

MYRSKY ENERGIA OY

TERVOLAN VITSAKANKAAN TUULIVOIMAHANKE MELUSELVITYS

20.12.2023



317266

Sisällysluettelo

1.	Hankkeen tiedot ja tehtävän kuvaus	3
2.	Melun ohje- ja raja-arvot.....	3
2.1.	Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista.....	3
2.2.	Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat asuntojen sisätiloissa.....	4
3.	Lähtötiedot ja arviointimenetelmät.....	5
3.1.	Hankkeen tuulivoimalat.....	5
3.2.	Laskentamalli.....	7
4.	Tulokset	9
4.1.	Nykytila.....	9
4.2.	Mallinnustulokset	9
4.3.	Vaihtoehtojen vertailu	10
4.4.	Melun vaikutusalue	11
5.	Vaikutusten lieventäminen.....	12
6.	Arvioinnin epävarmuus	12
	Viitteet	12
	Liitteet	13

1. Hankkeen tiedot ja tehtävän kuvaus

Myrsky Energia Oy suunnittelee tuulivoimapuistoa Tervolan kunnan Vitsakankaan alueelle. Osana lainmukaista hankkeen ympäristövaikutusten arviointia WSP Finland Oy on laatinut selvityksen suunnitellun tuulivoimapuiston meluvaikutuksista. Työ on tehty Myrsky Energia Oy:n toimeksiannosta.

Selvityksessä on arvioitu tuulivoimalaitosten aiheuttamaa meluvaikutusta laskennallisen mallinnuksen avulla. Selvitys on laadittu perustuen Ympäristöministeriön ohjeeseen *Tuulivoimaloiden melun mallintaminen* [1]. Selvityksen tuloksia on verrattu Valtioneuvoston asetuksen 1107/2015 [2] mukaisiin tuulivoimaloiden ulkomelun ohjearvoihin sekä Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön asetuksen 545/2015 [3] pienitaajuisen melun toimenpiderajoista johdettuihin ulkomelutasojen vertailuarvoihin. Sisätilojen toimenpiderajojen muutos ulkotilojen vertailuarvoksi on tehty huomioimalla Suomessa mitattujen [4] asuinrakennusten ääneneristävyyksien alalikiarvot.

Tarkastelu on tehty hankkeen kahdelle suunnitelmavaihtoehdolle (VE1 ja VE2), joiden tiedot on saatu tilaajalta. Mallinnuksen avulla on tuotettu laskennallinen meluvyöhykekartta, josta käy ilmi voimaloiden aiheuttamat keskiäänitasot 5 dB:n vyöhykkeinä. Meluvyöhykkeiden lisäksi lähimmille asuin- ja lomarakennuksille on sijoitettu melun reseptoripisteet, joille on laskettu tarkat keskiäänitasot sekä pienitaajuisen (20–200 Hz) melun tasot.

Laskennan sekä raportin on laatinut meluasiantuntija Joel Lindholm. Raportin on tarkastanut Sirpa Lappalainen.

2. Melun ohje- ja raja-arvot

2.1. Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista

Valtioneuvoston asetuksessa 1107/2015 on säädetty tuulivoimaloiden melusta aiheutuvien terveyshaittojen sekä tuulivoimaloiden melusta aiheutuvan muun merkittävän ympäristön pilaantumisen ehkäisemiseksi tarpeellisista ulkomelutason ohjearvoista. Asetusta sovelletaan maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) mukaisessa maankäytön ja rakentamisen suunnittelussa, lupamenettelyissä ja valvonnassa sekä ympäristönsuojelulain mukaisessa lupamenettelyssä ja valvonnassa.

Tuulivoimaloiden toiminnasta aiheutuva 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 (taulukko 1).

Taulukko 1. Valtioneuvoston asetuksen 1107/2015 mukaiset tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvot

	Ulkomelutaso L_{Aeq} päivällä klo 7–22	Ulkomelutaso 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 harjoittaessa huomioon otettavista sisämelutasoista säädetään terveydensuojelulaissa (763/1994) ja sen nojalla annetuissa säännöksissä.

2.2. Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat asuntojen sisätiloissa

Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa 545/2015 on asetettu toimenpiderajat asuntojen ja muiden oleskelutilojen sisätilojen melutasoille.

Yöaikainen (klo 22–7) musiikkimelu tai muu vastaava mahdollisesti unhäiriötä aiheuttava melu, joka erottuu selvästi taustamelusta, ei saa ylittää 25 dB yhden tunnin keskiäänitasona $L_{Aeq,1h}$ (klo 22–7) mitattuna niissä tiloissa, jotka on tarkoitettu nukkumiseen. Keskiäänitason arvioinnin lisäksi tulee huomioida melun mahdolliset erityisominaisuudet eli impulssimaisuus ja kapeakaistaisuus ja niistä aiheutuvat korjaukset. Näitä erityisominaisuuksia ei voida kuitenkaan etukäteen määrittää vaan ne on todennettava mittauksin.

Kun melu on pienitaajuisista, sovelletaan yöaikaiseen meluun taulukon 2 mukaisia toimenpiderajoja. Pienitaajuisen melun toimenpiderajat koskevat tiloja, jotka on tarkoitettu nukkumiseen.

Taulukko 2. Pienitaajuisen sisämelun tunnin keskiäänitason toimenpiderajat nukkumiseen tarkoitetuissa tiloissa.

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

Päiväajan (klo 7–22) pienitaajuiselle melulle sovelletaan 5 dB suurempia arvoja kuin taulukossa 2.

3. Lähtötiedot ja arviointimenetelmät

3.1. Hankkeen tuulivoimalat

Suunnitelmaversio VE1 sisältää 17 tuulivoimalaa, ja versio VE2 16 voimalaa. Voimaloiden napakorkeus on 200 metriä. Tuulivoimapuistossa käytettävä tuulivoimalamallin äänitehotason taajuusjakauma ei vielä ole tiedossa, joten äänitehotasona on käytetty tilaajan arvioimaa 108 dB(A). Äänitehotason taajuusjakaumana on käytetty WSP:n Vestaksen V126 voimalalle (napakorkeus 147 m) mittaamaa tulosta. Taajuusjakaumaa on tasaisesti vahvistettu niin, että äänitehotasoksi on saatu 108 dB(A). Äänitehotasoon on laskennassa lisätty standardin IEC 61400-14 mukainen kokonaisepävarmuustaso 2 dB, joten äänitehotason takuuarvoksi saadaan 110 dB(A).

Melun kokonaisäänitasojen laskennat sekä pienitaajuisen melun laskennat on tehty 1/3-oktaavikaistoittain. Käytetty taajuusjakauma on esitetty taulukossa 3. Voimaloiden sijaintitiedot on esitetty taulukoissa 4 ja 5.

Taulukko 3. Melulaskennassa käytetyn äänitehotason taajuusjakauma 1/3-oktaavikaistoittain.

Taajuus [Hz]	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160
L _{WA} [dB]	69,3	74,8	78,3	83,4	84,7	87,5	92,2	90,7	92
Taajuus [Hz]	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
L _{WA} [dB]	93,6	94,7	98,2	97,9	98,4	100,8	100,1	101,1	100,5
Taajuus [Hz]	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
L _{WA} [dB]	99,8	98,2	96	92,6	88	82,9	82,6	80,7	76,5

20.12.2023

Taulukko 4. Suunnitelmaversio VE1 mukaiset voimaloiden sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa sekä maaston korkeudet merenpinnasta voimaloiden kohdalla.

Voimala	E	N	Maaston korkeus [m]
1	401660	7319268	54,0
2	399237	7320180	42,0
3	401600	7320410	52,4
4	400067	7320427	48,0
5	401199	7321069	54,0
6	399448	7321358	42,3
7	400067	7322077	44,0
8	400810	7322549	51,1
9	401717	7322527	54,7
10	399666	7322850	41,0
11	401717	7323577	50,0
12	400498	7323569	42,0
13	401127	7324058	43,0
14	399476	7318391	41,6
15	398713	7318433	39,1
16	400833	7318616	51,0
17	400055	7319238	45,1

Taulukko 5. Suunnitelmaversio VE2 mukaiset voimaloiden sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa sekä maaston korkeudet merenpinnasta voimaloiden kohdalla.

Voimala	E	N	Maaston korkeus [m]
1	399251	7320188	42,0
2	399360	7321013	41,6
3	399509	7318387	42,0
4	399432	7319337	41,0
5	399725	7323004	41,9
6	399695	7322112	43,0
7	400223	7323557	42,0
8	400396	7321350	44,3
9	400206	7319605	50,0
10	400340	7318509	45,6
11	400188	7320461	50,9
12	400604	7322337	46,8
13	400880	7323160	54,8
14	400864	7319037	49,7
15	400996	7324059	42,5
16	401773	7323312	54,0

3.2. Laskentamalli

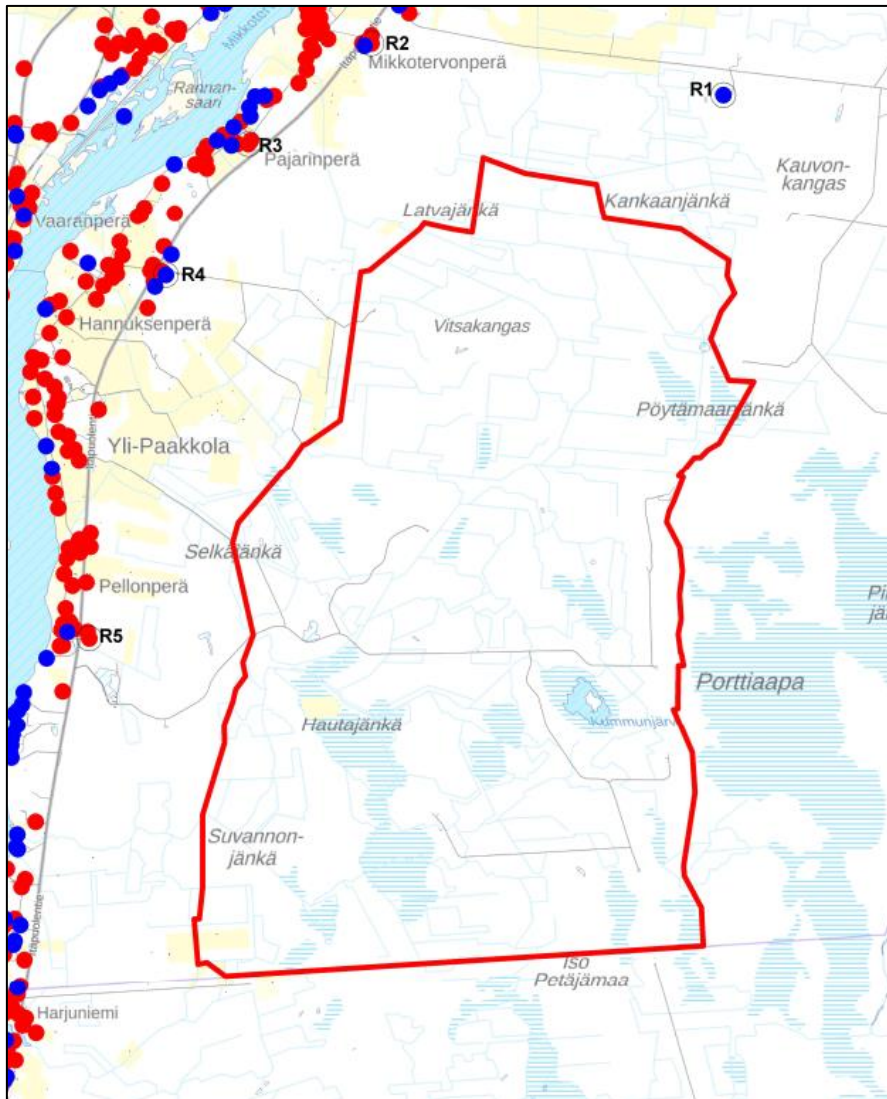
Melulaskennat on tehty CadnaA 2022 laskentaohjelmalla käyttäen ISO 9613-2 -laskentamallia. Laskennan maanpintamalli on muodostettu Maanmittauslaitoksen laserkeilausaineistosta ja malliin on lisätty maastotietokannan rakennuskanta. Korkeuskäyrien tiheytenä on käytetty 1 metriä. Laskenta on tehty 4 metrin korkeudelle ja käytetty ruudukkokoko on 10 m x 10 m. Laskentamallin suhteellisena kosteutena on käytetty arvoa 70 % ja lämpötilana arvoa 15 °C. Vesistöjen absorptioarvona on käytetty arvoa 0 (akustisesti kova pinta) ja muilla maa-alueilla arvoa 0,4 (akustisesti puolikova pinta). Jokia ja puroja ei ole mallinnettu vesialueina. Sääolosuhteiden vaikutus on otettu mallinnuksessa huomioon käyttämällä meteorologisen korjauksen arvoa 0. Kaikki tuulivoimalat on mallinnettu ympärisäteilevinä suuntaamattomina pistelähteinä tuulen suunnasta riippumatta.

Laskentamalliin on lisäksi sijoitettu viisi melun laskenta- eli reseptoripistettä lähimpien asuin- ja lomarakennusten kohdalle (kuva 1). Näihin pisteisiin on laskettu sekä melun keskiäänitasot että pienitaajuisen melun tasot YM:n ohjeen 2/2014 mukaisesti. Reseptoripisteiden sijainnit on esitetty taulukossa 6 ja laskentojen tulokset on esitetty taulukoissa 7–9.

20.12.2023

Taulukko 6. Reseptorien sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa sekä maaston korkeudet vastaavasti.

Reseptorit	E	N	Maaston korkeus [m]	Rakennusluokitus
R1	402473	7325091	51,0	Lomarakennus
R2	399530	7325515	42,0	Asuinrakennus
R3	398505	7324688	43,7	Asuinrakennus
R4	397809	7323579	48,7	Lomarakennus
R5	397169	7320533	39,0	Asuinrakennus



Kuva 1. Hankealueen ja reseptoripisteiden R1–R5 sijainti.

4. Tulokset

4.1. Nykytila

Alueella tai sen läheisyydessä ei ole ennestään tuulivoimaloita, eikä siten nykytilanteessa esiinny tuulivoimaloiden aiheuttamaa melua.

4.2. Mallinnustulokset

Laskennallisen melumallinnuksen A-painotetut keskiäänitasovyöhykkeet vaihtoehdolle VE1 on esitetty liitteessä 1 ja vaihtoehdolle VE2 liitteessä 2. Tulostekuviin on merkitty voimalat roottorin kuvalla, lomarakennukset sinisellä ja asuinrakennukset punaisella. Tuloksissa ei ole huomioitu impulssimaisuuden ja kapeakaistaisuuden mahdollisia korjauksia, sillä niiden huomioimista ei edellytetä ympäristövaikutusten arviointimenettelyssä. Lisäksi impulssimaisuuden ja kapeakaistaisuuden esiintyminen on aina tapauskohtaista, joten niiden esiintyminen voidaan todentaa vain altistuvissa kohteissa tehtävin mittauksin tuulivoimapuiston rakentamisen jälkeen.

Mallinnuksen perusteella suunnitellun tuulivoimapuiston aiheuttaman 35–40 dB(A) keskiäänitasovyöhykkeen sisälle ei jää kummassakaan vaihtoehdossa yhtään lomarakennusta eikä yhtään asuinrakennusta (taulukko 7). Yli 40 dB:n vyöhykkeillä ei ole kummassakaan vaihtoehdossa yhtään asuin- tai lomarakennusta. Kummassakaan tarkastellussa vaihtoehdossa pienitajuisen melun (20–200 Hz) tasot eivät ylitä ulkoalueiden vertailuarvoja (taulukot 8 ja 9).

Taulukko 7. Tuulivoimaloiden aiheuttamat keskiäänitasot reseptoripisteissä R1–R5 tarkastelutilanteissa VE1 ja VE2.

Reseptoripiste	LAeq [dB]	
	VE1	VE2
R1	34	33
R2	32	32
R3	32	33
R4	32	33
R5	32	33

Taulukko 8. Matalataajuisen melun sisätilojen toimenpiderajat, niistä johdetut ulkotilojen vertailuarvot ja reseptoripisteisiin lasketut tasot tarkastelutilanteessa VE1.

Kaista [Hz]	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
Sisämelun toimenpideraja L_{eq} [dB]	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Toimenpiderajasta johdettu ulkotilojen vertailuarvo L_{eq} [dB]	81,6	72,3	65,2	59,3	55,5	55	54,8	54,8	54,8	55,1	54,8
Reseptoripiste	Lasketut tasot VE1										
R1	52,3	50,3	50,2	48,7	49,0	45,8	44,2	44,5	38,5	34,7	33,2
R2	51,3	49,3	49,2	47,7	48,0	44,8	43,1	43,4	37,3	33,5	31,8
R3	51,5	49,4	49,4	47,8	48,2	44,9	43,3	43,6	37,4	33,6	31,9
R4	51,8	49,7	49,7	48,1	48,4	45,2	43,5	43,9	37,7	33,9	32,2
R5	52,1	50,0	50,0	48,4	48,7	45,5	43,9	44,2	38,0	34,2	32,6

Taulukko 9. Matalataajuisen melun sisätilojen toimenpiderajat, niistä johdetut ulkotilojen vertailuarvot ja reseptoripisteisiin lasketut tasot tarkastelutilanteessa VE2.

Kaista [Hz]	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
Sisämelun toimenpideraja L_{eq} [dB]	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Toimenpiderajasta johdettu ulkotilojen vertailuarvo L_{eq} [dB]	81,6	72,3	65,2	59,3	55,5	55	54,8	54,8	54,8	55,1	54,8
Reseptoripiste	Lasketut tasot VE2										
R1	51,8	49,7	49,7	48,2	48,5	45,3	43,6	44,0	37,9	34,1	32,5
R2	51,6	49,6	49,5	48,0	48,3	45,1	43,4	43,8	37,7	33,9	32,3
R3	52,0	49,9	49,9	48,3	48,6	45,4	43,8	44,1	38,0	34,2	32,6
R4	52,1	50,1	50,1	48,5	48,8	45,6	44,0	44,3	38,2	34,4	32,8
R5	52,3	50,2	50,2	48,6	48,9	45,7	44,1	44,4	38,3	34,5	32,8

4.3. Vaihtoehtojen vertailu

Tarkasteltujen vaihtoehtojen VE1 ja VE2 välillä ei ole merkittävää eroa keskenään. Molemmassa vaihtoehtoissa melun keskiäänitasot ovat alle ohjearvotason ja pienitaajuisen melun tasot alittavat ulkoalueiden pienitaajuisen melun vertailutasot.

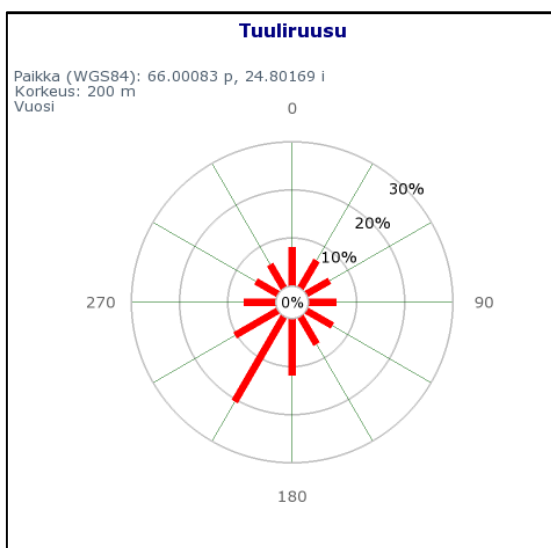
Vaihtoehdossa VE2 tuulivoimapuiston pohjoispuolelle kohdistuva keskiäänitaso on lievästi pienempi ja länsipuolelle kohdistuva keskiäänitaso lievästi suurempi verrattuna vaihtoehtoon VE1. Erot ovat kuitenkin niin pieniä, ettei niitä voi kuulohavainnoin todentaa. Kun huomioidaan alueen yleisimmät tuulen suunnat, voidaan vaihtoehtoa VE2 pitää melun näkökulmasta lievästi parempana vaihtoehtona.

4.4. Melun vaikutusalue

Tuulivoimaloiden aiheuttamat meluvaikutukset eivät rajoitu ohjearvot ylittäviin melutasoihin, sillä voimaloiden melu saattaa olla kuultavissa jo matalammilla 20–40 dBA melutasoilla. Tuulivoimaloiden melupäästö kasvaa tuulen nopeuden kasvaessa tiettyyn pisteeseen asti, minkä jälkeen tuulen nopeuden kasvaessa melupäästö ei enää kasva. Tämä mallinnus on tehty maksimimelupäästöllä ja edustaa siten normaalin toiminnan pahinta mahdollista tilannetta. Tuulivoimamelun erottumiseen taustamelusta vaikuttaa merkittävästi taustamelun määrä. Jos sekä ylhäällä voimalan lapojen korkeudella että alhaalla havainnointipaikassa tuulen nopeus on suuri, voimaloiden melu peittyy helposti taustameluun (tuulen aiheuttamat äänet puissa, kasveissa yms.). Tilanteessa, jossa voimaloiden lapojen korkeudella tuulee, mutta maanpinnan lähellä ei, voimaloiden melu todennäköisesti erottuu selvemmin taustamelusta ja saattaa kuulostaa voimakkaammalta.

Tuulen nopeuden lisäksi tuulivoimaloiden aiheuttamaan meluun vaikuttaa merkittävästi tuulen suunta. Laskentamalli on ns. myötätuulimalli eli sillä arvioidut laskentatulokset pätevät olosuhteissa, joissa tuulen suunta on melukohteesta arvioitavaan kohteeseen. Lisäksi laskentamallissa tuulen suunnan oletetaan olevan jokaisesta äänilähteestä joka suuntaan. Pinta-alaltaan suurissa ”äänilähteissä” (esimerkiksi tuulivoimapuisto tai iso tehdasalue) tämä voi aiheuttaa melun lievää yliarviointia.

Todellisuudessa tuulivoimaloiden melu suuntautuu voimaloista merkittävimmin myötätuulen suuntaan. Kuvassa 2 on esitetty tuulen suuntien jakaumat suunnitellun voimala-alueen kohdalla 200 metrin korkeudella. Noin 50 % ajasta tuulen suunta on etelä-länsi -akselilta, joten mallinnuksen mukaisia melutasoja esiintyy todennäköisesti useammin pohjoisen ja idän välillä kuin muissa ilmansuunnissa.



Kuva 2. Suomen Tuuliatlaksen aineiston tuuliruusu suunnitellun tuulivoimapuiston kohdalla

5. Vaikutusten lieventäminen

Ohje- ja raja-arvojen alla olevien tasojen on katsottu aiheuttavan hyväksyttäviä meluvaikutuksia, joten niiden vaikutuksia ei ole tarpeen erikseen lieventää. Mikäli tuulivoimapuiston käyttöönoton jälkeen syntyy epäily liian suurista melutasoista tai melun kapeakaistaisuudesta tai impulssimaisuudesta, on melutasoja ja melun erityisominaisuuksia mahdollista todentaa mittauksin. Mikäli melun todetaan mittauksin ylittävän sallittuja ohje- tai raja-arvoja, voidaan yksittäisiä voimaloita ohjelmoinnilla pysäyttää tai rajoittaa tietyissä tuulen suunta- ja nopeusolosuhteissa.

6. Arvioinnin epävarmuus

Arvioinnin suurin epävarmuus liittyy käytettyyn äänitehotason taajuusjakaumaan, joka ei ole suunnitellulle voimalamallille ilmoitettu vaan WSP:n muualla mittaama. Voimaloiden äänitehotason taajuusjakauma ei kuitenkaan yleensä merkittävästi muutu voimalasta toiseen vaan erot painottuvat äänitehotason suuruuteen. Mitattua äänitehotasojakaumaa on tässä selvityksessä suurennettu niin, että kokonaisäänitehotaso vastaa tuulivoimapuistoon suunnitellun voimalamallin äänitehotasoa. Lisäksi tässä selvityksessä äänitehotason taajuusjakaumaan on lisätty varmuusarvo 2 dB, joten käytetty epävarmuus on sen verran suuri, että mallinnuksen tuloksia voidaan pitää luotettavana.

Laajan mittauskokemuksemme mukaan tuulivoimaloiden mitatut keskiäänitasot ovat yleensä mallinnettujen keskiäänitasojen tasalla tai alle. Mitatut pienitaajuisen melun tasot ovat yleensä selvästi alle mallinnettujen tasojen. Mittauksissa todetut mallinnustuloksia suuremmat tasot ovat johtuneet lyhytkestoisista poikkeustilanteista, kuten voimaloiden lapojen jäätymisestä.

Tampereella ja Oulussa 20.12.2023

WSP Finland Oy

Laatinut:

Joel Lindholm
Meluasiantuntija
Akustiikka ja melu

Tarkastanut:

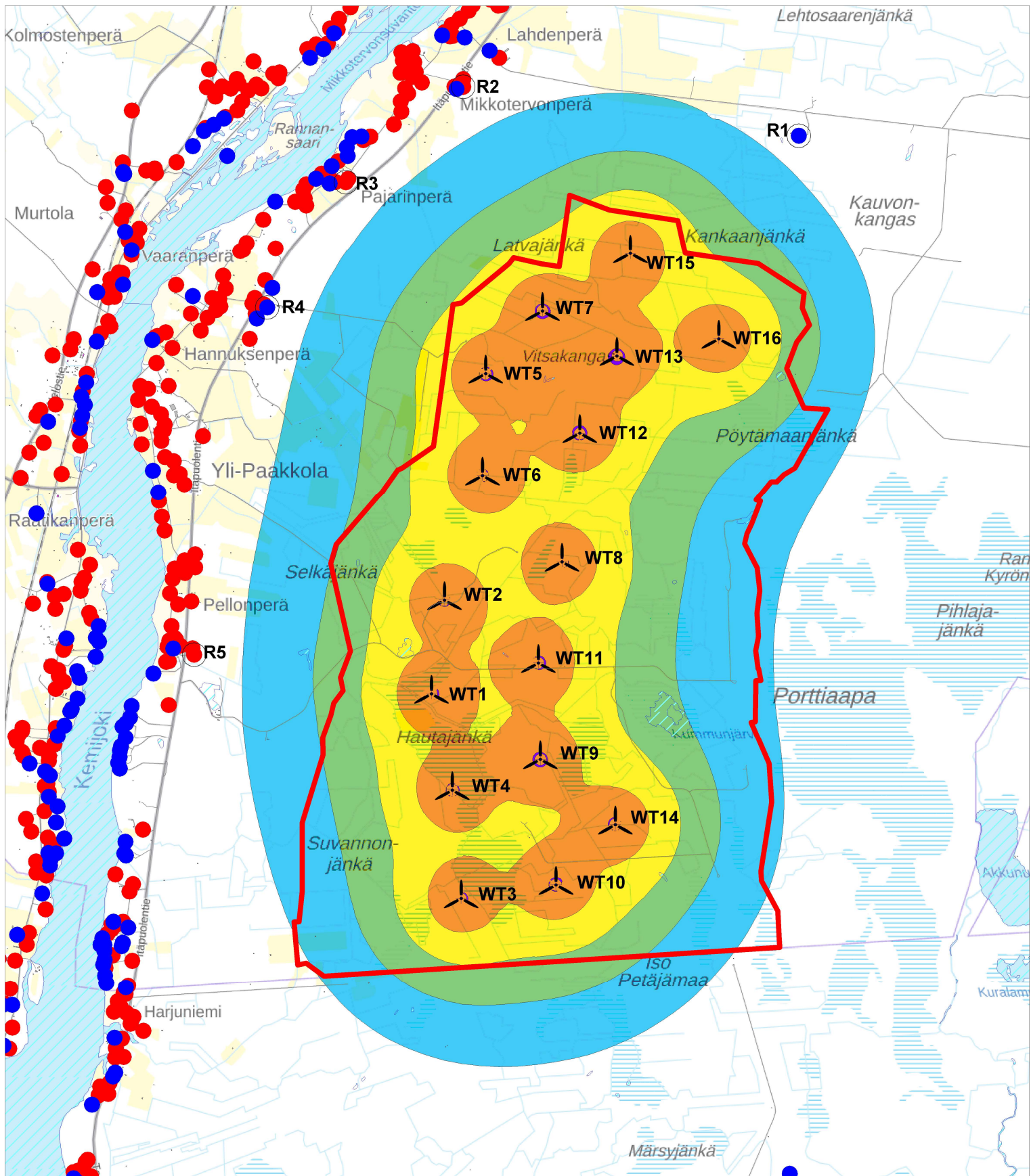
Sirpa Lappalainen
Tiimipäällikkö
Akustiikka ja melu

Viitteet

- 1) Tuulivoimaloiden melun mallintaminen, Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014
- 2) Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista. Asetus 1107/2015
- 3) Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. Asetus 545/2015
- 4) Hongisto V., Radun J., Rajala V., Maula H., Keränen J. ja Saarinen P. 2020. Raportti. Miksi ympäristömelu häiritsee? Anojanssi-projektin loppuraportti

Liitteet

- 1) Tuulivoiman aiheuttamat keskiäänitasot tarkasteluvaihtoehdossa VE1
- 2) Tuulivoiman aiheuttamat keskiäänitasot tarkasteluvaihtoehdossa VE2



Tervolan Vitsakankaan tuulivoimapuiston YVA

Meluselvitys

Voimaloiden sijoittelu
vaihtoehdon VE2 mukaan

- Hankealue
-  Tuulivoimala
-  Reseptoripiste
-  Lomarakenus
-  Asuinrakenus



Keskiaänitaso LAeq [dB]

- > 35.0 dB
- > 40.0 dB
- > 45.0 dB
- > 50.0 dB
- > 55.0 dB

Laskentamalli ISO 9613-2
laskentakorkeus 4 m
laskentatiheys 10 x 10 m



Mittakaava: 1:45000 (A4)

WSP Finland Oy
20.12.2023