

Vastaanottaja
Winda Energy Oy

Asiakirjatyyppi
Raportti

Päivämäärä
16.01.2024

Viite
1510067788-119

UKONKANKAAN TUULIVOIMAHANKE MELUMALLINNUS

Päivämäärä 16.01.2024
Laatija Ville Virtanen
Tarkastaja Jari Hosiokangas

Tuulivoimahankkeen meluselvitys

Sisältää Maanmittauslaitoksen Maastotietokannan 10/2023
aineistoa.

Viite 1510067788-119

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	6
4.1	Mallinnustulokset	6
4.2	Pienitaajuinen melu	7
5.	TULOSTEN TULKINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET	7
5.1	Melun erityispiirteet ja häiritsevyysskorjaukset	7
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	VE1 meluvyöhykkeet, äänitehotaso 108,6 dB + 2 dB Uc, HH 220
Liite 3	VE2 meluvyöhykkeet, äänitehotaso 108,6 dB + 2 dB Uc, HH 220
Liite 4	VE1 Yhteismeluvyöhykkeet
Liite 5	VE2 Yhteismeluvyöhykkeet
Liite 6	Pienitaajuisen melun tarkastelu reseptoripisteittäin

1. YLEISTÄ

Winda Energy Oy suunnittelee tuulivoimapuiston rakentamista Ukonkankaan alueelle Puolankaan. 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 Winda Energy Oy:n toimeksiannosta. Meluselvityksen laatimisesta ja meluvaikutusten arvioinnista on vastannut ins.(AMK) Ville Virtanen.

2. MELUN OHJEARVOT

2.1 Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista

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

Tuulivoimalan toiminnasta aiheutuvan melupäästön takuuarvon perusteella 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 päivääjän keskiäänitasolle $L_{Aeq\ 7-22}$ 35 dB ja yöajan keskiäänitasolle $L_{Aeq\ 22-7}$ 30 dB.

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

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

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

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

3. MELUMALLINNUKSEN TIEDOT

3.1 Tuulivoimalatiedot

Melumallinnukset tehtiin Nordex N163/6.XMW laitosmallilla. Napakorkeutena mallinnuksessa oli 220 m. Tuulivoimaloiden akustiset tiedot on esitetty liitteessä 1.

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

Melutasot mallinnettiin käyttäen tilaajan toimittaman voimalaitoksen Nordex N163/6.XMW -mallille annettuja lähtöarvoja. Tilaajan toiveesta mallinnuksessa käytettiin melupäästöarvoa L_{WA} 108,6 dB tuulennopeuden ollessa >7m/s 10 m korkeudella maanpinnasta (lähde: F008_277_A17_EN, Rev.5 (2022-07-18)), joka tällä tuulivoimamallilla saavutetaan moodilla 0. Saatujen lähtötietojen mukaan ko. voimalamallin melutaso ei kasva sen jälkeen, kun tuulennopeus saavuttaa arvon 7 m/s 10 m korkeudella maanpinnasta, toisin sanoen tuulennopeudella 8 m/s, 9m/s, 10m/s, 11m/s ja 12 m/s voimalaitoksen äänitehotaso on sama kuin tuulennopeudella 7 m/s (referenssikorkeudella 10 m maan pinnasta).

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

Tuulivoimalaitoksen äänitehotaso muuttuu tuulennopeuden muuttuessa, joka vaikuttaa merkittävästi alhaisemmilla tuulennopeuksilla ympäristössä havaittavaan melutasoon. Nordex N163/6.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.

Koska alueen muiden hankkeiden osalta ei ole tiedossa laitosmallia, laitosmallina käytettiin vastaavaa voimalaa kuin Ukonkankaan alueen osalta, Nordex N163/6.XMW.

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

X	Y	Z
519404	7182051	209
517707	7177409	170
519698	7180690	188
518112	7178326	172
519349	7178883	170
519343	7176448	164
520162	7178981	180
518648	7178009	168
520293	7178374	171
520257	7177617	168
518253	7177060	167
518425	7176441	163
519335	7177138	165
519251	7177783	167
520216	7176868	166

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

X	Y	Z
517707	7177409	170
518425	7176441	163
519946	7177607	167
519404	7182051	209
519813	7179066	173
519342	7176454	164
519698	7180690	188
520235	7178673	176
518253	7177060	167
519227	7177727	167
518881	7178222	169
520208	7176869	166

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.

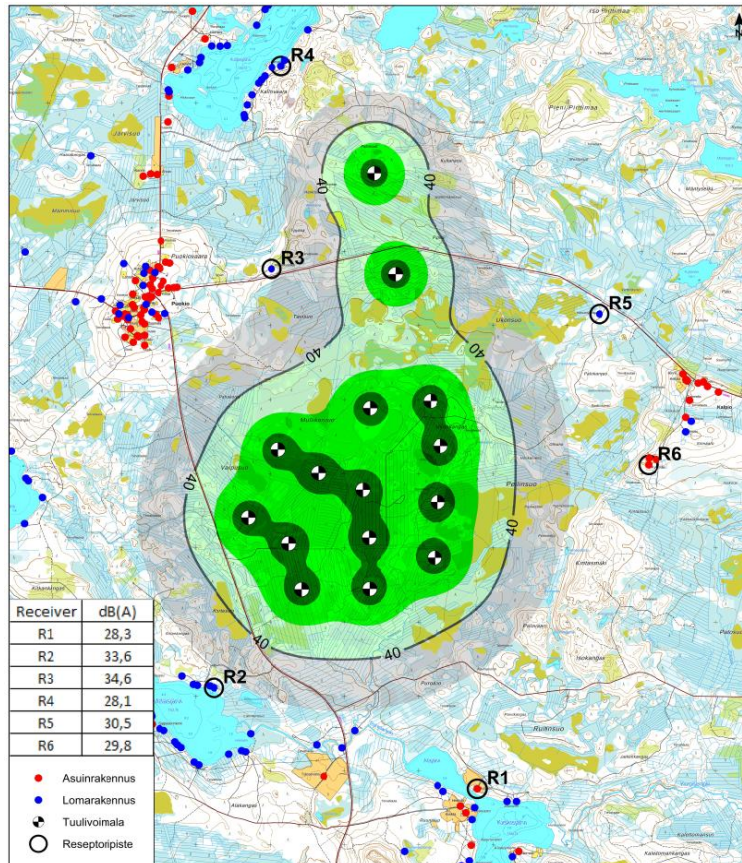
ISO 9613-2 -mallissa tuulen nopeutta tai suuntaa ei voida varioida, vaan laskentamallissa on oletuksena lievä myötätuuli melulähteestä laskentapisteeseen päin. Malli huomioi kolmiulotteisessa laskennassa mm. maastonmuodot sekä etäisyysvaimentumisen, ilman ääniabsorption, esteet, heijastukset ja maanpinnan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

Meluvyöhykelaskennat on tehty laskentapisteverkkoon ja ohjelma interpoloi melutasot laskentapisteidenvälisille 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 käytet-

tiin laitospallin Nordex N163/6.X 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 ammatti-korkeakoulun tekemässä ”The sound insulation of façades at frequencies 5–5000 Hz, Keränen et. al.” tutkimuksessa esitettyjen pientalojen julkisivun ilmaääneneristävyyssarvojen avulla. Ko. tut-kimuksen 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-R6 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.

4. TULOKSET

4.1 Mallinnustulokset

Mallinnuksen laskennalliset meluvyöhykkeet (A-painotettu keskiäänitaso) vaihtoehdolle VE1 on esitetty liitteessä 2 ja vaihtoehdolle VE2 liitteessä 3.

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 Ukonkankaan voimaloiden osalta ja taulukossa 5 yhteismallinnusten osalta.

Taulukko 4. Keskiäänitasot reseptoripisteissä vaihtoehtoisissa VE1 ja VE2

Reseptori	VE1, L_{Aeq} , dB	VE2, L_{Aeq} , dB
R1	28,3	27,5
R2	33,6	33,0
R3	34,6	33,8
R4	28,1	28,0
R5	30,5	29,6
R6	29,8	28,6

Taulukko 5. Yhteismallinnuksen keskiäänitasot reseptoripisteissä vaihtoehtoisissa VE1 ja VE2

Reseptori	VE1, L_{Aeq} , dB	VE2, L_{Aeq} , dB
R1	29,4	28,8
R2	35,2	34,7
R3	34,7	33,9
R4	28,1	28,0
R5	31,0	30,2
R6	30,6	29,7

4.2 Pienitaajuinen melu

Pienitaajuisen melun tasot terssikaistoittain laskettiin kuvassa 1 esitettyihin reseptoripisteisiin R1–R6. Taajuuspainottamattomat melutasot sisällä ja ulkona on esitetty tarkemmin liitteessä 6.

Asumisterveysasetuksen 545/2015 mukaisiin pienitaajuisen melun yöajan toimenpiderajoihin verratessa, ulkovaipalta vaadittavat äänitasoerot (ΔL) ovat korkeimmillaan luokkaa 1–4 dB taajuuskaistoilla 50–160 Hz jokaisen vaihtoehdon, mukaan lukien yhteismallinnukset, osalta.

Turun ammattikorkeakoulun tutkimuksen mukaiset ääneneristävyysarvot (äänitasoero ΔL) kuvaavat tilastollista estimaattia ilmastuudeneneristyskyvystä, 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 ilmastuudeneneristys 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

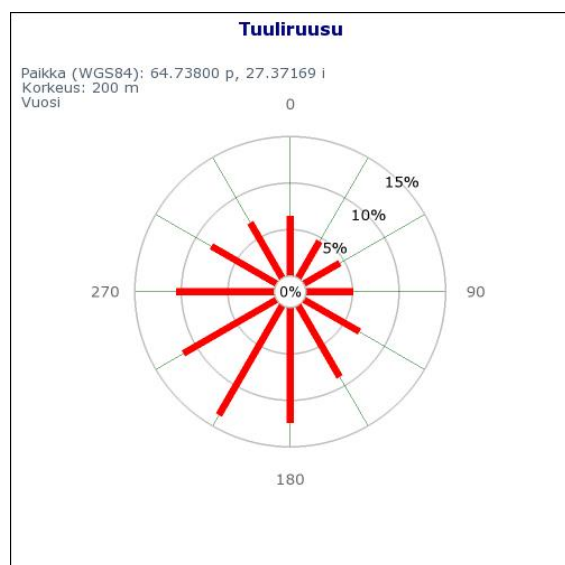
Valtioneuvoston asetuksessa 1107/2015 tuulivoimaloiden ulkomelutasoista ei mallinnusvaiheessa edellytetä korjauksia tai kannanottoa mahdollisesta impulssimaisuudesta tai kapeakaistaaisuudesta. Mahdollinen häiritsevyyskorjaus +5 dB tehdään valvonnan yhteydessä tehtävään mittaustulokseen, mikäli melun 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 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. Ukonkankaan tuulipuiston hankealueella vallitsevat tuulensuunta on lounaasta. 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.

Mallinnusten mukaan yhdenkään Ukonkankaan ympäristön asuin- tai lomarakennuksen osalta ei ylitetä 40 dB ohjearvoa kummassakaan hankkeen toteutusvaihtoehdossa VE1 tai VE2 erillismallinnusten, taikka alueen muiden voimaloiden kanssa tehtyjen yhteismallinnusten osalta.

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) pienitaajuuden melun tasot alittavat sisätiloihin annetut 545/2015 mukaiset toimenpiderajat ympäristön rakennusten kohdalla.

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

Laatija: Ville Virtanen, Ramboll Finland Oy
Päivämäärä: 30/11/2023

Hankevastaava: Winda Energy Oy
Hankealue: Ukonkangas

Mallinnusohjelman tiedot

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

Tuulivoimaloiden perustiedot ja akustiset tiedot

Nordex N163/6.X, Clean blade

Tuulivoimalan valmistaja:	Tyyppi:	Sarjanumero:	
Nordex	N163/6.X	-	
Nimellisteho:	Napakorkeus:	Roottorin halkaisija:	Tornin tyyppi:
6,X MW	220 m	-	Putkitorni

Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun

Lapakulman säätö:	Pyörimisnopeus:	Muu, mikä:
☐ Kyllä	☐ Kyllä	Noise modes 1-17
☐ Ei	☐ Ei	
☒ Ei ilmoitettu	☒ Ei ilmoitettu	

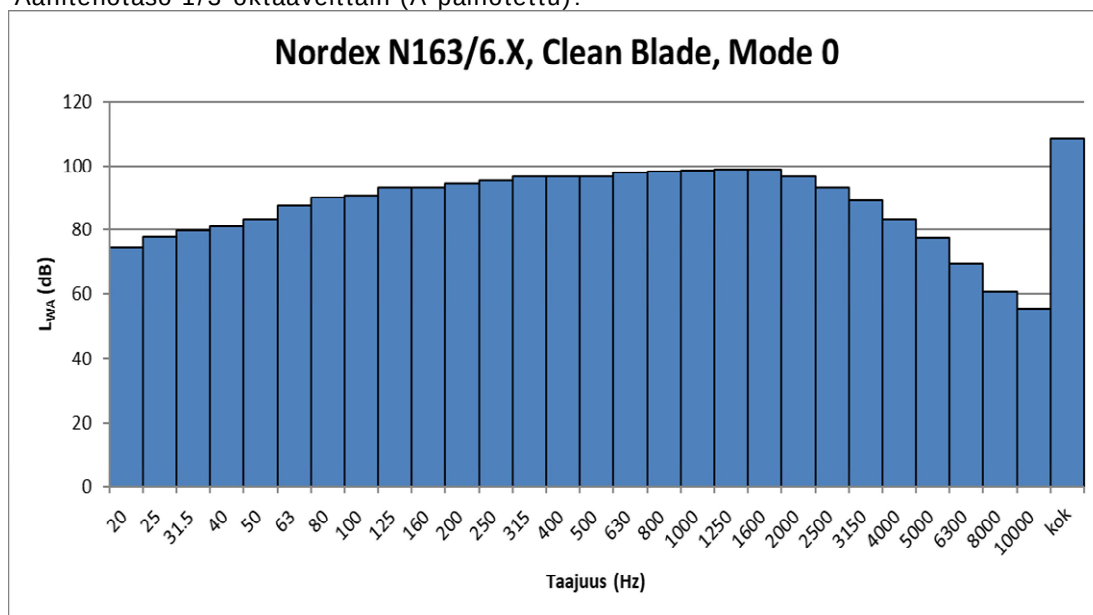
Äänitehotaso L_{WA} tuulennopeudella >7 m/s (10 m korkeudella maanpinnasta):

108,6 dB ☐ Takuuarvo

Suurin äänitehotaso L_{WA} :

108,6 dB + 2 dB (Uc) ☒ Takuuarvo Mode 0 (clean blade)

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



Melun erityspiirteiden mittaus ja havainnot:

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

Laskennan lähtötiedot

Laskentaverkko

Laskentakorkeus:

4 metriä

Laskentaruudukon koko:

20*20 metriä

Sääolosuhteet

Suhteellinen kosteus:

70 %

Lämpötila:

15 °C

Maastomalli

Maastomallin lähde:

Maanmittauslaitos, Maastotietokanta

Vaakaresoluutio:

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

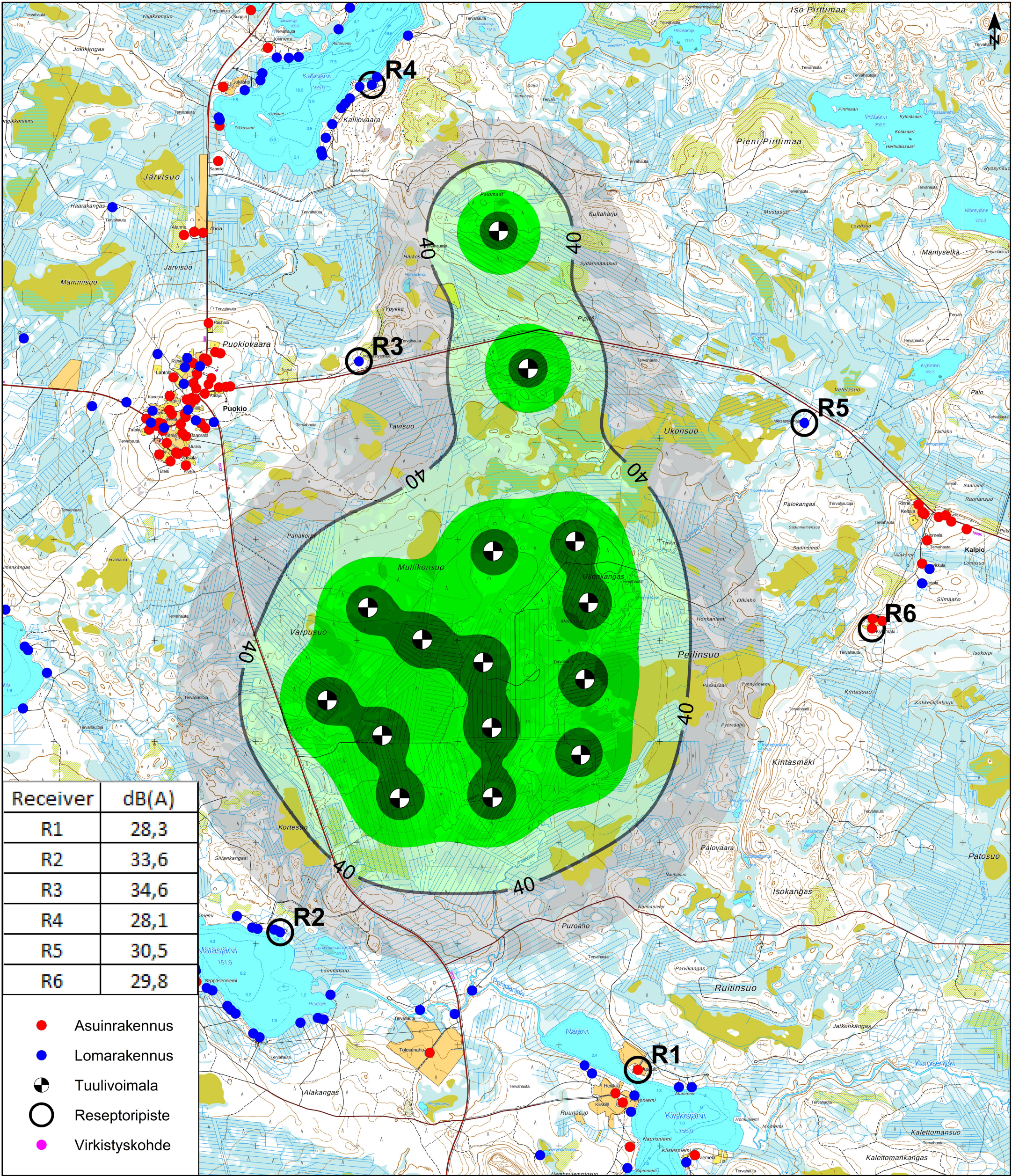
Ilmakehän stabiilius laskennassa / meteorologinen korjaus

Neutraali 0 neutraali - stabiili sääolosuhde

Voimalan äänen suuntaavuus ja vaimentuminen

☒ Vapaa avaruus

☐ Muu



Ukonkangas melumallinnus

Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus +4m

VE1
Nordex N163/6.x
-HH = 220 m
- L_{WA} = 108,6 dB (Clean blade) +2 dB Uc

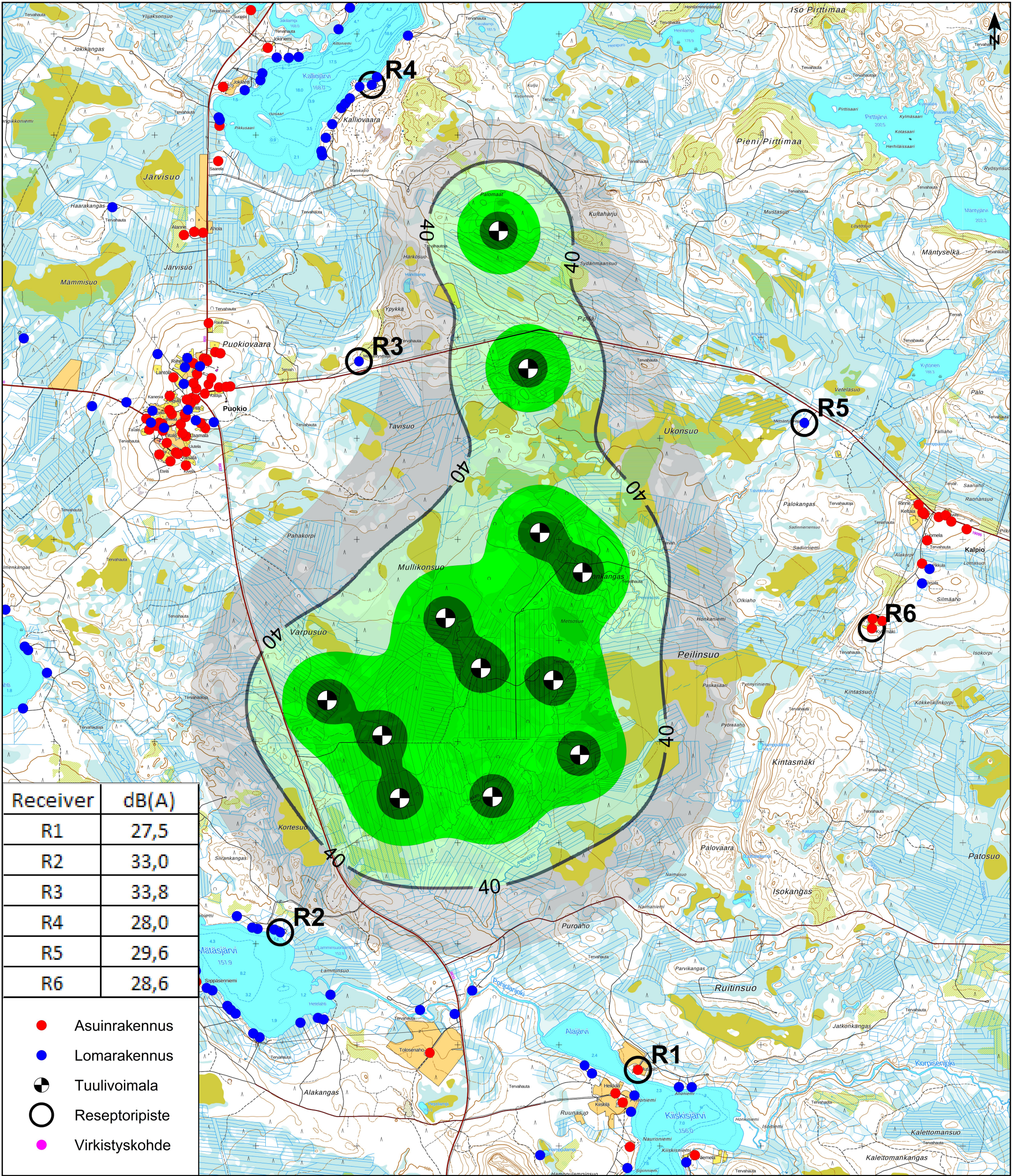
Äänitaso
dB(A)

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

Mittakaava/skala (A3) 1:35000

0 700 1400 2100 2800 m

24/1/2024 VV

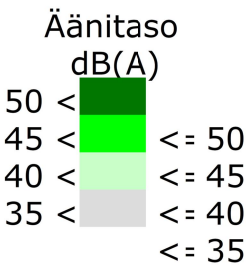


Ukonkangas
melumallinnus

Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus +4m

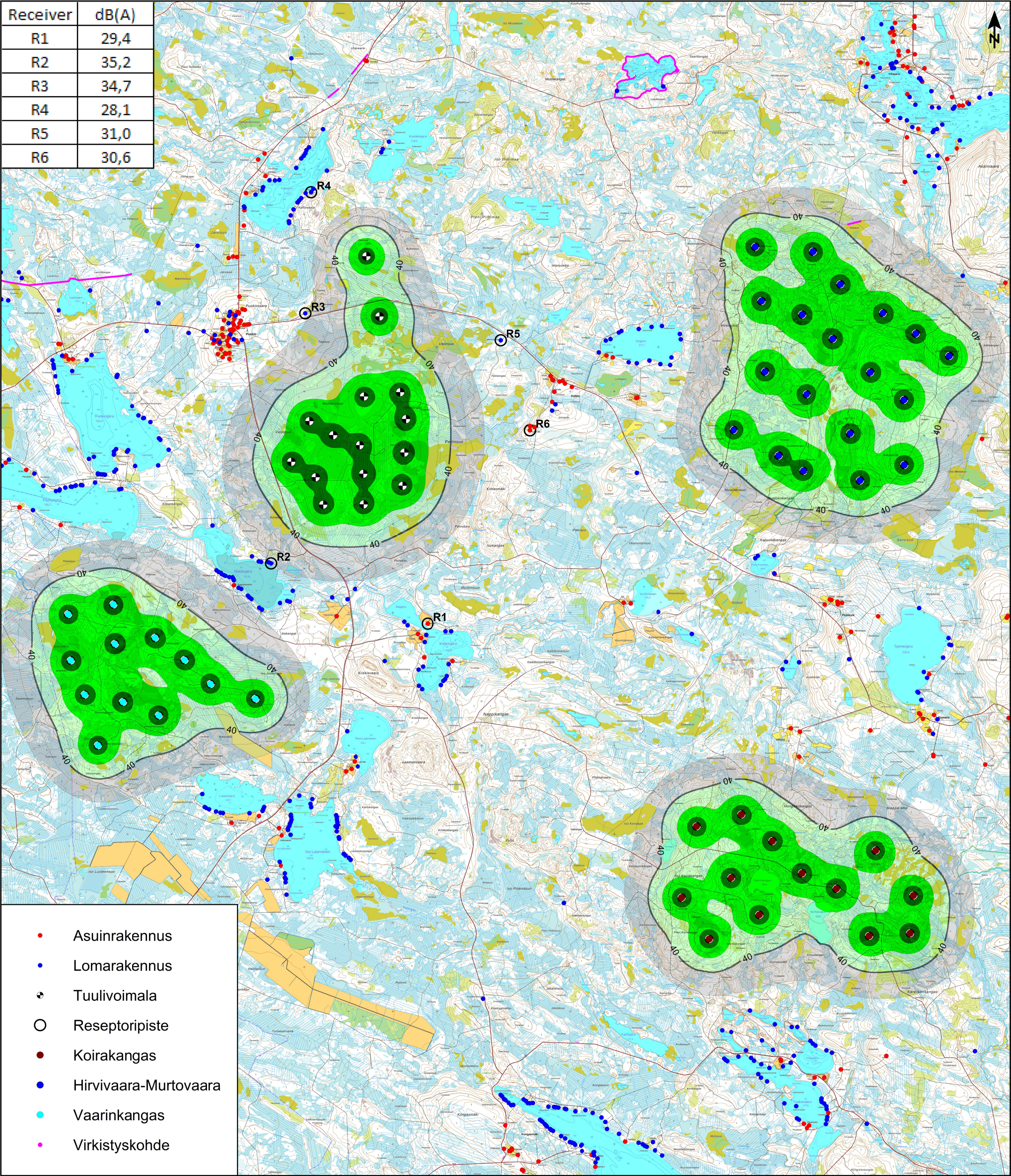
VE2
Nordex N163/6.x
-HH = 220 m
- L_{WA} = 108,6 dB (Clean blade) +2 dB Uc



Mittakaava/skala (A3) 1:35000
0 700 1400 2100 2800 m

24/1/2024 VV

Receiver	dB(A)
R1	29,4
R2	35,2
R3	34,7
R4	28,1
R5	31,0
R6	30,6



Ukonkangas melumallinnus

Mittakaava/skala (A3) 1:80000
0 1500 3000 4500 6000 m

Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

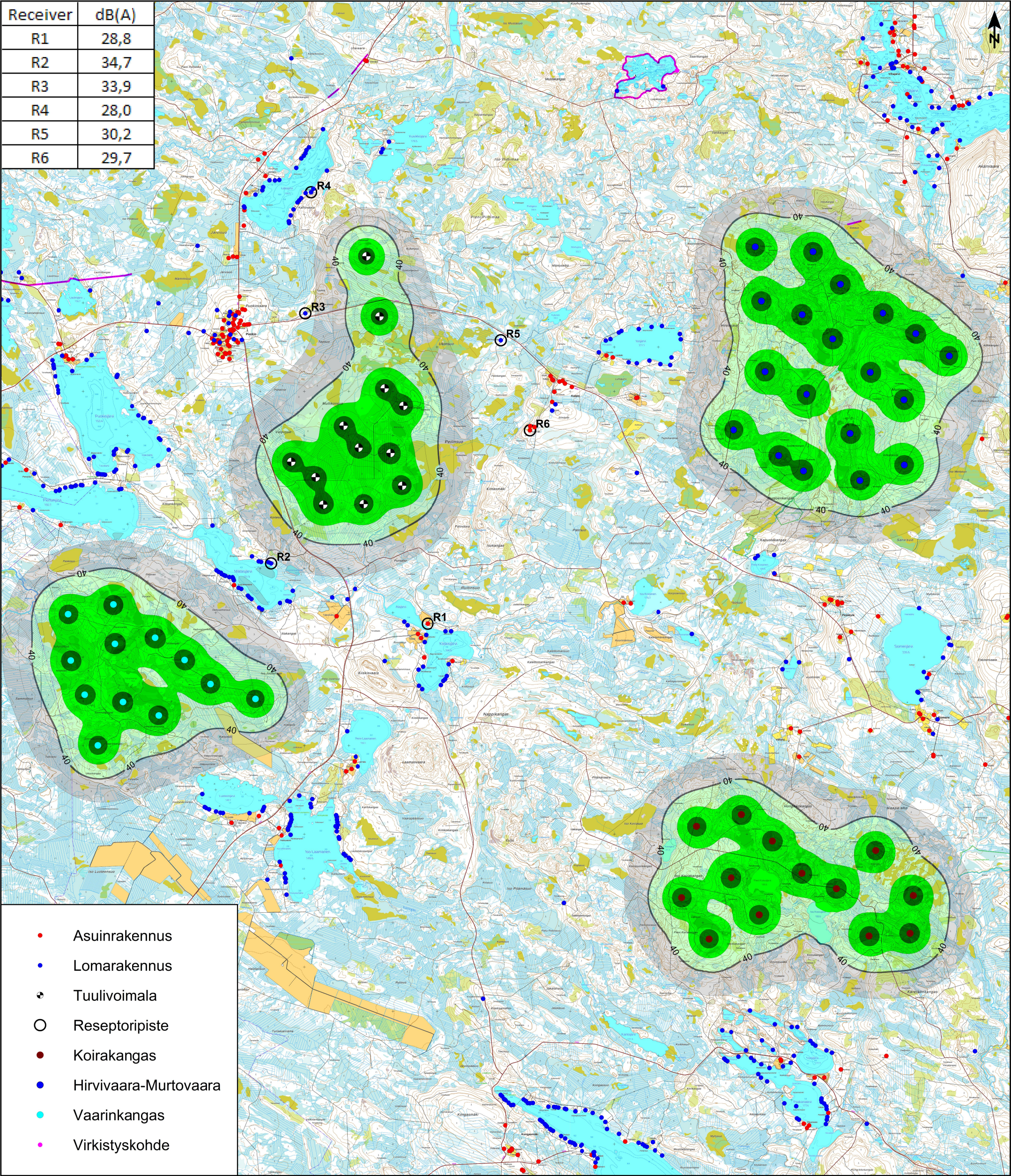
-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus +4m

VE1
Nordex N163/6.x
-HH = 220 m
- L_{WA} = 108,6 dB (Clean blade) +2 dB Uc

24/1/2024 VV

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

Receiver	dB(A)
R1	28,8
R2	34,7
R3	33,9
R4	28,0
R5	30,2
R6	29,7



Ukonkangas melumallinnus

Mittakaava/skala (A3) 1:80000
0 1500 3000 4500 6000 m

Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus +4m

VE2
Nordex N163/6.x
-HH = 220 m
- L_{WA} = 108,6 dB (Clean blade) +2 dB Uc

24/1/2024 VV

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

Pienitaajuinen melu sisätiloissa vaihtoehdossa VE1

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	39	37	36	34	31	27	22	18	15	10	4
R2	42	40	39	37	34	30	25	21	19	14	8
R3	43	41	39	37	35	31	26	22	19	15	8
R4	39	37	35	33	31	27	21	17	15	10	4
R5	41	39	37	35	32	28	23	19	17	12	5
R6	40	38	37	35	32	28	23	19	16	11	5
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	47	46	45	44	43	40	37	34	34	31	26
R2	50	49	48	47	46	43	40	38	37	35	30
R3	51	49	48	48	46	44	40	38	38	36	31
R4	47	45	44	44	42	40	36	34	34	31	26
R5	48	47	46	45	44	41	38	36	35	33	28
R6	48	47	46	45	44	41	38	35	35	32	28
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Vaadittava ääneneristävyyys korkeimmillaan	-23	-15	-8	-1	2	2	0	0	2	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 VE2

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	38	36	35	33	30	26	21	17	14	9	3
R2	42	40	38	36	33	29	24	20	18	13	7
R3	42	40	38	36	34	30	25	21	18	14	8
R4	38	36	35	33	30	26	21	17	14	9	3
R5	40	38	36	34	32	27	22	18	16	11	4
R6	39	37	35	34	31	27	22	18	15	10	4
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	46	45	44	43	42	39	36	33	33	30	26
R2	49	48	47	46	45	42	39	37	37	34	30
R3	50	48	48	47	45	43	40	37	37	35	30
R4	46	45	44	43	42	39	36	33	33	30	26
R5	47	46	45	44	43	40	37	35	35	32	27
R6	47	46	45	44	42	40	37	34	34	31	27
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Vaadittava ääneneristävyyys korkeimmillaan	-24	-16	-8	-2	1	1	0	-1	1	1	-2
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 VE1, kun alueen muut voimalat on huomioitu

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	42	40	38	36	33	29	24	20	17	12	5
R2	44	42	41	39	36	32	27	23	20	15	9
R3	43	41	40	38	35	31	26	22	19	15	9
R4	40	38	36	34	32	27	22	18	15	10	4
R5	42	40	38	36	34	30	24	20	18	12	6
R6	42	40	38	36	34	30	24	20	18	12	6
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

Pienitaajuinen melu ulkotiloissa vaihtoehdossa VE1, kun alueen muut voimalat on huomioitu

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	49	48	47	46	45	42	39	36	36	33	28
R2	52	51	50	49	48	45	42	40	39	37	32
R3	51	50	49	48	47	44	41	39	38	36	31
R4	48	46	45	44	43	40	37	35	34	31	27
R5	50	48	47	47	45	43	39	37	36	34	29
R6	50	48	47	47	45	43	39	37	36	33	29
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Vaadittava ääneneristävyyys korkeimmillaan	-22	-13	-6	0	4	3	2	2	3	3	0
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 VE2, kun alueen muut voimalat on huomioitu

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	41	39	37	35	33	29	23	19	16	11	4
R2	44	42	40	38	36	32	26	22	20	15	9
R3	43	41	39	37	34	30	25	21	19	14	8
R4	39	37	36	34	31	27	22	17	15	10	3
R5	41	39	38	36	33	29	24	19	17	12	5
R6	41	39	38	36	33	29	24	19	17	12	5
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

Pienitaajuinen melu ulkotiloissa vaihtoehdossa VE2, kun alueen muut voimalat on huomioitu

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	49	48	47	46	44	42	38	36	35	32	27
R2	52	50	49	49	47	45	41	39	39	36	32
R3	50	49	48	47	46	43	40	38	37	35	30
R4	47	46	45	44	43	40	36	34	34	31	26
R5	49	48	47	46	45	42	39	36	36	33	28
R6	49	48	47	46	45	42	38	36	36	33	28
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Vaadittava ääneneristävyyys korkeimmillaan	-22	-14	-7	0	3	3	1	1	3	2	0
Ääneneristävyyssarvot (äänitasoero ΔL)	7,6	8,3	9,2	10,3	11,5	13	14,8	16,8	18,8	21,1	22,8