



# **Semecon Oy**

## Malakakangas

Yhteisvaikutusten meluselvitys

18.10.2024

Copyright © AFRY Finland Oy

Kaikki oikeudet pidätetään. Tätä asiakirjaa tai osaa siitä ei saa kopioida tai jäljentää missään muodossa ilman AFRY Finland Oy:n antamaa kirjallista lupaa.

AFRY Finland Oy:n projektinumero on 101026197-002.

Kannen kuva: © AFRY

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

## YHTEYSTIEDOT

Hankkeesta vastaava:

**Semecon Oy**

Olli Malkamäki

[olli.malkamaki@semecon.fi](mailto:olli.malkamaki@semecon.fi)

Tekijä:

**AFRY Finland Oy**

Juulianna Lähteinen

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

Wind and Solar Finland

[www.afry.com](http://www.afry.com)

Raportin tiedot:

Projektinumero: 101026197-002

Raporttiversio: 002

Raportin tila: VALMIS

Raporttihistoria:

Versio	Pvm/Laatija	Pvm/Tarkastaja	Merkinnät/Muutokset
001	21.09.2023/ Juulianna Lähteinen, Technical Consultant	21.09.2023/ Mika Laitinen, Senior Consultant	Alkuperäinen (Raportti 101022365-001.001)
002	18.10.2024/ Juulianna Lähteinen, Technical Consultant	18.10.2024/ Mika Laitinen, Senior Consultant	Malakakankaan voimalakoordi- naatit muuttuneet ja voimala T11 poistettu. Naapuripuisto Kaukasen laajennuksen voima- lakoordinaatit, napakorkeus sekä tuulivoimalatyyppi muut- tuneet.

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
2	TUULIVOIMALOIDEN MELU .....	9
2.1	Yleistä tuulivoimamelusta .....	9
2.2	Melumallinnusohjeistus.....	10
2.3	Ohjearvot .....	11
2.4	Sisämelutasojen arviointi .....	12
3	YHTEISVAIKUTUSTEN MELUMALLINNUS.....	13
3.1	Keskiäänitasojen LAeq mallinnus .....	13
3.2	Matalataajuisen melun mallinnus .....	18
4	YHTEENVETO.....	21
5	VIITTEET .....	22
6	MELUMALLINNUKSEN TIEDOT .....	23

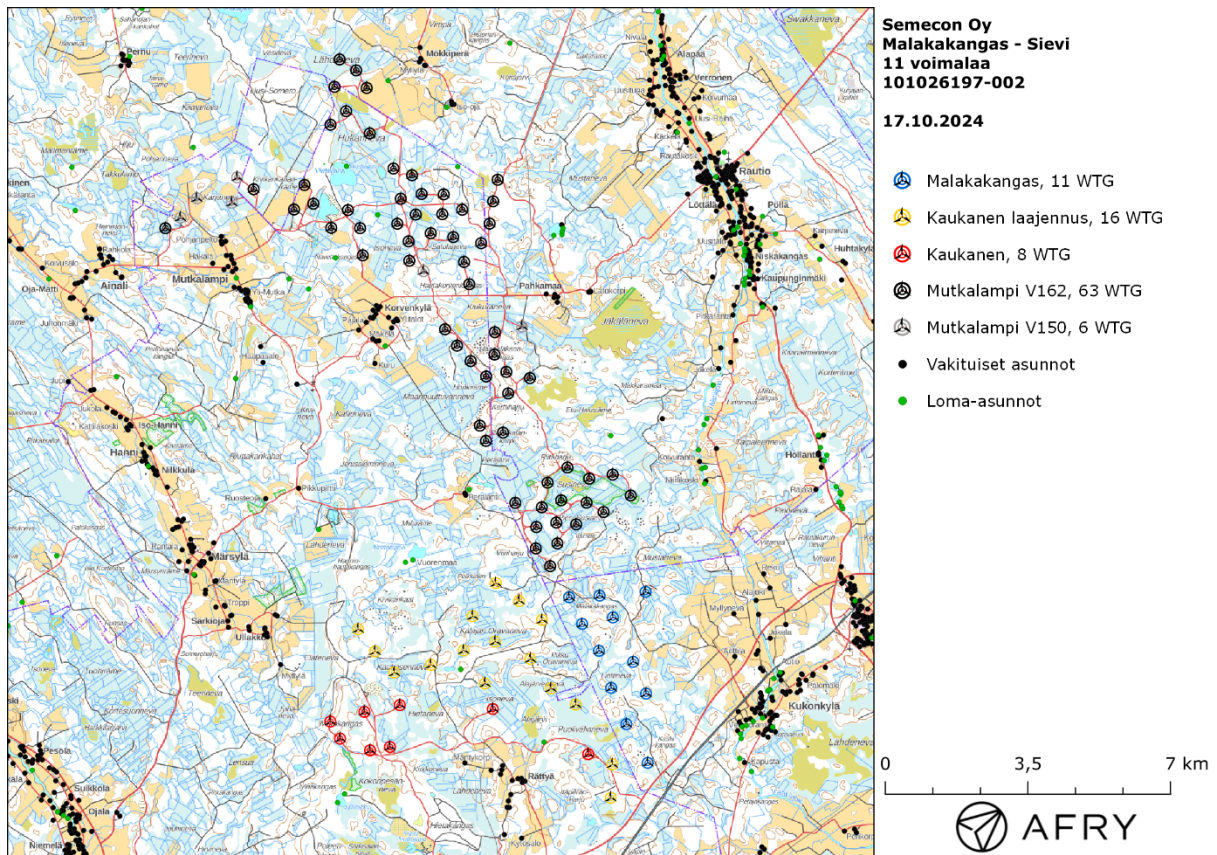
# 1 JOHDANTO

Selvityksessä arvioidaan Sievin kunnan alueelle suunnitellun Malakakankaan tuulivoimapuiston sekä läheisten toiminnassa ja suunnitteilla olevien tuulivoimapuistojen aiheuttamaa meluvaikutusta laskennallisten mallien avulla. Tuulivoimapuistojen melun yhteisvaikutukset ovat suurimman Malakakankaan suunnitelmalla VE1, joten riittää tarkastella melun yhteisvaikutuksia pelkästään Malakakankaan 11 voimalan suunnitelmalla VE1.

Malakakankaan välittömässä läheisyydessä on kaksi toiminnassa olevaa tuulivoimapuistoa sekä yksi suunnitteilla oleva tuulivoimapuisto, jotka huomioidaan selvityksen melumallinnuksissa:

- Mutkalampi, 69 voimalaa (toiminnassa)
- Kaukanen, 8 voimalaa (toiminnassa)
- Kaukanen laajennus, 16 voimalaa (suunnitteilla)

Mutkalammien lähimmät voimat sijaitsevat n. 900 metrin etäisyydellä, Kaukasen lähimmät voimat n. 1,2 km etäisyydellä ja Kaukasen laajennukseen suunnitellut voimat lähimmillään n. 850 metrin etäisyydellä Malakakankaan voimaloista. Kaukasen laajennuksen voimat ovat vielä suunnitteilla, joten voimaloiden sijainnit voivat vielä muuttua kyseisen hankkeen edetessä. Tässä selvityksessä Kaukasen laajennuksen voimaloille on käytetty 2.10.2024 saatua voimalasijoittelua. Kaikkien puistojen voimaloiden sijainnit on esitetty karttakuvassa (Kuva 1-1) ja koordinaatit annettu taulukoissa (Taulukko 1-1-Taulukko 1-4).



**Kuva 1-1: Malakakankaan sekä läheisten tuulivoimapuistojen voimaloiden sijainnit.**

**Taulukko 1-1: Malakakankaan tuulivoimaloiden (11 kpl) sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa ja maaston korkeus tuulivoimalan paikalla.**

Tuulivoimalat	E	N	Maaston korkeus [m]
T1	360035	7097920	85
T2	360353	7097266	84
T3	360766	7096606	84
T4	361067	7095697	89
T5	361440	7094807	89
T6	361964	7093856	90
T7	360782	7097961	76
T8	361110	7097424	76
T9	361607	7096337	89
T10	361923	7095557	81
T12	361911	7098053	77

**Taulukko 1-2: Kaukasen tuulivoimaloiden (8 kpl) sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa ja maaston korkeus tuulivoimalan paikalla.**

Tuulivoimalat	E	N	Maaston korkeus [m]
K1	354172	7094870	82
K2	355009	7095107	102
K3	355877	7095274	106
K4	354412	7094451	96
K5	355148	7094164	107
K6	355636	7094247	107
K7	358161	7095179	90
K8	360505	7094071	97

**Taulukko 1-3: Kaukasen laajennuksen tuulivoimaloiden (16 kpl) sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa ja maaston korkeus tuulivoimalan paikalla.**

Tuulivoimalat	E	N	Maaston korkeus [m]
KL1	354853	7097134	80
KL2	355269	7096591	92
KL3	355742	7096071	94
KL4	356641	7096260	103
KL5	357445	7096615	92
KL6	357666	7097454	85
KL7	358235	7098268	91
KL8	358805	7097829	89
KL9	358219	7096833	86
KL10	357968	7095802	89
KL11	359085	7096404	86

KL12	359369	7097362	85
KL13	359588	7095684	85
KL14	360198	7095286	85
KL15	361096	7093821	88
KL16	361055	7092999	91

**Taulukko 1-4: Mutkalammin tuulivoimaloiden (69 kpl) sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa ja maaston korkeus tuulivoimalan paikalla.**

Tuulivoimalat	E	N	Maaston korkeus [m]
M1	359072	7103298	76
M2	359993	7101103	76
M3	358202	7103875	79
M4	358493	7103449	81
M5	358539	7102922	75
M6	358413	7101960	70
M7	358281	7108163	61
M8	358170	7107635	61
M9	358082	7107087	68
M10	358877	7104562	69
M11	358211	7104423	78
M12	359506	7100732	73
M13	360529	7100831	81
M14	359839	7100299	75
M15	360463	7100241	77
M16	360207	7099710	75
M17	359720	7099752	77
M18	359364	7100127	75
M19	359228	7099643	75
M20	359217	7099119	80
M21	359569	7098683	83
M22	359746	7099241	81
M23	361104	7100930	78
M24	361547	7100416	72
M25	360880	7100011	77
M26	358713	7100236	70
M27	352290	7107930	49
M28	351884	7108222	48
M29	351753	7107598	44
M30	350894	7107708	43
M31	350494	7107232	40
M32	356178	7108274	58
M33	357410	7107428	67

M34	356413	7107814	59
M35	356956	7107805	64
M36	356921	7107319	62
M37	356270	7107310	59
M38	350122	7106975	40
M39	356637	7106853	63
M40	356094	7106652	61
M41	357874	7106607	65
M42	357191	7106757	62
M43	357455	7106147	65
M44	357583	7105600	72
M45	356111	7106177	60
M46	356460	7105920	66
M47	356988	7104494	69
M48	357283	7104093	70
M49	357616	7103714	69
M50	357998	7103337	67
M51	357843	7102130	74
M52	357993	7101756	69
M53	354195	7106985	55
M54	354902	7106976	56
M55	354968	7106309	57
M56	354400	7111115	45
M57	354806	7110847	50
M58	355065	7110416	53
M59	354275	7110444	49
M60	354560	7109846	55
M61	354176	7109514	51
M62	355140	7109301	52
M63	355721	7108438	58
M64	355902	7107698	61
M65	353538	7108035	52
M66	354605	7107420	49
M67	353757	7107576	51
M68	353280	7107433	51
M69	355816	7107084	59



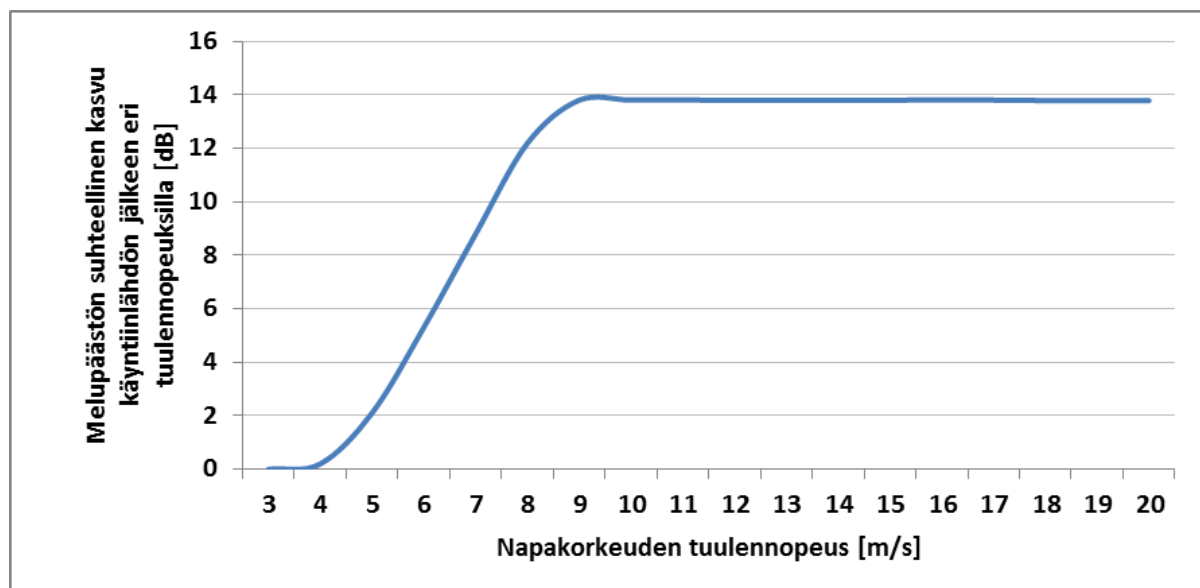
## 2 TUULIVOIMALOIDEN MELU

### 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 käyntiinlähön nopeutta lähtöäänitaso on usein noin 10–15 dB alhaisempi kuin voimalan nimellisteholla, jossa roottori saavuttaa suurimman kierrosnopeuden (Kuva 2-1).



**Kuva 2-1: 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 kokemukseräisesti 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 lähtöäänitasoa 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 tuotantotehoon. 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 esittämis tavat. 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 keskitaajuuksilla 20–10000 Hz ja oktaaveittain keskitaajuuksilla 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 epävarmuustarkastelua, 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 sykinnän 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 matalataajuisen 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 perustelumuiden 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, lasketuun 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 mitaustuloksiin lisätään 5 dB ennen valtioneuvoston ohjearvoon vertaamista, mikäli tuulivoimalan ääni sisältää kapeakaistaisia tai impulssimaisia komponentteja. Valtioneuvoston ohjearvot on koottu taulukkoon (Taulukko 2-1).

**Taulukko 2-1: 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 2-2). 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 ääneneristävyys tunnetaan riittävällä tarkkuudella.

**Taulukko 2-2: 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 2-2) 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 kokonaismelutason mallintamiseksi. Yöajan sisämelun toimenpiderajojen oletetaan kuitenkin alittuvan, mikäli melumallinnuksen antamat ulkomelutasot sekä matalataajuisen sisämelun tasot alittavat valtioneuvoston asetuksen ohjearvot ja asumisterveysasetuksen toimenpideravot. 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 3-4) on määritetty tilastollisesti niin, että ne ylittyvät 84 % todennäköisyydellä suomalaisissa pientaloissa, ja niitä on käytetty tässä selvityksessä matalataajuisen sisämelutasojen arviointiin. Rakennusten ilmaäänieristyksen keskimääräinen profiili kasvaa korkeammille taajuuksille mentäessä, jonka perusteella mallinnusohjeistuksen mukainen sisämelujen arviointi tehdään vain matalille taajuuksille. Jos matalataajuisen sisämelun tasojen todetaan pysyvän annetuissa toimenpiderajoissa, myös kokonaismelun tasot pysyvät todennäköisesti raja-arvojen alapuolella.

### 3 YHTEISVAIKUTUSTEN MELUMALLINNUS

#### 3.1 Keskiäänitasojen LAeq mallinnus

Tuulivoimaloiden aiheuttaman keskiäänitason mallinnus on suoritettu laskentastandardin ISO 9613-2 mukaisesti AFRY Numerola -mallinnusohjelmistolla. Mallinnuksessa on käytetty kolmen eri tuulivoimalatyypin melun taajuusjakaumia. Eri tuulivoimalatyypien 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.
- Acoustic emission for SG 6.6-170, Rev. 0. Document ID and revision: SG-F18. 16-TR-00891\_R00. 2022-10-04.
- Third octave noise emission EnVentus™ V162-6.0MW. Document no. 0095-3732\_01. 2020-11-03.
- V150-4.3MW Third octave noise emission. Document ID: DMS 0080-4413\_02. 2020-04-03.

Dokumentissa 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.”

Mallinnuksissa Malakakankaan voimaloille on käytetty napakorkeutta 214 m ja tuulivoimalatyyppiä V172 7.2 MW PO7200 (with serrated trailing edges), jonka äänitehotaso on 106,9 dB(A). Mallinnuksissa Malakakankaan voimaloille on siis käytetty äänitehotasoa 108,9 dB(A). Mallinnuksissa käytetyt taajuusjakaumat vastaavat tuulennopeutta 15 m/s napakorkeudella 214 m, jonka arvioidaan vastaavan melumallinnusohjeistuksen mukaista referenssikorkeutta 8 m/s 10 m korkeudella.

Kaukasen laajennuksen voimaloille on käytetty napakorkeutta 215 m ja tuulivoimalatyyppiä SG170 6.6 MW. Tälle tuulivoimalatyypille on käytetty melumoodia AM 0, jonka äänitehotaso on 106 dB(A). Mallinnuksissa Kaukasen laajennuksen voimaloille on siis käytetty äänitehotasoa 108 dB(A). Mallinnuksissa käytetyt taajuusjakaumat vastaavat tuulennopeutta 15 m/s napakorkeudella 215 m, jonka arvioidaan vastaavan melumallinnusohjeistuksen mukaista referenssikorkeutta 8 m/s 10 m korkeudella.

Kaukasen tuulivoimapuistossa on toiminnassa 8 voimalaa, joiden napakorkeus on 149 m ja tuulivoimalatyyppi V162 6.0 MW. Tälle tuulivoimalatyypille on käytetty melumoodia PO6000 (blades with serrated trailing edges), jonka äänitehotaso on 104,3 dB(A). Mallinnuksissa Kaukasen voimaloille on siis käytetty äänitehotasoa 106,3 dB(A). Mallinnuksissa käytetyt taajuusjakaumat vastaavat tuulennopeutta 14 m/s napakorkeudella 149 m, jonka arvioidaan vastaavan melumallinnusohjeistuksen mukaista referenssikorkeutta 8 m/s 10 m korkeudella.

Mutkalammen osalta Kalajoen kaupungilta saadun meluvaikutuksen karttakuvan (23.12.2020/Ramboll) perusteella rakennuslupavaiheen melumallinnuksessa ei ole käytet-

ty melun lähtötasoon varmuuslisää 2 dB(A). Tämän vuoksi Malakakankaan analyysin mallinnuksissa oletetaan, ettei Mutkalammin voimaloiden lähtömelutasoihin ole tarvetta lisätä Ympäristöministeriön lisäohjeistuksen mukaista varmuusarvoa 2 dB(A). Mutkalammin tuulivoimapuistossa on toiminnassa 69 voimalaa, joista kuuden napakorkeus on 145 m ja tuulivoimalatyyppi V150 4.3 MW. Mallinnuksessa tälle tuulivoimalatyypille on käytetty melumoodia PO2 (blades with serrated trailing edge) äänitehotasolla 104,9 dB(A). Muiden Mutkalammin voimaloiden napakorkeus on 139 m ja tuulivoimalatyyppi V162 6.0 MW. Mallinnuksessa tälle tuulivoimalatyypille on käytetty melumoodia PO6000 (blades with serrated trailing edge) äänitehotasolla 104,3 dB(A). Mallinnuksissa käytetyt taajuusjakaumat vastaavat tuulennopeutta 14 m/s napakorkeudella 139 m ja 145 m, jonka arvioidaan vastaavan melumallinnusohjeistuksen mukaista referenssikorkeutta 8 m/s 10 m korkeudella.

Tuulivoimaloiden melun impulssimaisuuteen tai amplitudimodulaatioon liittyvää sanktiota ei ole käytetty mallinnuksessa. Taulukkoon (Taulukko 3-1) on koottuna jokaiselle tuulivoimapuistolle käytetyt voimalamitat, tuulivoimalatyypit sekä lähtömelutasot.

**Taulukko 3-1: Mallinnuksissa tuulivoimapuistoille käytetyt voimalamitat, tuulivoimalatyypit sekä lähtömelutasot.**

Tuulivoimapuisto	Voimaloiden lukumäärä	Napakorkeus	Tuulivoimalatyyppi	Lähtömelutaso
Malakakangas	12	214 m	V172 7.2 MW	106,9+2 dB(A)
Kaukanen laajennus	16	215 m	SG170 6.6 MW	106,0+2 dB(A)
Mutkalampi	6	145 m	V150 4.3 MW	104,9+0 dB(A)
Mutkalampi	63	139 m	V162 6.0 MW	104,3+0 dB(A)
Kaukanen	8	149 m	V162 6.0 MW	104,3+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 absorptioon 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. Mallinnusohjeistuksen 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.

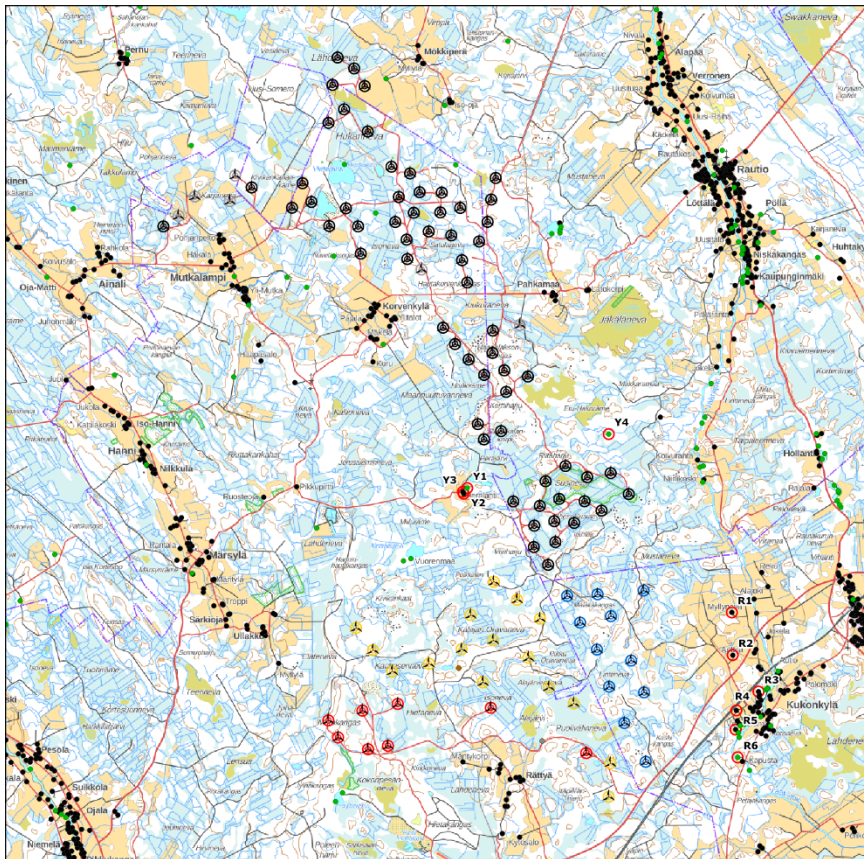
Taulukossa (Taulukko 3-2) on määritetty tuulivoimaloiden ympäristöstä kymmenen pistettä, joiden kohdilla keskiäänitason LAeq ja matalataajuisen melun tasoja tarkastellaan tarkemmin. Pisteet on valittu asuntojen kohdilta, joihin kohdistuu suurin meluvaikutus. Pisteitä kutsutaan reseptoreiksi, ja niiden paikat suhteessa tuulivoimaloihin on esitetty

karttapohjalla (Kuva 3-1). Reseptorit sijaitsevat noin 2,2-4,0 km etäisyydellä Malakakankaan voimaloista.

Maanmittauslaitoksen maastotietokannan mukaan Malakakankaan hankealueen länsipuolella noin 3,4 km etäisyydellä voimalasta T3 sijaitsee loma-asunto. Kannuksen kaupungilta saadun tiedon mukaan kyseinen rakennus ei ole rekisterissä, minkä vuoksi se käsitellään selvityksessä luvattomana rakennuksena eikä sitä huomioida tämän selvityksen melutarkasteluissa. Rakennus on merkitty karttoihin ruskealla. Maanmittauslaitoksen maastotietokannan mukaan noin 2 km länteen Malakakankaan voimalasta T5 sijaitsee loma-asunto. Hankekehittäjältä tulleen tiedon mukaan kyseisen loma-asunnon käyttötarkoitus on muutettu vuonna 2024 muuksi rakennukseksi, minkä vuoksi sitä ei huomioida tämän selvityksen melutarkasteluissa. Kyseinen rakennus on merkitty karttoihin harmaalla. Melun ohjearvot koskevat ainoastaan loma- ja asuinrakennuksia.











**Taulukko 3-2: Reseptorien koordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa.**

Reseptori	E	N	Maaston korkeus [m]	Rakennusluokitus
R1	364080	7097513	69	vakituinen asunto
R2	364100	7096469	73	vakituinen asunto
R3	364734	7095572	79	vakituinen asunto
R4	364191	7095111	75	vakituinen asunto
R5	364169	7094643	76	vakituinen asunto
R6	364223	7093961	75	loma-asunto
Y1	357583	7100560	71	loma-asunto
Y2	357498	7100421	75	vakituinen asunto
Y3	357477	7100469	73	vakituinen asunto
Y4	361058	7101884	79	loma-asunto



**Semecon Oy**  
**Malakakangas - Sievi**  
**11 voimalaa**  
**101026197-002**

**17.10.2024**

-  Malakakangas, 11 WTG
-  Kaukanen laajennus, 16 WTG
-  Kaukanen, 8 WTG
-  Mutkalampi V162, 63 WTG
-  Mutkalampi V150, 6 WTG
-  Vakituiset asunnot
-  Loma-asunnot
-  Luvatun rakennus
-  Muu rakennus
-  Reseptorit

0 3,5 7 km

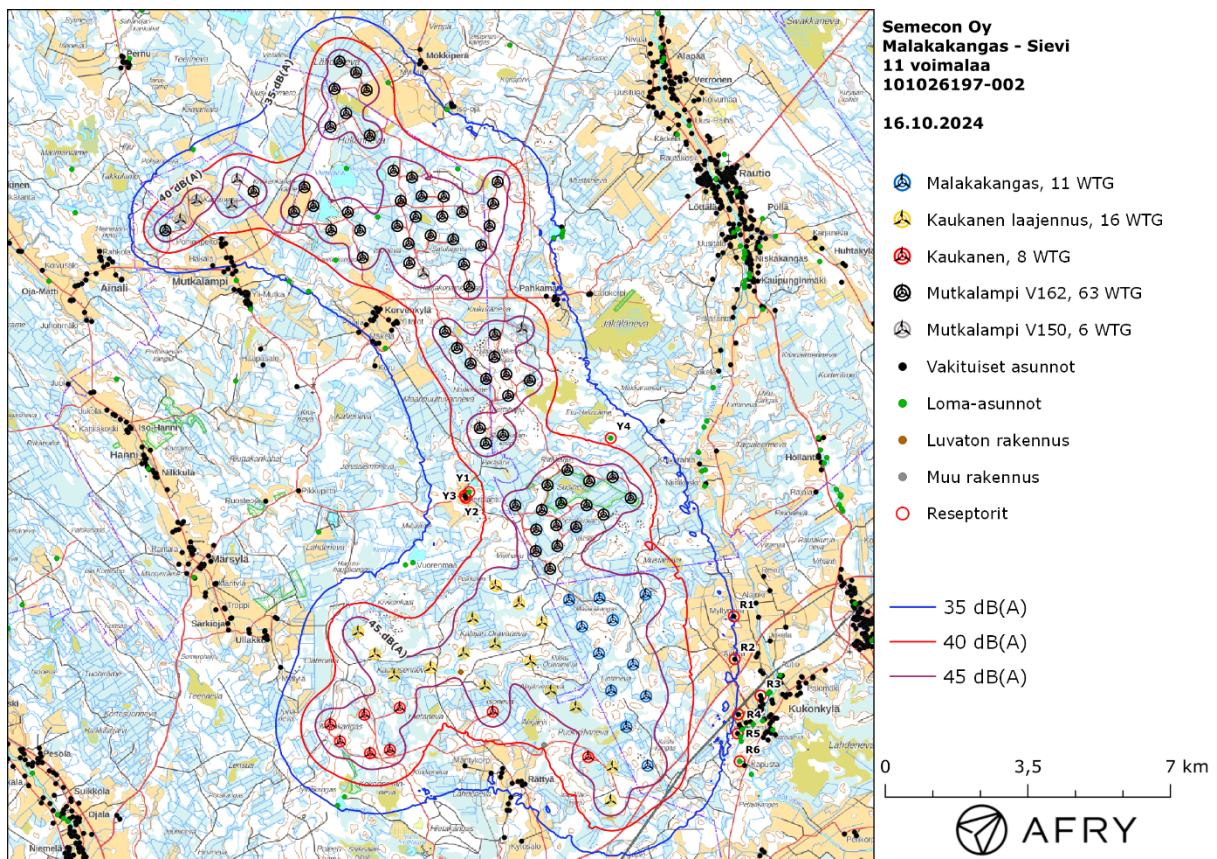
**Kuva 3-1: Reseptoreiden paikat suhteessa tuulivoimapaistoihin.**



## Meluvaikutus

Tuulivoimaloiden aiheuttama mallinnettu keskiäänitaso LAeq on esitetty karttakuvana (Kuva 3-2). Alueen rakennustieto perustuu Maanmittauslaitoksen maastotietokannan aineistoon, jossa on eritelty alueen asuinrakennukset ja loma-asunnot. 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 3-3). Mallinnustulosten perusteella keskiäänitasot jäävät valtioneuvoston asetuksen 40 dB(A):n ohjearvon alapuolelle kaikkien alueen asuin- ja lomarakennusten kohdilla.



**Kuva 3-2: Keskiäänitasot LAeq, kun mallinuksissa huomioidaan Malakakangaan vaihtoehto VE1, Mutkalampi, Kaukanen sekä Kaukanen laajennus.**

**Taulukko 3-3: Keskiäänitasot LAeq reseptoripisteiden kohdilla, kun mallinuksissa huomioidaan Malakakankaan vaihtoehto VE1, Mutkalampi, Kaukanen ja Kaukanen laajennus.**

Reseptori	Äänitaso dB(A)
R1	34,7
R2	35,3
R3	33,2
R4	34,8
R5	34,6
R6	33,5
Y1	38,4
Y2	38,1
Y3	37,9
Y4	38,6

### 3.2 Matalataajuisen melun mallinnus

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

#### Meluvaikutus

Matalataajuisen melun arvioinnissa käytetään Suomen asumisterveysasetuksessa määritellyjä taajuuskohtaisia arvoja, jotka antavat toimenpiderajat matalataajuisen melun yöaikaisille *sisämelutasoille* (Taulukko 2-2). Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen mallinnus antaa matalataajuisen *ulkomelun* tasot voimaloita lähimpien rakennusten kohdilla. Tulokset eivät siis ole suoraan vertailukelpoisia asumisterveysasetuksen arvoihin, vaan tulkinnassa 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 määritetty rakennuksesta aiheutuva äänitasoero ( $\Delta L_{\sigma}$ ) 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 3-4) on esitetty sekä Tanskan ympäristöhallinnon ohjeissa että artikkelissa [4] annetut äänitasoerot.

**Taulukko 3-4: Rakennuksen äänitasoerot taajuuskaistoittain.**

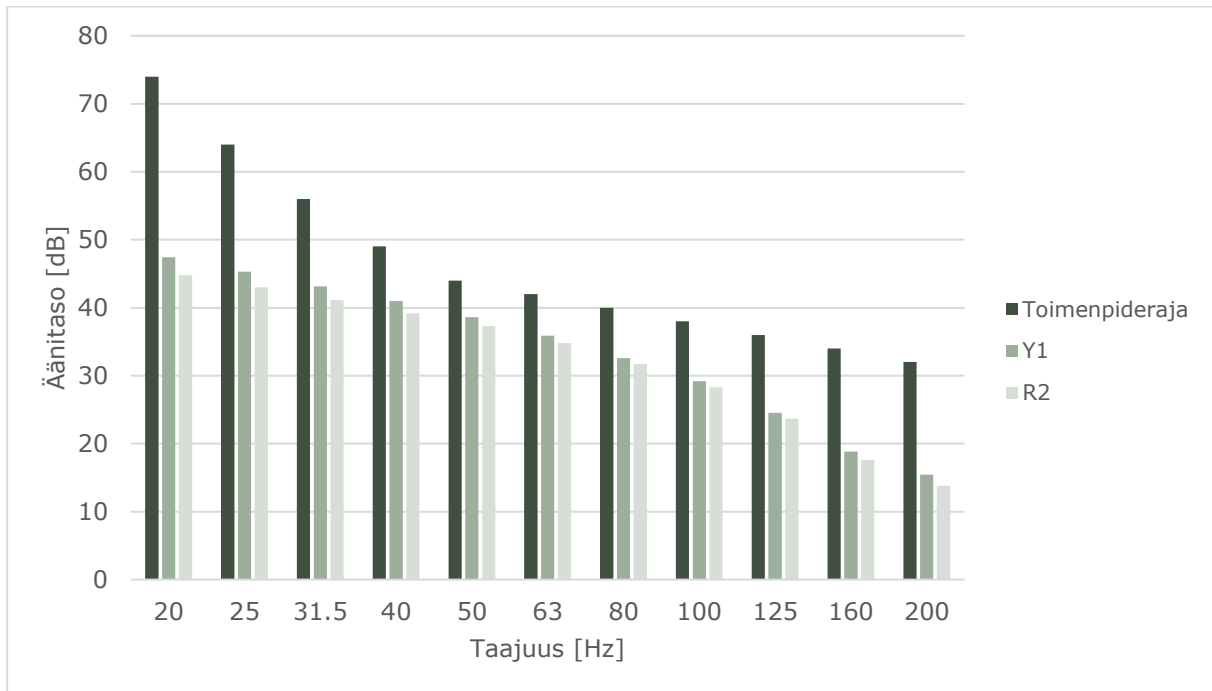
Taajuus [Hz]	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
Äänitasoero [dB] (Tanskan ohjeistus)	6,6	8,4	10,8	11,4	13,0	16,6	19,7	21,2	20,2	21,2	-
Äänitasoero [dB] (viite [4])	7,6	8,3	9,2	10,3	11,5	13,0	14,8	16,8	18,8	21,1	22,8

Melutasoja tarkastellaan aiemmin määriteltyjen reseptoreiden paikoilla. Lisäksi lasketaan sisämelutasot eniten melulle altistuvassa kohteessa käyttäen alempia äänitasoeroja (Taulukko 3-4) ja verrataan näitä tuloksia Asumisterveysasetuksen arvoihin. Tuulivoimaloiden aiheuttama matalataajuinen ulkomelutaso reseptoreiden kohdilla taajuuskaistoittain ja ilman taajuuspainotusta on lueteltu taulukossa (Taulukko 3-5). Taulukkoon on eritelty ohjeistuksen mukaisesti lasketut ulkotilojen melutasot.

Korkeimmat matalataajuisen melun tasot kohdistuvat reseptoripisteeseen Y1, jonka kohdalla on laskettu myös sisämelutasot ja verrattu niitä Asumisterveysasetuksen arvoihin (Kuva 3-3). Kuvassa on lisäksi esitetty reseptorin R2 sisämelutasot, johon Malakakankaan voimaloilla on suurin vaikutus. Kun otetaan huomioon rakennuksien ääneneristävyys, melutasot jäävät toimenpiderajojen alapuolelle koko taajuusvälillä molempien reseptoripisteiden kohdalla.

**Taulukko 3-5: Matalataajuisen ulkomelun äänitasot (dB) reseptoreiden kohdilla.**

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	52,3	51,1	50,1	49,3	48,6	47,6	46,3	44,8	42,3	38,5	36,4
R2	52,4	51,3	50,3	49,5	48,8	47,8	46,5	45,1	42,5	38,7	36,6
R3	51,2	50,0	49,0	48,1	47,4	46,3	45,0	43,5	40,8	36,9	34,6
R4	52,1	51,0	50,0	49,1	48,4	47,4	46,1	44,7	42,0	38,3	36,1
R5	52,0	50,8	49,8	49,0	48,3	47,2	45,9	44,5	41,9	38,1	35,9
R6	51,6	50,4	49,3	48,5	47,7	46,6	45,3	43,9	41,2	37,3	35,1
Y1	55,0	53,6	52,4	51,3	50,1	48,9	47,4	46,0	43,3	40,0	38,2
Y2	55,0	53,5	52,3	51,2	50,0	48,7	47,2	45,9	43,2	39,7	38,0
Y3	54,9	53,5	52,2	51,1	49,9	48,7	47,2	45,8	43,1	39,7	37,9
Y4	54,2	52,9	51,7	50,7	49,6	48,5	47,0	45,5	43,1	39,8	38,3



**Kuva 3-3: Matalataajuisen sisämelun tasot reseptorien Y1 ja R2 kohdalla.**

## 4 YHTEENVETO

Raportissa on esitetty Sievin kunnan alueelle suunnitellun Malakakankaan tuulivoimapuiston ja läheisten toiminnassa ja suunnitteilla olevien tuulivoimapuistojen melun yhteisvaikutusten laskennallinen arvio. Mallinuksissa huomioitiin Malakakankaan lisäksi kaksi toiminnassa olevaa naapuripuistoa Mutkalampi ja Kaukanen sekä suunnitteilla oleva Kaukanen laajennus.

Yhteisvaikutusmallinnuksen mukaan melutasot jäävät alle Valtioneuvoston 40 dB(A):n ohjearvon kaikkien asuin- ja lomarakennusten kohdilla. Myös matalataajuisen melun tasot pysyvät Asumisterveysasetuksessa annettujen arvojen alapuolella koko taajuusvälillä.

Mallinnusten perusteella Malakakankaan, Mutkalammen, Kaukasen sekä Kaukasen laajennuksen voimaloista aiheutuu jonkin verran melun yhteisvaikutuksia, mutta niistä ei aiheudu melun ohjearvon ylityksiä.

## 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 raportioijan tiedot							
Mallinnusraportin numero/tunniste: <b>101026197-002.002</b>				Raportin hyväksyntäpäivämäärä: <b>18.10.2024</b>			
Tekijä/organisaatio, yhteystiedot: <b>AFRY Finland Oy</b>							
Vastuuhenkilöt: <b>Juulianna Lähteinen ja Mika Laitinen</b>							
Laatija: <b>Juulianna Lähteinen</b>				Tarkastaja/hyväksyjä: <b>Mika Laitinen</b>			
Mallinnusohjelman tiedot							
Mallinnusohjelma ja versio: <b>AFRY Numerola -mallinnusohjelmisto</b>				Mallinnusmenetelmä: <b>ISO 9613-2</b>			
Tuulivoimalan/Tuulivoimaloiden tiedot							
Tuulivoimalan valmistaja: <b>Vestas Vestas Vestas Siemens Gamesa</b>				Tyyppi: <b>V172 7.2 MW PO7200 V162 6.0 MW PO6000 V150 4.3 MW PO2 SG170 6.6 MW AM 0</b>		Sarjanumero/t:	
Nimellisteho: <b>7.2 MW 6.0 MW 4.3 MW 6.6 MW</b>		Napakorkeus: <b>214 m 139/149 m 145 m 215 m</b>		Roottorin halkaisija: <b>172 m 162 m 150 m 170 m</b>		Tornin tyyppi:	
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun							
Lapakulman säätö		Pyörimisnopeus			Muu, mikä		
Kyllä	dB	Kyllä	dB			dB	
Ei	<b>Ei tiedossa</b>	Ei	<b>Ei tiedossa</b>			dB	
Akustiset tiedot/Laskennan lähtötiedot							
Melupäästötiedot V172 7.2 MW PO7200 (valmistajan ilmoittamat melupäästön tunnusarvot)							
<ul style="list-style-type: none"> <li>Third octave noise emission EnVentus™ 172-7.2MW 50/60 Hz. Document no. 0128-4336_00. 2022-06-30.</li> </ul>							
Alla oleviin arvoihin on lisätty 2 dB:n varmuusarvo.							
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		

**Melupäästötiedot V162 6.0 MW PO6000 (valmistajan ilmoittamat melupäästön tunnusarvot)**

- Third octave noise emission EnVentus™ V162-6.0MW. Document no. 0095-3732\_01. 2020-11-03.

Alla oleviin arvoihin on lisätty 2 dB:n varmuusarvo.

Oktaaveittain [Hz]		1/3-oktaaveittain [Hz]					
31,5		20	61,2	200	93,0	2000	92,3
63	86,5	25	65,7	250	94,3	2500	90,5
125	94,2	31,5	70,0	315	95,4	3150	88,3
250	99,1	40	74,2	400	96,2	4000	85,7
500	101,3	50	77,7	500	96,6	5000	83,0
1000	100,6	63	81,1	630	96,7	6300	79,8
2000	97,2	80	84,2	800	96,4	8000	76,2
4000	91,0	100	86,8	1000	95,9	10000	72,5
8000	81,9	125	89,1	1250	95,0		
		160	91,3	1600	93,8		

**Melupäästötiedot V150 4.3 MW PO2 (valmistajan ilmoittamat melupäästön tunnusarvot)**

- V150-4.3MW Third octave noise emission. Document ID: DMS 0080-4413\_02. 2020-04-03.

Alla oleviin arvoihin on lisätty 2 dB:n varmuusarvo.

Oktaaveittain [Hz]		1/3-oktaaveittain [Hz]					
31,5		20	59,6	200	92,7	2000	93,8
63	85,6	25	64,2	250	94,2	2500	92,2
125	93,7	31,5	68,7	315	95,4	3150	90,2
250	99,0	40	73,0	400	96,4	4000	87,8
500	101,7	50	76,6	500	97,0	5000	85,3
1000	101,5	63	80,1	630	97,2	6300	82,3
2000	98,6	80	83,4	800	97,2	8000	79,0
4000	93,0	100	86,1	1000	96,8	10000	75,5
8000	84,5	125	88,5	1250	96,1		
		160	90,9	1600	95,1		

**Melupäästötiedot SG170 6.6 MW AM 0 (valmistajan ilmoittamat melupäästön tunnusarvot)**

- Acoustic emission for SG 6.6-170, Rev. 0. Document ID and revision: SG-F18. 16-TR-00891\_R00. 2022-10-04

Alla oleviin arvoihin on lisätty 2 dB:n varmuusarvo.

Oktaaveittain [Hz]		1/3-oktaaveittain [Hz]					
31,5		20	65,7	200	92,0	2000	96,4
63	88,5	25	69,7	250	93,5	2500	94,0
125	95,4	31,5	73,7	315	94,1	3150	92,7
250	98,1	40	77,5	400	93,0	4000	90,3
500	99,9	50	80,3	500	94,8	5000	86,8
1000	103,8	63	83,1	630	96,8	6300	82,9
2000	101,9	80	85,9	800	98,1	8000	79,2
4000	95,3	100	89,8	1000	99,3	10000	75,5
8000	85,0	125	90,2	1250	99,5		
		160	91,7	1600	99,3		



<b>Melun erityispiirteiden mittaus ja havainnot:</b>											
Kapeakaistaisuus/ tonaalisuus		Impulssimaisuus		Merkityksellinen sykintä (amplitudi- modulaatio)			Muu, mikä:				
kyllä	<b>ei</b>	kyllä	<b>ei</b>	kyllä	<b>ei</b>	kyllä	<b>ei</b>	kyllä	<b>ei</b>		
Laskentakorkeus						Laskentaruudun koko [m x m]					
<b>4 m</b>						<b>10 m x 10 m</b>					
Suhteellinen kosteus						Lämpötila					
<b>70 %</b>						<b>15 C°</b>					
Maastomallin lähde ja tarkkuus											
Maastomallin lähde: <b>Maanmittauslaitos</b>						Vaakaresoluutio: <b>2 m</b>		Pystyresoluutio: <b>0,3 m</b>			
Maan- ja vedenpinnan absorptio ja heijastuksen huomioiminen, käytetyt kertoimet											
<b>ISO 9613-2</b>											
Vesialueet, (0) / (G)											
Maa-alueet, (0,4) / (A-D/E-F)											
Maa-alueet (0) / (G)											
Ilmakehän stabiilius laskennassa/meteorologinen korjaus											
<b>Neutraali</b>											
Voimalan äänen suuntaavuus ja vaimentuminen											
<b>Vapaa avaruus</b>											
Melulle altistuvat asukkaat ja kohteet, lkm (ilman meluntorjuntaa/voimalan ohjausta)											
Asukkaat: <b>0 kpl</b>				Vapaa-ajan rakennukset: <b>0 kpl</b>				Hoito- ja oppilaitokset: <b>0 kpl</b>			
Melulle altistuvat asukkaat ja kohteet, lkm (meluntorjunta/voimalan ohjaus huomioiden)											
Asukkaat: <b>0 kpl</b>				Vapaa-ajan rakennukset: <b>0 kpl</b>				Hoito- ja oppilaitokset: <b>0 kpl</b>			
Melun leviäminen virkistys- tai luonnonsuojelualueille											
Virkistysalueet: <b>0 kpl</b>						Luonnonsuojelualueet: <b>0 kpl</b>					
Lineaariset melutasot [dB] altistuvien kohteiden (rakennusten) ulkopuolella:											
Hz	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	52,3	51,1	50,1	49,3	48,6	47,6	46,3	44,8	42,3	38,5	36,4
R2	52,4	51,3	50,3	49,5	48,8	47,8	46,5	45,1	42,5	38,7	36,6
R3	51,2	50,0	49,0	48,1	47,4	46,3	45,0	43,5	40,8	36,9	34,6
R4	52,1	51,0	50,0	49,1	48,4	47,4	46,1	44,7	42,0	38,3	36,1
R5	52,0	50,8	49,8	49,0	48,3	47,2	45,9	44,5	41,9	38,1	35,9
R6	51,6	50,4	49,3	48,5	47,7	46,6	45,3	43,9	41,2	37,3	35,1
Y1	55,0	53,6	52,4	51,3	50,1	48,9	47,4	46,0	43,3	40,0	38,2
Y2	55,0	53,5	52,3	51,2	50,0	48,7	47,2	45,9	43,2	39,7	38,0
Y3	54,9	53,5	52,2	51,1	49,9	48,7	47,2	45,8	43,1	39,7	37,9
Y4	54,2	52,9	51,7	50,7	49,6	48,5	47,0	45,5	43,1	39,8	38,3