Vastaanottaja

Winda Energy Oy

Asiakirjatyyppi

Raportti

Päivämäärä

27.8.2026

Viite

1510071439-009

LINNANHARJUN TUULIVOIMAPUISTON OSAYLEISKAAVA

MELUMALLINNUS

Confidential

Päivämäärä **27.8.2026**

Laatija **Viivi Nieminen**

Tarkastaja **Ville Virtanen**

Tuulivoimahankkeen meluselvitys

Sisältää Maanmittauslaitoksen Maastotietokannan 8/2023 ja 9/2024 aineistoa.

Päivitys 2.12.2025 / Kaavaehdotusvaihe

Päivitys 27.8.2026 / Kaavaehdotuksen päivitys

Viite **1510071439-009**

SISÄLTÖ

1.	**YLEISTÄ**	**3**
2.	**MELUN OHJEARVOT**	**3**
2.1	Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista	3
2.2	Asumisterveysasetuksen melutason toimenpiderajat asuntojen sisätiloissa	4
3.	**MELUMALLINNUKSEN TIEDOT**	**4**
3.1	Tuulivoimalatiedot	4
3.2	Melulaskenta	5
3.3	Maastomalli ja rakennustiedot	7
4.	**TULOKSET**	**7**
4.1	Mallinnustulokset	7
4.2	Pienitaajuinen melu	9
5.	**TULOSTEN TULKINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET**	**10**
5.1	Melun erityispiirteet ja häiritsevyyskorjaukset	10
5.2	Alueen tuuliolosuhteet ja niiden vaikutukset meluun	10
5.3	Melutasot verrattuna ohjearvoihin	11

LIITTEET

Liite 1	Laskentaparametrit ja tuulivoimaloiden akustiset tiedot
Liite 2	Pienitaajuisen melun tarkastelu reseptoripisteittäin
Liite 3	Meluvyöhykkeet, Linnanharju, äänitehotaso 106,9 dB (With STE) + 1,5 dB Uc, HH 180
Liite 4	Yhteismeluvyöhykkeet Tuohirämeen kanssa
Liite 5	Yhteismeluvyöhykkeet Tuohirämeen ja Kaukasen kanssa
Liite 6	Yhteismeluvyöhykkeet Tuohirämeen ja Kaukasen sekä Kaukasen laajennuksen kanssa
Liite 7	Yhteismeluvyöhykkeet Kaukasen kanssa
Liite 8	Yhteismeluvyöhykkeet Kaukasen ja Kaukasen laajennuksen kanssa

Confidential

1. YLEISTÄ

Winda Energy Oy suunnittelee Linnanharjun alueelle 24 tuulivoimalan tuulivoimahanketta. Voimaloiden kokonaiskorkeus on enintään 280.

Linnanharjun hankealue sijaitsee Kalajoen eteläosassa noin 4 km Hillilän kylästä kaakkoon.

Tässä selvityksessä on mallinnettu tuulivoimalaitosten aiheuttamat melutasot ympäristössä kaavaluonnosta varten erikseen sekä yhdessä suunnitteilla olevan Tuohirämeen tuulipuiston, olemassa olevan Kaukasen tuulipuiston, sekä suunnitteilla olevan Kaukasen tuulipuiston laajennuksen 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 vastannut ins.(AMK) Ville Virtanen. Suunnittelijana työssä on toiminut ins.(AMK) Viivi Nieminen.

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 päiväajan keskiäänitasolle $L_{Aeq\ 7\text{-}22}$ 35 dB ja yöajan keskiäänitasolle $L_{Aeq\ 22\text{-}7}$ 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 Nordex N175/6.XMW laitosmallilla. Napakorkeutena mallinnuksessa oli 180 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 Nordex N175/6.XMW -mallille annettuja lähtöarvoja. Tilaajan toiveesta mallinnuksessa käytettiin melupäästöarvoa L_{WA} 106,9 dB tuulennopeuden ollessa ≥6m/s 10 m korkeudella maanpinnasta (lähde: F008_278_A17_EN, Rev.01 (2022-05-08), 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 + 1,5 dB kokonaisepävarmuustaso (U_c), koska epävarmuutta ei ole erikseen ilmoitettu. Myös pienitaajuisen melun laskennan terssikaista-arvoihin on tehty + 1,5 dB lisäys, jolloin myös terssikaista-arvot vastaavat mallinnusohjeen mukaista takuuarvomäärittelyä.

Tuulivoimalaitoksen äänitehotaso muuttuu tuulennopeuden muuttuessa, joka vaikuttaa merkittävästi alhaisemmilla tuulennopeuksilla ympäristössä havaittavaan melutasoon. Nordex N175/6.X MW 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.

Olemassa olevan Kaukasen tuulivoimapuiston melumallinnus tehtiin Vestas V162-6.2MW -laitosmallilla (LWA 104,8 + 2 dB (Uc)), jonka napakorkeutena mallinnuksessa oli 149 m. Tuohirämeen suunnitteilla olevan tuulivoimapuiston osalta voimalatyyppinä käytettiin samaa voimalatyyppiä kuin Linnanharjun tuulivoimapuistossa (Nordex N175/6.XMW). Kaukasen laajennuksen laitosmallia ei ole päätetty, joten laitosmallina käytettiin samaa voimalatyyppiä kuin Linnanharjun ja Tuohirämeen ja ympäristövaikutustenarvioinnoin yhteydessä tehdyssä meluselvityksessä (Nordex N163/6.XMW).

Taulukko 3. Linnanharjun tuulivoimalaitosten koordinaatit (ETRS-TM35FIN)

Tunnus	X	Y	Z
WTG 1	347928	7097244	46
WTG 2	349123	7097259	60
WTG 3	348458	7098154	51
WTG 4	348385	7098983	45
WTG 5	348258	7099715	47
WTG 6	347622	7099680	43
WTG 7	347718	7097888	48
WTG 8	347298	7098254	44
WTG 9	346647	7098527	47
WTG 10	346040	7098631	40
WTG 11	345762	7099206	35
WTG 12	346780	7101195	43
WTG 13	346422	7101663	44
WTG 14	346040	7102128	43
WTG 15	345025	7100983	31
WTG 16	343328	7100936	39
WTG 17	343576	7100369	42
WTG 18	343840	7099774	41
WTG 19	344300	7100772	32
WTG 20	344601	7099986	39
WTG 21	345337	7100451	32
WTG 22	346607	7100036	37
WTG 23	345372	7099626	35
WTG 24	346922	7099539	36

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.

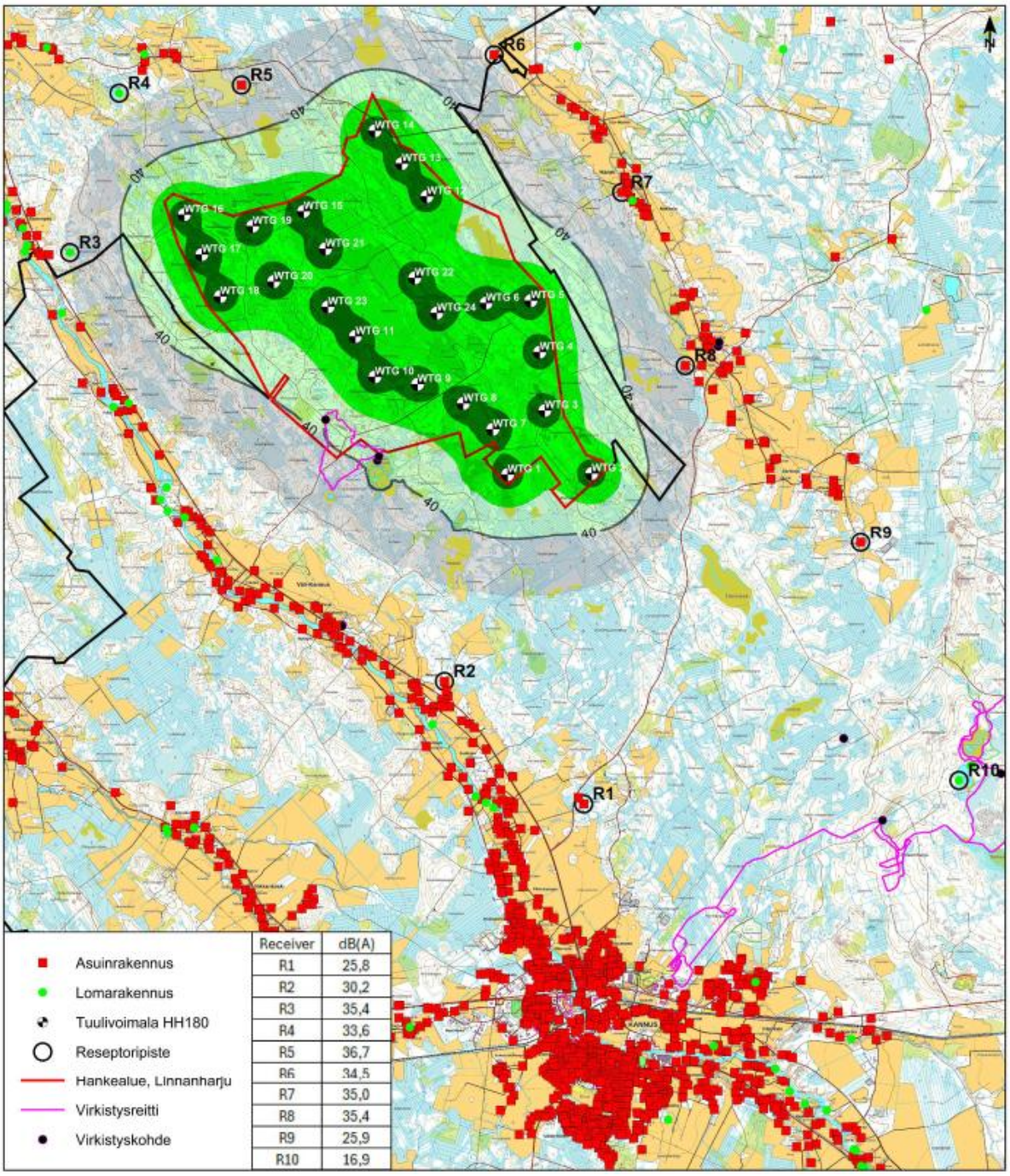
Melumallinnukset on tehty SoundPlan 9.0 -melulaskentaohjelmalla. SoundPlan -ohjelmistosta saa lisätietoa internet-sivustolta *www.soundplan.eu*.

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 laskentapisteiden 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 häiritsevyyskorjauksia.

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 Nordex N175/6.X MW -voimalaitoksesta käytössä olevia 1/3-oktaavikaistatietoja väliltä 20Hz – 200 Hz laitoksen suurimmalle ilmoitetulle äänitehotasolle, johon on lisätty + 1,5 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 ilmaääneneristävyysarvojen avulla. Ko. tutkimuksen tulokset on esitelty julkaisussa ”Building and Environment 156 (2019) 12–20”.

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



Receiver	dB(A)
R1	25,8
R2	30,2
R3	35,4
R4	33,6
R5	36,7
R6	34,5
R7	35,0
R8	35,4
R9	25,9
R10	16,9

Kuva 1. Reseptoripisteiden R1-R10 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) on Linnanharjun osalta esitetty liitteessä 3 ja yhteismallinnusten osalta liitteissä 4–8.

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 kuvassa 2 esitetyissä asuin- ja lomarakennusten reseptoripisteissä Linnanharjun voimaloiden osalta ja taulukoissa 5–9 yhteismallinnusten osalta.

Taulukko 4. Keskiäänitasot reseptoripisteissä, Linnanharjun tuulivoimapuisto

Reseptori	L_{Aeq}, dB
R1	25,8
R2	30,2
R3	35,4
R4	33,6
R5	36,7
R6	34,5
R7	35,0
R8	35,4
R9	25,9
R10	16,9

Taulukko 5. Yhteismallinnuksen keskiäänitasot Tuohirämeen kanssa reseptoripisteissä

Reseptori	L_{Aeq}, dB
R1	37,0
R2	37,0
R3	35,5
R4	33,8
R5	36,9
R6	34,7
R7	35,6
R8	37,4
R9	35,6
R10	30,9

Taulukko 6. Yhteismallinnuksen keskiäänitasot Tuohirämeen ja Kaukasen kanssa reseptoripisteissä

Reseptori	L_{Aeq}, dB
R1	37,0
R2	37,0
R3	35,5
R4	33,8
R5	36,9
R6	34,7
R7	35,7
R8	37,5
R9	37,2
R10	37,2

Taulukko 7. Yhteismallinnuksen keskiäänitasot Tuohirämeen, Kaukasen ja Kaukasen laajennuksen kanssa reseptoripisteissä

Reseptori	L_{Aeq}, dB
R1	37,1
R2	37,1
R3	35,5
R4	33,8
R5	36,9
R6	34,7
R7	35,8
R8	37,7
R9	38,9
R10	38,2

Taulukko 8. Yhteismallinnuksen keskiäänitasot Kaukasen kanssa reseptoripisteissä

Reseptori	L_{Aeq}, dB
R1	26,8
R2	30,4
R3	35,4
R4	33,6
R5	36,7
R6	34,5
R7	35,0
R8	35,5
R9	33,1
R10	36,1

Taulukko 9. Yhteismallinnuksen keskiäänitasot Kaukasen ja Kaukasen laajennuksen kanssa reseptoripisteissä

Reseptori	L_{Aeq}, dB
R1	27,5
R2	30,6
R3	35,4
R4	33,6
R5	36,7
R6	34,5
R7	35,2
R8	35,9
R9	36,6
R10	37,4

4.2 Pienitaajuinen melu

Pienitaajuisen melun tasot terssikaistoittain laskettiin kuvassa 1 esitettyihin reseptoripisteisiin R1–R10. Taajuuspainottamattomat melutasot sisällä ja ulkona on esitetty tarkemmin liitteessä 2.

Asumisterveysasetuksen 545/2015 mukaisiin pienitaajuisen melun yöajan toimenpiderajoihin verratessa, ulkovaipan vaadittavat äänitasoerot (ΔL) ovat Linnanharjun voimaloiden osalta välillä 40–200 Hz 4–8 dB.

Yhteismallinnuksen tilanteista suurimmat melutasot aiheuttavat Linnanharjun, suunnitellun Tuohirämeen, Kaukasen olemassa olevat sekä Kaukasen laajennuksen voimaloiden tilanne. Yöajan toimenpiderajoihin verratessa, ulkovaipalta vaadittavat äänitasoerot (ΔL) ovat tässä tilanteessa välillä 31,5–200 Hz 2–9 dB. Muissa yhteismallinnuksen tilanteissa vaadittavat äänitasoerot (ΔL) ovat samat kuin tässä tai alhaisemmat.

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

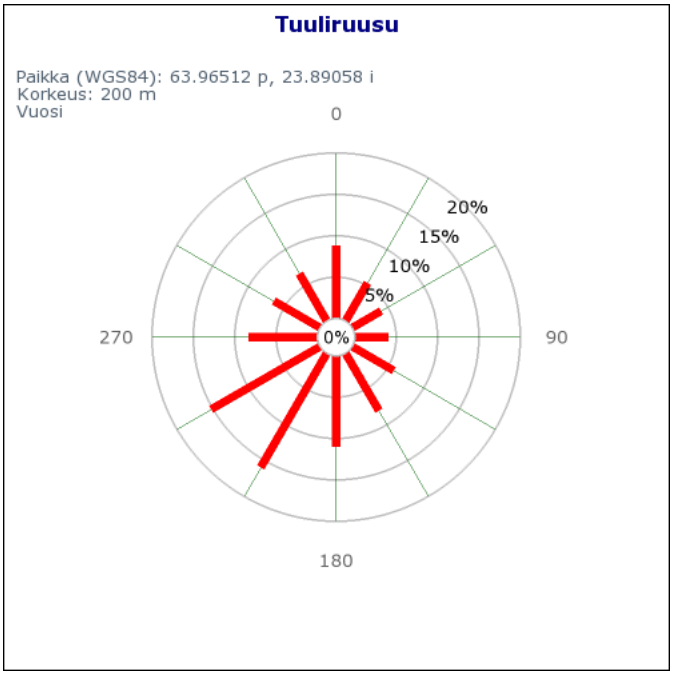
Valtioneuvoston asetuksessa 1107/2015 tuulivoimaloiden ulkomelutasoista ei mallinnusvaiheessa edellytetä korjauksia tai kannanottoa mahdollisesta impulssimaisuudesta tai kapeakaistaisuudesta. Mahdollinen häiritsevyyskorjaus +5 dB tehdään valvonnan yhteydessä tehtävään mittaustulokseen, mikäli melun todetaan 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 tutkituilla voimalaitoksella suurin äänitehotaso saavutetaan 6 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 äänekkäintä mahdollista tilannetta.



Kuva 6. Tuuliruusu Suomen Tuuliatlaksesta

Tuulennopeuden lisäksi myös tuulensuunta vaikuttaa melun leviämiseen. Linnanharjun 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 + 1,5 dB epävarmuus.

Mallinnusten mukaan yhdenkään asuin- tai lomarakennuksen osalta ei ylitetä 40 dB ohjearvoa yhdenkään mallinnustilanteen osalta.

Valtioneuvoston asetuksessa velvoitetaan 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 LAeq 1h 25 dB.

Laatija: Viivi Nieminen, Ramboll Finland Oy
Päivämäärä: 31/08/2026

Hankevastaava: Winda Energy Oy
Hankealue: Linnanharju

Mallinnusohjelman tiedot

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

Tuulivoimaloiden perustiedot ja akustiset tiedot

Nordex N163/6.X, Clean blade

Tuulivoimalan valmistaja:	Tyyppi:	Sarjanumero:	
Nordex	N175/6.X	-	
Nimellisteho:	Napakorkeus:	Roottorin halkaisija:	Tornin tyyppi:
6,X MW	180 m	max. 200 m	Putkitorni

Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun

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

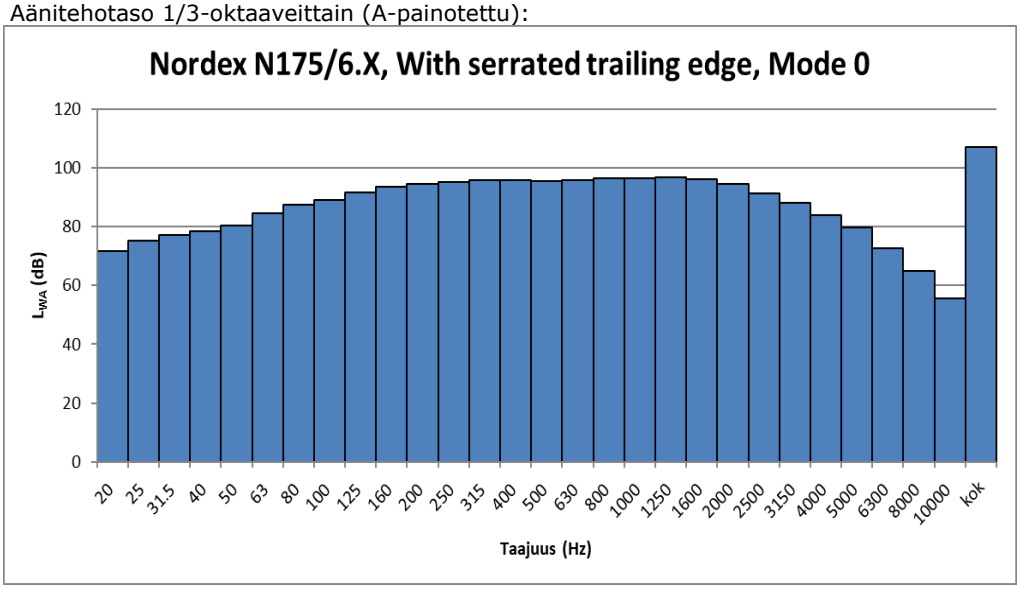
Äänitehotaso L_{WA} tuulennopeudella >6 m/s (10 m korkeudella maanpinnasta):

106,9 dB ☐ Takuuarvo

Suurin äänitehotaso L_{WA}:

106,9 dB + 1,5 dB (Uc) ☑ Takuuarvo Mode 0 (with serrated trailing edge)

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:	Laskentaruudukon koko:
4 metriä	20*20 metriä

Sääolosuhteet

Suhteellinen kosteus:	Lämpötila:
70 %	15 °C

Maastomalli

Maastomallin lähde:	Vaakaresoluutio:	Pystyresoluutio:
Maanmittauslaitos, Maastotietokanta	2,0 m	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

Pienitaajuinen melu sisätiloissa Linnaharju

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	48	45	40	35	31	29	25	20	16	10	3
R2	51	48	43	38	34	32	29	24	19	14	8
R3	54	51	46	41	37	35	32	27	23	18	12
R4	53	50	45	40	36	34	31	26	22	16	11
R5	55	52	47	42	38	37	33	28	24	19	13
R6	54	50	46	41	37	35	32	27	23	17	12
R7	54	51	46	41	37	35	32	27	23	18	12
R8	54	51	46	41	37	36	32	27	23	18	12
R9	48	45	41	35	31	30	26	21	16	10	4
R10	45	42	37	32	28	26	22	17	12	5	-2
Asumisterveysohje	**74**	**64**	**56**	**49**	**44**	**42**	**40**	**38**	**36**	**34**	**32**

Pienitaajuinen melu ulkotiloissa Linnaharju

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	56	53	49	45	42	42	40	37	35	31	26
R2	59	56	52	48	46	45	43	40	38	35	30
R3	62	59	55	51	49	48	47	44	42	39	35
R4	61	58	54	50	48	47	46	43	41	38	33
R5	63	60	56	53	50	50	48	45	43	40	36
R6	61	59	55	51	49	48	47	44	42	39	34
R7	62	59	55	51	49	48	47	44	42	39	35
R8	62	59	56	52	49	49	47	44	42	39	35
R9	56	53	50	46	43	43	41	38	35	32	27
R10	53	50	46	42	39	39	37	33	31	26	21
Asumisterveysohje	**74**	**64**	**56**	**49**	**44**	**42**	**40**	**38**	**36**	**34**	**32**
Vaadittava ääneneristävyys korkeimmillaan	-11	-4	0	4	6	8	8	7	7	6	4
Ääneneristävyysarvot (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 Linnanharju ja Tuohiräme

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	56	52	48	43	39	37	34	29	25	19	14
R2	56	53	48	43	39	37	34	29	25	20	14
R3	54	51	47	42	38	36	32	27	23	18	12
R4	54	50	46	41	37	35	31	26	22	17	11
R5	56	52	48	43	39	37	33	29	25	19	13
R6	55	51	47	42	38	36	32	27	23	18	12
R7	55	52	47	42	38	37	33	28	24	18	13
R8	57	53	49	44	40	38	34	30	26	20	14
R9	55	52	47	42	38	36	33	28	24	18	13
R10	52	49	44	39	35	33	30	25	21	15	9
Asumisterveysohje	**74**	**64**	**56**	**49**	**44**	**42**	**40**	**38**	**36**	**34**	**32**

Pienitaajuinen melu ulkotiloissa Linnanharju ja Tuohiräme

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	63	61	57	53	50	50	48	46	44	40	36
R2	64	61	57	54	51	50	49	46	44	41	37
R3	62	59	56	52	49	49	47	44	42	39	35
R4	61	58	55	51	48	48	46	43	41	38	34
R5	63	60	57	53	50	50	48	45	43	40	36
R6	62	59	56	52	49	49	47	44	42	39	35
R7	63	60	56	53	50	50	48	45	43	40	35
R8	64	62	58	54	51	51	49	46	44	41	37
R9	63	60	56	52	50	49	48	45	43	40	35
R10	60	57	53	50	47	46	45	42	39	36	32
Asumisterveysohje	**74**	**64**	**56**	**49**	**44**	**42**	**40**	**38**	**36**	**34**	**32**
Vaadittava ääneneristävyys korkeimmillaan	-10	-2	2	5	7	9	9	8	8	7	5
Ääneneristävyysarvot (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 Linnanharju, Tuohiräme ja Kaukanen (8kpl)

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	56	52	48	43	39	37	34	29	25	19	14
R2	56	53	48	43	39	38	34	29	25	20	14
R3	54	51	47	42	38	36	32	27	23	18	12
R4	54	50	46	41	37	35	31	26	22	17	11
R5	56	52	48	43	39	37	33	29	25	19	13
R6	55	51	47	42	38	36	32	27	23	18	12
R7	55	52	47	42	38	37	33	28	24	19	13
R8	57	53	49	44	40	38	34	30	26	20	14
R9	55	52	47	42	38	36	33	28	24	18	13
R10	52	49	44	39	35	34	30	25	21	15	9
Asumisterveysohje	**74**	**64**	**56**	**49**	**44**	**42**	**40**	**38**	**36**	**34**	**32**

Pienitaajuinen melu ulkotiloissa Linnanharju, Tuohiräme ja Kaukanen (8kpl)

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	63	61	57	53	50	50	48	46	44	41	36
R2	64	61	57	54	51	51	49	46	44	41	37
R3	62	59	56	52	49	49	47	44	42	39	35
R4	61	58	55	51	48	48	46	43	41	38	34
R5	63	60	57	53	50	50	48	45	43	40	36
R6	62	59	56	52	49	49	47	44	42	39	35
R7	63	60	56	53	50	50	48	45	43	40	35
R8	64	62	58	54	51	51	49	46	44	41	37
R9	63	60	56	52	50	49	48	45	43	40	35
R10	60	57	54	50	47	47	45	42	40	36	32
Asumisterveysohje	**74**	**64**	**56**	**49**	**44**	**42**	**40**	**38**	**36**	**34**	**32**
Vaadittava ääneneristävyys korkeimmillaan	-10	-2	2	5	7	9	9	8	8	7	5
Ääneneristävyysarvot (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 Linnanharju, Tuohiräme, Kaukanen (8kpl) ja Kaukasen laajennus

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	56	52	48	43	39	37	34	29	25	19	14
R2	56	53	48	43	39	38	34	29	25	20	14
R3	54	51	47	42	38	36	32	27	23	18	12
R4	54	50	46	41	37	35	31	26	22	17	11
R5	56	52	48	43	39	37	33	29	25	19	13
R6	55	51	47	42	38	36	32	27	23	18	12
R7	55	52	47	42	38	37	33	28	24	19	13
R8	57	53	49	44	40	38	34	30	26	20	14
R9	55	52	47	42	38	36	33	28	24	18	13
R10	52	49	44	39	35	34	30	25	21	15	9
Asumisterveysohje	**74**	**64**	**56**	**49**	**44**	**42**	**40**	**38**	**36**	**34**	**32**

Pienitaajuinen melu ulkotiloissa Linnanharju, Tuohiräme, Kaukanen (8kpl) ja Kaukasen laajennus

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	63	61	57	53	51	50	49	46	44	41	36
R2	64	61	58	54	51	51	49	46	44	41	37
R3	62	59	56	52	49	49	47	44	42	39	35
R4	61	58	55	51	48	48	46	43	41	38	34
R5	63	60	57	53	50	50	48	45	43	40	36
R6	62	59	56	52	49	49	47	44	42	39	35
R7	63	60	56	53	50	50	48	45	43	40	35
R8	64	62	58	54	51	51	49	46	44	41	37
R9	63	60	56	52	50	49	48	45	43	40	35
R10	60	57	54	50	47	47	45	42	40	36	32
Asumisterveysohje	**74**	**64**	**56**	**49**	**44**	**42**	**40**	**38**	**36**	**34**	**32**
Vaadittava ääneneristävyys korkeimmillaan	-10	-2	2	5	7	9	9	8	8	7	5
Ääneneristävyysarvot (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 Linnanharju ja Kaukanen (8kpl)

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	48	45	40	35	31	30	26	21	16	10	4
R2	51	48	43	38	34	32	29	24	20	14	8
R3	54	51	46	41	37	35	32	27	23	18	12
R4	53	50	45	40	36	34	31	26	22	16	11
R5	55	52	47	42	38	37	33	28	24	19	13
R6	54	50	46	41	37	35	32	27	23	17	12
R7	54	51	46	41	37	35	32	27	23	18	12
R8	54	51	46	41	37	36	32	27	23	18	12
R9	49	45	41	36	32	30	26	21	17	11	4
R10	45	42	37	32	28	26	22	17	12	6	-1
Asumisterveysohje	**74**	**64**	**56**	**49**	**44**	**42**	**40**	**38**	**36**	**34**	**32**

Pienitaajuinen melu ulkotiloissa Linnanharju ja Kaukanen (8kpl)

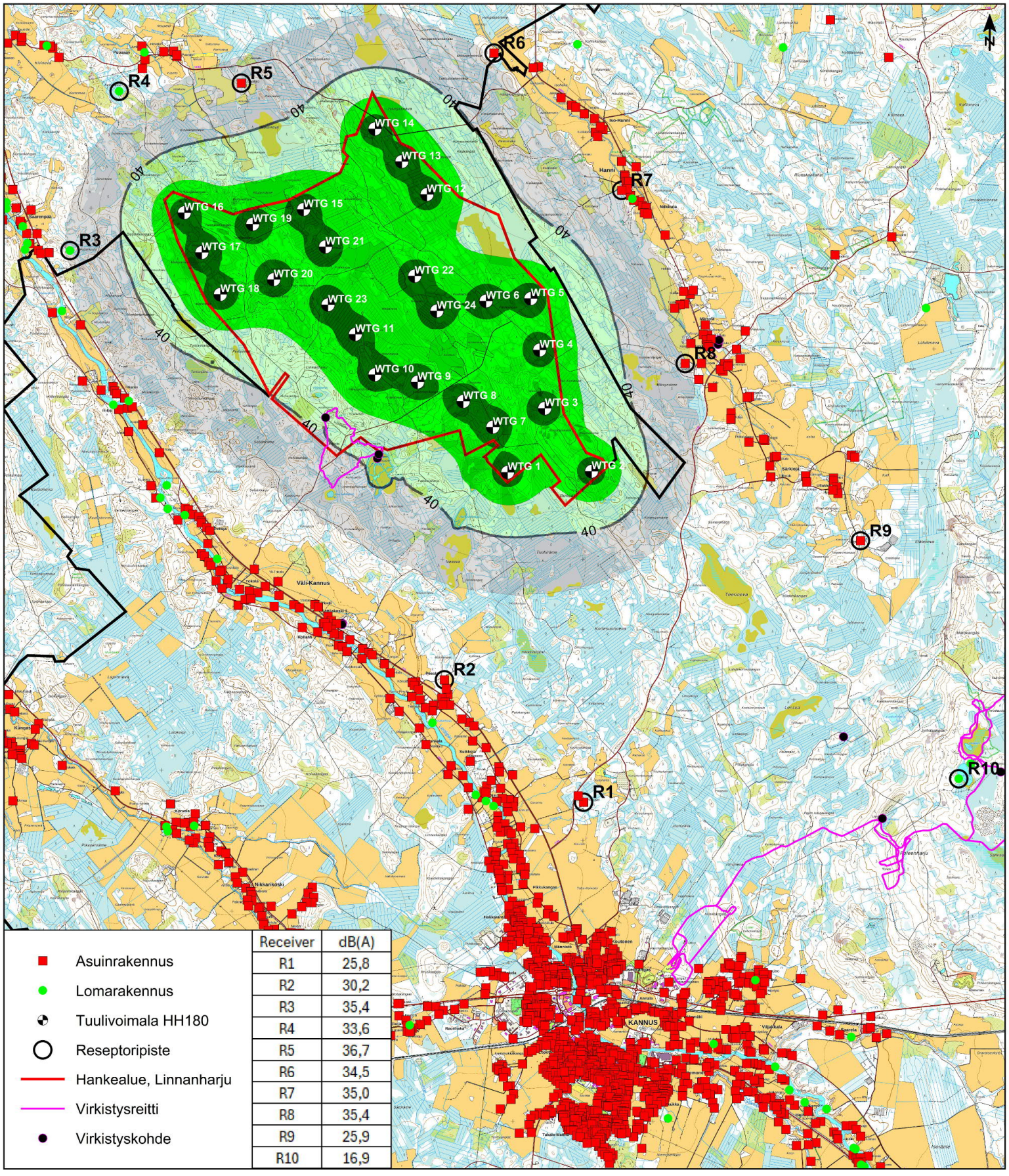
Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	56	53	49	46	43	43	41	38	35	31	27
R2	59	56	52	48	46	45	44	41	38	35	31
R3	62	59	55	51	49	48	47	44	42	39	35
R4	61	58	54	50	48	47	46	43	41	38	33
R5	63	60	56	53	50	50	48	45	43	40	36
R6	61	59	55	51	49	48	47	44	42	39	34
R7	62	59	55	51	49	48	47	44	42	39	35
R8	62	59	56	52	49	49	47	44	42	39	35
R9	56	53	50	46	43	43	41	38	35	32	27
R10	53	50	46	42	40	39	37	34	31	27	22
Asumisterveysohje	**74**	**64**	**56**	**49**	**44**	**42**	**40**	**38**	**36**	**34**	**32**
Vaadittava ääneneristävyys korkeimmillaan	-11	-4	0	4	6	8	8	7	7	6	4
Ääneneristävyysarvot (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 Linnanharju, Kaukanen (8kpl) ja Kaukasen laajennus

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	49	45	41	36	32	30	26	21	17	11	4
R2	52	48	44	39	35	33	29	24	20	14	8
R3	54	51	46	41	37	35	32	27	23	18	12
R4	53	50	45	40	36	34	31	26	22	16	11
R5	55	52	47	42	38	37	33	28	24	19	13
R6	54	50	46	41	37	35	32	27	23	17	12
R7	54	51	46	41	37	35	32	27	23	18	12
R8	54	51	46	41	37	36	32	27	23	18	12
R9	49	45	41	36	32	30	26	21	17	11	4
R10	45	42	37	32	28	26	22	17	12	6	-1
Asumisterveysohje	**74**	**64**	**56**	**49**	**44**	**42**	**40**	**38**	**36**	**34**	**32**

Pienitaajuinen melu ulkotiloissa Linnanharju, Kaukanen (8kpl) ja Kaukasen laajennus

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	56	54	50	46	44	43	41	38	36	32	27
R2	59	57	53	49	46	46	44	41	39	35	31
R3	62	59	55	51	49	48	47	44	42	39	35
R4	61	58	54	50	48	47	46	43	41	38	33
R5	63	60	56	53	50	50	48	45	43	40	36
R6	61	59	55	51	49	48	47	44	42	39	34
R7	62	59	55	51	49	48	47	44	42	39	35
R8	62	59	56	52	49	49	47	44	42	39	35
R9	56	53	50	46	43	43	41	38	35	32	27
R10	53	50	46	42	40	39	37	34	31	27	22
Asumisterveysohje	**74**	**64**	**56**	**49**	**44**	**42**	**40**	**38**	**36**	**34**	**32**
Vaadittava ääneneristävyys korkeimmillaan	-11	-4	0	4	6	8	8	7	7	6	4
Ääneneristävyysarvot (äänitasoero ΔL)	7,6	8,3	9,2	10,3	11,5	13	14,8	16,8	18,8	21,1	22,8



Receiver	dB(A)
R1	25,8
R2	30,2
R3	35,4
R4	33,6
R5	36,7
R6	34,5
R7	35,0
R8	35,4
R9	25,9
R10	16,9

RAMBØLL

Linnanharju
melumallinnus

Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus +4m

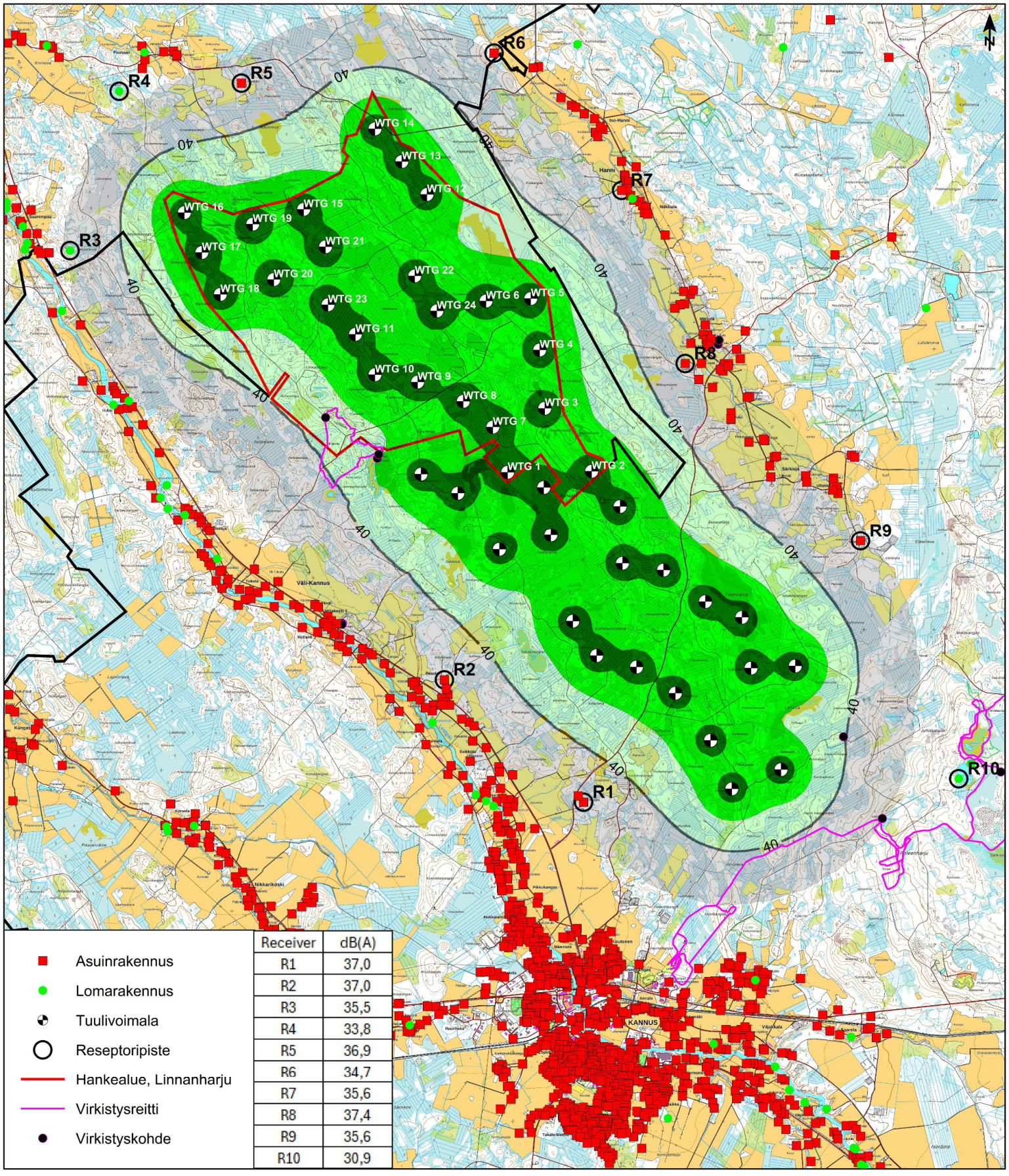
Linnanharju
Nordex N175/6.x
-HH = 180m
-L_{WA} = 106,9 dB (With STE) +1,5 dB Uc

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

Mittakaava/skala (A3) 1:50000
0 800 1600 2400 3200 m

11/08/2026 VINIE

Liite 3



Receiver	dB(A)
R1	37,0
R2	37,0
R3	35,5
R4	33,8
R5	36,9
R6	34,7
R7	35,6
R8	37,4
R9	35,6
R10	30,9

RAMBØLL

Linnanharju
melumallinnus

Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus +4m

Linnanharju/ Tuohiräme
Nordex N175/6.x
-HH = 180 m/ 195 m
-L_{WA} = 106,9 dB (With STE) +1,5 dB Uc

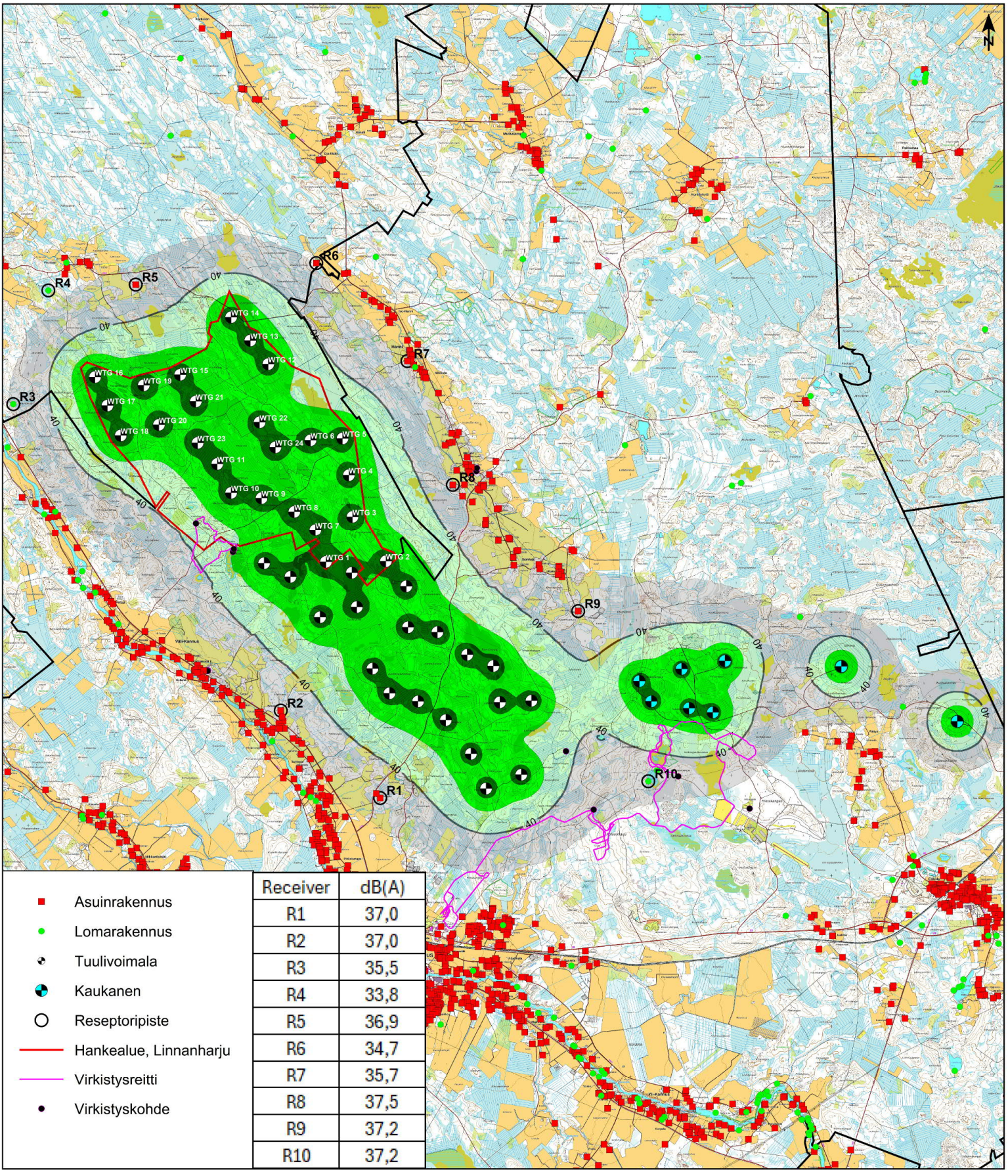
Äänitaso dB(A)

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

Mittakaava/skala (A3) 1:50000
0 800 1600 2400 3200 m

11/08/2026 VINIE

Liite 4



Receiver	dB(A)
R1	37,0
R2	37,0
R3	35,5
R4	33,8
R5	36,9
R6	34,7
R7	35,7
R8	37,5
R9	37,2
R10	37,2

RAMBØLL

Linnanharju
melumallinnus

Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus +4m

Linnanharju/ Tuohiräme
Nordex N175/6.x
-HH = 180 m/ 195 m
-L_{WA} = 106,9 dB (With STE) + 1,5 dB Uc

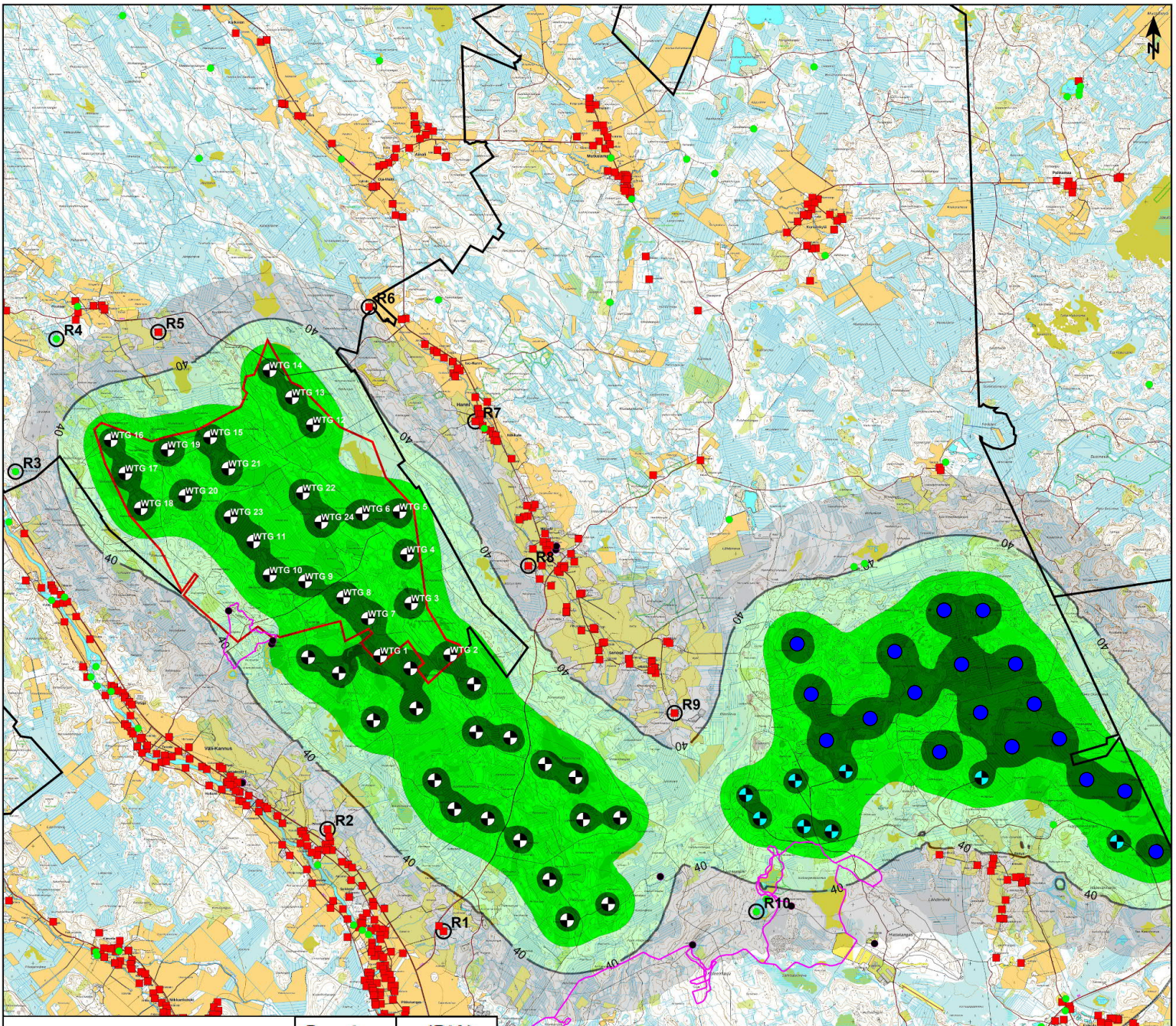
Kaukanen 8kpl
-HH = 149 m
-L_{WA} = 104,8 dB + 2 dB Uc

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

Mittakaava/skala (A3) 1:70000
0 1500 3000 4500 6000 m

11/08/2026 VINIE

Liite 5



Receiver	dB(A)
R1	37,1
R2	37,1
R3	35,5
R4	33,8
R5	36,9
R6	34,7
R7	35,8
R8	37,7
R9	38,9
R10	38,2

- Asuinrakennus
- Lomarakennus
- Tuulivoimala
- Kaukanen
- Kaukasen laajennus
- Reseptoripiste
- Hankealue, Linnanharju
- Virkistysreitti
- Virkistyskohde

RAMBØLL

Linnanharju
melumallinnus

Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus +4m

Linnanharju/ Tuohiräme
Nordex N175/6.x
-HH = 180 m/ 195 m
-L_{WA} = 106,9 dB (With STE) + 1,5 dB Uc

Kaukanen 8kpl
-HH = 149 m
-L_{WA} = 104,8 dB + 2 dB Uc

Kaukasen laajennus
-HH = 195 m
-L_{WA} = 108,6 dB + 2 dB Uc

Äänitaso dB(A)

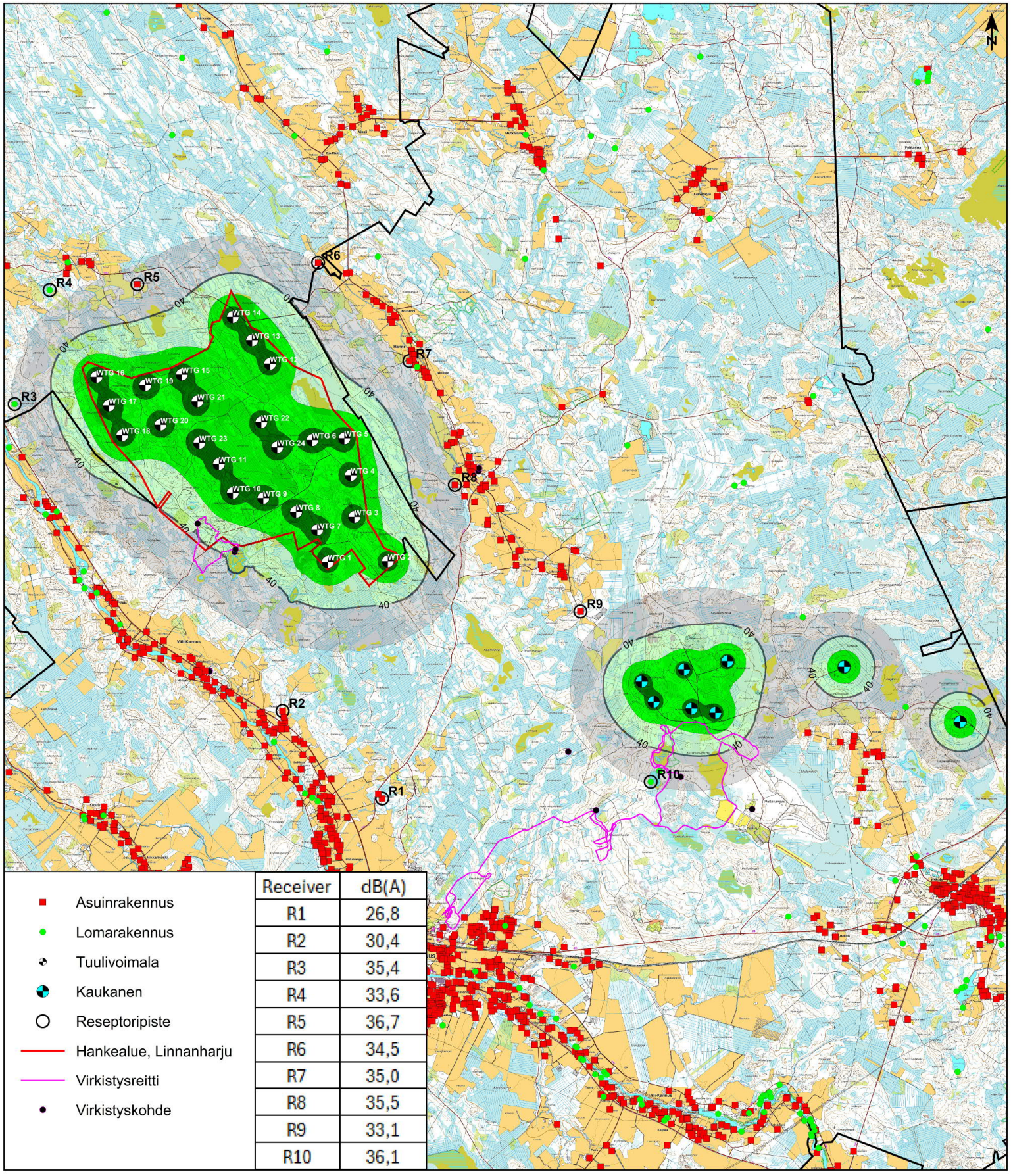
50 <	
45 <	<= 50
40 <	<= 45
35 <	<= 40
	<= 35

Mittakaava/skala (A3) 1:70000

0 1500 3000 4500 6000 m

11/08/2026 VINIE

Liite 6



Asuinrakennus
Lomarakennus
Tuulivoimala
Kaukanen
Reseptoripiste
Hankealue, Linnanharju
Virkistysreitti
Virkistyskohde

Receiver	dB(A)
R1	26,8
R2	30,4
R3	35,4
R4	33,6
R5	36,7
R6	34,5
R7	35,0
R8	35,5
R9	33,1
R10	36,1

RAMBØLL

Linnanharju
melumallinnus

Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus +4m

Linnanharju
Nordex N175/6.x
-HH = 180 m
-L_{WA} = 106,9 dB (With STE) + 1,5 dB Uc

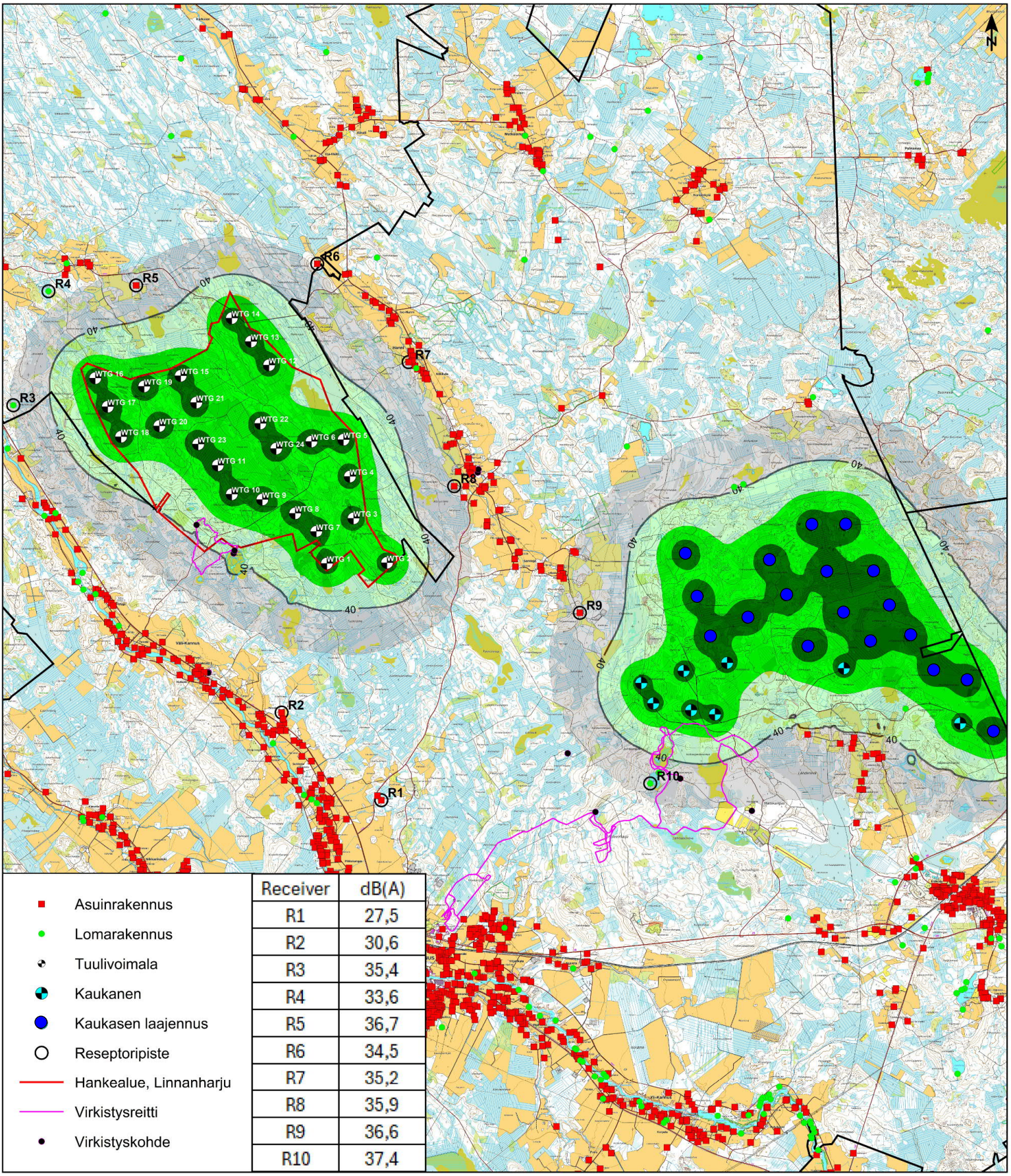
Kaukanen 8kpl
-HH = 149 m
-L_{WA} = 104,8 dB + 2 dB Uc

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

Mittakaava/skala (A3) 1:70000
0 1500 3000 4500 6000 m

11/08/2026 VINIE

Liite 7



Receiver	dB(A)
R1	27,5
R2	30,6
R3	35,4
R4	33,6
R5	36,7
R6	34,5
R7	35,2
R8	35,9
R9	36,6
R10	37,4

Asuinrakennus
Lomarakennus
Tuulivoimala
Kaukanen
Kaukasen laajennus
Reseptoripiste
Hankealue, Linnanharju
Virkistysreitti
Virkistyskohde

RAMBØLL

Linnanharju
melumallinnus

Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus +4m

Linnanharju/ Tuohiräme
Nordex N175/6.x
-HH = 180 m/ 195 m
-L_{WA} = 106,9 dB (With STE) + 1,5 dB Uc

Kaukanen 8kpl
-HH = 149 m
-L_{WA} = 104,8 dB + 2 dB Uc

Kaukasen laajennus
-HH = 195 m
-L_{WA} = 108,6 dB + 2 dB Uc

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

Mittakaava/skala (A3) 1:70000
0 1500 3000 4500 6000 m

11/08/2026 VINIE

Liite 8