

Vastaanottaja  
Prokon Wind Energy Finland Oy

Asiakirjatyyppi  
Raportti

Päivämäärä  
7.11.2024

Viite  
1510064983-004

# PIENI -PALJAKAN TUULIVOIMAHANKE MELUMALLINNUS

Päivämäärä 7.11.2024  
Laatija Ville Virtanen  
Tarkastaja Jari Hosiokangas

Tuulivoimahankkeen meluselvitys

Sisältää Maanmittauslaitoksen Maastotietokannan 10/2022  
aineistoa.

Viite 1510064983-004

## 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	11
5.	TULOSTEN TULKINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET	13
5.1	Melun erityispiirteet ja häiritsevyysskorjaukset	13
5.2	Alueen tuuliolosuhteet ja niiden vaikutukset meluun	13
5.3	Melutasot verrattuna ohjearvoihin	13

## LIITTEET

Liite 1	Laskentaparametrit ja tuulivoimaloiden akustiset tiedot
Liite 2	YVA VE1 meluvyöhykkeet, äänitehotaso 106,4 dB + 2 dB Uc, HH 200
Liite 3	YVA VE2 meluvyöhykkeet, äänitehotaso 106,4 dB + 2 dB Uc, HH 200
Liite 4	Kaavaehdotusvaiheen meluvyöhykkeet, Ristijärvi – Puolanka, äänitehotaso 106,4 dB + 2 dB Uc, HH 200
Liite 5	Kaavaehdotusvaiheen meluvyöhykkeet, Puolanka, äänitehotaso 106,4 dB + 2 dB Uc, HH 200
Liite 6	Kaavaehdotusvaiheen meluvyöhykkeet, Ristijärvi, äänitehotaso 106,4 dB + 2 dB Uc, HH 200

## 1. YLEISTÄ

Prokon Wind Energy Finland Oy suunnittelee tuulivoimapuiston rakentamista Pieni-Paljakan alueelle Paltamoon. Tässä selvityksessä on mallinnettu tuulivoimalaitosten aiheuttamat melutasot ympäristössä kaavoitusta 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 Prokon Wind Energy Finland 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 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 pienitaajuuden sisämelun toimenpiderajat terssikaistoittain (Asumisterveysasetus). Päiväaikana sallitaan 5 dB suurempia arvoja.

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

### 3. MELUMALLINNUKSEN TIEDOT

#### 3.1 Tuulivoimalatiedot

Melumallinnukset tehtiin Nordex N163/6.XMW 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. Pienitaajuuden melun laskenta tehtiin laitosmallin ilmoitettuihin 1/3 –oktaavikaista tietoihin perustuen.

Melutasot mallinnettiin käyttäen tilaajan toimittaman voimalaitoksen Nordex N163/6.XMW –errated trailing edge -mallille annettuja lähtöarvoja. Tilaajan toiveesta mallinnuksessa käytettiin melupäästöarvoa  $L_{WA}$  106,4 dB tuulennopeuden ollessa >7m/s 10 m korkeudella maanpinnasta (lähde: F008\_277\_A17\_EN, Rev. 03 (2021-12-10)), joka tällä tuulivoimamallilla saavutetaan moodilla 1. 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 ja 10 m/s ko. 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 tavanomainen mittauksen kokonaisepävarmuustaso ( $U_c$ ).

Tuulivoimalaitoksen äänitehotaso muuttuu tuulennopeuden muuttuessa, joka vaikuttaa merkittävästi alhaisemmillä tuulennopeuksilla ympäristössä havaittavaan melutasoon. Nordex N163/6.XMW tuulivoimalaitosta voidaan ajaa myös eri melunrajoitusmodeilla. Melun tuoton rajoittaminen vaikuttaa myös sähkön tuottoon.

Mallinnuksessa käytetyt voimalaitosten koordinaatit on esitetty taulukossa 3 ympäristönvaikutusten arviointivaiheen osalta ja taulukossa 4 kaavaehdotusvaiheen osalta taulukossa 4. Z-koordinaatti kertoo maaston korkeuden metreissä merenpinnan yläpuolella tuulivoimalan suunnitellulla sijaintipaikalla.

Taulukko 3. Pieni-Paljakan tuulivoimalaitosten koordinaatit ympäristönvaikutusten arviointivaiheessa (ETRS-TM35FIN)

Tunnus	X	Y	Z	Vaihtoehto
PPP01	549543	7166004	267	VE1/VE2
PPP02	550445	7166321	252	VE1/VE2
PPP03	549262	7166567	294	VE1/VE2
PPP04	550192	7167093	270	VE1/VE2
PPP05	551415	7167215	274	VE1/VE2
PPP06	551854	7167842	284	VE1/VE2
PPP07	549248	7167314	323	VE1
PPP08	549820	7167948	344	VE1
PPP09	550352	7168413	315	VE1

Taulukko 4. Pieni-Paljakan tuulivoimalaitosten koordinaatit kaavaehdotusvaiheessa (ETRS-TM35FIN)

Tunnus	X	Y	Z	Kunta
WTG 01	549507	7165824	259	Ristijärvi
WTG 02	550419	7166316	253	Ristijärvi
WTG 03	551367	7166943	259	Ristijärvi
WTG 04	551504	7167692	300	Ristijärvi
WTG 05	549923	7166581	275	Ristijärvi
WTG 06	549977	7167259	292	Ristijärvi
WTG 07	549259	7166827	306	Ristijärvi
WTG 08	549287	7167632	325	Puolanka
WTG 09	549946	7168121	336	Puolanka

### 3.2 Melulaskenta

Melumallinnus tehtiin Ympäristöministeriön hallinnon ohjeita 2/2014 "Tuulivoimaloiden melun mallintaminen" raportin mukaisilla laskentaparametreilla. Koska kyseessä on kaavoitusta varten tehty selvitys, on meluvyöhykkeiden mallinnuksessa käytetty ISO 9613-2-laskentamallia.

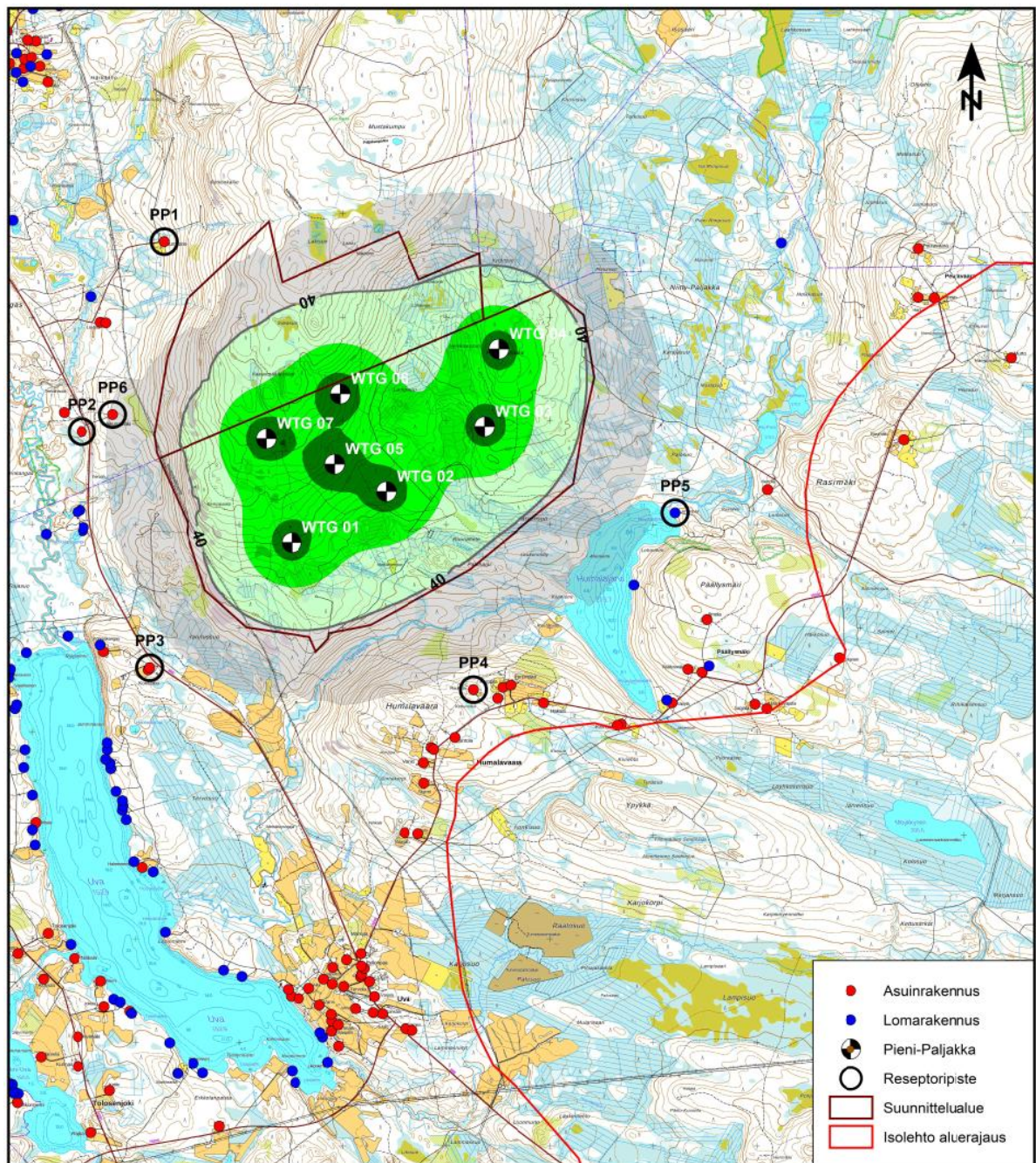
Melumallinnukset on tehty SoundPlan 9.0 -melulaskentaohjelmalla. SoundPlan -ohjelmistosta saa lisätietoa internet-sivustolta [www.soundplan.eu](http://www.soundplan.eu).

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 asuintalojen kohdalle sijoitettuihin reseptoripisteisiin. Reseptoripisteiden sijainnit on esitetty kuvassa 1 ja laskentatulokset taulukossa 4. Taulukossa ja melukartoissa esitetyt melutasot ovat suoraan mallinnuksen tuloksia, eikä niihin ole lisätty mitään mahdollisia häiritsevyysskorjauksia.

Pienitaajuisen melun tarkastelu tehtiin soveltaen DSO 1284 mukaista menetelmää YM:n ohjeen 2/2014 mukaisesti. Pienitaajuisen melun ulko- ja sisämeluntasoa (Leq) tarkasteltiin tuulivoimaloita lähinnä sijaitsevan asuintalon kohdalla olevassa reseptoripisteessä. Melupäästötietoina käytettiin laitospinnan Nordex N163/5.X MW -voimalaitoksesta käytössä olevia 1/3-oktaavikaistatietoja väliltä 20Hz – 200 Hz laitoksen suurimmalle ilmoitetulle äänitehotasolle, johon on lisätty + 2 dB epävarmuus. 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 PP1-PP6 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 osan kolmen kilometrin etäisyydellä laitoksista sijaitsevien asuintalojen ja loma-asuntojen välinen maanpinnan korkeusero on yli 60 metriä. Tämä huomioitiin Ympäristöministeriön ohjeen (2/2014) mukaisesti näiden rakennusten reseptoripistelaskennoissa lisäämällä +2 dB tuulivoimaloiden melupäästöihin.

## 4. TULOKSET

- 4.1 Mallinnustulokset ympäristövaikutusten arviointivaiheessa  
Mallinnuksen laskennalliset meluvyöhykkeet (A-painotettu keskiäänitaso) on esitetty liitteissä 2 ja 3.

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

Taulukossa 5 on esitetty Pieni-Paljakan vaihtoehdon 1 reseptoripistekohtaiset melutasot sekä niissä huomioitu korkeuserokorjaus. Taulukossa 6 on esitetty vastaavat Pieni-Paljakan vaihtoehdon 2 osalta.

Taulukko 5. A-painotetut VE1 melutasot reseptoripisteissä (ulkomelutaso)

Re-ceiver	Voimalaitokset, joissa melupäästön korjaus (+2dB) korkeuseron perusteella	Ei korjattu, L <sub>Aeq</sub> (dB)	Korjaus tehty, L <sub>Aeq</sub> (dB)	Korjauksen vaikutus, L <sub>Aeq</sub> (dB)
PP1	PPP03, PPP04, PPP07, PPP08, PPP09	34,8	36,6	1,8
PP2	PPP01, PPP03, PPP04, PPP07, PPP08	35,1	36,9	1,8
PP3	PPP01, PPP03, PPP07	33,6	34,9	1,3
PP4	-	33,7	-	-
PP5	PPP06	33,8	34,3	0,5

Taulukko 6. A-painotetut VE2 melutasot reseptoripisteissä (ulkomelutaso)

Re-ceiver	Voimalaitokset, joissa melupäästön korjaus (+2dB) korkeuseron perusteella	Ei korjattu, L <sub>Aeq</sub> (dB)	Korjaus tehty, L <sub>Aeq</sub> (dB)	Korjauksen vaikutus, L <sub>Aeq</sub> (dB)
PP1	PPP03, PPP04	29,2	30,6	1,4
PP2	PPP01, PPP03, PPP04	32,7	34,5	1,8
PP3	PPP01, PPP03	32,6	34,0	1,4
PP4	-	33,0	-	-
PP5	PPP06	33,1	33,7	0,6

Mallinnusten mukaan kummankaan vaihtoehdon osalta ei ylitetä ohjearvoa 40 dB. Myöskään yhdenkään vakituisen asuintalon tai loma-asunnon osalta ei ylitetä 40 dB, kun huomioidaan >60m korkeuseron +2dB korjaus.

- 4.2 Mallinnustulokset kaavaehdotusvaiheessa  
Mallinnuksen laskennalliset meluvyöhykkeet (A-painotettu keskiäänitaso) on esitetty liitteissä 4-6.

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

Taulukoissa 7-9 on esitetty Pieni-Paljakan reseptoripistekohtaiset melutasot sekä niissä huomioitu korkeuserokorjaus.



Taulukko 7. A-painotetut melutasot reseptoripisteissä, Ristijärvi+Puolakka (ulkomelutaso)

Reseptori piste	Voimalaitokset, joissa melupäästön korjaus (+2dB) korkeuseron perusteella	Ei korjattu, L <sub>Aeq</sub> (dB)	Korjaus tehty, L <sub>Aeq</sub> (dB)	Korjauksen vaikutus, L <sub>Aeq</sub> (dB)
PP1	5, 6, 7, 8, 9	35,2	37,0	1,8
PP2	1, 2, 5, 6, 7, 8, 9	35,3	37,2	1,9
PP3	1, 5, 7	34,0	35,4	1,4
PP4	-	34,2	-	-
PP5	4	33,9	34,3	0,4
PP6	1, 5, 6, 7, 8, 9	36,9	38,8	1,9

Taulukko 7. A-painotetut melutasot reseptoripisteissä Ristijärvi (ulkomelutaso)

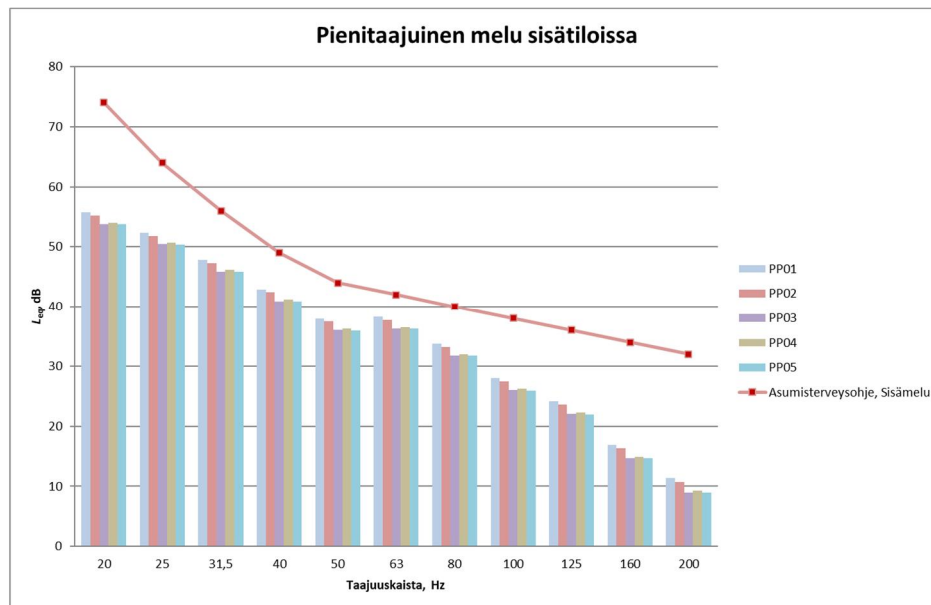
Reseptori piste	Voimalaitokset, joissa melupäästön korjaus (+2dB) korkeuseron perusteella	Ei korjattu, L <sub>Aeq</sub> (dB)	Korjaus tehty, L <sub>Aeq</sub> (dB)	Korjauksen vaikutus, L <sub>Aeq</sub> (dB)
PP1	5, 6, 7,	30,3	31,9	1,6
PP2	1, 2, 5, 6, 7	33,7	35,6	1,9
PP3	1, 5, 7	33,5	35,0	1,5
PP4	-	33,8	-	-
PP5	4	33,4	33,9	0,5
PP6	1, 5, 6, 7	35,2	37,1	1,9

Taulukko 7. A-painotetut melutasot reseptoripisteissä, Puolakka (ulkomelutaso)

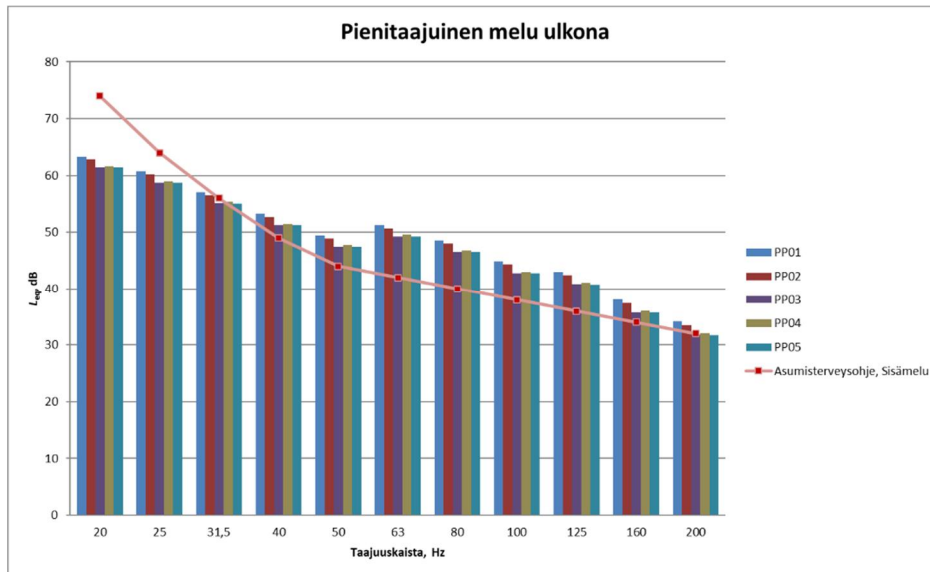
Reseptori piste	Voimalaitokset, joissa melupäästön korjaus (+2dB) korkeuseron perusteella	Ei korjattu, L <sub>Aeq</sub> (dB)	Korjaus tehty, L <sub>Aeq</sub> (dB)	Korjauksen vaikutus, L <sub>Aeq</sub> (dB)
PP1	8, 9	33,4	35,4	2,0
PP2	8, 9	30,0	32,0	2,0
PP3	-	24,7	-	-
PP4	-	23,6	-	-
PP5	-	23,5	-	-
PP6	8, 9	32,1	34,0	1,9

Mallinnusten mukaan ohjearvoa 40 dB ei ylitetä yhdessäkään tarkastellussa vaiheessa. Myöskään yhdenkään vakituisen asuintalon tai loma-asunnon osalta ei ylitetä 40 dB, kun huomioidaan >60m korkeuseron +2dB korjaus.

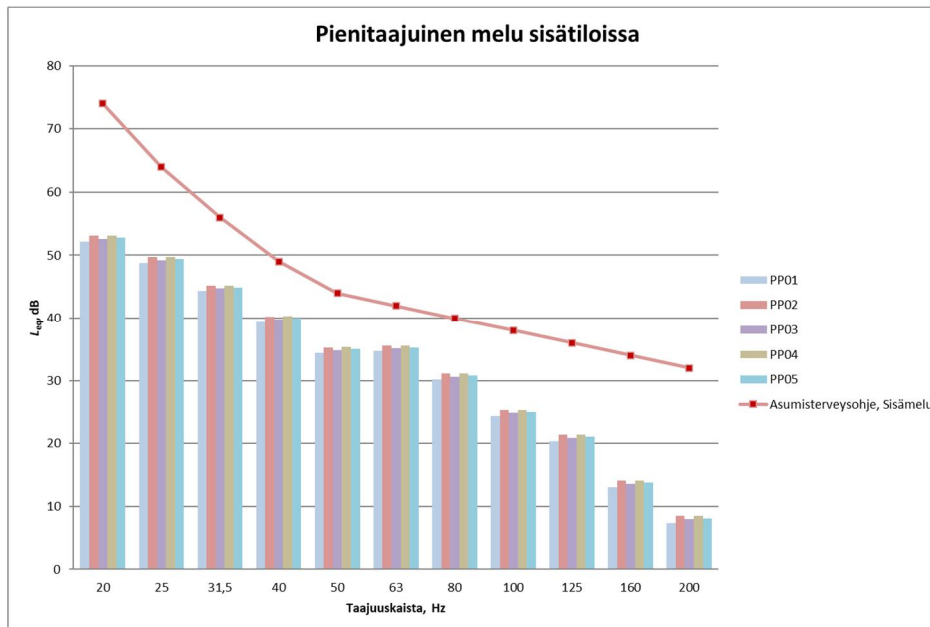
- 4.3 Pienitaajuinen melu ympäristönvaikutusten arviointivaiheessa  
Pienitaajuisen melun tasot terssikaistoittain laskettiin kuvassa 1 esitettyihin reseptoripisteisiin PP1–PP5. Taajuuspainottamattomat melutasot sisällä ja ulkona on esitetty kuvissa 2 ja 3 Pieni-Paljakan vaihtoehdolle VE1 ja kuvissa 4 ja 5 vaihtoehdolle VE2.



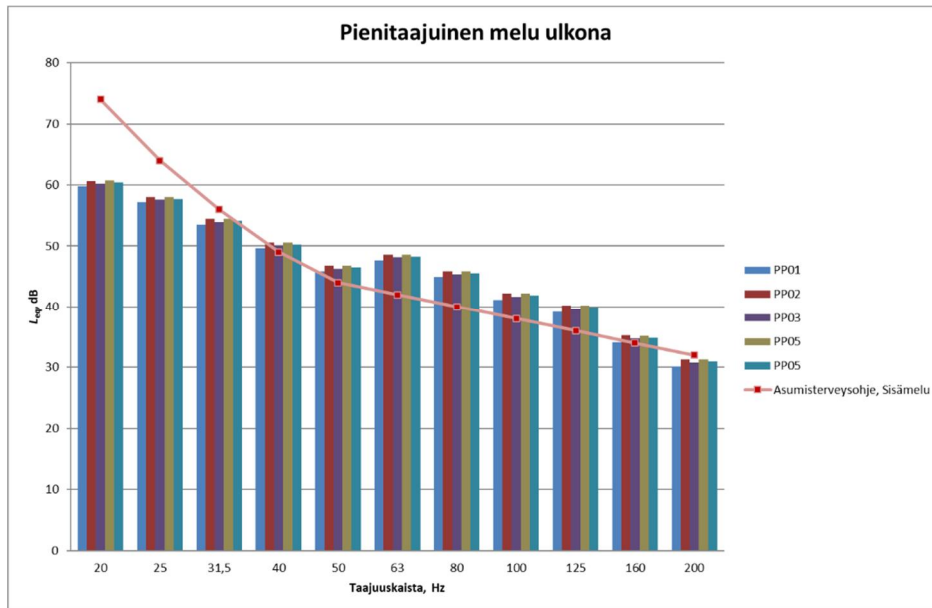
Kuva 2. VE1 pienitaajuisen sisämelun laskentatulokset reseptoripisteissä



Kuva 3. VE1 pienitaajuinen ulkomelun laskentatulokset reseptoripisteissä



Kuva 4. VE2 pienitaajuinen sisämelun laskentatulokset reseptoripisteissä

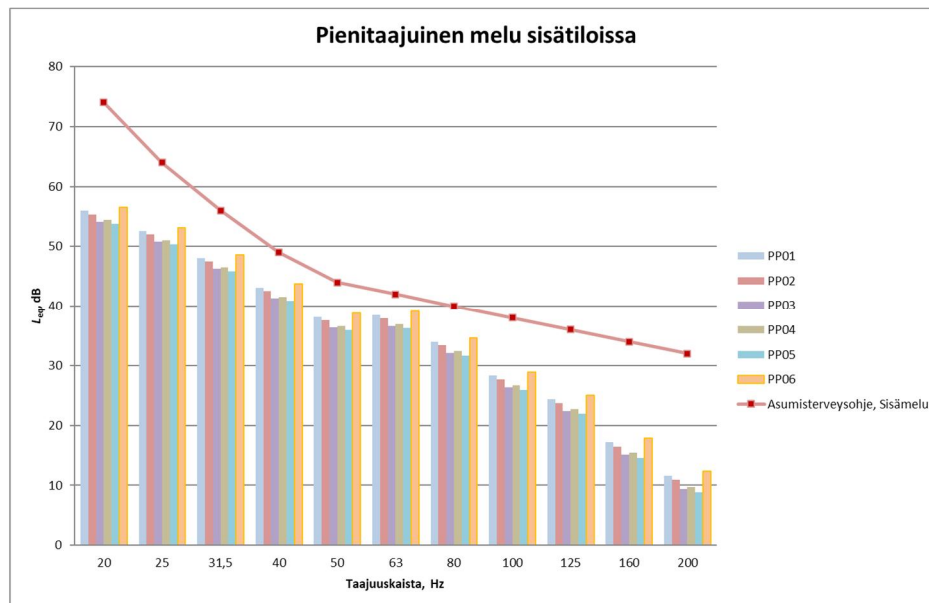


Kuva 5. VE2 pienitaajuisten ulkomelun laskentatulokset reseptoripisteissä

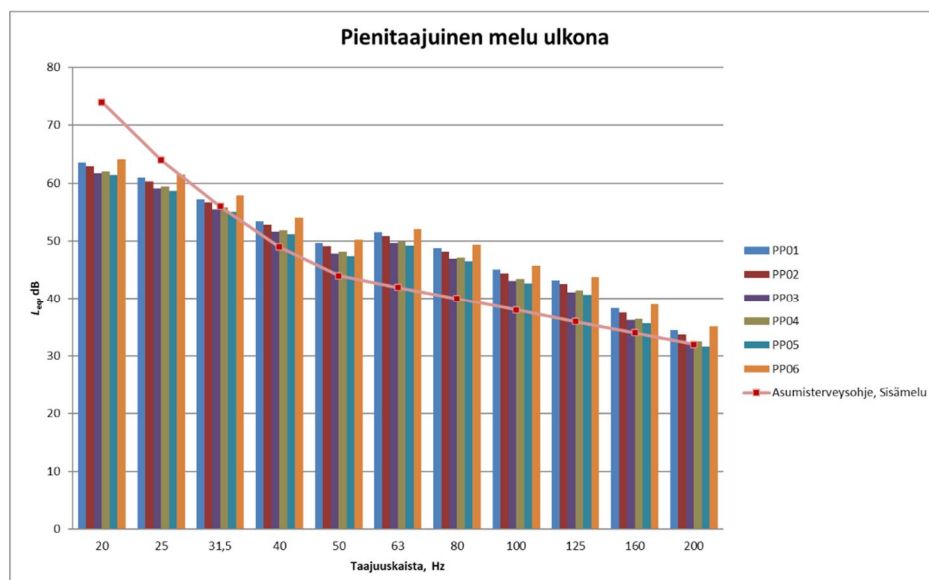
Verrattaessa laskentatuloksia Asumisterveysasetuksen 545/2015 mukaisiin pienitaajuisten melun yöajan toimenpiderajoihin, ulkovaipalta vaadittavat äänitasoerot ( $\Delta L$ ) välillä 40–200 Hz ovat 1–9 dB vaihtoehdossa VE1 ja 1–7 vaihtoehdossa VE2. Taajuuskaistoilla 20 ja 25 Hz jo ulkotilaan lasketut pienitaajuisten melun tasot alittavat sisätilojen toimenpiderajat.

#### 4.4 Pienitaajuinen melu kaavaehdotusvaiheessa

Pienitaajuisten melun tasot terssikaistoittain laskettiin kuvassa 1 esitettyihin reseptoripisteisiin PP1–PP6. Taajuuspainottamattomat melutasot sisällä ja ulkona on esitetty kuvissa 6 ja 7 Ristijärven ja Puolangan voimalaitosten osalta.



Kuva 6. Pienitaajuisen sisämelun laskentatulokset reseptoripisteissä



Kuva 7. Pienitaajuisen ulkomelun laskentatulokset reseptoripisteissä

Verrattaessa laskentatuloksia Asumisterveysasetuksen 545/2015 mukaisiin pienitaajuisen melun yöajan toimenpiderajoihin, ulkovaipalta vaadittavat äänitasoerot ( $\Delta L$ ) välillä 31,5–200 Hz ovat 1–10 dB. Taajuuskaistoilla 20 ja 25 Hz jo ulkotilaan lasketut pienitaajuisen melun tasot alittavat sisätilojen toimenpiderajat.

Koska toimenpiderajat alittuvat Ristijärven ja Puolangan voimaloiden yhteisvaikutuksesta, alittuvat ne myös huomioitaessa vain joko Ristijärven tai Puolangan voimalaitokset.

Turun ammattikorkeakoulun tutkimuksen mukaiset ääneneristävyysarvot (äänitasoero  $\Delta L$ ) kuvaavat tilastollista estimaattia ilmastääneneristyskyvystä, 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 ilmastääneneristys riittää vaimentamaan tuulivoimalaitosten pienitaajuisen melun toimenpiderajojen alle. 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 häiritsevyysskorjaukset

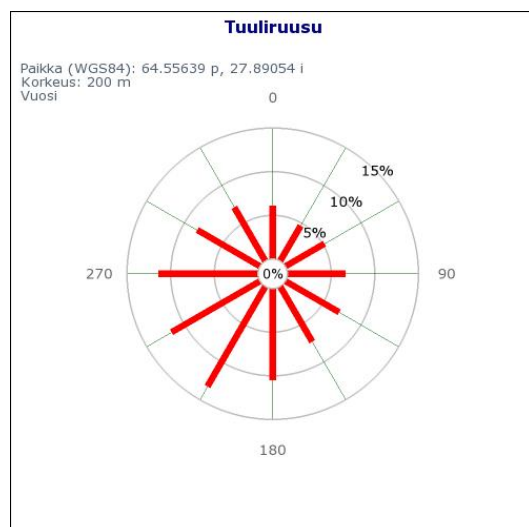
Valtioneuvoston asetuksessa 1107/2015 tuulivoimaloiden ulkomelutasoista ei mallinnusvaiheessa edellytetä korjauksia tai kannanottoa mahdollisesta impulssimaisuudesta tai kapeakaistaisuudesta. Mahdollinen häiritsevyysskorjaus +5 dB tehdään valvonnan yhteydessä tehtävään mittaustulokseen, mikäli melun 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 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. Pieni-Paljakan tuulipuiston hankealueella vallitseva tuulensuunta on lounaasta. Tällöin mallinnuksen mukaisia melutasoja voi esiintyä useimmin voimaloiden koillispuolella. Myös etelä-länsituulet ovat tuuliruusun perusteella yleisiä.

### 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 ympäristönvaikutusten arviointivaiheen kummankaan vaihtoehdon osalta ei ylitetä 40 dB yhdenkään asuin- tai lomarakennuksen osalta. Myöskään yhdenkään vakituisen asuintalon tai loma-asunnon osalta ei ylitetä 40 dB, kun huomioidaan >60m korkeuseron +2dB korjaus. Retkeilyreitit (UKK) ja näkötornin osalta ylitetään virkistysalueiden päiväajan ulkomelutaso 45 dB.

Kaavaehdotusvaiheen mallinnusten mukaan ei ylitetä 40 dB yhdenkään asuin- tai lomarakennuksen kohdalla. Myöskään yhdenkään vakituisen asuintalon tai loma-asunnon osalta ei ylitetä 40 dB, kun huomioidaan >60m korkeuseron +2 dB korjaus. Retkeilyreitit (UKK) ja näkötornin osalta allitetaan virkistysalueiden päiväajan ulkomelutaso 45 dB.

Pieni-Paljakan tuulivoima-alueen kaakkoispuolelle on suunnitteilla ABO Wind Oy:n Isolehdon tuulivoimahanke. Hankkeen osalta alustavia voimalapaikkoja ei ole tiedossa, joten yhteisvaikutusta ei voi tutkia mallintamalla. Tiedossa on kuitenkin kaavarajaus, jonka pohjalta ABO Wind on sitoutunut rajaamaan 40 dB melualueen. Tämän perusteella voidaan arvioida, että yhteisvaikutuksen osalta melutasot eivät ylitä melun ohjearvoja yhdenkään Pieni-Paljakan ympäristön asuin- tai lomarakennuksen osalta.

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

Sisätiloihin arvioidut (ulkoseinän ääneneristävyys Turun ammattikorkeakoulun tutkimuksen arvojen mukaisesti) pienitaajuisen melun tasot alittavat sisätiloihin annetut 545/2015 mukaiset toimenpiderajat alitetaan jokaisen ympäristön asuin- ja lomarakennuksen osalta.

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

Laatija: Ville Virtanen, Ramboll Finland Oy  
 Päivämäärä: 4/1/2024

Hankevastaava: Prokon Wind Energy Finland Oy  
 Hankealue: Pieni-Paljakkä

## Mallinnusohjelman tiedot

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

## Tuulivoimaloiden perustiedot ja akustiset tiedot

Nordex N163/6.X, Serrated Trailing Edge

Tuulivoimalan valmistaja:	Tyyppi:	Sarjanumero:	
Nordex	N163/6.X	-	
Nimellisteho:	Napakorkeus:	Roottorin halkaisija:	Tornin tyyppi:
6,X MW	200 m	163 m	Putkitorni

Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun

Lapakulman säätö:	Pyörimisnopeus:	Muu, mikä:
<input type="checkbox"/> Kyllä	<input type="checkbox"/> Kyllä	Noise modes 1-18
<input type="checkbox"/> Ei	<input type="checkbox"/> Ei	
<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	

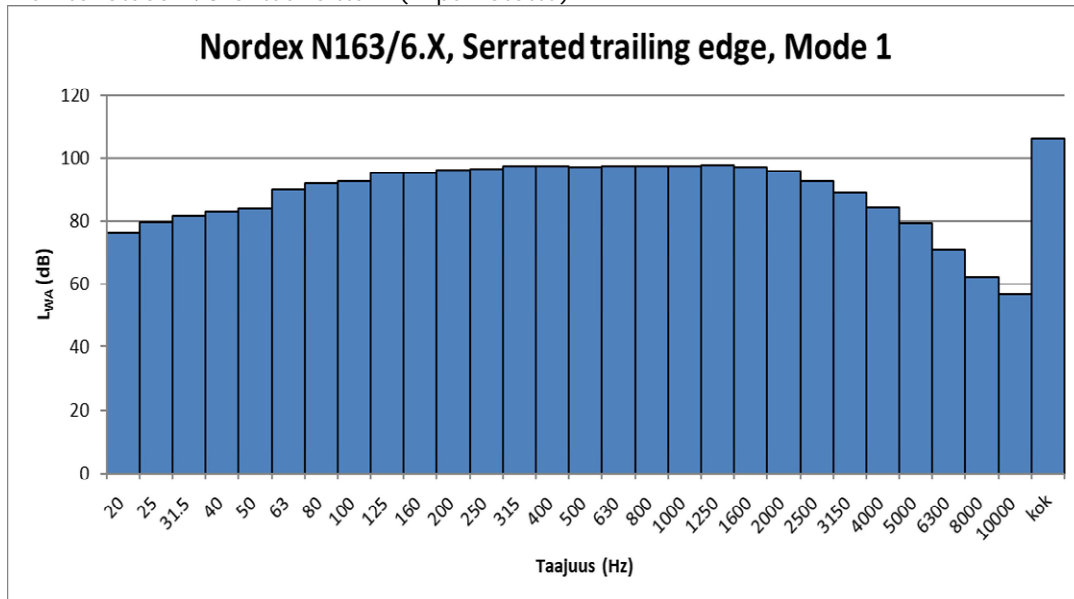
Äänitehotaso  $L_{WA}$  tuulennopeudella >6 m/s (10 m korkeudella maanpinnasta):

106,4  Takuuarvo

Suurin äänitehotaso  $L_{WA}$ :

106,4 dB + 2 dB (Uc)  Takuuarvo Mode 1 (serrated trailing edge)

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



Melun erityspiirteiden mittaust ja havainnot:

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



## Laskennan lähtötiedot

Laskentaverkko

Laskentakorkeus:

4 metriä

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:

1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9

Maan- ja vedenpinnan absorptio ja heijastukset, käytetyt kertoimet

Vesialueet 0 akustisesti kova pinta

Maa-alueet 0,4 akustisesti puolikova pinta

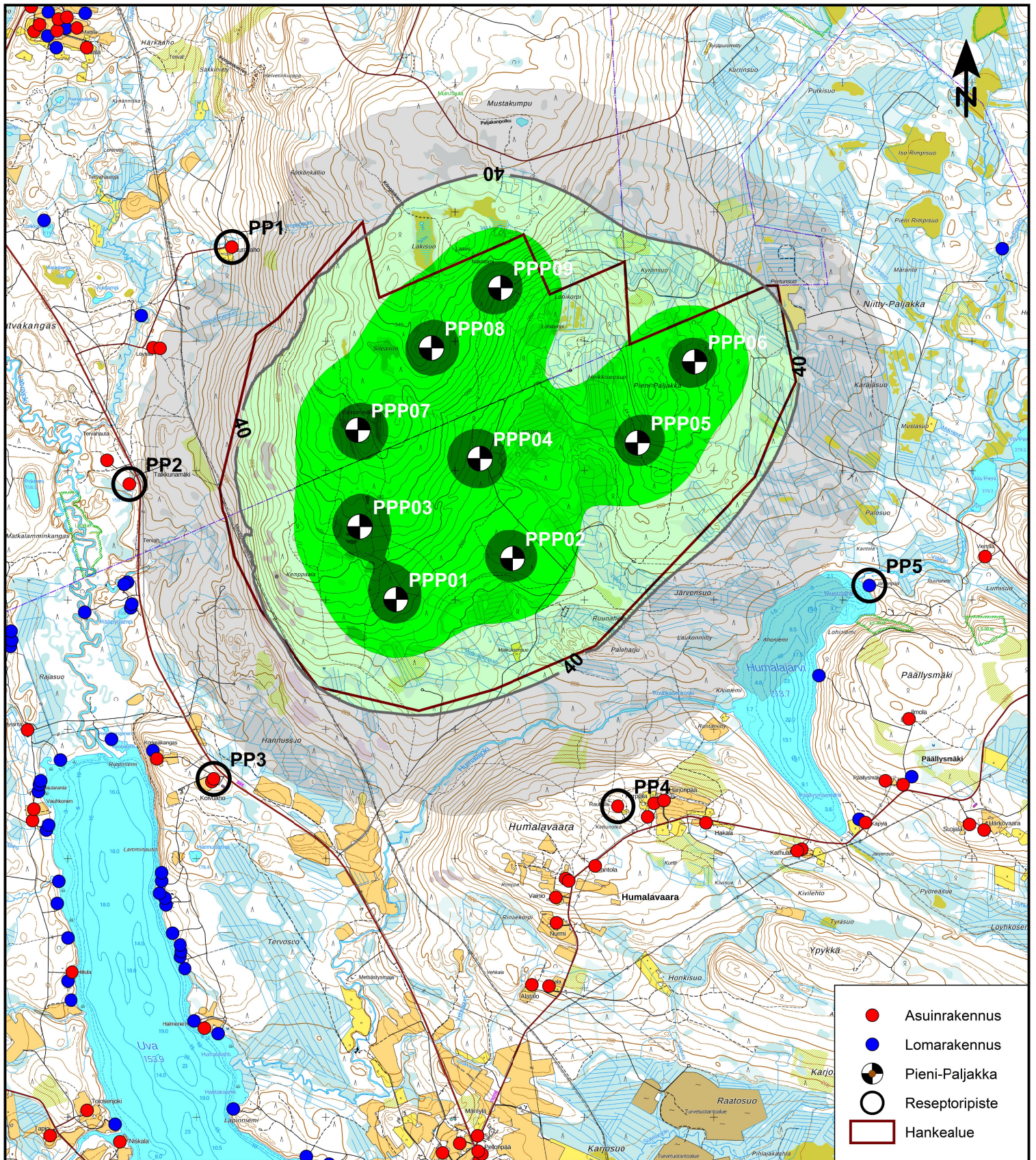
Ilmakehän stabiilius laskennassa/meteorologinen korjaus

Neutraali 0 neutraali - stabiili sääolosuhde

Voimalan äänen suuntaavuus ja vaimentuminen

Vapaa avaruus

Muu



**RAMBOLL**

**PROKON Wind Energy Finland Oy**

**Pieni-Palj akka**

**Meluvyöhykkeet  $L_{Aeq}$**

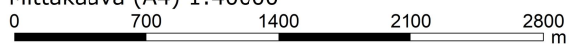
Laskentamalli ISO 9613-2  
Laskentakorkeus 4 m

**Pieni-Palj akka VE1**  
Nordex N163/6.X, with STE, mode 1  
-HH 200 m  
- $L_{WA}$  106,4dB + 2 dB (Uc)

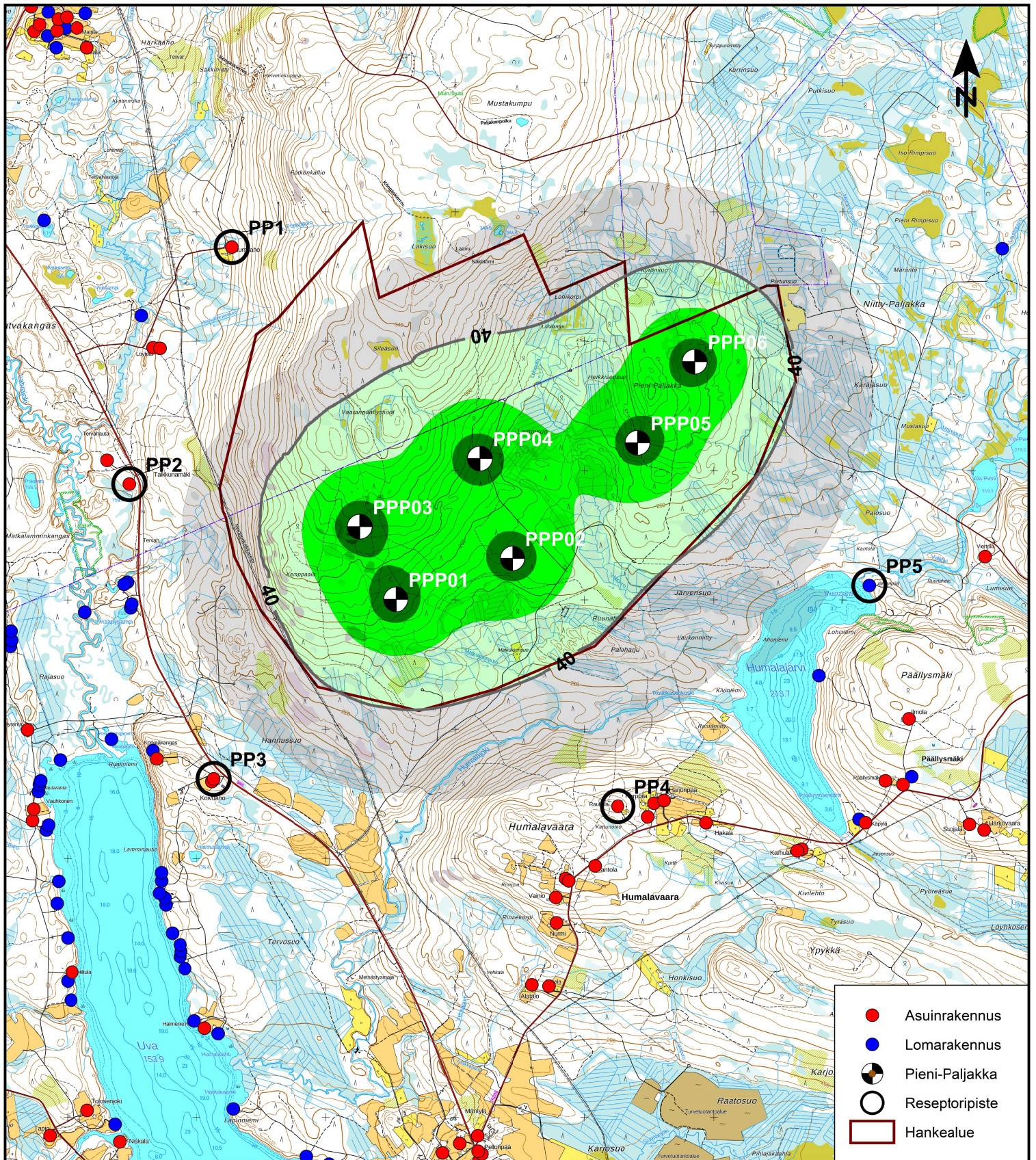
**Äänitaso  
dB(A)**

50 <	≤ 50
45 <	≤ 45
40 <	≤ 40
35 <	≤ 35

Mittakaava (A4) 1:40000



31/10/2022 VV



**RAMBOLL**

**PROKON Wind Energy Finland Oy**

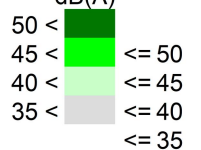
**Pieni-Palj akka**

**Meluvyöhykkeet  $L_{Aeq}$**

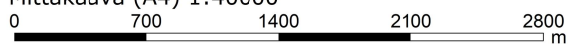
Laskentamalli ISO 9613-2  
Laskentakorkeus 4 m

Pieni-Palj akka VE2  
Nordex N163/6.X, with STE, mode 1  
-HH 200 m  
- $L_{WA}$  106,4dB + 2 dB (Uc)

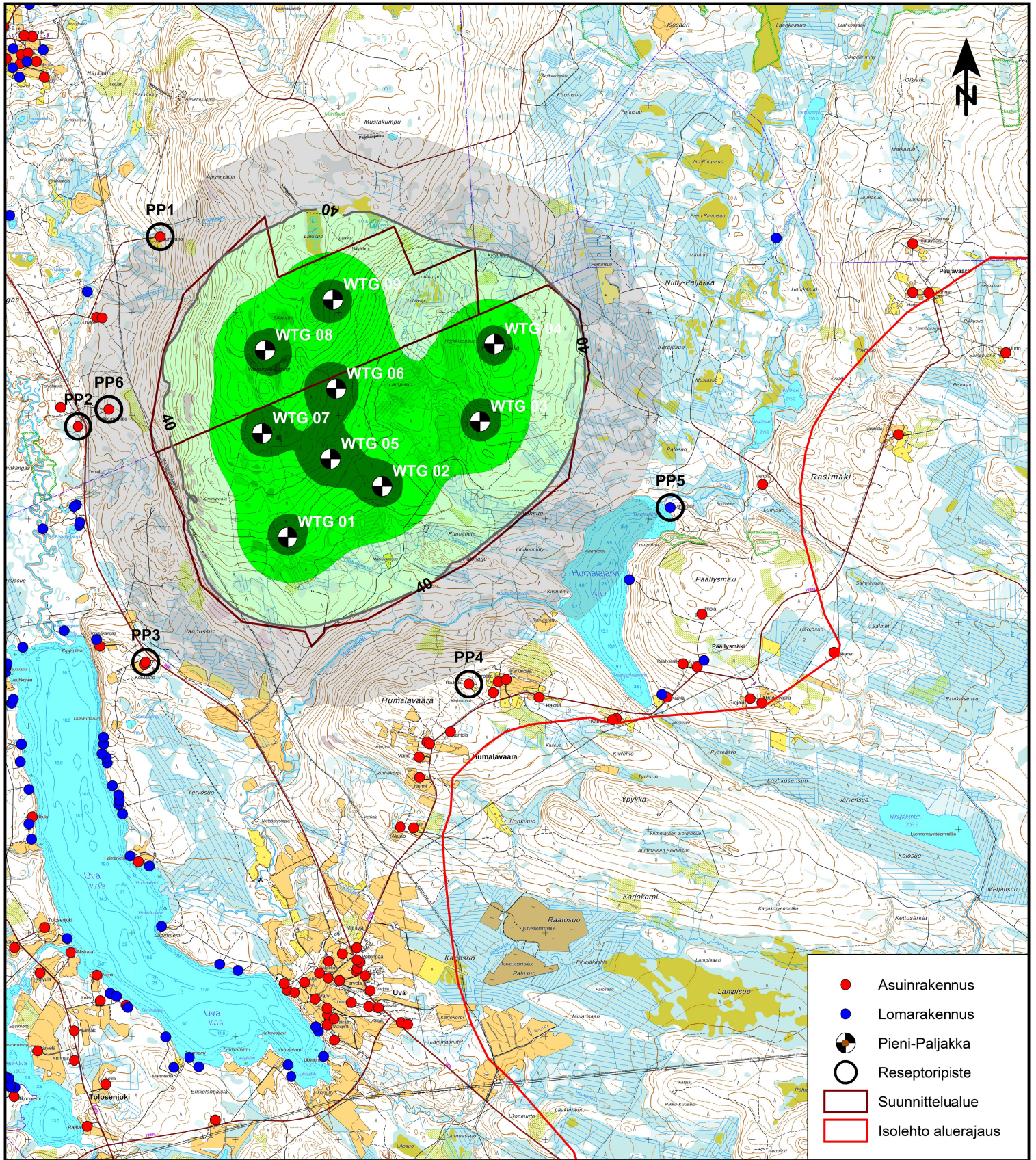
**Äänitaso  
dB(A)**



Mittakaava (A4) 1:40000



31/10/2022 VV



**RAMBOLL**

**PROKON Wind Energy Finland Oy**

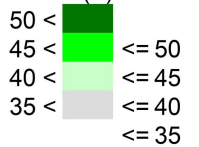
**Pieni-Palj akka**

Meluvyöhykkeet L<sub>Aeq</sub>

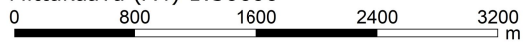
Laskentamalli ISO 9613-2  
Laskentakorkeus 4 m

Puolanka - Ristijärvi  
Nordex N163/6.X, with STE, mode 1  
-HH 200 m  
-L<sub>WA</sub> 106,4dB + 2 dB (Uc)

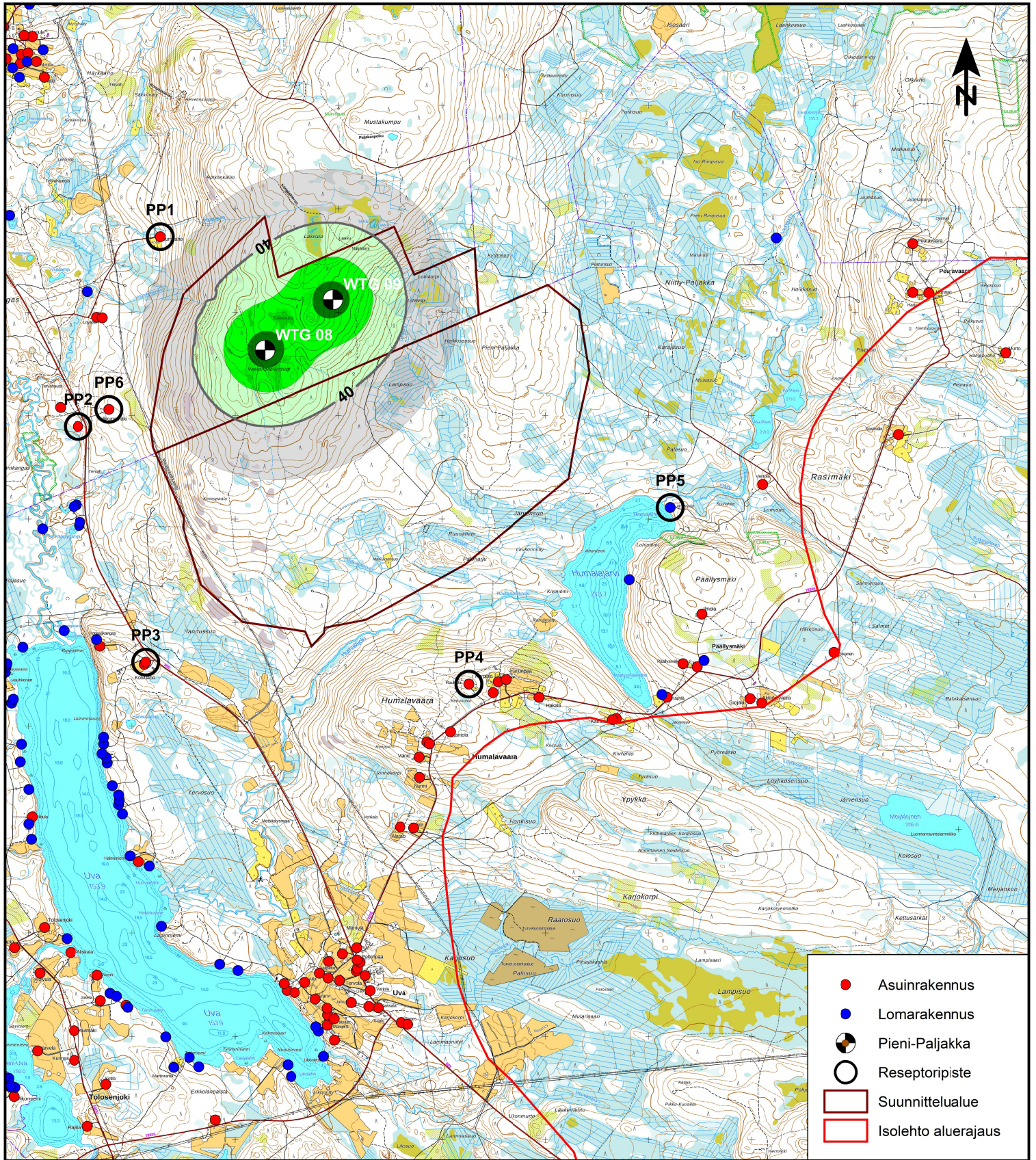
Äänitaso  
dB(A)



Mittakaava (A4) 1:50000



8/11/2024 VV



**RAMBOLL**

**PROKON Wind Energy Finland Oy**

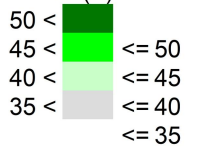
**Pieni-Paljakka**

Meluvyöhykkeet  $L_{Aeq}$

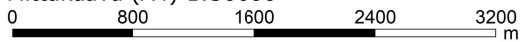
Laskentamalli ISO 9613-2  
Laskentakorkeus 4 m

Puolanka  
Nordex N163/6.X, with STE, mode 1  
-HH 200 m  
-L<sub>WA</sub> 106,4dB + 2 dB (Uc)

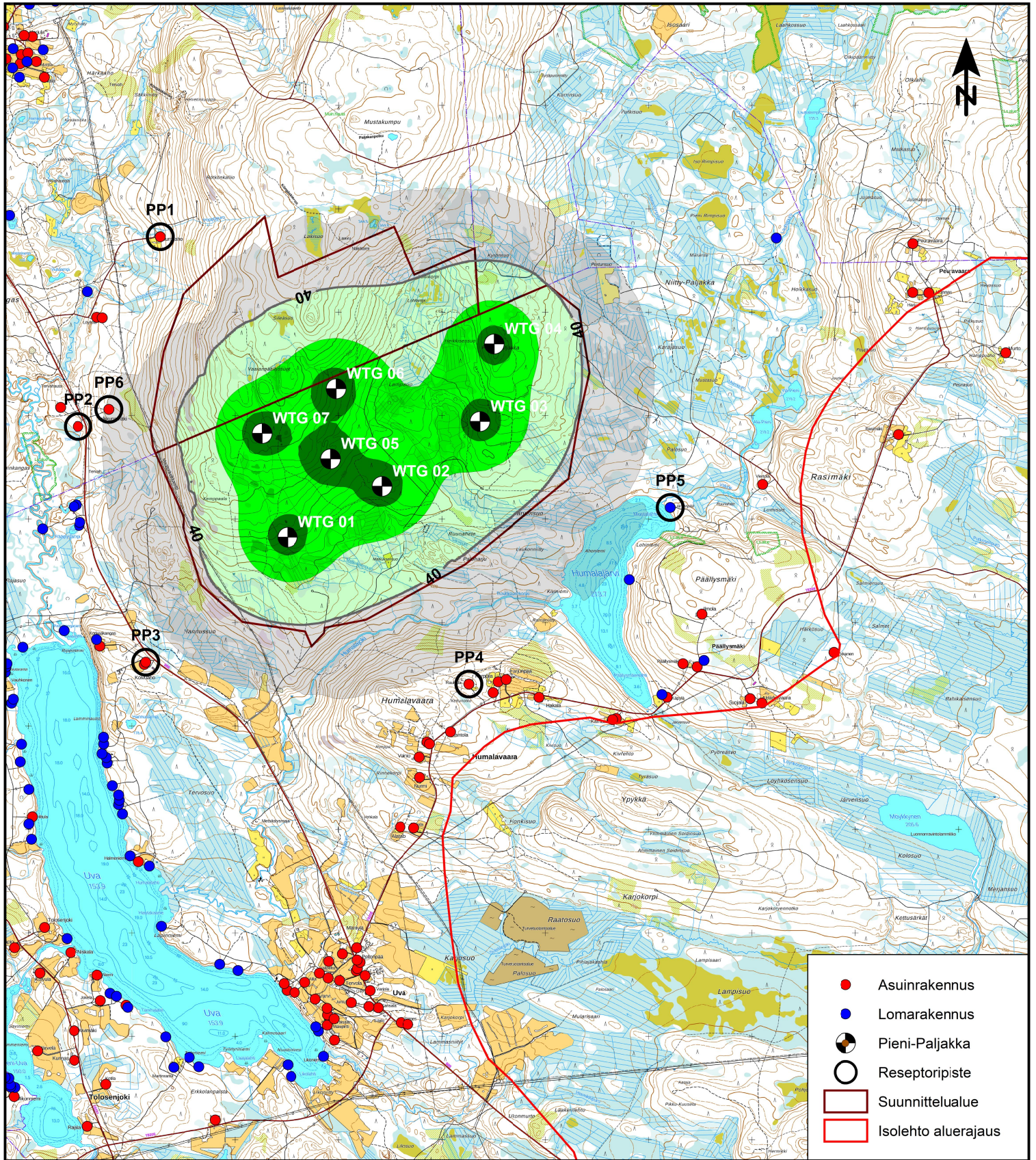
Äänitaso  
dB(A)



Mittakaava (A4) 1:50000



8/11/2024 VV



**RAMBOLL**

**PROKON Wind Energy Finland Oy**

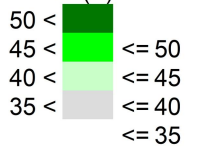
**Pieni-Paljakka**

Meluvyöhykkeet  $L_{Aeq}$

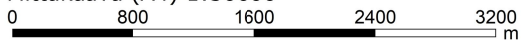
Laskentamalli ISO 9613-2  
Laskentakorkeus 4 m

Ristijärvi  
Nordex N163/6.X, with STE, mode 1  
-HH 200 m  
-L<sub>WA</sub> 106,4dB + 2 dB (Uc)

Äänitaso  
dB(A)



Mittakaava (A4) 1:50000



8/11/2024 VV