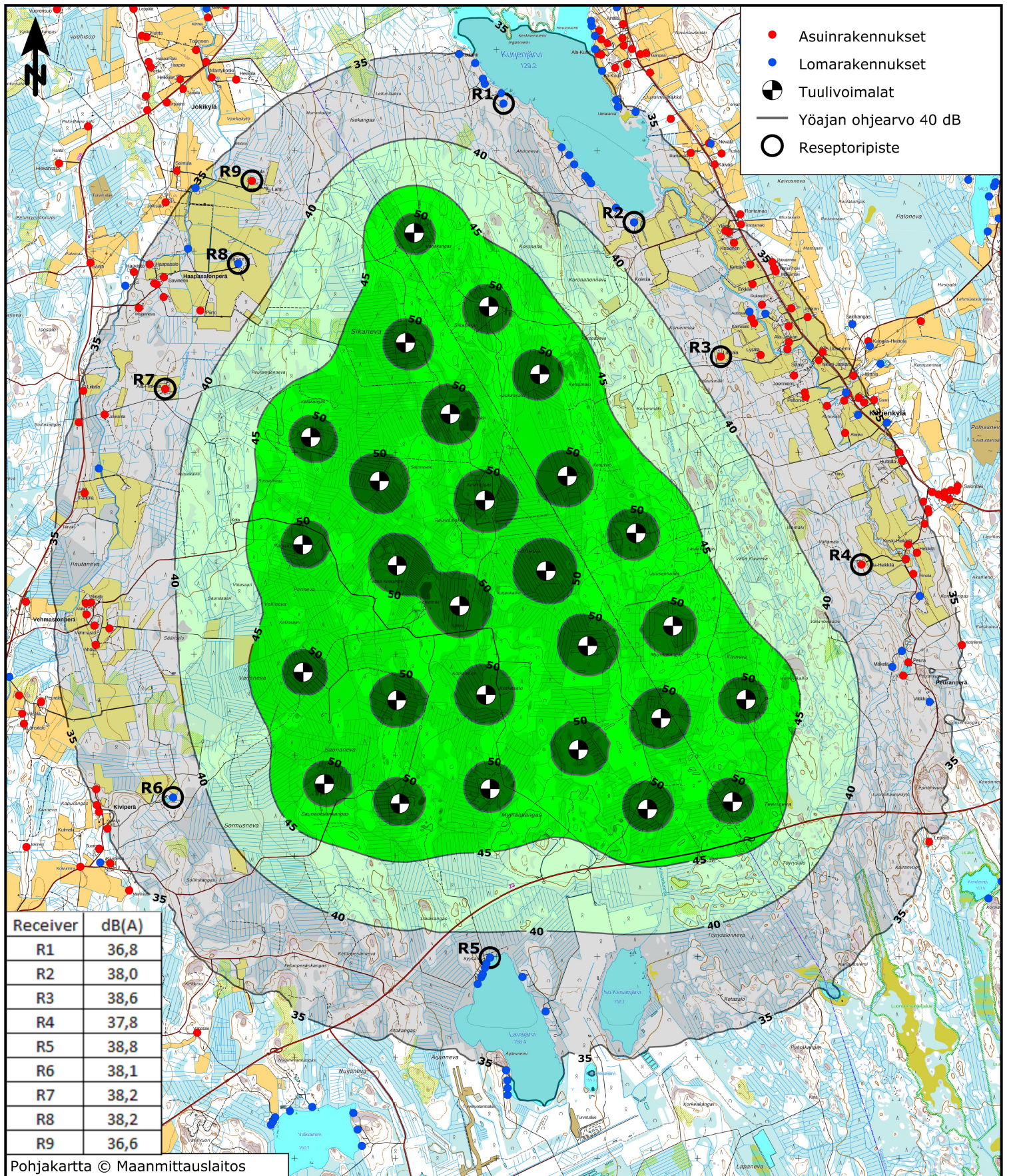
Neutraali 0 neutraali - stabiili sääolosuhde

Voimalan äänen suuntaavuus ja vaimentuminen

Vapaa avaruus

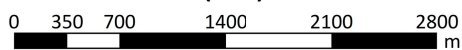
Muu





ABO Wind Oy  
Myyränkangas  
Melumallinnus

Mittakaava (A4) 1:50000



Meluvyöhykkeet  $L_{Aeq}$

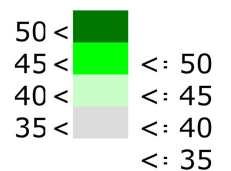
Laskentamalli ISO 9613-2  
Laskentakorkeus mp +4 m

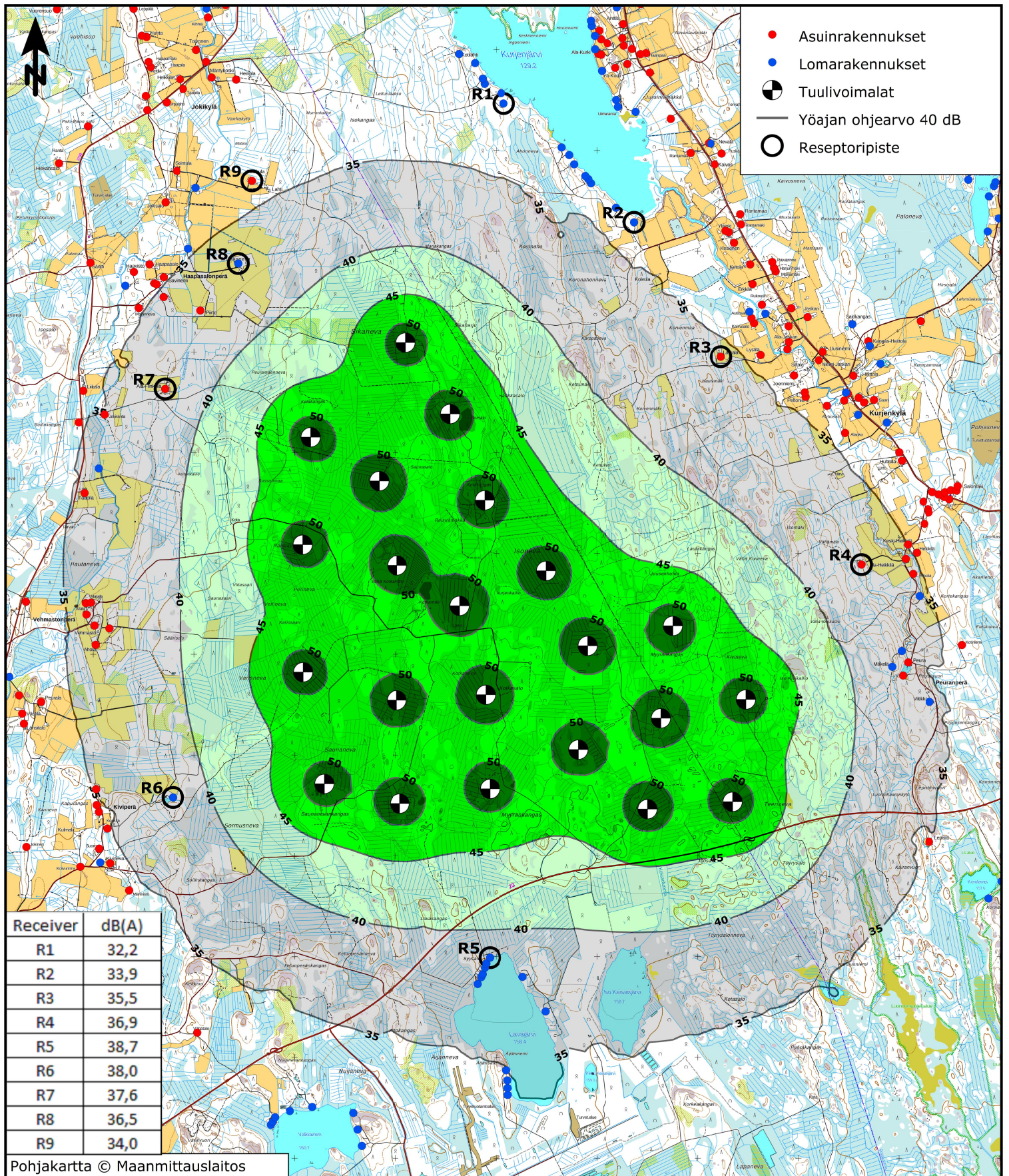
VE1

Vestas V172  
-HH 215 m  
- $L_{WA}$  106,9 dB + 2 dB

11.5.2023 VV

Äänitaso  
dB(A)





- Asuinrakennukset
- Lomarakennukset
- Tuulivoimalat
- Yöajan ohjearvo 40 dB
- Reseptoripiste

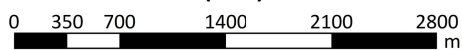
Receiver	dB(A)
R1	32,2
R2	33,9
R3	35,5
R4	36,9
R5	38,7
R6	38,0
R7	37,6
R8	36,5
R9	34,0

Pohjakartta © Maanmittauslaitos



ABO Wind Oy  
Myyränkangas  
Melumallinnus

Mittakaava (A4) 1:50000



Meluvyöhykkeet  $L_{Aeq}$

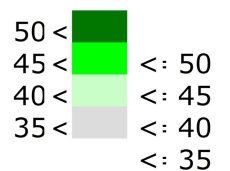
Laskentamalli ISO 9613-2  
Laskentakorkeus mp +4 m

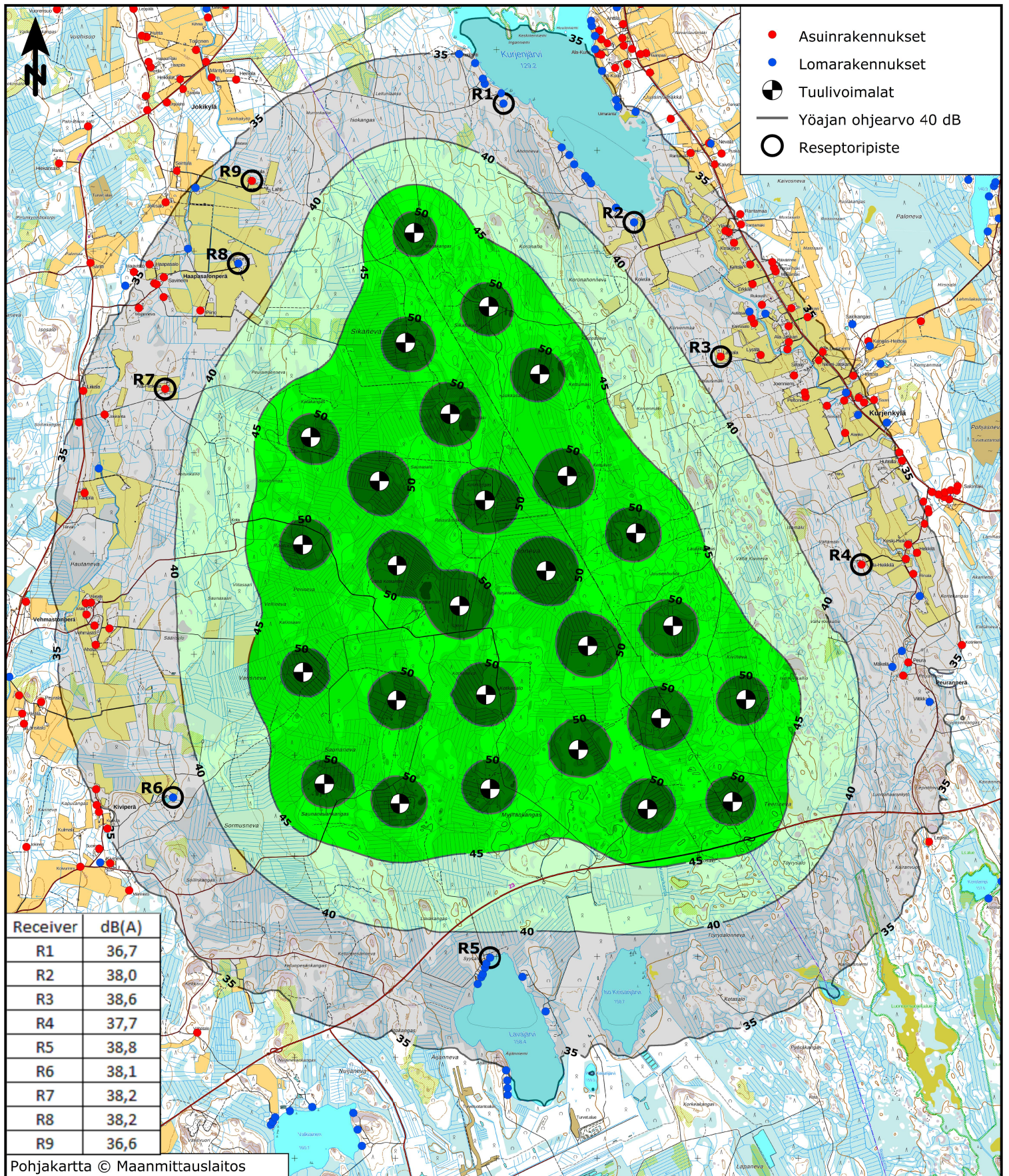
VE2

Vestas V172  
-HH 215 m  
- $L_{WA}$  106,9 dB + 2 dB

11.5.2023 VV

Äänitaso  
dB(A)





- Asuinrakennukset
- Lomarakennukset
- Tuulivoimalat
- Yöajan ohjearvo 40 dB
- Reseptoripiste

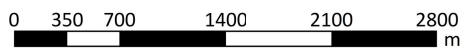
Receiver	dB(A)
R1	36,7
R2	38,0
R3	38,6
R4	37,7
R5	38,8
R6	38,1
R7	38,2
R8	38,2
R9	36,6

Pohjakartta © Maanmittauslaitos



ABO Wind Oy  
Myyränkangas  
Melumallinnus

Mittakaava (A4) 1:50000



Meluvyöhykkeet  $L_{Aeq}$

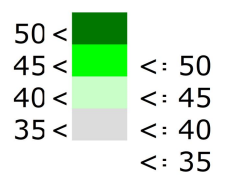
Laskentamalli ISO 9613-2  
Laskentakorkeus mp +4 m

VE3

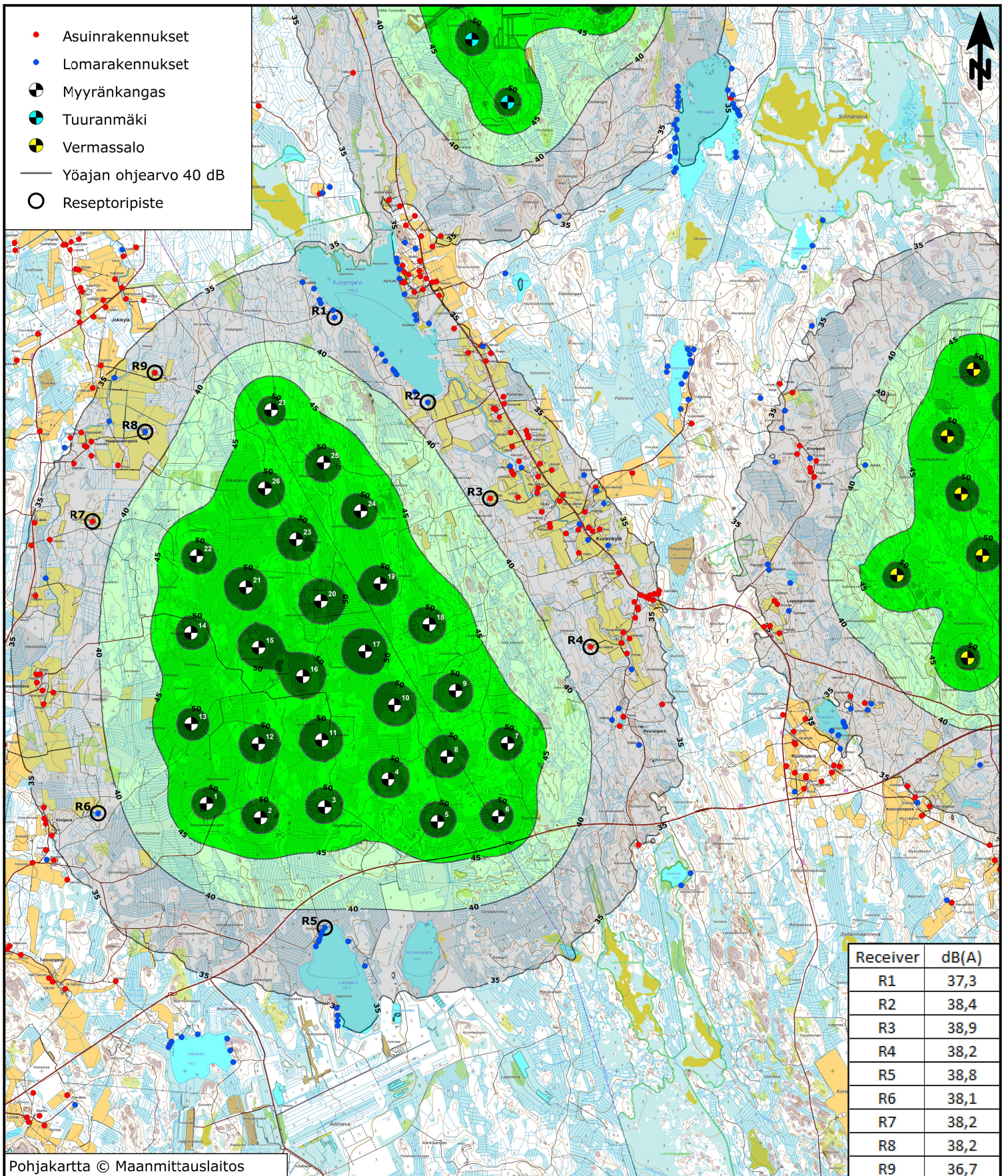
Vestas V172  
-HH 195 m  
- $L_{WA}$  106,9 dB + 2 dB

11.5.2023 VV

Äänitaso  
dB(A)



- Asuinrakennukset
- Lomarakennukset
- Myyränkangas
- Tuuranmäki
- Vermassalo
- Yöajan ohjearvo 40 dB
- Reseptoripiste



Pohjakartta © Maanmittauslaitos



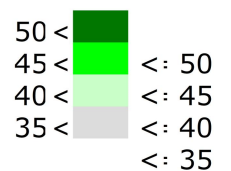
ABO Wind Oy  
Myyränkangas  
Melumallinnus

Meluvyöhykkeet  $L_{Aeq}$   
Laskentamalli ISO 9613-2  
Laskentakorkeus mp +4 m

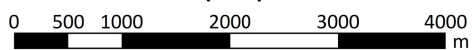
Yhteismallinnus VE1

Vestas V172  
-HH 215 m  
- $L_{WA}$  106,9 dB + 2 dB

Äänitaso  
dB(A)

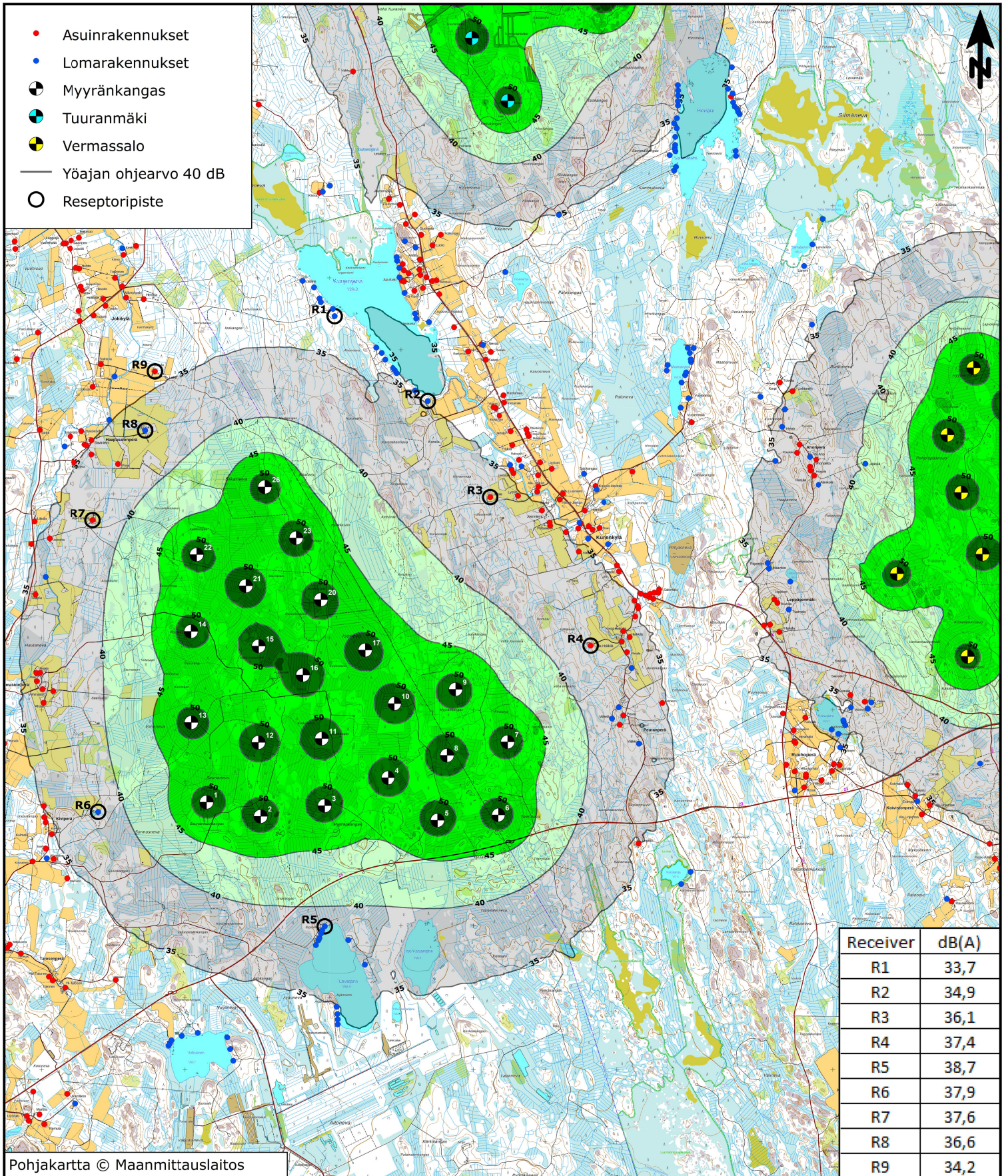


Mittakaava (A4) 1:70000



7.9.2023 VV

- Asuinrakennukset
- Lomarakennukset
- Myyränkangas
- Tuuranmäki
- Vermassalo
- Yöajan ohjearvo 40 dB
- Reseptoripiste



Pohjakartta © Maanmittauslaitos



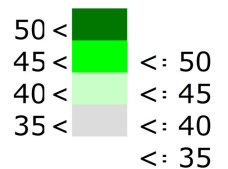
ABO Wind Oy  
Myyränkangas  
Melumallinnus

Meluvyöhykkeet  $L_{Aeq}$   
Laskentamalli ISO 9613-2  
Laskentakorkeus mp +4 m

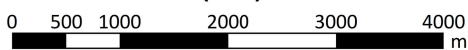
Yhteismallinnus VE2

Vestas V172  
-HH 215 m  
- $L_{WA}$  106,9 dB + 2 dB

Äänitaso  
dB(A)

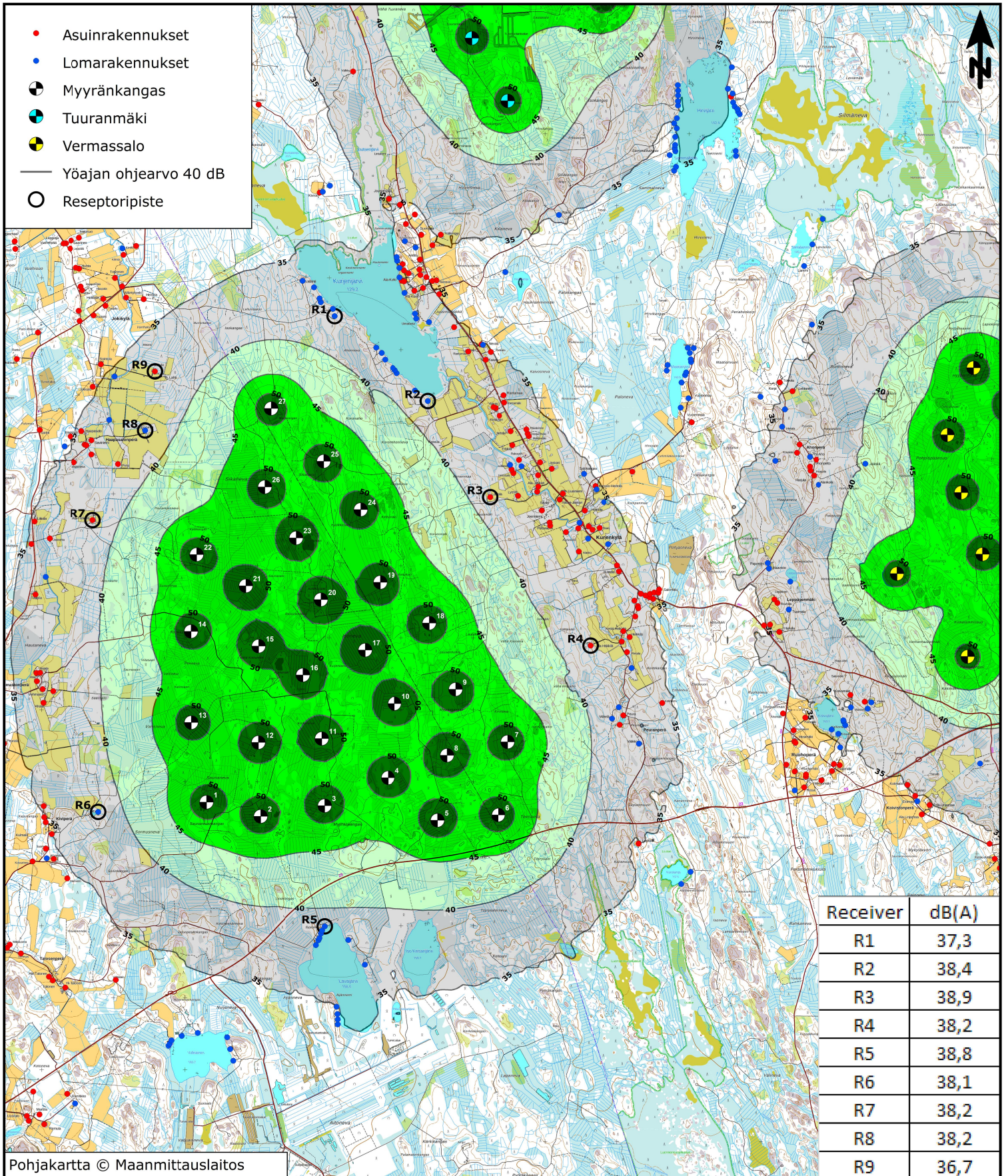


Mittakaava (A4) 1:70000



7.9.2023 VV

- Asuinrakennukset
- Lomarakennukset
- Myyränkangas
- Tuuranmäki
- Vermassalo
- Yöajan ohjearvo 40 dB
- Reseptoripiste



Receiver	dB(A)
R1	37,3
R2	38,4
R3	38,9
R4	38,2
R5	38,8
R6	38,1
R7	38,2
R8	38,2
R9	36,7

Pohjakartta © Maanmittauslaitos



ABO Wind Oy  
Myyränkangas  
Melumallinnus

Meluvyöhykkeet  $L_{Aeq}$   
Laskentamalli ISO 9613-2  
Laskentakorkeus mp +4 m

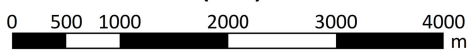
Yhteismallinnus VE3

Vestas V172  
-HH 195 m  
- $L_{WA}$  106,9 dB + 2 dB

Äänitaso  
dB(A)

50 <	50
45 <	<: 50
40 <	<: 45
35 <	<: 40
	<: 35

Mittakaava (A4) 1:70000



7.9.2023 VV