

Vastaanottaja
Pihtineva Wind Oy

Asiakirjatyyppe
Raportti

Päivämäärä
23.1.2025

Viite
1510068596

PIHTINEVAN TUULIVOIMAHANKE MELUMALLINNUS

Päivämäärä **23.1.2025**
Laatijat **Ville Virtanen**
Tarkastaja **Jari Hosiokangas**

Tuulivoimahankkeen meluselvitys

Sisältää Maanmittauslaitoksen Maastotietokannan 2/2024 aineistoa.

Viite 1510068596

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	7
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 häiritsevyysskorjaukset	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	VE1 meluvyöhykkeet, äänitehotaso 107,0 dB + 1 + 2 dB Uc, HH 200
Liite 3	VE2 meluvyöhykkeet, äänitehotaso 107,0 dB + 1 + 2 dB Uc, HH 200
Liite 4	VE1 Yhteismeluvyöhykkeet
Liite 5	VE2 Yhteismeluvyöhykkeet
Liite 6	Pienitaajuisen melun tarkastelu reseptoripisteittäin

1. YLEISTÄ

Pihtineva Wind Oy suunnittelee tuulivoimapuiston rakentamista Kokkolaan. Tässä selvityksessä on mallinnettu tuulivoimalaitosten aiheuttamat melutasot ympäristössä ympäristövaikutusten arviointia varten erikseen sekä yhdessä alueen lähimpien 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 Pihtineva Wind Oy 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 määriteltä 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.

Jos melua on tarpeen myöhemmin valvoa mittauksin, valvonnan yhteydessä saatuun mittaustulokseen tehdään 5 dB lisäys, mikäli tuulivoimalan melu on impulssimaista tai kapeakaistaista altistuvalla alueella.

2.2 Asumisterveysasetuksen melutason toimenpiderajat asuntojen sisätiloissa

Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa 545/2015 (voimaantulopäivä 15.5.2015) on annettu toimenpiderajoja asuntojen ja muiden oleskelutilojen sisämelulle (ns. asumisterveysasetus).

Asuinhuoneistojen asuinhuoneisiin (paitsi keittiö ja muut tilat) toimenpiderajoiksi on annettu päiväjän keskiäänitasolle $L_{Aeq\ 7-22}$ 35 dB ja yöajan keskiäänitasolle $L_{Aeq\ 22-7}$ 30 dB.

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

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

Taulukko 2. Yöaikaisen pienitaajuisen sisämelun toimenpiderajat terssikaistoittain (Asumisterveysasetus). Päiväaikana sallitaan 5 dB suurempia arvoja.

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

3. MELUMALLINNUKSEN TIEDOT

3.1 Tuulivoimalatiedot

Melumallinnukset tehtiin GE 158 -laitosmallilla. Napakorkeutena mallinnuksessa oli 200 m. Tuulivoimaloiden akustiset tiedot on esitetty liitteessä 1.

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

Melutasot mallinnettiin käyttäen tilaajan toimittaman voimalaitoksen GE 158 -mallille annettuja lähtöarvoja. Tilaajan toiveesta mallinnuksessa käytettiin melupäästöarvoa L_{WA} 107,0 dB tuulennopeuden ollessa $>10\text{m/s}$ napakorkeudella (lähde: Noise_Emission_4.x_5.x_6.x-158-50Hz_IEC_EN_r01, (2021-08-10)). Saatujen lähtötietojen mukaan ko. voimalamallin melutaso ei kasva sen jälkeen, kun tuulennopeus saavuttaa arvon 10 m/s napakorkeudella, toisin sanoen tuulennopeudella 11-> m/s voimalaitoksen äänitehotaso on sama kuin tuulennopeudella 10 m/s.

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 kokonaispävarmuustaso (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 tavanomainen mittauksen kokonaispävarmuustaso (U_c). Lisäksi mallinnuksessa lisättiin 1 dB epävarmuustaso tilaajan ohjeistuksen mukaisesti.

Mallinnuksessa käytetyt voimalaitosten koordinaatit on esitetty taulukoissa 3 ja 4. Z-koordinaatti kertoo maaston korkeuden metreissä merenpinnan yläpuolella tuulivoimalan suunnitellulla sijaintipaikalla.

Yhteismallinnuksissa huomioitujen Akkalankankaan ja Rautajalan hankkeiden osalta käytettiin samaa voimalaa ja melupäästöä, kuin Pihtinevan hankkeen osalta.

Taulukko 3. Pihtinevan tuulivoimalaitosten ETRS-TM35-koordinaatit vaihtoehdossa VE1 (86 voimalaa).

	Voimala	X	Y	Z		Voimala	X	Y	Z
1	PIH.1010	327493	7080879	37	45	PIH.1480	341273	7075296	93
2	PIH.1020	334916	7080924	47	46	PIH.1490	331862	7075200	44
3	PIH.1030	326673	7080846	35	47	PIH.1520	334322	7074675	53
4	PIH.1040	328373	7080746	35	48	PIH.1530	339714	7074658	75
5	PIH.1050	335479	7080381	54	49	PIH.1540	333295	7074655	52
6	PIH.1060	328915	7080121	40	50	PIH.1550	342340	7074618	99
7	PIH.1070	336091	7080107	58	51	PIH.1560	332230	7074358	61
8	PIH.1090	325833	7079822	33	52	PIH.1570	340852	7074260	78
9	PIH.1100	326954	7079808	38	53	PIH.1580	330691	7074248	66
10	PIH.1110	327857	7079670	49	54	PIH.1590	329892	7074163	58
11	PIH.1120	336750	7079496	56	55	PIH.1600	335510	7073932	59
12	PIH.1131	329315	7079265	48	56	PIH.1610	341490	7073830	77
13	PIH.1140	337502	7079237	62	57	PIH.1620	334674	7073827	52
14	PIH.1150	338583	7079171	69	58	PIH.1630	343223	7073796	91
15	PIH.1160	339488	7079062	71	59	PIH.1640	331186	7073794	64
16	PIH.1170	328261	7079000	54	60	PIH.1660	332541	7073461	61
17	PIH.1180	341673	7078896	85	61	PIH.1670	333495	7073434	59
18	PIH.1190	342656	7078786	75	62	PIH.1680	331719	7073391	55
19	PIH.1200	340323	7078666	70	63	PIH.1690	344123	7073332	86
20	PIH.1210	326431	7078599	47	64	PIH.1710	335684	7073090	55
21	PIH.1220	327317	7078601	54	65	PIH.1720	342490	7072981	85
22	PIH.1230	337737	7078366	70	66	PIH.1730	341746	7072973	96
23	PIH.1250	341773	7078046	79	67	PIH.1740	343193	7072662	81
24	PIH.1260	340574	7077913	77	68	PIH.1750	334273	7072646	64
25	PIH.1270	339061	7077861	75	69	PIH.1760	331821	7072556	61
26	PIH.1280	338100	7077748	80	70	PIH.1770	336396	7072515	56
27	PIH.1290	342877	7077698	85	71	PIH.1780	333323	7072396	56
28	PIH.1300	326451	7077616	50	72	PIH.1790	334880	7072358	68
29	PIH.1310	336295	7077559	65	73	PIH.1800	332439	7072280	61
30	PIH.1320	337106	7077452	77	74	PIH.1810	343750	7072210	81
31	PIH.1341	327137	7077191	51	75	PIH.1820	344560	7072352	86
32	PIH.1350	341960	7077158	77	76	PIH.1830	345451	7072087	90
33	PIH.1360	339128	7076855	78	77	PIH.1840	335593	7071697	65
34	PIH.1370	340263	7076697	75	78	PIH.1850	333652	7071369	66
35	PIH.1380	331082	7076638	52	79	PIH.1860	332607	7071362	52
36	PIH.1390	337438	7076482	77	80	PIH.1870	337350	7071319	60
37	PIH.1400	341914	7076211	97	81	PIH.1880	336385	7071244	67
38	PIH.1410	329973	7076196	57	82	PIH.1890	334573	7071146	72
39	PIH.1420	340897	7076194	87	83	PIH.1900	345501	7071096	98
40	PIH.1430	342574	7076008	97	84	PIH.1910	344323	7070996	88
41	PIH.1440	338290	7075921	79	85	PIH.1930	336165	7070220	73
42	PIH.1450	331266	7075805	51	86	PIH.1940	336772	7069762	72
43	PIH.1460	339797	7075701	78					
44	PIH.1470	330434	7075485	56					

Taulukko 4. Pihtinevan tuulivoimalaitosten ETRS-TM35-koordinaatit vaihtoehdossa VE2 (60 voimalaa).

	Voimala	X	Y	Z		Voimala	X	Y	Z
1	PIH.1100	326954	7079808	38	45	PIH.1720	342490	7072981	85
2	PIH.1110	327857	7079670	49	46	PIH.1730	341746	7072973	96
3	PIH.1120	336750	7079496	56	47	PIH.1740	343193	7072662	81
4	PIH.1140	337502	7079237	62	48	PIH.1750	334273	7072646	64
5	PIH.1150	338583	7079171	69	49	PIH.1760	331821	7072556	61
6	PIH.1160	339488	7079062	71	50	PIH.1780	333323	7072396	56
7	PIH.1200	340323	7078666	70	51	PIH.1790	334880	7072358	68
8	PIH.1210	326431	7078599	47	52	PIH.1800	332439	7072280	61
9	PIH.1230	337737	7078366	70	53	PIH.1840	335593	7071697	65
10	PIH.1250	341773	7078046	79	54	PIH.1850	333652	7071369	66
11	PIH.1260	340574	7077913	77	55	PIH.1860	332607	7071362	52
12	PIH.1270	339061	7077861	75	56	PIH.1870	337350	7071319	60
13	PIH.1280	338100	7077748	80	57	PIH.1880	336385	7071244	67
14	PIH.1290	342877	7077698	85	58	PIH.1890	334573	7071146	72
15	PIH.1300	326451	7077616	50	59	PIH.1930	336165	7070220	73
16	PIH.1310	336295	7077559	65	60	PIH.1940	336772	7069762	72
17	PIH.1320	337106	7077452	77					
18	PIH.1341	327137	7077191	51					
19	PIH.1350	341960	7077158	77					
20	PIH.1360	339128	7076855	78					
21	PIH.1370	340263	7076697	75					
22	PIH.1390	337438	7076482	77					
23	PIH.1400	341914	7076211	97					
24	PIH.1410	329973	7076196	57					
25	PIH.1420	340897	7076194	87					
26	PIH.1430	342574	7076008	97					
27	PIH.1440	338290	7075921	79					
28	PIH.1460	339797	7075701	78					
29	PIH.1470	330434	7075485	56					
30	PIH.1480	341273	7075296	93					
31	PIH.1530	339714	7074658	75					
32	PIH.1540	333295	7074655	52					
33	PIH.1550	342340	7074618	99					
34	PIH.1560	332230	7074358	61					
35	PIH.1570	340852	7074260	78					
36	PIH.1580	330691	7074248	66					
37	PIH.1590	329892	7074163	58					
38	PIH.1610	341490	7073830	77					
39	PIH.1630	343223	7073796	91					
40	PIH.1640	331186	7073794	64					
41	PIH.1660	332541	7073461	61					
42	PIH.1670	333495	7073434	59					
43	PIH.1680	331719	7073391	55					
44	PIH.1690	344123	7073332	86					

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 laskentapisteidien välisille alueille. Työssä laskettiin melutasot myös hankealuetta lähinnä olevien asuintalojen kohdalle sijoitettuihin reseptoripisteisiin. Reseptoripiste melumallinnuksessa viittaa tarkastelupisteeseen, johon mallinnuksen aikana lasketaan melutaso. Reseptoripisteiksi on valittu voimaloita lähimpänä sijaitsevia asuin- sekä lomarakennuksia. Reseptoreiden sijainnit ovat tarkemmin esitetty liitteissä 2-5 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 GE 158 -voimalaitoksesta käytössä olevia 1/3-oktaavikaistatietoja väliltä 20 Hz – 200 Hz laitoksen suurimmalle ilmoitetulle äänitehotasolle, johon on lisätty + 2 dB epävarmuus, sekä 1 dB epävarmuustaso tilaajan ohjeistuksen mukaisesti. 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.

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). Lisäksi laskentamallien kyvystä huomioida luotettavasti puuston vaikutus melun etenemiseen, 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. Yhteismallinnusten laskennalliset meluvyöhykkeet on esitetty liitteissä 4 ja 5.

Melukuviin on merkitty asuin- ja lomarakennukset värikoodein Maanmittauslaitoksen maastotietokannan ja Kokkolan kaupungin rakennustietojen pohjalta. Melukuvissa on esitetty mallinnustulokset ilman mahdollisia häiritsevyys- tai muita korjauksia.

Taulukossa 5 on esitetty mallinnetut melutasot liitteissä 2 ja 3 esitetyissä asuin- ja lomarakennusten reseptoripisteissä Pihlinevan voimaloiden osalta ja taulukossa 6 yhteismallinnusten osalta.

Taulukko 5. Erillismallinnusten keskiäänitasot reseptoripisteissä vaihtoehtoisissa VE1 ja VE2.

Reseptori	VE1, L_{Aeq} , dB	VE2, L_{Aeq} , dB
R1	39,7	37,9
R2	39,7	37,8
R3	39,7	38,2
R4	39,3	36,9
R5	39,5	37,0
R6	38,7	36,0
R7	37,8	35,2
R8	38,6	35,3
R9	38,6	34,0
R10	37,5	29,8
R11	40,6	31,0
R12	37,6	29,4
R13	36,6	30,6
R14	36,4	32,6
R15	35,9	32,8
R16	45,8	37,9
R17	37,2	36,9
R18	36,6	36,1
R19	37,7	36,8
R20	38,6	37,2
R21	39,2	37,5
R22	38,5	37,8
R23	37,9	37,3
R24	37,3	36,6
R25	38,1	37,2
R26	39,3	37,5
R27	37,1	35,0
R28	35,8	26,2
R29	35,1	26,5
R30	37,2	36,1
R31	37,2	35,1
R32	39,2	38,0
R33	38,3	37,8
R34	38,8	37,3
R35	37,3	34,9
R36	37,9	32,0
R37	32,9	26,0
R38	35,6	28,9

Taulukko 6. Yhteismallinnuksen keskiäänitasot reseptoripisteissä vaihtoehtoisissa VE1 ja VE2.

Reseptori	VE1, L_{Aeq} , dB	VE2, L_{Aeq} , dB
R1	39,8	38,0
R2	39,7	37,8
R3	39,7	38,2
R4	39,3	36,9
R5	39,5	37,0
R6	38,7	36,0
R7	37,8	35,2
R8	38,6	35,3

R9	38,6	34,0
R10	37,5	29,8
R11	40,6	31,0
R12	37,6	29,4
R13	36,6	30,6
R14	36,4	32,6
R15	35,9	32,8
R16	45,8	37,9
R17	37,4	37,1
R18	39,2	38,9
R19	38,3	37,6
R20	38,9	37,6
R21	39,5	37,9
R22	38,7	38,0
R23	38,1	37,6
R24	37,8	37,3
R25	39,1	38,4
R26	40,2	38,7
R27	38,9	37,6
R28	37,9	34,4
R29	35,9	30,3
R30	37,4	36,4
R31	37,2	35,1
R32	39,2	38,0
R33	38,3	37,8
R34	38,8	37,3
R35	37,3	34,9
R36	37,9	32,0
R37	32,9	26,0
R38	35,6	28,9

4.2 Pienitaajuinen melu

Pienitaajuisen melun tasot terssikaistoittain laskettiin kuvassa 1 esitettyihin reseptoripisteisiin R1–R38. Taajuuspainottamattomat melutasot sisällä ja ulkona on esitetty tarkemmin liitteessä 6.

Asumisterveysasetuksen 545/2015 mukaisiin pienitaajuisen melun yöajan toimenpiderajoihin verratessa melutaso ylittyy yhden reseptoripisteen (R16) osalta kaistalla 50 Hz niin erillis- kuin yhteismelulaskentojen osalta. Muiden reseptoripisteiden osalta ulkovaipalta vaadittavat äänitasoerot (ΔL) ovat korkeimmillaan luokkaa 3–13 dB taajuuskaistoilla 31,5–200 Hz jokaisen vaihtoehdon, mukaan lukien yhteismallinnukset, osalta.

Turun ammattikorkeakoulun tutkimuksen mukaiset ääneneristävyysarvot (äänitasoero ΔL) kuvaavat tilastollista estimaattia ilmäääneneristyskyvystä, 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 ilmäääneneristys riittää vaimentamaan tuulivoimalaitosten pienitaajuisen melun toimenpiderajojen alle tässä selvityksessä käytetyllä voimalla. 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

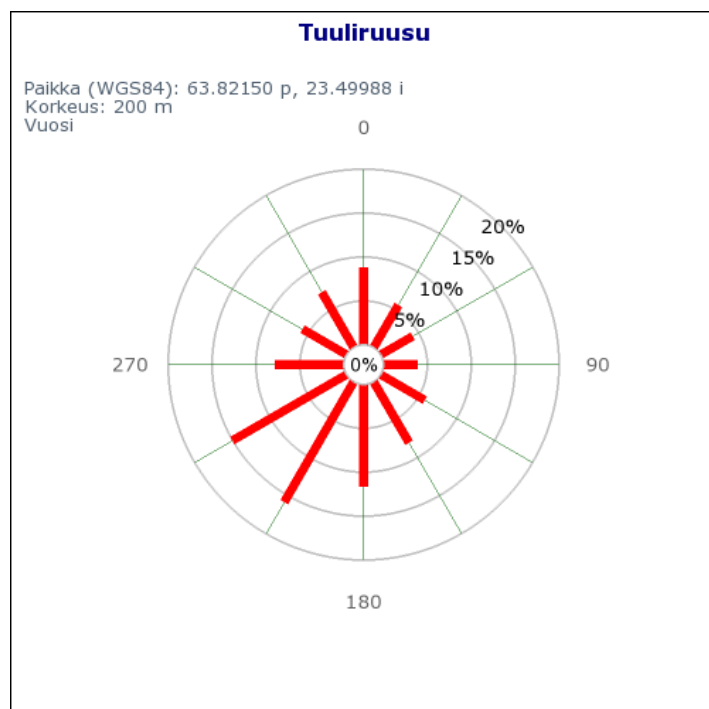
Valtioneuvoston asetuksessa 1107/2015 tuulivoimaloiden ulkomelutasoista ei mallinnusvaiheessa edellytetä korjauksia tai kannanottoa mahdollisesta impulssimaisuudesta tai kapeakaistaaisuudesta. Jos melua on tarpeen valvoa mittauksin, mahdollinen häiritsevyyskorjaus +5 dB tehdään valvonnan yhteydessä tehtävään 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 10 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 6. Tuuliruusu Suomen Tuuliatlaksesta.

Tuulennopeuden lisäksi myös tuulensuunta vaikuttaa melun leviämiseen. Pihtinevan tuulipuiston hankealueella vallitseva tuulensuunta on Tuuliatlaksen tuuliruusun perusteella lounaasta (Kuva 6). Mallinnuksen mukaisia melutasoja voi tällöin esiintyä useimmin voimaloiden koillispuolella. Tuuliruusulla tarkoitetaan kuvaajaa, joka kertoo tuulen tulosuuntia yksittäisessä pisteessä tietyllä aikavälillä.

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 sekä + 1 dB ylimääräinen lisäys tilaajan toiveesta.

Mallinnusten mukaan vaihtoehdon VE1 mallinnuksen osalta 40 dB ylittyy reseptoripisteiden R11 ja R16 osalta. Vaihtoehdon VE2 osalta yhdenkään Pihtinevan ympäristön asuin- tai lomarakennuksen osalta ei ylitetä 40 dB ohjearvoa.

Yhteismallinnuksen osalta vaihtoehdossa VE1 ylitetään erillismallinnuksessa ylittyvien reseptoripisteiden R11 ja R16 lisäksi uudessa reseptoripisteessä R26. Vaihtoehdon VE2 yhteismallinnuksen osalta ei ylitetä 40 dB ohjearvoa yhdenkään ympäristön asuin- tai lomarakennuksen kohdalla.

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

Sisätiloihin arvioidut (ulkoseinän ääneneristävyys Turun ammattikorkeakoulun tutkimuksen arvojen mukaisesti) pienitaajuisen melun tasot alittavat sisätiloihin annetut 545/2015 mukaiset toimenpiderajat kaikkien ympäristön rakennusten kohdalla, paitsi reseptorin R16 vaihtoehdon VE1 erillis- ja yhteismallinnuksen tilanteissa.

Arvioidut sisämelun kokonaistasot alittavat 545/2015 sisämelun toimenpiderajan LAeq 1h 25 dB. Jos talossa olisi erittäin huonokuntoinen seinärakenne, voisi olla riski, että sisämelutaso ylittyy reseptoripisteen R16 osalta vaihtoehdon VE1 tilanteissa. Tällaiset seinärakenteet eivät kuitenkaan ole yleisiä, eivätkä täytä nykyaikaisia rakennusvaatimuksia.

Laatija: Ville Virtanen, Ramboll Finland Oy
Päivämäärä: 8/10/2024

Hankevastaava: Pihtineva Wind Oy
Hankealue: Pihtineva, Kokkola

Mallinnusohjelman tiedot

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

Tuulivoimaloiden perustiedot ja akustiset tiedot

GE 4.x/5.x/6.x-158 - 50 Hz

Tuulivoimalan valmistaja:	Tyyppi:	Sarjanumero:
GE	4.x/5.x/6.x MW	-
Nimellisteho:	Napakorkeus:	Roottorin halkaisija:
4.x/5.x/6.x MW	200 m	158 m
		Tornin tyyppi:
		Putkitorni

Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun

Lapakulman säätö: Pyörimisnopeus: Muu, mikä:

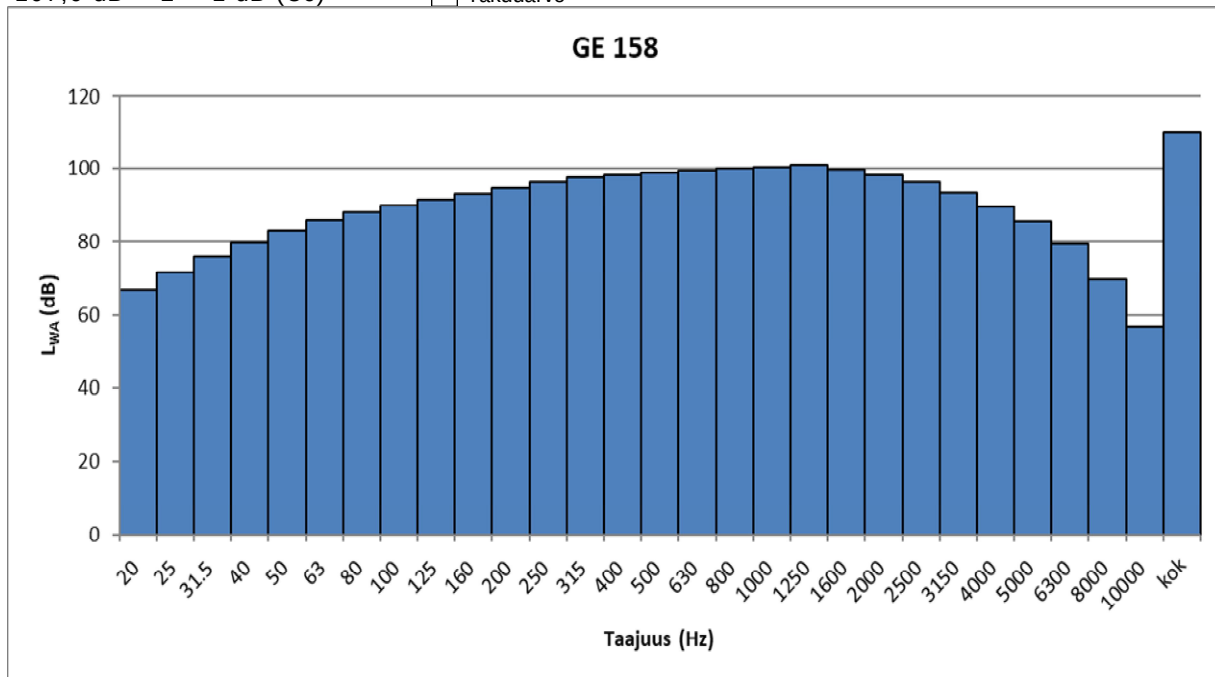
☐ Kyllä	☐ Kyllä
☐ Ei	☐ Ei
☒ Ei ilmoitettu	☒ Ei ilmoitettu

Äänitehotaso L_{WA} tuulennopeudella >10 m/s (napakorkeudella):

107,0 dB ☐ Takuuarvo

Suurin äänitehotaso L_{WA} :

107,0 dB + 2 + 1 dB (Uc) ☒ Takuuarvo



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

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

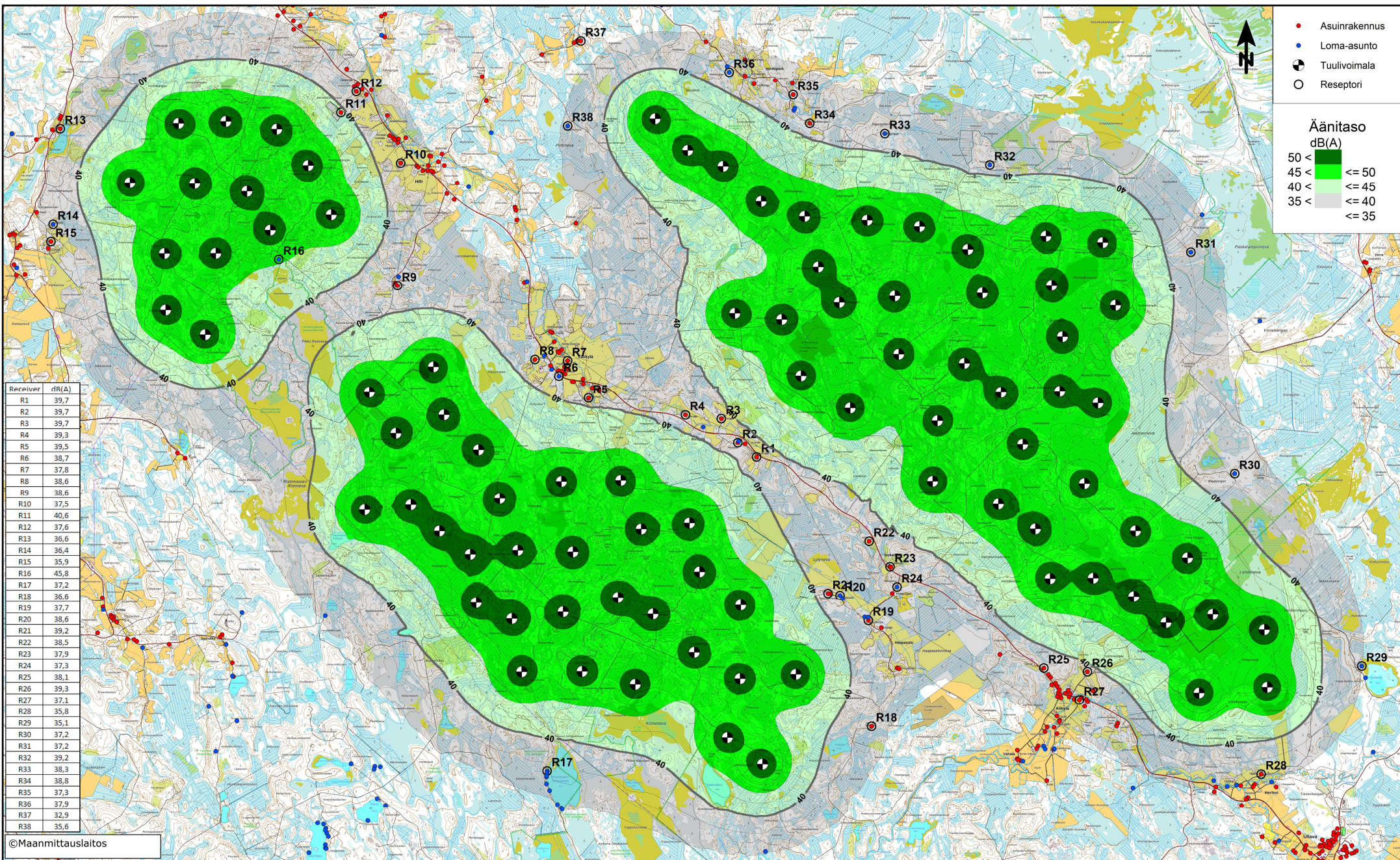
Ilmakehän stabiilius laskennassa / meteorologinen korjaus

Neutraali 0 neutraali - stabiili sääolosuhde

Voimalan äänen suuntaavuus ja vaimentuminen

☒ Vapaa avaruus

☐ Muu



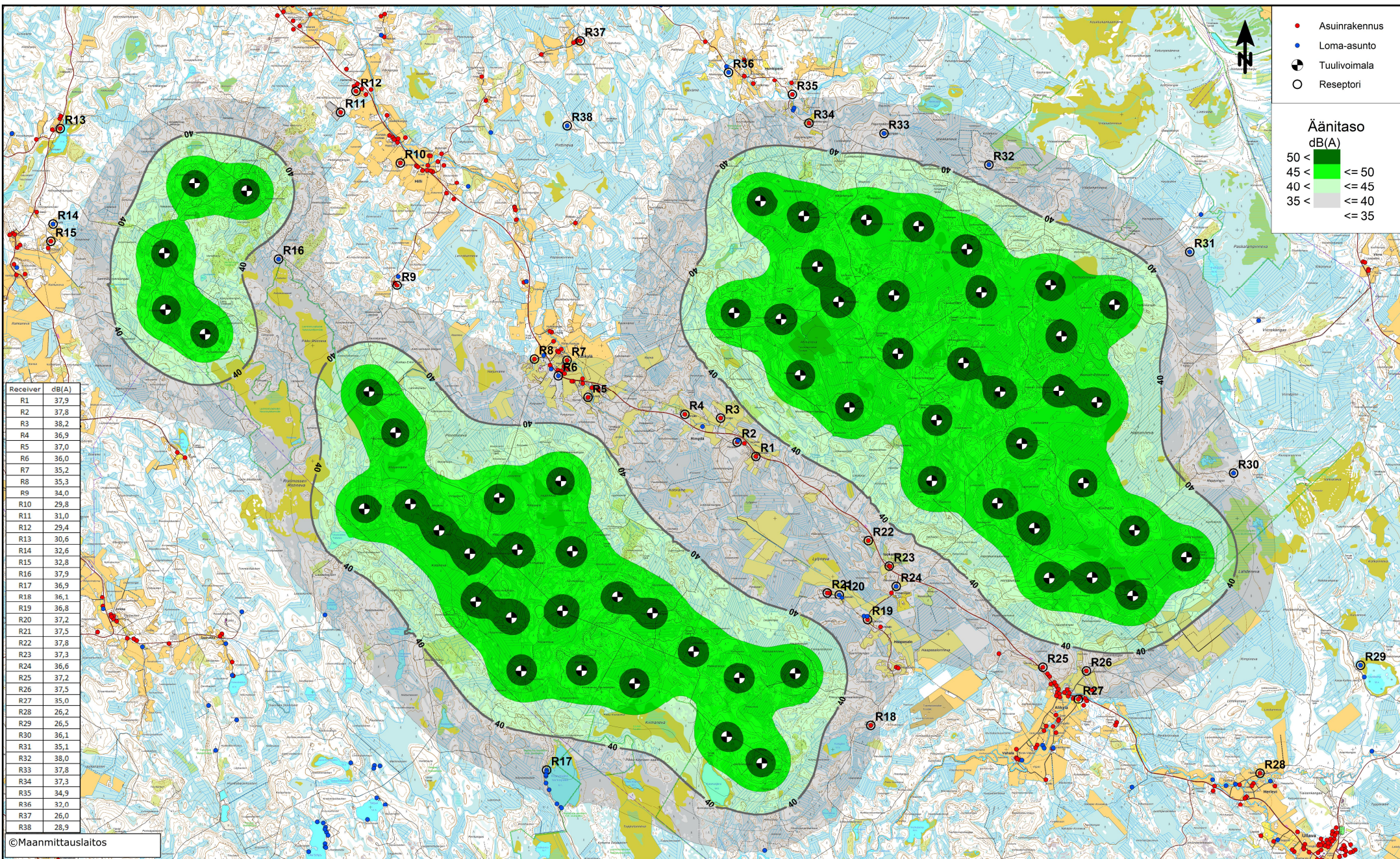
RAMBOLL

Pihtineva Wind Oy
Pihtineva
melumallinnus

Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus mp +4 m

GE158 6.1
-HH 200 m
- LWA 107,0 dB + 1 dB + 2 dB Uc



RAMBOLL

Pihtineva Wind Oy
Pihtineva
melumallinnus

Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

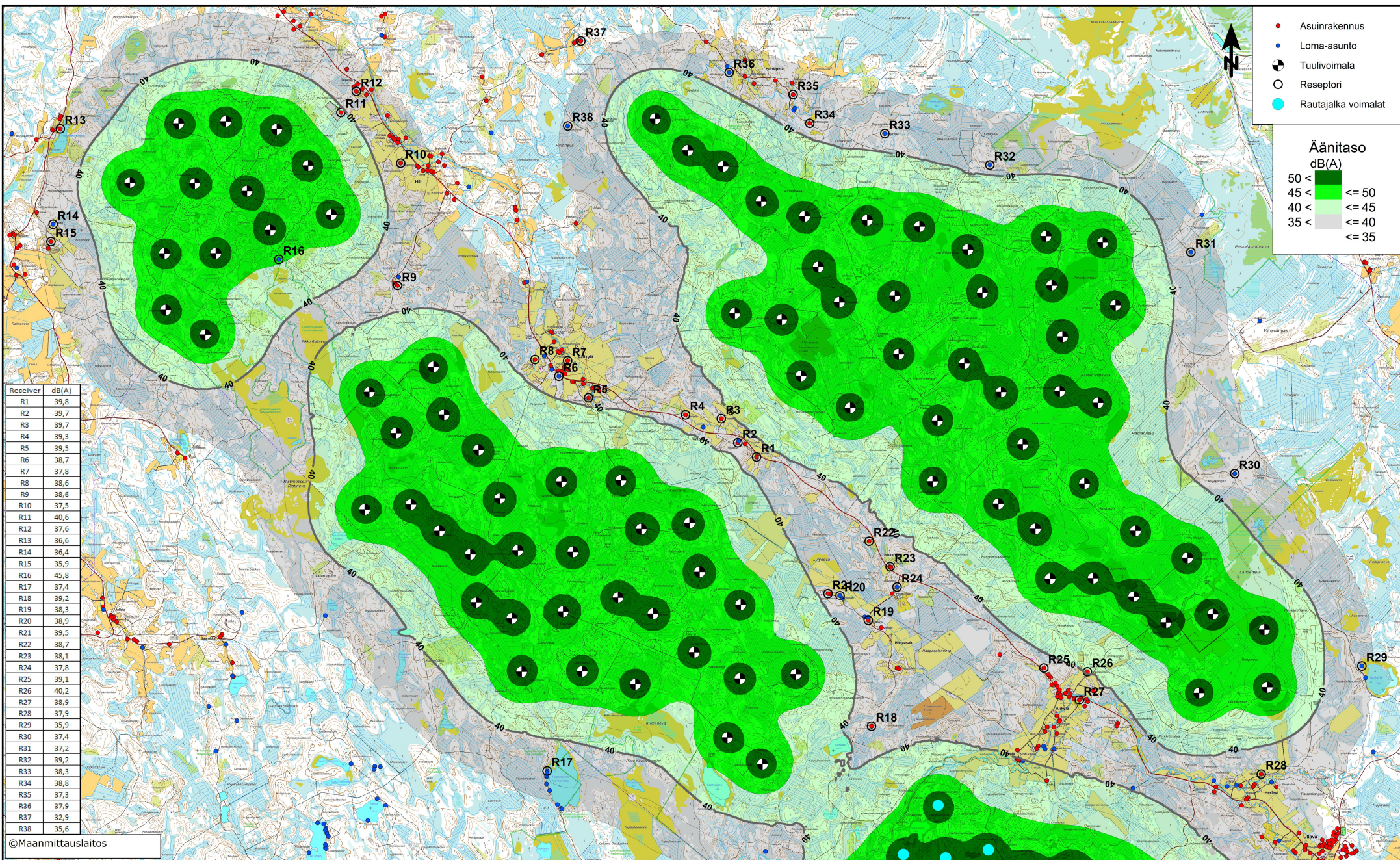
-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus mp +4 m

GE158 6.1
-HH 200 m
- LWA 107,0 dB + 1 dB + 2 dB Uc

8.10.2024 VV

Mittakaava (A4) 1:85000

0 0,8 1,6 3,2 4 km



RAMBOLL

Pihtineva Wind Oy
Pihtineva
melumallinnus

Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

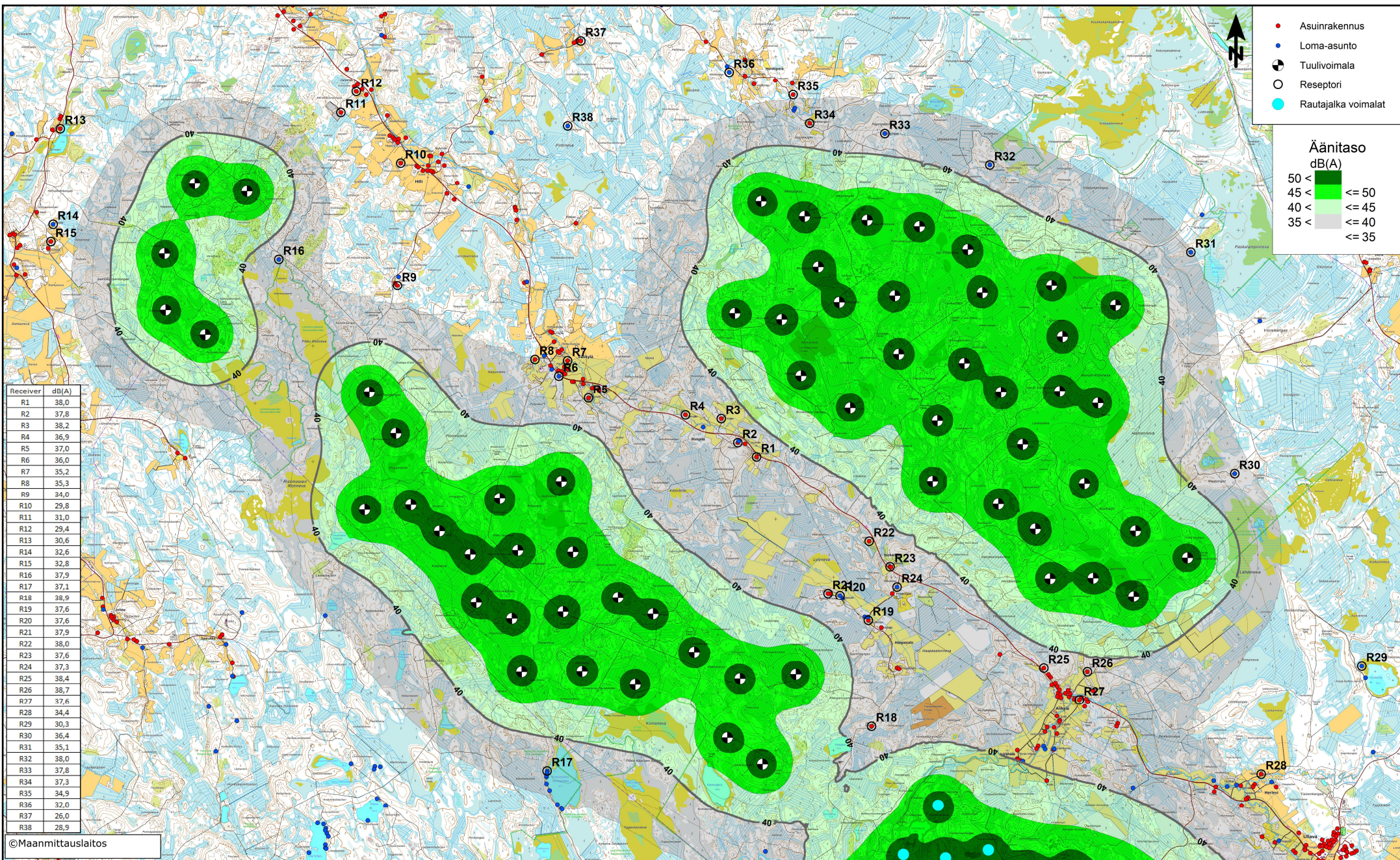
-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus mp +4 m

GE158 6.1
-HH 200 m
- LWA 107,0 dB + 1 dB + 2 dB Uc

Mittakaava (A4) 1:85000

0 0,8 1,6 2,4 3,2 4 km

8/10/2024 VV



RAMBOLL

Pihtineva Wind Oy
Pihtineva
melumallinnus

Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus mp +4 m

GE158 6.1
-HH 200 m
- LWA 107,0 dB + 1 dB + 2 dB Uc

Mittakaava (A4) 1:85000

0 0,8 1,6 2,4 3,2 4 km

8/10/2024 VV

Pienitaajuinen melu sisätiloissa vaihtoehdossa VE1											
Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	51	49	47	45	42	39	35	30	26	20	14
R2	51	49	47	45	42	39	35	30	26	20	14
R3	51	49	47	45	42	39	35	30	25	20	14
R4	51	49	47	45	42	39	35	30	25	19	14
R5	51	49	47	45	42	39	35	30	25	19	14
R6	51	49	46	44	42	38	34	30	25	19	13
R7	50	48	46	44	41	38	34	29	24	18	13
R8	50	48	46	44	41	38	34	29	25	19	13
R9	50	48	46	44	41	38	34	29	24	18	13
R10	49	47	45	43	40	37	33	28	23	17	12
R11	50	48	46	44	41	38	34	30	25	19	14
R12	49	47	45	42	40	37	33	28	23	17	12
R13	47	45	43	41	38	35	31	26	21	15	10
R14	48	46	44	41	39	36	31	27	22	16	11
R15	48	46	43	41	39	35	31	26	21	16	10
R16	54	52	50	47	45	42	38	33	28	23	18
R17	49	47	45	43	40	37	33	28	23	17	12
R18	49	47	45	43	40	37	33	28	23	17	11
R19	50	48	46	44	41	38	34	29	24	18	13
R20	51	49	46	44	42	38	34	30	25	19	13
R21	51	49	47	44	42	39	35	30	25	19	14
R22	51	49	47	44	42	39	34	30	25	19	13
R23	50	48	46	44	41	38	34	29	24	18	13
R24	50	48	46	44	41	38	34	29	24	18	13
R25	50	48	46	43	41	38	34	29	24	18	13
R26	50	48	46	44	41	38	34	29	24	19	13
R27	49	47	45	43	40	37	33	28	23	17	12
R28	47	45	43	41	38	35	31	26	21	15	10
R29	47	45	43	41	38	35	31	26	21	15	9
R30	49	47	45	43	40	37	33	28	23	17	12
R31	49	47	45	43	40	37	33	28	23	17	12
R32	50	48	46	44	41	38	34	29	24	19	13
R33	50	48	46	44	41	38	34	29	24	18	13
R34	50	48	46	44	41	38	34	29	24	18	13
R35	49	47	45	43	40	37	33	28	23	17	12
R36	49	47	45	43	40	37	33	28	23	17	12
R37	47	45	43	40	38	34	30	25	20	14	8
R38	48	46	44	42	39	36	32	27	22	16	10
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	59	58	56	55	54	52	50	47	44	41	37
R2	59	58	56	55	54	52	50	47	44	41	37
R3	59	58	56	55	54	52	50	47	44	41	37
R4	59	57	56	55	54	52	50	47	44	40	37
R5	59	57	56	55	54	52	50	47	44	40	37
R6	58	57	56	55	53	51	49	46	43	40	36
R7	58	57	55	54	53	51	49	46	43	39	36
R8	58	57	56	54	53	51	49	46	43	40	36
R9	58	56	55	54	53	51	49	46	43	39	36
R10	57	55	54	53	52	50	48	45	42	38	35
R11	58	57	55	54	53	51	49	46	43	40	37
R12	56	55	54	53	51	50	47	45	42	38	34
R13	55	54	52	51	50	48	46	43	40	36	33
R14	55	54	53	52	50	49	46	44	41	37	33
R15	55	54	53	52	50	48	46	43	40	37	33
R16	61	60	59	58	56	55	52	50	47	44	41
R17	57	55	54	53	52	50	48	45	42	38	34
R18	57	55	54	53	51	50	47	45	42	38	34
R19	58	56	55	54	53	51	49	46	43	39	35
R20	58	57	56	55	53	51	49	46	43	40	36
R21	58	57	56	55	53	52	49	47	44	40	36
R22	58	57	56	55	53	52	49	47	44	40	36
R23	58	57	55	54	53	51	49	46	43	40	36
R24	58	56	55	54	53	51	49	46	43	39	35
R25	57	56	55	54	52	51	48	46	43	39	35
R26	58	57	55	54	53	51	49	46	43	40	36
R27	57	55	54	53	52	50	48	45	42	38	35
R28	55	54	52	51	50	48	46	43	40	36	33
R29	55	53	52	51	49	48	45	43	40	36	32
R30	57	56	54	53	52	50	48	45	42	38	35
R31	56	55	54	53	51	50	47	45	42	38	34
R32	58	57	55	54	53	51	49	46	43	40	36
R33	57	56	55	54	52	51	48	46	43	39	35
R34	58	56	55	54	53	51	49	46	43	39	36
R35	57	55	54	53	52	50	48	45	42	38	35
R36	57	55	54	53	52	50	48	45	42	38	35
R37	54	53	52	51	49	47	45	42	39	35	31
R38	56	54	53	52	51	49	47	44	41	37	33
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Vaadittava ääneneristävyyys korkeimmillaan	-12,8	-4,1	2,7	8,7	12,2	12,7	12,5	11,9	11,2	9,9	8,8
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	50	48	46	44	41	38	34	29	24	18	13
R2	50	48	46	44	41	38	34	29	24	18	13
R3	50	48	46	44	41	38	34	29	24	18	13
R4	49	47	45	43	40	37	33	28	23	17	12
R5	49	47	45	43	40	37	33	28	23	17	12
R6	49	47	44	42	40	36	32	27	22	16	11
R7	48	46	44	42	39	36	32	27	22	16	10
R8	48	46	44	42	39	36	32	27	22	16	10
R9	47	45	43	41	38	35	31	26	21	15	9
R10	45	43	41	38	36	33	28	23	18	12	6
R11	45	43	41	38	36	32	28	23	18	12	6
R12	44	42	40	38	35	32	27	22	17	11	5
R13	43	41	39	37	34	31	27	22	17	11	5
R14	45	43	41	38	36	32	28	24	18	12	7
R15	45	43	41	38	36	33	28	24	19	13	7
R16	48	46	44	42	39	36	32	27	22	17	12
R17	48	46	44	42	39	36	32	27	22	17	11
R18	48	46	44	42	39	36	32	27	22	16	11
R19	49	47	45	43	40	37	33	28	23	17	12
R20	49	47	45	43	40	37	33	28	23	17	12
R21	49	47	45	43	40	37	33	28	23	17	12
R22	50	48	46	44	41	38	34	29	24	18	13
R23	50	48	45	43	41	37	33	29	24	18	12
R24	49	47	45	43	40	37	33	28	23	17	12
R25	49	47	44	42	40	36	32	28	23	17	12
R26	49	47	45	42	40	37	32	28	23	17	12
R27	47	45	43	41	38	35	31	26	21	15	10
R28	43	41	39	37	34	31	27	21	16	9	3
R29	43	41	39	37	34	31	26	21	16	9	3
R30	48	46	44	42	39	36	32	27	22	16	11
R31	47	45	43	41	38	35	31	26	21	15	10
R32	49	47	45	43	40	37	33	28	23	17	12
R33	49	47	45	43	40	37	33	28	23	17	12
R34	49	47	44	42	40	36	32	28	23	17	12
R35	47	45	43	41	38	35	31	26	21	15	10
R36	46	44	42	40	37	34	29	25	19	13	7
R37	44	42	40	37	34	31	27	22	16	10	3
R38	45	43	41	38	36	32	28	23	18	11	5
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	57	56	55	54	52	51	48	46	43	39	35
R2	57	56	55	54	52	51	48	46	43	39	35
R3	57	56	55	54	52	51	48	46	43	39	36
R4	57	56	54	53	52	50	48	45	42	38	35
R5	57	55	54	53	52	50	48	45	42	38	34
R6	56	55	54	53	51	49	47	44	41	37	34
R7	56	54	53	52	51	49	47	44	41	37	33
R8	56	54	53	52	51	49	47	44	41	37	33
R9	55	53	52	51	49	48	45	43	39	36	32
R10	53	51	50	49	47	46	43	40	37	33	29
R11	52	51	50	49	47	45	43	40	37	33	29
R12	52	50	49	48	46	45	42	39	36	32	28
R13	51	50	48	47	46	44	42	39	36	32	28
R14	52	51	50	49	47	45	43	40	37	34	30
R15	52	51	50	49	47	46	43	40	37	34	30
R16	56	55	53	52	51	49	47	44	41	38	34
R17	56	55	53	52	51	49	47	44	41	38	34
R18	56	54	53	52	51	49	47	44	41	37	33
R19	57	55	54	53	52	50	48	45	42	38	34
R20	57	56	54	53	52	50	48	45	42	38	35
R21	57	56	54	53	52	50	48	45	42	39	35
R22	57	56	55	54	52	51	48	46	43	39	35
R23	57	56	55	54	52	50	48	45	42	39	35
R24	57	56	54	53	52	50	48	45	42	38	35
R25	56	55	54	53	51	49	47	44	42	38	34
R26	56	55	54	53	51	50	47	45	42	38	35
R27	55	54	52	51	50	48	46	43	40	36	33
R28	51	50	48	47	46	44	41	38	35	31	26
R29	51	49	48	47	45	44	41	38	35	30	26
R30	56	54	53	52	50	49	47	44	41	37	34
R31	55	54	52	51	50	48	46	43	40	36	33
R32	57	55	54	53	52	50	48	45	42	39	35
R33	57	55	54	53	51	50	48	45	42	38	35
R34	56	55	54	53	51	49	47	44	42	38	34
R35	55	54	52	51	50	48	46	43	40	36	32
R36	53	52	51	50	48	47	44	41	38	34	30
R37	51	50	49	48	46	44	42	39	35	31	26
R38	52	51	50	49	47	45	43	40	37	32	28
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Vaadittava ääneneristävyyden korkeimmillaan	-16,5	-7,8	-1,0	4,9	8,4	8,8	8,5	7,8	6,8	5,2	3,5
Ääneneristävyyssarvot (äänitasoero ΔL)	7,6	8,3	9,2	10,3	11,5	13	14,8	16,8	18,8	21,1	22,8

Pienitaajuinen melu sisätiloissa yhteismallinnuksessa vaihtoehdossa VE1											
Taajuus	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	52	50	48	45	43	40	35	31	26	20	14
R2	52	50	48	45	43	40	35	31	26	20	14
R3	52	50	48	45	43	39	35	31	26	20	14
R4	51	49	47	45	42	39	35	30	25	19	14
R5	51	49	47	45	42	39	35	30	25	19	14
R6	51	49	47	45	42	39	35	30	25	19	13
R7	51	49	46	44	41	38	34	29	24	18	13
R8	51	49	47	44	42	39	34	30	25	19	13
R9	50	48	46	44	41	38	34	29	24	18	13
R10	49	47	45	43	40	37	33	28	23	17	12
R11	50	48	46	44	41	38	34	30	25	19	14
R12	49	47	45	43	40	37	33	28	23	17	12
R13	48	46	43	41	39	35	31	26	21	15	10
R14	48	46	44	42	39	36	32	27	22	16	11
R15	48	46	44	41	39	36	31	27	22	16	10
R16	54	52	50	47	45	42	38	33	28	23	18
R17	50	48	46	43	41	38	33	29	24	17	12
R18	51	49	47	45	42	39	35	30	25	19	14
R19	51	49	47	45	42	39	35	30	25	19	13
R20	51	49	47	45	42	39	35	30	25	19	14
R21	52	50	47	45	43	39	35	30	25	19	14
R22	51	49	47	45	42	39	35	30	25	19	14
R23	51	49	47	45	42	39	35	30	25	19	13
R24	51	49	47	45	42	39	35	30	25	19	13
R25	52	50	47	45	43	39	35	30	25	19	14
R26	52	50	48	46	43	40	36	31	26	20	15
R27	51	49	47	45	42	39	35	30	25	19	14
R28	51	49	46	44	41	38	34	29	24	18	13
R29	49	47	45	43	40	37	33	28	23	16	11
R30	50	48	46	44	41	38	34	29	24	18	12
R31	49	47	45	43	40	37	33	28	23	17	12
R32	51	49	46	44	42	38	34	30	25	19	13
R33	50	48	46	44	41	38	34	29	24	18	13
R34	50	48	46	44	41	38	34	29	24	18	13
R35	49	47	45	43	40	37	33	28	23	17	12
R36	49	47	45	43	40	37	33	28	23	17	12
R37	47	45	43	41	38	35	31	26	20	14	8
R38	48	46	44	42	39	36	32	27	22	16	10
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

Pienitaajuinen melu ulkotiloissa yhteismallinnuksessa vaihtoehdossa VE1											
Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	59	58	57	56	54	53	50	48	45	41	37
R2	59	58	57	56	54	53	50	48	45	41	37
R3	59	58	57	56	54	52	50	47	44	41	37
R4	59	58	57	55	54	52	50	47	44	41	37
R5	59	58	56	55	54	52	50	47	44	40	37
R6	59	57	56	55	53	52	49	47	44	40	36
R7	58	57	56	54	53	51	49	46	43	39	36
R8	58	57	56	55	53	52	49	46	43	40	36
R9	58	57	55	54	53	51	49	46	43	39	36
R10	57	56	54	53	52	50	48	45	42	38	35
R11	58	57	56	54	53	51	49	46	44	40	37
R12	57	55	54	53	51	50	47	45	42	38	34
R13	55	54	53	52	50	48	46	43	40	36	33
R14	56	54	53	52	50	49	46	44	41	37	33
R15	55	54	53	52	50	49	46	43	40	37	33
R16	61	60	59	58	56	55	53	50	47	44	41
R17	57	56	55	54	52	51	48	45	42	39	35
R18	59	58	57	55	54	52	50	47	44	40	37
R19	59	57	56	55	54	52	50	47	44	40	36
R20	59	58	56	55	54	52	50	47	44	40	37
R21	59	58	57	56	54	52	50	47	44	41	37
R22	59	58	56	55	54	52	50	47	44	40	37
R23	59	58	56	55	54	52	50	47	44	40	36
R24	59	57	56	55	54	52	50	47	44	40	36
R25	59	58	57	56	54	52	50	47	44	40	37
R26	59	58	57	56	54	53	50	48	45	41	37
R27	59	58	56	55	54	52	50	47	44	40	37
R28	58	57	56	54	53	51	49	46	43	39	35
R29	57	55	54	53	52	50	47	45	41	37	34
R30	58	56	55	54	53	51	48	46	43	39	35
R31	57	56	54	53	52	50	48	45	42	38	34
R32	58	57	56	55	53	51	49	46	43	40	36
R33	58	56	55	54	53	51	49	46	43	39	35
R34	58	57	55	54	53	51	49	46	43	39	36
R35	57	56	54	53	52	50	48	45	42	38	35
R36	57	56	54	53	52	50	48	45	42	38	35
R37	55	53	52	51	50	48	45	42	39	35	31
R38	56	55	54	52	51	49	47	44	41	37	33
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Vaadittava ääneneristävyyys korkeimmillaan	-12,7	-4,0	2,8	8,7	12,3	12,7	12,5	11,9	11,2	9,9	8,8
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 yhteismallinnuksessa vaihtoehdossa VE2											
Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	50	48	46	44	41	38	34	29	24	18	13
R2	50	48	46	44	41	38	34	29	24	18	13
R3	50	48	46	44	41	38	34	29	24	18	13
R4	50	48	46	44	41	38	33	29	24	18	12
R5	49	47	45	43	40	37	33	28	23	17	12
R6	49	47	45	43	40	37	33	28	23	17	11
R7	49	47	44	42	40	36	32	27	22	16	10
R8	49	47	44	42	40	36	32	27	22	16	10
R9	47	45	43	41	38	35	31	26	21	15	9
R10	46	43	41	39	36	33	29	24	18	12	6
R11	45	43	41	39	36	33	28	23	18	12	6
R12	45	43	40	38	35	32	28	23	17	11	5
R13	44	42	40	37	35	31	27	22	17	11	5
R14	45	43	41	39	36	33	29	24	19	13	7
R15	45	43	41	39	36	33	29	24	19	13	7
R16	48	47	44	42	39	36	32	27	23	17	12
R17	49	47	45	43	40	37	33	28	23	17	12
R18	51	49	47	45	42	39	35	30	25	19	14
R19	50	48	46	44	41	38	34	29	24	18	13
R20	50	48	46	44	41	38	34	29	24	18	13
R21	50	48	46	44	41	38	34	29	24	18	13
R22	51	49	47	44	42	38	34	30	25	18	13
R23	51	49	46	44	42	38	34	29	24	18	13
R24	50	48	46	44	41	38	34	29	24	18	13
R25	51	49	47	44	42	39	35	30	25	19	13
R26	51	49	47	45	42	39	35	30	25	19	13
R27	51	49	46	44	41	38	34	29	24	18	13
R28	49	47	45	43	40	37	32	28	22	16	10
R29	47	45	43	41	38	35	30	25	20	13	7
R30	49	47	45	43	40	37	33	28	23	17	11
R31	48	46	44	42	39	36	32	27	22	15	10
R32	50	48	45	43	40	37	33	28	23	18	12
R33	49	47	45	43	40	37	33	28	23	17	12
R34	49	47	45	43	40	37	33	28	23	17	12
R35	48	46	44	41	39	35	31	26	21	15	10
R36	46	44	42	40	37	34	30	25	20	13	7
R37	45	42	40	38	35	32	27	22	17	10	3
R38	46	43	41	39	36	33	29	24	18	11	5
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

Pienitaajuinen melu ulkotiloissa yhteismallinnuksessa vaihtoehdossa VE2											
Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	58	57	55	54	53	51	49	46	43	39	36
R2	58	57	55	54	53	51	49	46	43	39	36
R3	58	57	55	54	53	51	49	46	43	39	36
R4	57	56	55	54	52	51	48	45	42	39	35
R5	57	56	55	53	52	50	48	45	42	38	35
R6	57	55	54	53	51	50	47	45	41	38	34
R7	56	55	54	53	51	49	47	44	41	37	33
R8	56	55	54	53	51	49	47	44	41	37	33
R9	55	54	52	51	50	48	46	43	40	36	32
R10	53	52	50	49	48	46	43	40	37	33	29
R11	53	52	50	49	48	46	43	40	37	33	29
R12	52	51	50	48	47	45	43	40	36	32	28
R13	52	50	49	48	46	44	42	39	36	32	28
R14	53	51	50	49	48	46	43	40	37	34	30
R15	53	52	50	49	48	46	43	41	37	34	30
R16	56	55	54	52	51	49	47	44	41	38	34
R17	57	56	54	53	52	50	48	45	42	38	34
R18	59	57	56	55	53	52	50	47	44	40	36
R19	58	57	55	54	53	51	49	46	43	39	35
R20	58	57	55	54	53	51	49	46	43	39	35
R21	58	57	56	54	53	51	49	46	43	39	36
R22	58	57	56	55	53	51	49	46	43	40	36
R23	58	57	56	55	53	51	49	46	43	39	36
R24	58	57	56	54	53	51	49	46	43	39	35
R25	58	57	56	55	53	52	49	47	43	40	36
R26	58	57	56	55	53	52	49	47	44	40	36
R27	58	57	56	54	53	51	49	46	43	39	35
R28	57	55	54	53	51	50	47	44	41	37	33
R29	55	54	52	51	50	48	45	42	39	34	30
R30	57	55	54	53	52	50	47	45	42	38	34
R31	56	54	53	52	50	49	46	44	40	37	33
R32	57	56	55	53	52	50	48	45	42	39	35
R33	57	56	54	53	52	50	48	45	42	38	35
R34	57	55	54	53	51	50	47	45	42	38	34
R35	55	54	53	52	50	48	46	43	40	36	32
R36	54	53	51	50	49	47	45	42	38	34	30
R37	52	51	49	48	47	45	42	39	35	31	26
R38	53	52	50	49	48	46	43	40	37	33	28
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Vaadittava ääneneristävyyys korkeimmillaan	-15,4	-6,7	0,1	6,0	9,5	9,8	9,5	8,7	7,7	6,0	4,3
Ääneneristävyyssarvot (äänitasoero ΔL)	7,6	8,3	9,2	10,3	11,5	13	14,8	16,8	18,8	21,1	22,8