



Semecon Oy

Vasama II ja läheisten tuulivoimapuistojen yhteisvaikutusten meluselvitys

101026197-001, 12.09.2024



Tekijä  
AFRY Finland Oy  
Juulianna Lähteinen

E-mail  
[juulianna.lahteinen@afry.com](mailto:juulianna.lahteinen@afry.com)

Osasto  
Wind and Solar Finland

Raporttiversio  
002

Asiakas  
Semecon Oy  
Olli Malkamäki

Päivämäärä  
12/09/2024

Projektinumero  
101026197-001

Raportin tila  
VALMIS

## Vasama II ja läheisten tuulivoimapuistojen yhteisvaikutusten meluselvitys

## Raporttihistoria

Versio	Pvm/Laatiija	Pvm/Tarkastaja	Merkinnät/Muutokset
001	28.06.2024/ Juulianna Lähteinen, Technical Consultant	28.06.2024/ Pinja Tikka, Technical Consultant	Alkuperäinen
002	12.09.2024/ Juulianna Lähteinen, Technical Consultant	12.09.2024/ Mika Laitinen, Senior Consultant	Vasama II:n suunnitelmasta poistettu voimala T1

## Aineistojen käyttöoikeudet

Selvityksessä on käytetty Maanmittauslaitoksen ja Suomen ympäristökeskuksen avoimien aineistojen käyttöluvien alaista materiaalia, jotka on lisensoitu Creative Commons Nimeä 4.0 Kansainvälinen -lisenssillä: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.fi>.

## Sisällysluettelo

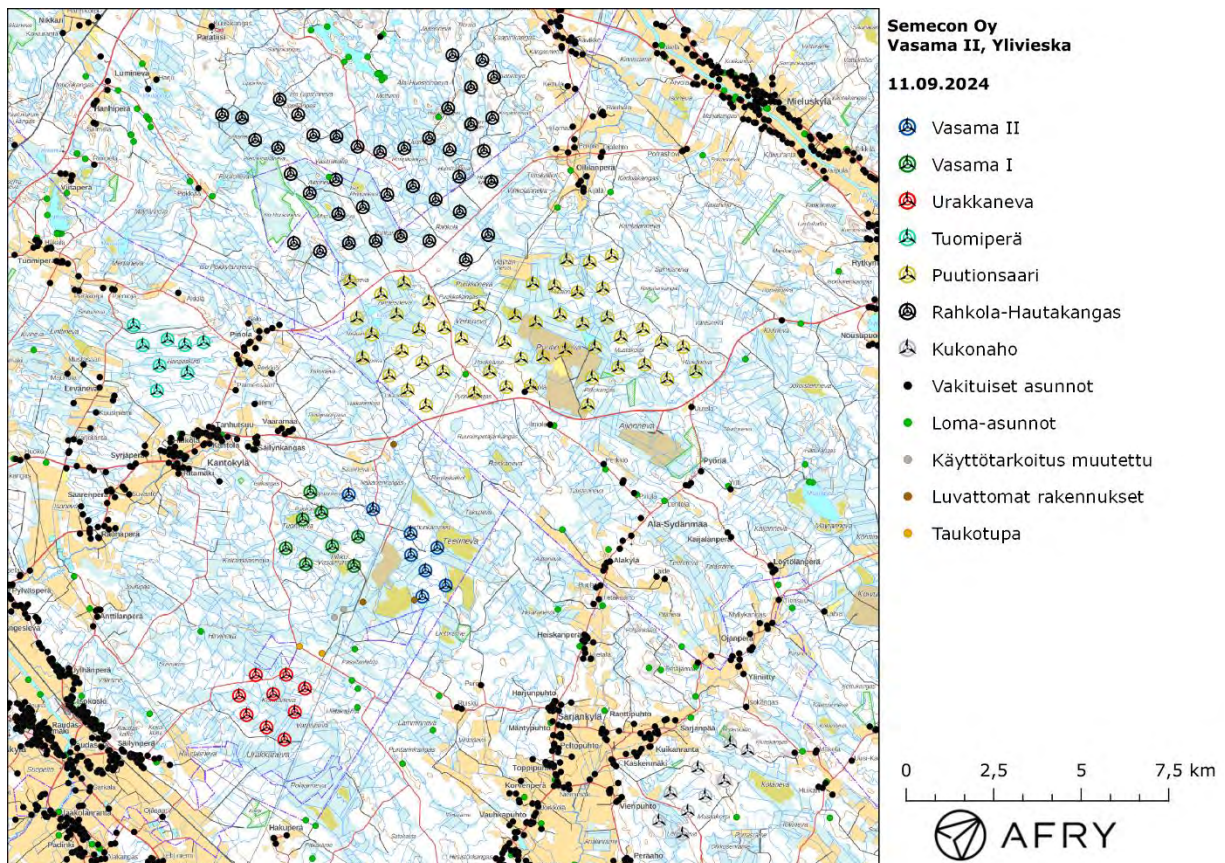
1	Johdanto .....	4
2	Tuulivoimaloiden melu .....	8
2.1	Yleistä tuulivoimamelusta .....	8
2.2	Melumallinnusohjeistus .....	9
2.3	Ohjearvot .....	10
2.4	Sisämelutasojen arviointi.....	11
3	Tuulivoimakohteen melumallinnus .....	12
3.1	Keskiäänitasojen LAeq mallinnus .....	12
3.2	Matalataajuisen melun mallinnus.....	16
4	Yhteenveto .....	19
5	Viitteet .....	20
6	Melumallinnuksen tiedot .....	21

## 1 Johdanto

Selvityksessä arvioidaan Ylivieskan kaupungin alueelle suunnitellun Vasama II tuulivoimapuiston sekä läheisten suunnitteilla olevien tuulivoimapuistojen melun yhteisvaikutuksia laskennallisten mallien avulla. Vasama II tuulivoimapuistoon on suunnitteilla kahdeksan voimalaa. Vasama II tuulivoimapuiston läheisyydessä on kuusi tuulivoimapuistoa, jotka huomioidaan selvityksen mallinuksissa:

- Vasama I, 8 voimalaa
- Urakkaneva, 9 voimalaa
- Tuomiperä, 8 voimalaa
- Puutionsaari, 49 voimalaa
- Rahkola-Hautakangas, 40 voimalaa
- Kukonaho, 9 voimalaa

Vasama I tuulivoimapuisto on Vasaman hankkeen ensimmäinen osa-alue ja Vasama II toinen osa-alue. Vasaman eri osa-alueiden voimalat sijaitsevat lähimmillään 900 metrin etäisyydellä toisistaan. Muiden naapuripuistojen voimaloiden etäisyydet Vasama II:n voimaloihin ovat: Puutionsaari n. 3,3 km, Urakkaneva n. 4,2 km, Tuomiperä n. 5,7 km, Rahkola-Hautakangas n. 7,5 km ja Kukonaho n. 8,7 km. Voimaloiden sijainnit on esitetty kuvassa 1 ja koordinaatit annettu taulukoissa 1-7.



Kuva 1: Vasama II sekä läheisten tuulivoimapuistojen voimaloiden sijainnit.

Taulukko 1: Vasama II tuulivoimaloiden (8 kpl) sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa ja maaston korkeus tuulivoimalan paikalla.

Tuulivoimalat	E	N	Maaston korkeus [m]
T2	401637	7103661	108
T3	400968	7103344	104
T4	399564	7105835	106
T5	400647	7104532	103
T6	400636	7105142	106
T7	401395	7104737	106
T8	401057	7104087	103
T9	398868	7106249	102

Taulukko 2: Vasama I tuulivoimaloiden (8 kpl) sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa ja maaston korkeus tuulivoimalan paikalla.

Tuulivoimalat	E	N	Maaston korkeus [m]
V09	399017	7104219	100
V10	397644	7104266	99
V11	398397	7104778	100
V12	397070	7104723	99
V14	398090	7105743	100
V15	397552	7105543	100
V16	399135	7105052	103
V18	397770	7106329	99

Taulukko 3: Urakkanevan tuulivoimaloiden (9 kpl) sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa ja maaston korkeus tuulivoimalan paikalla.

Tuulivoimalat	E	N	Maaston korkeus [m]
U1	396215	7101106	94
U2	397084	7101115	95
U3	397615	7100722	98
U4	396710	7100559	96
U5	397325	7100050	96
U6	395735	7100516	94
U7	395951	7099963	95
U8	396518	7099610	96
U9	397030	7099264	96

Taulukko 4: Tuomiperän tuulivoimaloiden (8 kpl) sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa ja maaston korkeus tuulivoimalan paikalla.

Tuulivoimalat	E	N	Maaston korkeus [m]
TP1	392725	7111087	82
TP2	392985	7110516	84
TP3	393465	7109933	84
TP4	393390	7109214	84
TP5	394261	7109723	88
TP6	393691	7110683	85
TP7	394190	7110524	89
TP8	394725	7110600	90

Taulukko 5: Puutionsaaren tuulivoimaloiden (49 kpl) sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa ja maaston korkeus tuulivoimalan paikalla.

Tuulivoimalat	E	N	Maaston korkeus [m]	Tuulivoimalat	E	N	Maaston korkeus [m]
P1	398908	7112332	92	P26	404210	7111160	106
P2	399103	7111287	95	P27	404748	7112199	106
P3	399790	7111967	97	P28	405093	7112944	101
P4	399264	7110149	96	P29	404064	7109355	110
P5	399528	7110822	96	P30	404416	7110183	105
P6	400240	7111388	96	P31	404904	7111380	105
P7	400450	7112290	96	P32	405401	7112023	102
P8	400024	7109648	100	P33	405747	7112878	100
P9	400386	7110351	99	P34	405056	7110378	104
P10	400878	7110968	98	P35	405545	7111129	104
P11	401161	7111748	99	P36	406124	7112136	103
P12	400550	7109228	102	P37	406379	7113064	106
P13	400967	7110026	102	P38	405698	7108804	111
P14	401603	7111018	105	P39	405817	7109588	107
P15	401075	7108794	107	P40	405898	7110453	105
P16	401564	7109757	104	P41	406256	7111300	104
P17	402089	7110703	107	P42	406567	7109874	106
P18	402594	7111615	107	P43	406639	7110744	106
P19	402458	7109150	113	P44	407320	7109959	109
P20	402896	7109754	109	P45	407270	7110972	113
P21	403323	7110596	109	P46	407960	7109544	113
P22	403620	7111358	106	P47	407802	7110590	116
P23	404122	7112277	104	P48	408421	7110461	119
P24	403371	7109318	116	P49	408782	7109763	117
P25	403790	7110131	108				

Taulukko 6: Rahkola-Hautakankaan tuulivoimaloiden (40 kpl) sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa ja maaston korkeus tuulivoimalan paikalla.

Tuulivoimalat	E	N	Maaston korkeus [m]	Tuulivoimalat	E	N	Maaston korkeus [m]
RH1	397210	7115407	88	RH21	402361	7116827	105
RH2	397752	7114855	87	RH22	402359	7117877	100
RH3	398502	7115243	94	RH23	403016	7118165	97
RH4	398571	7114263	90	RH24	402683	7118652	96
RH5	398871	7113431	90	RH25	401829	7118796	96
RH6	399638	7113495	95	RH26	401707	7117282	100
RH7	399270	7114455	97	RH27	401163	7116432	100
RH8	400356	7113633	100	RH28	400454	7116139	99
RH9	401168	7113495	105	RH29	399763	7116034	97
RH10	402212	7112954	108	RH30	399118	7116182	97
RH11	402849	7113665	106	RH31	398518	7116475	95
RH12	402038	7114325	107	RH32	397855	7116511	91
RH13	402942	7115192	108	RH33	396850	7116148	85
RH14	402024	7115331	104	RH34	396194	7116377	83
RH15	401350	7114678	105	RH35	395252	7117092	87
RH16	399968	7114813	99	RH36	395821	7117013	83
RH17	400702	7115060	104	RH37	396897	7117532	90
RH18	401749	7116100	104	RH38	397423	7117096	92
RH19	402728	7116065	110	RH39	398048	7113196	91
RH20	402969	7117006	104	RH40	397302	7113434	87

Taulukko 7: Kukonahon tuulivoimaloiden (9 kpl) sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa ja maaston korkeus tuulivoimalan paikalla.

Tuulivoimalat	E	N	Maaston korkeus [m]
K1	409764	7099146	120
K2	410261	7098938	122
K3	408842	7098441	115
K4	409598	7098085	121
K5	409051	7097651	117
K6	408055	7097734	110
K7	408553	7097208	116
K8	408400	7096566	109
K9	407727	7096938	109



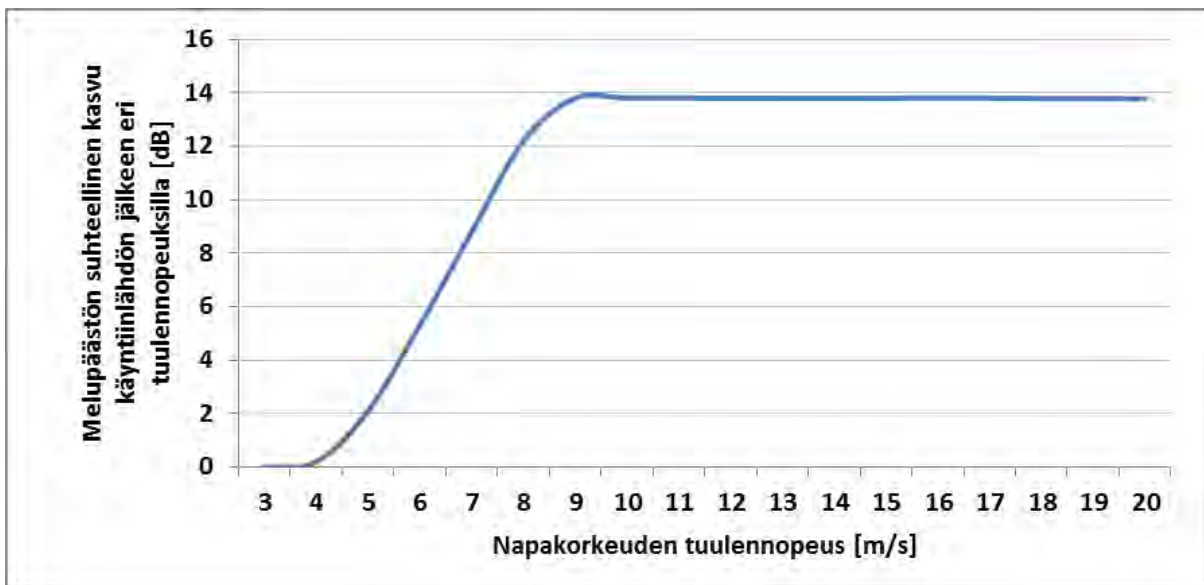
## 2 Tuulivoimaloiden melu

### 2.1 Yleistä tuulivoimamelusta

Tuulivoimalaitosten käyntiääni koostuu pääosin laajakaistaisesta lapojen aerodynaamisesta melusta sekä hieman kapeakaistaisemmasta sähköntuotantokoneiston yksittäisten osien aiheuttamasta melusta johon kuuluvat muun muassa vaihteisto, generaattori sekä jäähdytysjärjestelmät. Tuulivoimaloiden aerodynaaminen melu on hallitsevin äänilähde, joka kattaa noin 90 prosenttia kokonaisäänienergiasta lapojen suuren vaikutuspinta-alan vuoksi [14]. Tuulivoimamelu on A-taajuusjakaumaltaan painottunut tyypillisesti 200–1000 Hz:n väliin.

Modernit kolmilapaiset tuulivoimalaitokset ovat nykyisin ylävirtalaitoksia, joissa siivistö sijaitsee tuulen etupuolella suhteessa voimalan torniin. Katsottaessa aerodynaamisen melun suuntaavuutta ylhäältä käsin on siivistön äänitaso sivutuulen puolelta noin 4–6 dB alhaisempi kuin tuulen ylä- ja alapuolilla samalla etäisyydellä [17].

Vaihtuvanopeuksisen tuulivoimalan äänipäästö on suoraan verrannollinen tuulennopeuteen siten, että alhaisilla tuulilla eli hitaalla roottorin pyörimisnopeudella ja lähellä käyntiinlähtönopeutta lähtöäänitaso on usein noin 10–15 dB alhaisempi kuin voimalan nimellisteholla, jossa roottori saavuttaa suurimman kierrosnopeuden (Kuva 2).



Kuva 2: Esimerkkikuva äänipäästön kasvusta napakorkeuden tuulennopeuden mukaan. Äänitason nousu tasoittuu n. 10 m/s voimalan napakorkeudella mitatun tuulennopeuden jälkeen.

Äänipäästön  $L_{WA}$  huipputaso saavutetaan tyypillisesti voimalan nimellistehotasolla, joka tarkoittaa tyypillisesti yli 10 m/s tuulennopeutta napakorkeudella voimalamallista ja etenkin tornikorkeudesta riippuen. Tuulennopeuden edelleen kasvaessa tuulivoimalan siipikulmasäätö tasoittaa äänitehotason nousun roottorin pyörimisnopeuden pysyessä ennallaan.

Taustamelu, kuten liikennemelu ja teollisuusmelu sekä tuulen tuottama aallokko- ja puustokohina, peittävät tuulivoimaloiden melua, mutta peittoäänet ovat ajallisesti ja tasoltaan vaihtelevia. Tuulikohina esimerkiksi puustossa on taajuuskaistaltaan laajakaistaista ja tuulensuunnasta,

puulajeista, vuodenajasta ja tuulennopeudesta riippuva. Puustokohinan äänitaso mittauskorkeudella 1,5 m voi nousta kuitenkin tuulennopeuden mukaan kokemusperäisesti jopa yli 60 dB:n tasolle [16].

Ilmakehän pystysuuntaisen stabiilisuuden ja ilmavirran turbulenssin vaihtelut vuorokauden eri aikoina voivat vaikuttaa tuulisuuden tasoon eri korkeuksilla [15]. Ilmakehän neutraalin stabiilisuuden vallitessa 8 m/s tuulennopeus 10 metrin korkeudella vastaa korkeudella 100 m nopeutta 12 m/s, korkeudella 160 m nopeutta 14 m/s ja korkeudella 200 m nopeutta 15 m/s.

Moderneissa tuulivoimalaitoksissa melun lähtöäänitasa voidaan kontrolloida erillisellä optimointisäädöllä, jonka avulla kellonajan, tuulensuunnan ja tuulennopeuden mukaan säädetään lapakulmaa haluttuun pyörimisnopeuteen ja melutasoon. Tällä säädöllä on kuitenkin vaikutuksia voimalan sen hetkiseen tuotantototehoon. Modernit voimalamallit sisältävät usein myös siiven jättöreunan sahalaidoituksen, joka vähentää melupäästöä nimellisteholla tällä hetkellä noin 2–3 dB ja tulevaisuudessa vieläkin enemmän serraatioiden tuotekehityksen johdosta [13].

Tarkempia taustatietoja tuulivoimaloiden aiheuttaman melun syntymekanismeista, luonteesta ja vaikutuksista on koottuna julkaisuihin [1], [2] ja [5].

## 2.2 Melumallinnusohjeistus

Ympäristöministeriö on julkaissut 28.2.2014 ohjeen tuulivoimaloiden melun mallintamiseen [7]. Ohjeessa on annettu tietoja mallinnusmenettelyistä arvioitaessa tuulivoimaloiden aiheuttamaa melukuormitusta ympäristönsuojelulain täytäntöönpanossa ja soveltamisessa sekä maankäyttö- ja rakennuslain mukaisissa menettelyissä. Ohjeissa määritellään yksityiskohtaisesti käytettävät mallit, niiden parametrit ja lähtötiedot sekä tulosten esittämistavat. Yksityiskohtainen ohjeistus on koettu tarpeelliseksi, jotta mallinnustulokset olisivat aina tekijöistä riippumatta vertailukelpoisia keskenään. Tämän raportin melumallinnus on toteutettu ympäristöministeriön mallinnusohjeistuksen mukaisesti.

Melumallinnuksen lähtötietona tulisi käyttää teknisen spesifikaation IEC TS 61400-14 mukaista tuulivoimalan melupäästön tunnusarvoa (declared value)  $L_{WAd}$ . Se määritellään standardin IEC 61400-11 mukaisissa mittauksissa äänitehotasoksi, jonka varmuus melupäästön mahdollisessa verifiointissa on 95 %. Tunnusarvo koostuu mitatusta keskimääräisestä äänitehotasosta  $L_{WA}$  sekä varmuusarvosta K, joka vastaa voimalatyyppien melutason vaihteluväliä 95 %:n varmuudella.

Äänitehotasot on ilmoitettava 1/3-oktaaveittain keskitäajuuksilla 20–10000 Hz ja oktaaveittain keskitäajuuksilla 31,5–8000 Hz, ja ne tulee olla saatavilla 10 m:n referenssikorkeutta vastaavilla tuulen nopeuksilla 8 m/s ja 10 m/s. Melumallinnuksen epävarmuus on tarkastelussa ja ohjeistuksessa sisällytetty laskennassa käytettyyn tuulivoimaloiden melupäästön arvoon, jolloin mallinnustuloksia voidaan suoraan verrata suunnitteluohjearvoihin ilman erillistä epävarmuus-tarkastelua, ja äänen etenemisen ja ympäristöolosuhteiden mallinnukseen voidaan käyttää vakioituja sää- ja ympäristöolosuhdearvoja.

Melun häiritsevyyteen vaikuttaa äänitasojen lisäksi melupäästöön mahdollisesti liittyvät erityisen häiritsevät melukomponentit: melun kapeakaistaisuus, melun impulssimaisuus ja merkityksellinen sykintä (nk. amplitudimodulaatio). Melun impulssimaisuuden ja merkityksellisen sykinän vaikutukset oletetaan sisältyvän valmistajan ilmoittamiin melupäästön tunnusarvoihin, eikä mallinnusohjeistuksessa edellytetä niiden erillistä tarkastelua.

Äänen etenemislaskennassa käytetään ohjeen mukaisia standardiin ISO 9613-2 perustuvia sää- ja ympäristöolosuhdearvoja. Maaston pinnan laatu ja muoto otetaan mallinnuksessa erillisinä huomioon. Lisäksi matalataajuisten äänen eteneminen tulee mallintaa erikseen ohjeistuksessa määritellyn erillislaskennan avulla, joka perustuu Tanskassa annettuun ohjeistukseen, jonka

parametreja on mukautettu Suomen olosuhteisiin [3]. Laskennassa otetaan huomioon geometrinen etäisyysvaimennus sekä ohjeistuksen mukaiset ilmakehän absorption ja maastovaikutuksen parametrit. Matalataajuisen äänen tarkastelu tehdään erikseen 1/3-oktaaveittain taajuusalueella 20–200 Hz melulle merkittävimmin altistuvien kohteiden (rakennusten) ulkopuolella. Laskennan tarkoituksena on tuottaa tieto ulkomelutasoista terssikaistoittain, ja niiden perusteella voidaan arvioida rakennuksen sisämelutaso oletetulla ääneneristävyydellä.

## 2.3 Ohjearvot

Valtioneuvoston 1.9.2015 voimaan astunut asetus 1107/2015 määrittää tuulivoimaloiden aiheuttaman ulkomelutason ohjearvot [9]. Päätöstä sovelletaan meluhaittojen ehkäisemiseksi ja ympäristön viihtyisyyden turvaamiseksi maankäytön, liikenteen ja rakentamisen suunnittelussa sekä rakentamisen lupamenettelyissä. Ohjearvot määritetään melun A-painotettuina päivä- (klo 07–22) ja yöajan (klo 22–07) ekvivalenttimelutasoina ulkoalueille asumiseen käytettävillä alueilla. Valtioneuvoston asetus korvaa aiemmat ympäristöministeriön suosittelemat suunnitteluarvot tuulivoimaloiden ulkomelutasoille [8].

Valtioneuvoston aiemmassa melutasoihin liittyvässä päätöksessä 993/1992 on annettu luonnonsuojelualueille päiväajan ohjearvo 45 dB(A) ja yöajan ohjearvo 40 dB(A) [10]. Tuulivoimameluasetuksen 1107/1/2015 perustelumuiotuksen mukaan asetusta ei sovelleta kaikilla luonnonsuojelualueilla, vaan ainoastaan yleiselle virkistyskäytölle tärkeillä luonnonsuojelualueilla, joille on rakennettu käyttöä palvelevia polkuja ja muita rakenteita. Aiemman melupäätöksen 993/1992 luonnonsuojelualueiden ohjearvoja ei siis tuulivoimamelun osalta sovellettaisi.

Kun laskennallisia melutasoja verrataan valtioneuvoston asetuksen ohjearvoihin, laskettuun melutasoon ei tehdä korjausta melun impulssimaisuuden tai kapeakaistaisuuden vuoksi. Ympäristöministeriön melumallinnusohjeistuksen [7] mukaan näiden vaikutusten oletetaan lähtökohtaisesti sisältyvän valmistajan ilmoittamiin melupäästön tunnusarvoihin, joita käytetään laskennan lähtötietoina. Sen sijaan valvonnan yhteydessä tehtäviin mittaustuloksiin lisätään 5 dB ennen valtioneuvoston ohjearvoon vertaamista, mikäli tuulivoimalan ääni sisältää kapeakaistaisia tai impulssimaisia komponentteja. Valtioneuvoston ohjearvot on koottu taulukkoon (Taulukko 8).

*Taulukko 8: Mallinnustulosten arvioinnissa sovellettavat valtioneuvoston asetuksen mukaiset ohjearvot.*

Tuulivoimamelun ohjearvot	LA <sub>eq</sub> päiväajalle (klo 7–22)	LA <sub>eq</sub> yöajalle (klo 22–7)
Pysyvä asutus, Loma-asutus, Hoitolaitokset, Leirintäalueet	45 dB	40 dB
Oppilaitokset, Virkistysalueet	45 dB	-
Kansallispuistot	40 dB	40 dB

Sosiaali- ja terveysministeriö on määrittänyt 15.5.2015 voimaan astuneessa asumisterveysasetuksessa toimenpiderajat matalataajuiselle yöaikaiselle melulle sisätiloissa [6]. Melun toimenpiderajat on annettu terssikaistoittain painottamattomille tunnin keskiäänitasoille, ja ne on lueteltu taulukossa (Taulukko 9). Ohjeistuksen mukaiset mallinnustulokset vastaavat matalataajuisen melun tasoa ulkotiloissa, joten ne eivät ole suoraan verrannollisia Asumisterveysasetuksen arvoihin. Ulkomelutasojen avulla voidaan kuitenkin arvioida sisämelutasoja, kun rakennuksen vaipan ääneneristävyyys tunnetaan riittävällä tarkkuudella.

Taulukko 9: Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat sisämelulle terssikaistoittain. Desibeliarvot ovat taajuuspainottamattomia.

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

## 2.4 Sisämelutasojen arviointi

Asumisterveysasetuksessa 545/2015 annetaan matalien taajuuksien 20–200 Hz tunnin keskiäänitasojen (Taulukko 9) lisäksi toimenpiderajat päivä- ja yöajan kokonaismelutasoille sisätiloissa. Päiväaikainen (klo 07-22) keskiäänitaso ei saa ylittää 35 dB(A) ja yöaikainen (klo 22-07) keskiäänitaso 30 dB(A). Lisäksi yöaikainen musiikkimelu tai muu vastaava mahdollisesti unihäiriötä aiheuttava melu, joka erottuu selvästi taustamelusta, ei saa ylittää 25 dB yhden tunnin keskiäänitasona  $L_{eq,1h}$  mitattuna niissä tiloissa, jotka on tarkoitettu nukkumiseen.

Ympäristöministeriön melumallinnusohjeet eivät sisällä erillisiä ohjeita sisämelun kokonaisäänitason mallintamiseksi. Yöajan sisämelun toimenpiderajojen oletetaan kuitenkin alittuvan, mikäli melumallinnuksen antamat ulkomelutasot sekä matalataajuisten sisämelun tasot alittavat valtioneuvoston asetuksen ohjearvot ja asumisterveysasetuksen toimenpidearvot. Ympäristöministeriön asetuksen 796/2017 mukaan uudisrakennusten ulkovaipan ääneneristyksen on oltava vähintään 30 dB. Jos tuulivoimaloiden aiheuttama ulkomelutaso alittaa 40 dB(A), niin sisämelutaso pysyy uudisrakennuksilla selkeästi toimenpiderajan alapuolella. Vanhemmat rakennukset eivät kuitenkaan välttämättä toteuta uuden asetuksen vaatimustasoa.

Suomalaisten asuinrakennusten ääneneristävyttä on tutkittu artikkelissa [4], jossa on esitetty taajuuskohtaiset äänitasoerot matalille taajuuskaistoille 20-200 Hz. Artikkelin arvot (Taulukko 13) on määritetty tilastollisesti niin, että ne ylittyvät 84 % todennäköisyydellä suomalaisissa pientaloissa, ja niitä on käytetty tässä selvityksessä matalataajuisten sisämelutasojen arviointiin. Rakennusten ilmajänieristyksen keskimääräinen profiili kasvaa korkeammille taajuuksille mentäessä, jonka perusteella mallinnusohjeistuksen mukainen sisämelujen arviointi tehdään vain matalille taajuuksille. Jos matalataajuisten sisämelun tasojen todetaan pysyvän annetuissa toimenpiderajoissa, myös kokonaismelun tasot pysyvät todennäköisesti raja-arvojen alapuolella.

## 3 Tuulivoimakohteen melumallinnus

### 3.1 Keskiäänitasojen LAeq mallinnus

Tuulivoimaloiden aiheuttaman keskiäänitason mallinnus on suoritettu laskentastandardin ISO 9613-2 mukaisesti AFRY Numerola -mallinnusohjelmistolla. Mallinnuksessa käytetyt voimalatiedot on koottu taulukkoon 10. Mallinuksissa on käytetty neljän eri tuulivoimalatyypin taajuusjakaumia. Vestaksen voimaloiden V172 7.2 MW PO7200 ja V162 6.4 MW PO6400 taajuusjakaumat on saatu seuraavista tuulivoimalavalmistajan dokumenteista:

- Third octave noise emission EnVentus™ 172-7.2MW 50/60 Hz. Document no. 0128-4336\_00. 2022-06-30.
- Third octave noise emission EnVentus™ V162-6.4MW 50/60 Hz. Document no. 0133-3544\_02. 2023-05-12.

Selvityksessä käytettiin General Electricin GE158 5.5 MW tuulivoimalalle meluselvitysraportin **“FCG, Vasaman tuulivoimahanke, Ylivieska, melu- ja varjostusmallinnusraportti 28.11.2022” sivun 8** taulukon 6 Kukonahon tuulivoimapuiston voimaloille esitettyä oktaavijakaumaa ja 1/3 oktaavijakaumaa. Kyseisen meluselvitysraportin akustiset tiedot perustuvat dokumenttiin:

- Technical Documentation Wind Turbine Generator Systems 5.3/5.5-158 - 50 Hz, Noise\_Emission-NO\_5.3\_5.5- 158-50Hz\_IEC\_EN\_r01.docx.

Selvityksessä käytettiin General Electricin GE158 6.1 MW Mode 0, no STE tuulivoimalalle meluselvitysraportin **“FCG, Vasaman tuulivoimahanke, Ylivieska, melu- ja varjostusmallinnusraportti 28.11.2022” sivun 9 taulukon 7 Rahkola-Hautakankaan tuulivoimapuiston voimaloille esitettyä oktaavijakaumaa ja 1/3 oktaavijakaumaa. Kyseisen meluselvitysraportin akustiset tiedot perustuvat dokumenttiin:**

- Noise\_Emission\_4.x\_5.x\_6.x-158-50Hz\_IEC\_EN\_r01.

Dokumenteissa ilmoitettuihin melutasoihin on lisätty ympäristöministeriön 14.9.2016 antaman lisäohjeistuksen mukainen 2 dB:n varmuusarvo [11]:

**“Takuuarvoa ei ole aina esitetty dokumentissa IEC 61400-14 standardin määrittämällä tavalla ja takuuarvo joudutaan tällöin arvioimaan hankekehittäjän tai meluselvitystä tekevän konsultin toimesta. Tässä tapauksessa laskeminen tulee suorittaa IEC 61400-14 mukaisesti. Mikäli takuuarvoa ei ole mahdollista määrittää standardin IEC 61400-14 mukaisesti, tulee tuulivoimalan melupäästön lukuarvoon lisätä varmuusarvona 2 dB takuuarvon saamiseksi.”**

Mallinuksissa Vasama I ja Vasama II voimaloille on käytetty napakorkeutta 214 m ja tuulivoimalatyyppiä V172 7.2 MW (with serrated trailing edges), jonka äänitehotaso on 106,9 dB(A). Mallinuksissa Vasama I ja Vasama II voimaloille on siis käytetty äänitehotasoa 108,9 dB(A). Mallinuksissa käytetyt taajuusjakaumat vastaavat tuulennopeutta 15 m/s napakorkeudella 214 m, jonka arvioidaan vastaavan melumallinnusohjeistuksen mukaista referenssikorkeutta 8 m/s 10 m korkeudella.

Mallinuksissa Urakkanevan voimaloille on käytetty napakorkeutta 169 m ja tuulivoimalatyyppiä V162 6.4 MW (with serrated trailing edges), jonka äänitehotaso on 106,6 dB(A). Mallinuksissa Urakkanevan voimaloille on siis käytetty äänitehotasoa 108,6 dB(A). Mallinuksissa Puutionsaaren ja Kukonahon voimaloille on käytetty tuulivoimalatyyppiä GE158 5.5 MW, jonka äänitehotaso on 106,0 dB(A). Mallinuksissa Puutionsaaren ja Kukonahon voimaloille on siis käytetty äänitehotasoa

108,0 dB(A). Puutionsaaren voimaloille on käytetty napakorkeutta 200 m ja Kukonahon voimaloille napakorkeutta 122,5 m.

Mallinuksissa Tuomiperän ja Rahkola-Hautakankaan voimaloille on käytetty tuulivoimalatyyppiä GE158 6.1 MW, jonka äänitehotaso on 107,0 dB(A). Mallinuksissa Tuomiperän ja Rahkola-Hautakankaan voimaloille on siis käytetty äänitehotasoa 109,0 dB(A). Tuomiperän voimaloille on käytetty napakorkeutta 145 m. Rahkola-Hautakankaan Haapaveden puoleisille 13 voimalalle on käytetty napakorkeutta 221 m ja Oulaisen puoleisille 27 voimalalle on käytetty napakorkeutta 171 m.

*Taulukko 10:* Mallinuksissa tuulivoimapuistoille käytetyt voimalamitat, turbiinityypit ja lähtömelutasot.

Tuulivoimapuisto	Voimaloiden lukumäärä	Napakorkeus	Turbiinityyppi	Lähtömelutaso
Vasama II	8 kpl	214 m	V172-7.2MW	106,9+2 dB(A)
Vasama I	8 kpl	214 m	V172-7.2MW	106,9+2 dB(A)
Urakkaneva	9 kpl	169 m	V162-6.4MW	106,6+2 dB(A)
Tuomiperä	8 kpl	145 m	GE158-6.1MW	107,0+2 dB(A)
Puutionsaari	49 kpl	200 m	GE158-5.5MW	106,0+2 dB(A)
Rahkola-Hautakangas	13 kpl	221 m	GE158-6.1MW	107,0+2 dB(A)
Rahkola-Hautakangas	27 kpl	171 m	GE158-6.1MW	107,0+2 dB(A)
Kukonaho	9 kpl	122,5 m	GE158-5.5MW	106,0+2 dB(A)

Tuulivoimalatyyppien melupäästön kapeakaistaisuuden arvioinnissa on käytetty ympäristöministeriön raportissa Ympäristömelun mittaaminen [12] esitettyä yksinkertaista menetelmää, joka perustuu äänitehotasojen vertailuun terssikaistoittain (1/3-oktaaveittain). Melun tulkitaan olevan kapeakaistaista, mikäli ainakin yhden terssikaistan äänitehotaso on vähintään 5 dB suurempi kuin välittömästi kyseisen kaistan ala- ja yläpuolella olevien terssikaistojen tasot. Luvussa 6 esitettyjen melun taajuusjakaumien mukaan tämä ehto ei toteudu, joten melun kapeakaistaisuuteen liittyvää sanktiota ei ole käytetty.

Maaston korkeusaineistona on käytetty Maanmittauslaitoksen aineistoa *Korkeusmalli 2 m*, jonka pystysuuntainen tarkkuus on 0,3 m ja vaakasuuntainen resoluutio 2 m. Melutasot tuulivoimaloiden ympäristössä laskettiin hilapisteistöön, jonka korkeus on (ohjeistuksen mukaisesti) 4 m maanpinnasta ja vaakaresoluutio 10 m. Ilmakehän absorptio aiheuttama vaimennus, äänen suuntaavuus ja sääolosuhteiden vaikutus äänen etenemiseen on määritetty ympäristöministeriön ohjeistusten mukaisesti. Tuulivoimalan sijoituspaikan ympäristössä maaston vaikutuskerroin on ollut maa-alueilla 0,4 ja vesialueilla 0,0. Mallinusoheistuksen mukaisesti tuulivoimalan melupäästöön lisätään 2 dB, mikäli voimalan ja melulle altistuvan kohteen välinen korkeusero ylittää 60 m. Akustisen laskennan lähtötiedoista ja parametreista on tehty yhteenveto lukuun 6.

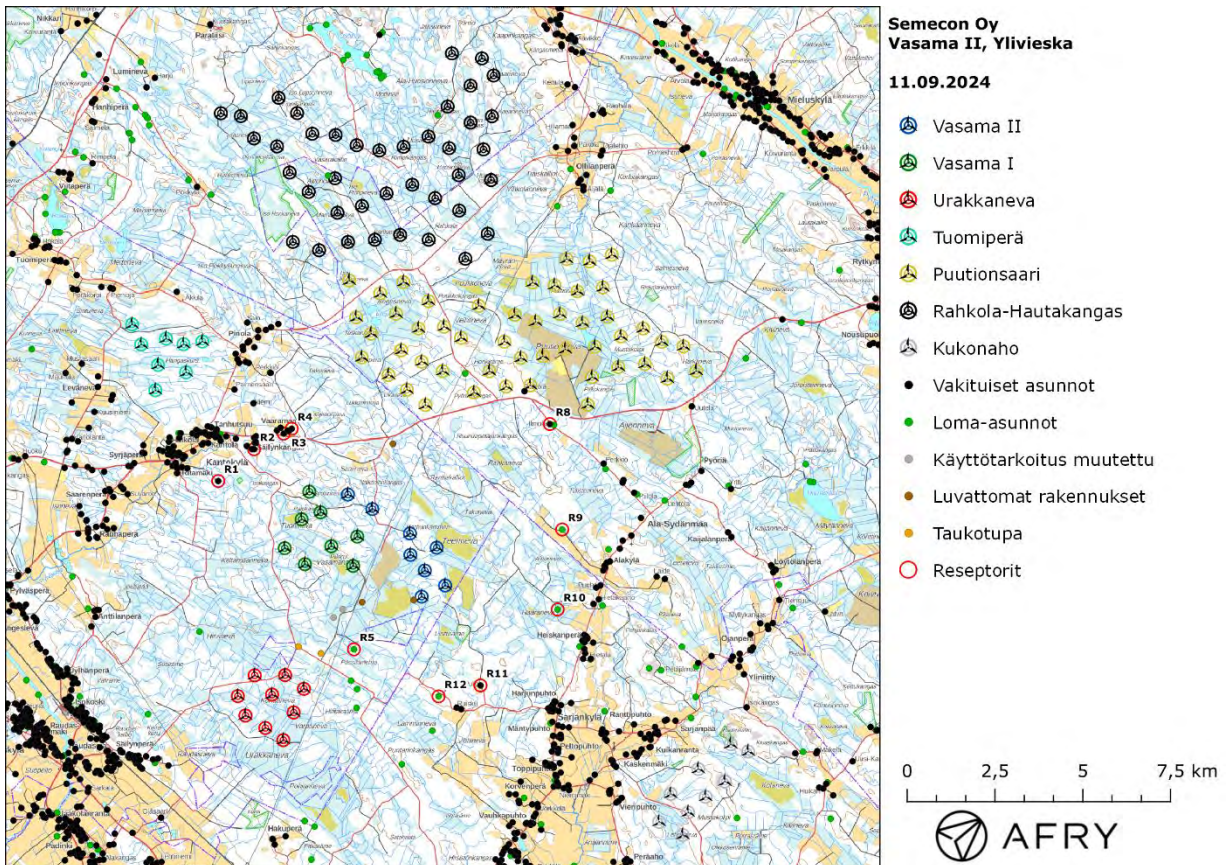
Taulukossa (Taulukko 11) on määritelty tuulivoimaloiden ympäristöstä kymmenen pistettä, joiden kohdilla keskiäänitason LAeq ja matalataajuisten melun tasojen tarkastellaan tarkemmin. Pisteet on valittu asuntojen kohdilta, joihin kohdistuu suurin meluvaikutus. Näitä pisteitä kutsutaan reseptoripisteiksi, ja niiden paikat suhteessa tuulivoimaloihin on esitetty karttapohjalla (Kuva 3). Rakennukset sijaitsevat lähimmillään noin 2,4 km etäisyydellä Vasama II:n voimaloista.

Maanmittauslaitoksen maastotietokannan aineiston mukaan Vasama II hankealueen lounaispuolella sijaitsee kaksi lomarakennusta. Kyseisten rakennusten käyttötarkoitus on hankekehittäjältä tulleen tiedon mukaan muutettu muuksi rakennukseksi. Rakennusten sijainnit on merkitty karttakuviiin

harmaalla. MML:n maastotietokannan aineisto sisältää kolme lomarakennusta, jotka ovat hankekehittäjältä tulleen tiedon mukaan luvattomia. Luvattomat rakennukset on merkitty karttakuviin ruskealla. MML:n maastotietokannassa on lisäksi merkittynä loma- ja asuinrakennus kiinteistölle 977-405-11-132 sekä lomarakennus kiinteistölle 977-405-11-154. Nämä ovat hankekehittäjältä saadun tiedon mukaan todellisuudessa taukotupia tai kämppiä ja ne on merkitty karttakuviin keltaisella. Melun ohjearvot koskevat pelkästään asuin- ja lomarakennuksia, minkä vuoksi edellä mainittuja rakennuksia ei huomioida tämän selvityksen melutarkasteluissa.

Taulukko 11: Reseptorien koordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa.

Reseptori	E	N	Maaston korkeus [m]	Rakennusluokitus
R1	395179	7106629	87	vakituinen asuinrakennus
R2	396200	7107533	88	vakituinen asuinrakennus
R3	397044	7107977	88	vakituinen asuinrakennus
R4	397272	7108116	89	vakituinen asuinrakennus
R5	399043	7101843	101	lomarakennus
R8	404619	7108249	115	vakituinen asuinrakennus
R9	404970	7105250	113	lomarakennus
R10	404841	7102975	113	lomarakennus
R11	402645	7100816	114	vakituinen asuinrakennus
R12	401452	7100505	113	lomarakennus



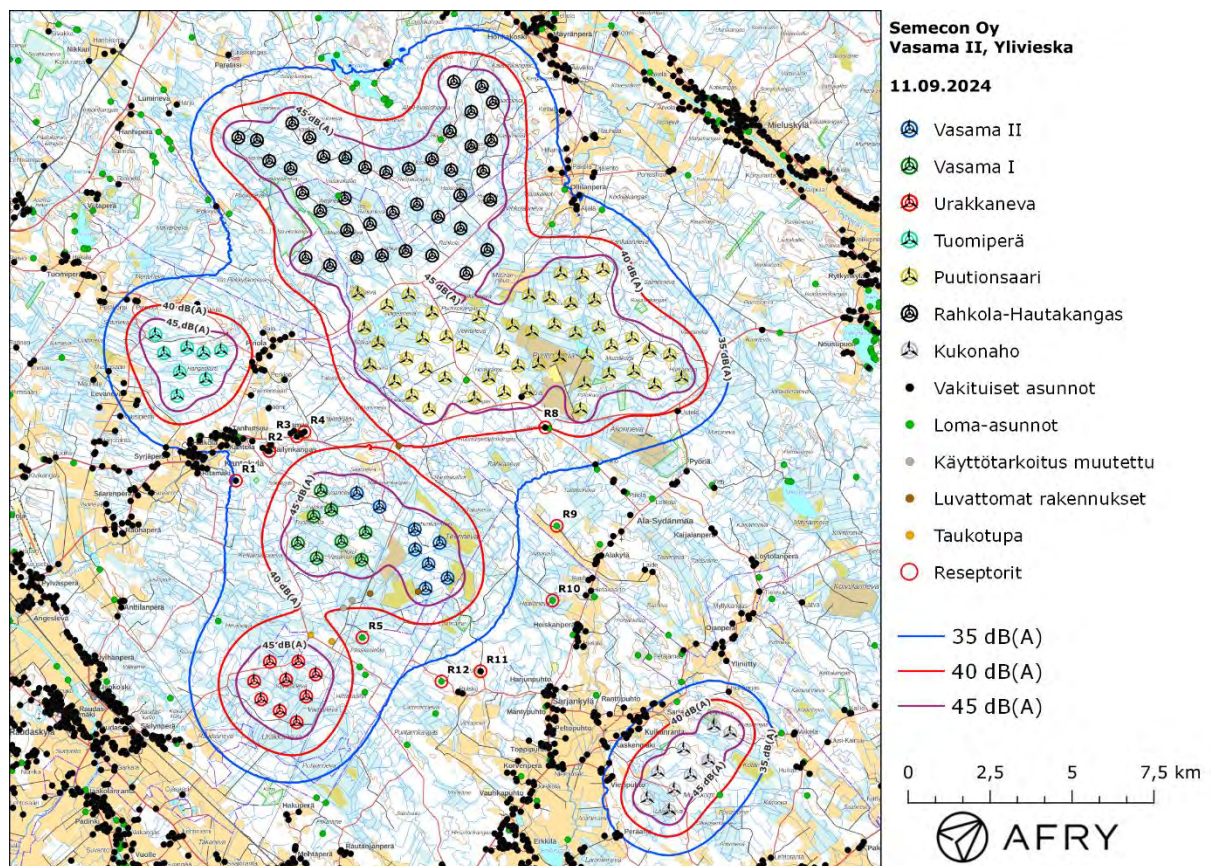
Kuva 3: Reseptoreiden paikat suhteessa tuulivoimapuistoihin.

### Meluvaikutus

Tuulivoimaloiden aiheuttama mallinnettu keskiäänitaso LAeq on esitetty karttakuvana (Kuva 4). Alueen rakennustieto perustuu Maanmittauslaitoksen maastotietokannan aineistoon, jossa on eritelty alueen asuin- ja lomarakennukset. Tämän lisäksi karttaan on merkitty rakennukset, joiden käyttötarkoitus on muutettu (harmaa), luvattomat rakennukset (ruskea) sekä taukotuvat tai kämpät (keltainen). Tieto edellä mainituista rakennuksista on saatu hankekehittäjältä. Karttakuvaan on merkitty keskiäänitasojen 35 dB(A), 40 dB(A) ja 45 dB(A) mukaiset vyöhykkeet, joita käytetään apuna tulosten arvioinnissa.

Keskiäänitasot reseptoreiden kohdilla on lueteltu taulukossa (Taulukko 12). Mallinnusten perusteella keskiäänitasot reseptorien kohdilla eivät ylitä valtioneuvoston asetuksen 40 dB(A):n ohjearvoa minkään tarkastellun reseptoripisteen kohdilla.

Karttakuvasta nähdään, että Maanmittauslaitoksen maastotietokannan aineiston perusteella tuulivoimaloiden ympäristössä on joitakin asuin- tai lomarakennuksia, joissa keskiäänitasot ylittävät valtioneuvoston ohjearvon. Maanmittauslaitoksen maastotietokannan aineisto ei ole aina ajan tasalla, joten kaikkien rakennusten todellisesta käyttötarkoituksesta ei voida olla täysin varmoja.



Kuva 4: Keskiäänitasot LAeq, kun mallinnoissa huomioidaan Vasama II:n sekä naapuripuistojen voimat.



Taulukko 12: Keskiäänitasot LAeq reseptoripisteiden kohdilla.

Reseptori	Äänitaso dB(A)
R1	35,4
R2	36,6
R3	37,2
R4	37,3
R5	38,5
R8	40,0
R9	32,4
R10	31,2
R11	32,1
R12	33,0

### 3.2 Matalataajuisen melun mallinnus

Matalataajuisen melun laskenta on suoritettu ympäristöministeriön mallinnusohjeistuksen mukaisesti [7]. Laskennan lähtötietona on käytetty samoja valmistajan ilmoittamia melun taajuusjakaumia kuin keskiäänitasojen mallinnuksessa, mutta rajoittuen 1/3-oktaaveittain taajuuksille 20–200 Hz. Matalataajuisen melun laskenta suoritetaan taajuuspainottamattomilla melutasoilla.

#### Meluvaikutus

Matalataajuisen melun arvioinnissa käytetään Suomen asumisterveysasetuksessa määriteltyjä taajuuskohtaisia arvoja, jotka antavat toimenpiderajat matalataajuisen melun yöaikaisille sisämelutasoille (Taulukko 9). Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen mallinnus antaa matalataajuisen ulkomelun tasot voimaloita lähimpien rakennusten kohdilla. Tulokset eivät siis ole suoraan vertailukelpoisia asumisterveysasetuksen arvoihin, vaan tulokinnassa pitää huomioida myös rakennusten ulkovaipan ääneneristävyys.

Ympäristöministeriön ohjeiden mukainen matalataajuisen melun laskenta perustuu Tanskan ympäristöhallinnon ohjeissa esitettyyn menetelmään [3], jonka parametreihin on tehty joitakin Suomen olosuhteisiin perustuvia tarkennuksia. Tanskan menetelmässä on määritelty rakennuksesta aiheutuva äänitasoero ( $\Delta L_o$ ) taajuuskaistoittain, jolloin saadaan laskettua myös sisämelutasot ja toimenpiderajoihin verrannolliset mallinnustulokset.

Tässä raportissa käytetyt rakennusten parametrit perustuvat tutkimukseen suomalaisten pientalojen äänieristävyiden arvoista [4]. Turun ammattikorkeakoulussa tehdyssä tutkimuksessa esitetyt arvot perustuvat suomalaisissa pientaloissa tehtyihin mittauksiin, joiden avulla on johdettu tilastollinen estimaatti talojen ääneneristävyyksille eri taajuuksilla. Artikkelin [4] äänitasoerot ylittyvät 84 % todennäköisyydellä suomalaisissa pientaloissa, ja ne ovat selkeästi alhaisempia kuin Tanskan ympäristöhallinnon ohjeissa annetut arvot. Ne antavat siten konservatiivisen arvion rakennusten aiheuttamalle ääneneristävyydelle, ja tässä raportissa vertailurakennusten matalataajuisia sisämelutasoja arvioidaan käyttäen näitä alempia äänitasoeroja. Taulukossa (Taulukko 13) on esitetty sekä Tanskan ympäristöhallinnon ohjeissa että artikkelissa [4] annetut äänitasoerot.

Taulukko 13: Rakennuksen äänitasoerot taajuuskaistoittain.

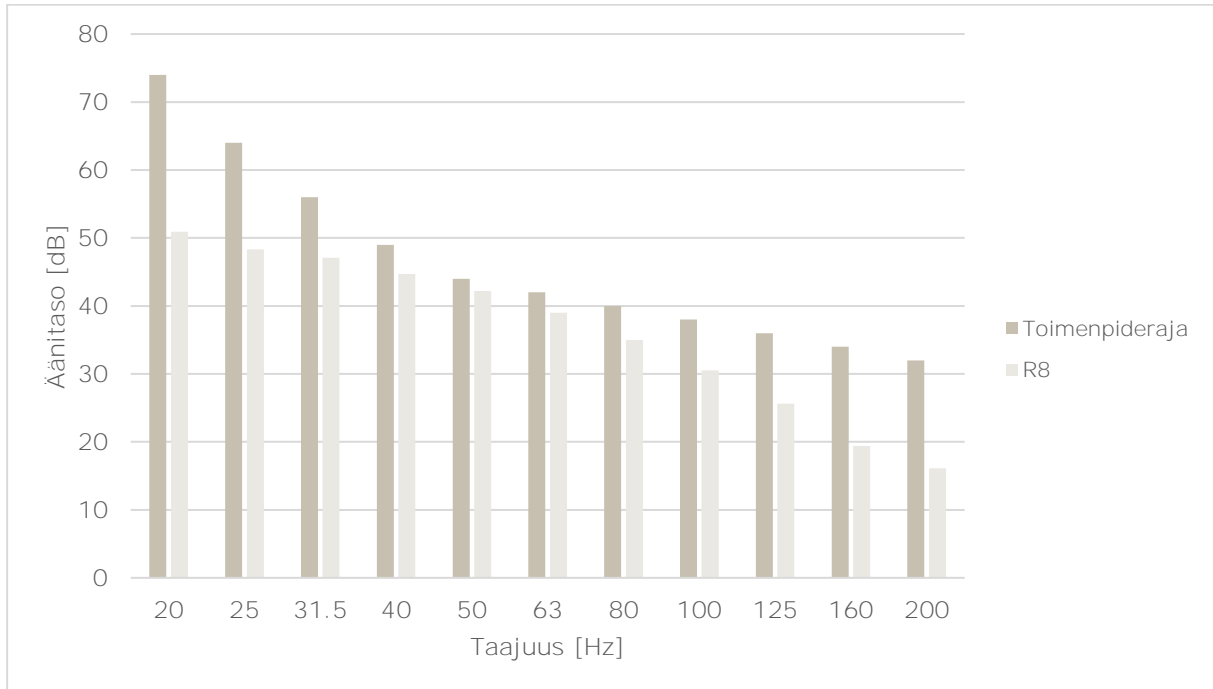
Taajuus [Hz]	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
Äänitasoero [dB] (Tanskan ohjeistus)	6,6	8,4	10,8	11,4	13,0	16,6	19,7	21,2	20,2	21,2	-
Äänitasoero [dB] (viite [4])	7,6	8,3	9,2	10,3	11,5	13,0	14,8	16,8	18,8	21,1	22,8

Melutasoja tarkastellaan aiemmin määriteltyjen reseptoreiden paikoilla. Lisäksi lasketaan sisämelutasot eniten melulle altistuvassa kohteessa käyttäen alempia äänitasoeroja (Taulukko 13) ja verrataan näitä tuloksia Asumisterveysasetuksen arvoihin. Tuulivoimaloiden aiheuttama matalataajuinen ulkomelutaso reseptoreiden kohdilla taajuuskaistoittain ja ilman taajuuspainotusta on lueteltu taulukossa (Taulukko 14). Taulukkoon on eritelty ohjeistuksen mukaisesti lasketut ulkotilojen melutasot.

Korkeimmat matalataajuisen melun tasot kohdistuvat vertailurakennukseen R8, jonka kohdalla on laskettu myös sisämelutasot ja verrattu niitä Asumisterveysasetuksen arvoihin (Kuva 5). Kun otetaan huomioon rakennuksien ääneneristävyys, melutasot jäivät toimenpiderajojen alapuolelle koko taajuusvälillä.

Taulukko 14: Matalataajuisen ulkomelun äänitasot (dB) reseptoreiden kohdilla.

taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	54,5	53,3	52,5	51,5	50,6	49,3	47,5	45,4	42,8	38,8	36,7
R2	55,5	54,2	53,5	52,5	51,6	50,2	48,5	46,4	43,8	39,9	37,9
R3	56,1	54,7	54,1	53,0	52,1	50,8	49,0	47,0	44,3	40,5	38,5
R4	56,2	54,9	54,2	53,1	52,2	50,8	49,0	47,0	44,4	40,5	38,5
R5	54,5	53,5	52,8	52,0	51,5	50,5	49,0	47,3	45,0	41,3	39,5
R8	58,5	56,6	56,3	55,0	53,7	52,0	49,8	47,3	44,4	40,5	38,9
R9	54,0	52,3	51,9	50,7	49,6	48,1	46,0	43,7	40,8	36,5	34,1
R10	52,6	51,0	50,5	49,4	48,4	47,0	45,0	42,8	39,9	35,6	33,1
R11	52,2	50,8	50,1	49,1	48,4	47,1	45,3	43,3	40,6	36,5	34,1
R12	52,3	51,0	50,3	49,4	48,7	47,5	45,8	43,8	41,2	37,2	34,9



Kuva 5: Matalataajuisen sisämelun tasot reseptorin R8 kohdalla.

## 4 Yhteenveto

Raportissa on esitetty Ylivieskan kaupungin alueelle suunnitellun Vasama II tuulivoimapuiston ja läheisten suunnitteilla olevien tuulivoimapuistojen melun yhteisvaikutusten laskennallinen arvio. Mallinuksissa huomioitiin Vasama II tuulivoimapuiston lisäksi kuusi naapuripuistoa: Vasama I, Urakkaneva, Tuomiperä, Puutionsaari, Rahkola-Hautakangas sekä Kukonaho.

Vasama II:lla ja läheisillä tuulivoimapuistoilla on jonkin verran melun yhteisvaikutuksia. Yhteisvaikutuksista ei kuitenkaan aiheudu ohjearvojen ylityksiä. Yhteisvaikutusmallinnuksen perusteella melun 40 dB(A):n ohjearvo ei ylity missään reseptoripisteessä. Myös matalataajuisen melun tasot pysyvät kaikkien reseptoripisteiden kohdilla asumisterveysasetuksessa asetettujen arvojen alapuolella.

## 5 Viitteet

- [1] C. Di Napoli: Tuulivoimaloiden melun syntytavat ja leviäminen, Suomen Ympäristö 4, 2007.
- [2] D. Siponen: Noise Annoyance of Wind Turbines, VTT Research Report VTTR-00951-11, 2011.
- [3] J. Jakobsen: Danish regulation for low frequency noise from wind turbines, Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control 31(4), 2012.
- [4] J. Keränen, J. Hakala, V. Hongisto: The sound insulation of façades at frequencies 5–5000Hz, Building and Environment 156, 2019.
- [5] S. Uosukainen: Tuulivoimaloiden melun synty, eteneminen ja häiritsevyys, VTT Tiedotteita 2529, 2010.
- [6] Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. Sosiaali- ja terveysministeriö 2015.
- [7] Tuulivoimaloiden melun mallintaminen, Ympäristöhallinnon ohjeita 2|2014. Ympäristöministeriö.
- [8] Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016. Ympäristöhallinnon ohjeita 5|2016. Ympäristöministeriö, 2016.
- [9] Valtioneuvoston asetus 1107/2015 tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista. Astui voimaan 1.9.2015.
- [10] Valtioneuvoston päätös 993/1992 melutason ohjearvoista. Astui voimaan 1.1.1993.
- [11] Yhteenveto tuulivoimaloiden melupäästön takuuarvon käyttämisestä meluselvityksissä liittyvästä kyselystä. Ympäristöministeriö, 14.9.2016.
- [12] Ympäristömelun mittaaminen. Ympäristöministeriö, Ohje I 1995.
- [13] C. A. León: Trailing Edge Serrations, Effect of Their Flap Angle on Flow and Acoustics. 7th International Conference on Wind Turbine Noise, Rotterdam, 2nd to 5th May 2017.
- [14] M. Gupta, K. Madsen: Advancements in continuous learning for tonality free turbine design. Conference Proceedings. 8th International Conference on Wind Turbine Noise, Lissabon, June 12-14, 2019.
- [15] K. Bolin: The Influence of Background Sounds on Loudness and Annoyance of Wind Turbine Noise. Acta Acustica united with Acustica, Vol 98 (2012) pages 741-748.
- [16] D. Halstead, N. Tam: A study of background noise levels measured during far-field receptor testing of wind turbine facilities. Conference Proceedings. 8th International Conference on Wind Turbine Noise, Lissabon, June 12-14, 2019.
- [17] S. Oerlemans, J.G. Schepers: Prediction of wind turbine noise directivity and swish, Proc. 3rd Int. conference on wind turbine noise, Aalborg, Denmark, 2009.

## 6 Melumallinnuksen tiedot

RAPORTIN JA RAPORTOIJAN TIEDOT							
Mallinnusraportin numero/tunniste: 101026197-001.002				Raportin hyväksyntäpäivämäärä: 12.09.2024			
Tekijä/organisaatio, yhteystiedot: AFRY Finland Oy							
Vastuhenkilöt: Juulianna Lähteinen ja Mika Laitinen							
Laatija: Juulianna Lähteinen				Tarkastaja/hyväksyjä: Mika Laitinen			
MALLINNUSOHJELMAN TIEDOT							
Mallinnusohjelma ja versio: AFRY Numerola -mallinnusohjelmisto				Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2			
TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN) TIEDOT							
Tuulivoimalan valmistaja: Vestas				Tyyppi: V172 7.2 MW PO7200 (with serrated trailing edges)		Sarjanumero/t:	
Nimellisteho: 7,2 MW		Napakorkeus: 214 m		Roottorin halkaisija: 172 m		Tornin tyyppi:	
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun							
Lapakulman säätö		Pyörimisnopeus		Muu, mikä			
Kyllä	dB	Kyllä	dB			dB	
Ei	Ei tiedossa	Ei	Ei tiedossa			dB	
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT (Vasama II ja Vasama I)							
Third octave noise emission EnVentus™ 172-7.2MW 50/60 Hz. Document no. 0128-4336_00. 2022-06-30.							
Alla oleviin arvoihin on lisätty 2 dB:n varmuusarvo.							
Melupäästötiedot (valmistajan ilmoittamat melupäästön tunnusarvot)							
Oktaaveittain [Hz]		1/3-oktaaveittain [Hz]					
31,5		20	63,7	200	98,0	2000	92,4
63	92,4	25	68,9	250	98,6	2500	90,1
125	100,0	31,5	73,8	315	98,8	3150	87,5
250	103,3	40	78,6	400	98,9	4000	84,5
500	103,5	50	83,0	500	98,7	5000	81,1
1000	101,9	63	86,8	630	98,6	6300	77,4
2000	97,4	80	90,2	800	98,1	8000	73,3
4000	89,9	100	92,9	1000	97,2	10000	68,9
8000	79,2	125	95,2	1250	95,9		
		160	96,8	1600	94,4		

TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN) TIEDOT (Urakkaneva)							
Tuulivoimalan valmistaja: Vestas			Tyyppi: V162 6.4 MW PO6400			Sarjanumero/t:	
Nimellisteho: 6,4 MW		Napakorkeus: 169 m		Roottorin halkaisija: 162 m		Tornin tyyppi:	
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun							
Lapakulman säätö		Pyörimisnopeus		Muu, mikä			
Kyllä	dB	Kyllä	dB				dB
Ei	Ei tiedossa	Ei	Ei tiedossa				dB
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT							
Third Octave Noise Emission EnVentus™ V162-6.4MW 50/60 Hz. Document no. 0133-3544_02. 2023-05-12.							
Alla oleviin arvoihin on lisätty 2 dB:n varmuusarvo.							
Melupäästötiedot (valmistajan ilmoittamat melupäästön tunnusarvot)							
Oktaaveittain [Hz]		1/3-oktaaveittain [Hz]					
31,5		20	62,8	200	96,9	2000	92,8
63	90,7	25	67,8	250	98,3	2500	91,0
125	98,3	31,5	72,4	315	99,3	3150	88,8
250	103,1	40	77,0	400	99,4	4000	86,2
500	103,6	50	81,6	500	98,8	5000	83,4
1000	101,4	63	85,4	630	98,2	6300	80,2
2000	97,7	80	88,3	800	97,5	8000	76,8
4000	91,4	100	91,0	1000	96,5	10000	72,9
8000	82,4	125	93,3	1250	95,6		
		160	95,3	1600	94,4		

TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN) TIEDOT (Puutionsaari ja Kukonaho)							
Tuulivoimalan valmistaja: General Electric				Tyyppi: GE158 5.5 MW		Sarjanumero/t:	
Nimellisteho: 5,5 MW		Napakorkeus: 200 m 122,5 m		Roottorin halkaisija: 158 m		Tornin tyyppi:	
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun							
Lapakulman säätö		Pyörimisnopeus		Muu, mikä			
Kyllä	dB	Kyllä	dB				dB
Ei	Ei tiedossa	Ei	Ei tiedossa				dB
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT							
<p>Oktaavijakauma ja 1/3 oktaavijakauma perustuvat meluselvitysraportin "FCG, Vasaman tuulivoimahanke, Ylivieska, melu- ja varjostusmallinnusraportti 28.11.2022" sivun 8 ja taulukon 6 Kukonahon tuulivoimapuistolle esitettyyn oktaavijakaumaan ja 1/3 oktaavijakaumaan.</p> <p>Meluselvitysraportin "FCG, Vasaman tuulivoimahanke, Ylivieska, melu- ja varjostusmallinnusraportti 28.11.2022" sivun 8 ja taulukon 6 akustiset tiedot perustuvat dokumenttiin: Technical Documentation Wind Turbine Generator Systems 5.3/5.5-158 - 50 Hz, Noise_Emission-NO_5.3_5.5- 158-50Hz_IEC_EN_r01.docx.</p> <p>Alla oleviin arvoihin on lisätty 2 dB:n varmuusarvo.</p>							
Melupäästötiedot (valmistajan ilmoittamat melupäästöjen tunnusarvot)							
Oktaaveittain [Hz]		1/3-oktaaveittain [Hz]					
31,5		20	65,1	200	92,8	2000	96,3
63	89,2	25	68,8	250	94,3	2500	94,3
125	94,6	31,5	74,2	315	95,6	3150	91,7
250	99,2	40	78,1	400	96,1	4000	87,9
500	101,6	50	81,4	500	96,9	5000	83,8
1000	103,3	63	84,2	630	97,5	6300	77,5
2000	101,1	80	86,4	800	98,0	8000	67,9
4000	93,7	100	88,1	1000	98,5	10000	55,4
8000	78,0	125	89,7	1250	99,0		
		160	91,2	1600	97,7		



TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN) TIEDOT (Tuomiperä ja Rahkola-Hautakangas)							
Tuulivoimalan valmistaja: General Electric				Tyyppi: GE158 6.1 MW		Sarjanumero/t:	
Nimellisteho: 6,1 MW		Napakorkeus: 145 m 171 m / 221 m		Roottorin halkaisija: 158 m		Tornin tyyppi:	
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun							
Lapakulman säätö		Pyörimisnopeus		Muu, mikä			
Kyllä	dB	Kyllä	dB				dB
Ei	Ei tiedossa	Ei	Ei tiedossa				dB
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT							
Oktaavijakauma ja 1/3 oktaavijakauma perustuvat meluselvitysraportin "FCG, Vasaman tuulivoimahanke, Ylivieska, melu- ja varjostusmallinnusraportti 28.11.2022" sivun 9 ja taulukon 7 Rahkola-Hautakankaan tuulivoimapuistolle esitettyyn oktaavijakaumaan ja 1/3 oktaavijakaumaan.							
Meluselvitysraportin "FCG, Vasaman tuulivoimahanke, Ylivieska, melu- ja varjostusmallinnusraportti 28.11.2022" sivun 9 ja taulukon 7 akustiset tiedot perustuvat dokumenttiin: Noise_Emission_4.x_5.x_6.x-158-50Hz_IEC_EN_r01.							
Alla oleviin arvoihin on lisätty 2 dB:n varmuusarvo.							
Melupäästötiedot (valmistajan ilmoittamat melupäästön tunnusarvot)							
Oktaaveittain [Hz]		1/3-oktaaveittain [Hz]					
31,5		20	66,1	200	93,5	2000	97,5
63	90,2	25	70,8	250	95,0	2500	95,5
125	95,4	31,5	75,2	315	96,3	3150	92,9
250	99,9	40	79,1	400	96,9	4000	88,9
500	102,4	50	82,4	500	97,7	5000	84,8
1000	104,4	63	85,2	630	98,3	6300	78,3
2000	102,3	80	87,4	800	99,0	8000	68,7
4000	94,8	100	89,0	1000	99,6	10000	56,1
8000	78,8	125	90,5	1250	100,2		
		160	91,9	1600	98,9		

Melun erityispiirteiden mittausta ja havainnot:											
Kapeakaistaisuus/ tonaalisuus			Impulssimaisuus			Merkityksellinen sykintä (amplitudi- modulaatio)			Muu, mikä:		
kyllä	ei		kyllä	ei		kyllä	ei		kyllä	ei	
Laskentakorkeus						Laskentaruudun koko [m x m]					
4 m						10 m x 10 m					
Suhteellinen kosteus						Lämpötila					
70 %						15 C°					
Maastomallin lähde ja tarkkuus											
Maastomallin lähde: Maanmittauslaitos						Vaakaresoluutio: 2 m			Pystyresoluutio: 0,3 m		
Maan- ja vedenpinnan absorptioon ja heijastuksen huomiointi, käytetyt kertoimet											
ISO 9613-2											
Vesialueet, (0) / (G)											
Maa-alueet, (0,4) / (A-D/E-F)											
Maa-alueet (0) / (G)											
Ilmakehän stabiilius laskennassa/meteorologinen korjaus											
Neutraali											
Voimalan äänen suuntaavuus ja vaimentuminen											
Vapaa avaruus											
Melulle altistuvat asukkaat ja kohteet, lkm (ilman meluntorjuntaa/voimalan ohjausta)											
Asukkaat: 0 kpl				Vapaa-ajan rakennukset: 0 kpl				Hoito- ja oppilaitokset: 0 kpl			
Melulle altistuvat asukkaat ja kohteet, lkm (meluntorjunta/voimalan ohjaus huomioiden)											
Asukkaat: 0 kpl				Vapaa-ajan rakennukset: 0 kpl				Hoito- ja oppilaitokset: 0 kpl			
Melun leviäminen virkistys- tai luonnonsuojelualueille											
Virkistysalueet: 0 kpl						Luonnonsuojelualueet: 0 kpl					
Lineaariset melutasot [dB] altistuvien kohteiden (rakennusten) ulkopuolella:											
Hz	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	54,5	53,3	52,5	51,5	50,6	49,3	47,5	45,4	42,8	38,8	36,7
R2	55,5	54,2	53,5	52,5	51,6	50,2	48,5	46,4	43,8	39,9	37,9
R3	56,1	54,7	54,1	53,0	52,1	50,8	49,0	47,0	44,3	40,5	38,5
R4	56,2	54,9	54,2	53,1	52,2	50,8	49,0	47,0	44,4	40,5	38,5
R5	54,5	53,5	52,8	52,0	51,5	50,5	49,0	47,3	45,0	41,3	39,5
R8	58,5	56,6	56,3	55,0	53,7	52,0	49,8	47,3	44,4	40,5	38,9
R9	54,0	52,3	51,9	50,7	49,6	48,1	46,0	43,7	40,8	36,5	34,1
R10	52,6	51,0	50,5	49,4	48,4	47,0	45,0	42,8	39,9	35,6	33,1
R11	52,2	50,8	50,1	49,1	48,4	47,1	45,3	43,3	40,6	36,5	34,1
R12	52,3	51,0	50,3	49,4	48,7	47,5	45,8	43,8	41,2	37,2	34,9