



UUSIUTUVA ENERGIA LEUVANNEVA OY

Leuvannevan tuulivoimahanke

Melumallinnus ympäristövaikutusten arviointiselostusta varten, tekninen raportti

11.9.2024

Liite 12



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 101017144.

Kuvien pohjakartat ja -ilmakuvat: Maanmittauslaitoksen peruskartta-aineisto, avoin data 2024, ellei toisin mainita.

YHTEYSTIEDOT

Asiakas:

Uusiutuva Energia Leuvanneva Oy

Tekijä:

AFRY Finland Oy

Erkki Heikkola

040 529 7784

erkki.heikkola@afry.com

RAPORTTIHISTORIA

Versio	Pvm/Laatija	Pvm/Tarkastaja	Merkinnät/muutokset
001	1.11.2023 / Matti Mäkilä, Noise specialist	1.11.2023 / Carlo Di Napoli, Section Manager	Alkuperäinen
002	11.09.2024 / Erkki Heikkola, Senior Consultant	11.09.2024 / Carlo Di Napoli, Section Manager	Uusi layout-vaihtoehto

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	5
TERMIT JA LYHENTEET	6
1 JOHDANTO	7
1.1 Ympäristömelu	8
1.2 Tuulivoimamelu	9
1.3 Tuulivoimamelun ohjeavot YM 1107/2015	10
1.4 Äänitason toimenpiderajat sisätiloissa	10
2 LÄHTÖTIEDOT JA ARVIOINTIMENETELMÄT	12
2.1 Mallinnusohjeistus	12
2.2 Digitaalikartta-aineisto	12
2.3 Tuulivoimalamalli.....	13
2.4 Tuulivoimaloiden ja reseptoripisteiden sijainnit	13
2.5 Melumallinnuksen laskentaparametrit.....	14
2.6 Pienitaajuisten melun laskenta	16
3 MALLINNUSTULOKSET	18
3.1 Ulkomelumallinnus.....	18
3.2 Pienitaajuinen melu rakennusten sisätiloissa	22
3.3 Vaikutusten ehkäiseminen ja lieventäminen	23
4 LÄHDELUETTELO.....	25

Liitteet

Liite 1 Tuulivoimaloiden ja reseptoripisteiden koordinaatit ETRS-TM35FIN koordinaatissa

Liite 2 Melumallinnusten kartat

Liite 3 Pienitaajuisten melun numeeriset tulokset ulkona ja sisätiloissa

Liite 4 Koostetaulukko, laskennan parametrit ja laskentatulokset

TIIVISTELMÄ

Uusiutuva Energia Leuvanneva Oy suunnittelee tuuli- ja aurinkovoimapuiston rakentamista Siikalatvan sekä Siikajoen kuntiin, noin kymmenen kilometriä Rantsilan taajamasta etelään ja noin 12 kilometriä Pulkkilan luoteispuolelle. Tässä raportissa käsitellään suunnitellun tuulivoimapuiston melun laskennallista leviämistä alueen ympäristöön. Melumallinnuksissa otetaan huomioon Leuvannevan melun yhteisvaikutukset Kivinevan (Taaleri Energia) ja Taikkonevan (Prokon Wind Energy Finland) tuulivoimahankkeiden kanssa. Raportti on valmisteltu hankkeen ympäristövaikutusten arviointia varten. Vertailuarvoina käytetään tuulivoimameluasetuksen 1107/2015 ohjearvoja, ja mallinnusohjeena käytetään ympäristöministeriön ohjetta YM OH 2/2014.

Leuvannevan melumallinnus suoritettiin kolmelle hankevaihtoehdolle: VE1 (41 voimalaa), VE2 (35 voimalaa) ja VE3 (32 voimalaa). Mallinnuksissa käytettiin voimalamallia Vestas V162 6,2 MW, jonka äänipäästön A-painotetuksi arvoksi L_{WA} on esitetty valmistajan dokumentaatiossa 104,8 dB, sekä napakorkeutta 200 m. Yhteismelumallinnuksessa Kivinevan ja Taikkonevan hankkeiden voimalamalli oli Vestas V172 7,2 MW, jonka äänipäästön A-painotetuksi arvoksi L_{WA} on esitetty valmistajan dokumentaatiossa 106,9 dB. Naapurikohteiden voimaloiden napakorkeus oli 199 m. Äänipäästön varmuusarvona käytettiin molemmilla voimaloilla $K = + 2$ dB.

ISO 9613-2 melumallinnuksella toteutetun ylärajalaskennan mukaan hankevaihtoehdolla VE1 lasketut ulkomelutasot ylittävät 40 dB:n yöajan ohjearvon yhdessä reseptoripisteessä, mutta pysyvät muissa pisteissä ja vaihtoehdoilla ohjearvon alapuolella. Kun otetaan huomioon yhteisvaikutukset Kivinevan ja Taikkonevan kanssa, 40 dB:n ohjearvo ylittyy yhdessä lisäpisteessä kaikilla hankevaihtoehdoilla.

Pienitaajuisen melun erillislaskennan perusteella sisätilan toimenpiderajat alittuvat kaikilla vaihtoehdoilla, mutta ylittyvät kahdessa pisteessä kun otetaan huomioon yhteisvaikutukset naapurikohteiden kanssa. Pienitaajuisen melun laskennassa on nyt hyödynnetty suomalaisen pientalojen mukaisia ilmaäänieristävyyden tilastollisia arvoja vuoden 2017 mitaushankkeen tuloksista.

Vaikutusten seuranta voidaan tarvittaessa suorittaa melumittauksin, joista ohjeistetaan YM:n oppaissa 3–4/2014. Ohjeiden lisäksi suositellaan huomioimaan uusien kotimaisten tutkimustulosten tiedot mittaustulosten analyyseissä.

TERMIT JA LYHENTEET

YVA-selostuksessa on käytetty seuraavia termejä ja lyhenteitä.

Termi	Selite
dB, desibeli	Äänenvoimakkuuden yksikkö. Kymmenen desibelin nousu melutasossa tarkoittaa äänen energian kymmenkertaistumista. Melumittauksissa käytetään eri taajuuksia eri tavoin painottavia suodatuksia. Yleisin on niin sanottu A-suodatin, jonka avulla pyritään kuvaamaan tarkemmin äänen vaikutusta ihmiseen.
A-painotus	Äänenpaine määritettynä A-taajuuspainotusta käyttäen, yleensä tehollisarvona, esim. LWA.
Äänitehotaso LWA	Äänienergian tehollinen arvo (yksikkönä dB tai Watti). Ääniteho toimii mallinnusten yhtenä syöttöarvona. Yleisesti käytetään äänitehon taajuuskaistoja, joiden logaritminen summa muodostaa äänitehotason.
Leq, LAeq, keskiäänitaso tai ekvivalenttitaso	Jatkuvan tasaisen äänen äänitaso, jolla on määritellyllä aikavälillä sama äänenpaineen tehollisarvo kuin tarkasteltavalla äänellä, jonka taso vaihtelee ajallisesti.
Pienitaajuinen ääni	Pääsääntöisesti taajuuskaistalla 20–200 hertsiä esiintyvä ääni
Melupäästön takuu-arvo/tunnusarvo	Valmistajan ilmoittama tuulivoimalan tuottaman melupäästön (äänitehotaso) takuuarvoa, jossa varmuus melupäästön mahdollisessa verifiointissa on noin 95 %. Melupäästöarvo on kaksiosainen muodostuen äänitehotasojen keskiarvosta ja varmuusarvosta.
Varmuusarvo	Tuulivoimalan laitteiston valmistajan ilmoittamaa saman tuulivoimalatyyppin melupäästön hajonnasta johtuvan epävarmuuden huomioivaa varmuusarvoa
Oktaavikaista	Oktaavikaista käsittää kahden asetuspisteen välisen taajuusalueen. Esimerkiksi oktaavikaista 125 Hz kattaa taajuudet 88–176 Hz.
1/3 oktaavikaista	1/3-oktaavikaista käsittää kahden asetuspisteen välisen taajuusalueen. Esimerkiksi 1/3-oktaavikaista 125 Hz kattaa taajuudet 111–140 Hz. 1/3-oktaavikaista-analyysi antaa yksityiskohtaisempaa tietoa kuin oktaavikaista-analyysi.
Kapeakaistaisuus	Tonaalisuudella tarkoitetaan yhden tai useamman ääneksen äänenpaine-tason ja peittoäänien tason erotusta kriittisellä kaistalla ääneksen (äänek-sien) ympärillä. Melu on kapeakaistaista tai tonaalista, jos siinä on kuulo-havainnoin erotettavissa olevia melun haitallisuutta lisääviä ääneksiä tai kapeakaistaisia komponentteja melulle altistuvalla alueella.
Sykintä	Melu on merkityksellisesti sykkivää eli amplitudimoduloitunutta, jos siinä on kuulohavainnoin erotettavissa olevia melun haitallisuutta lisääviä ää-nenvoimakkuuden ajallisia jaksollisia vaihteluja melulle altistuvalla alu-eella.
Impulssimaisuus	Melu on impulssimaista, jos siinä on kuulohavainnoin erotettavissa olevia melun haitallisuutta lisääviä lyhytkestoisia ääniä (transienteja) melulle altistuvalla alueella.

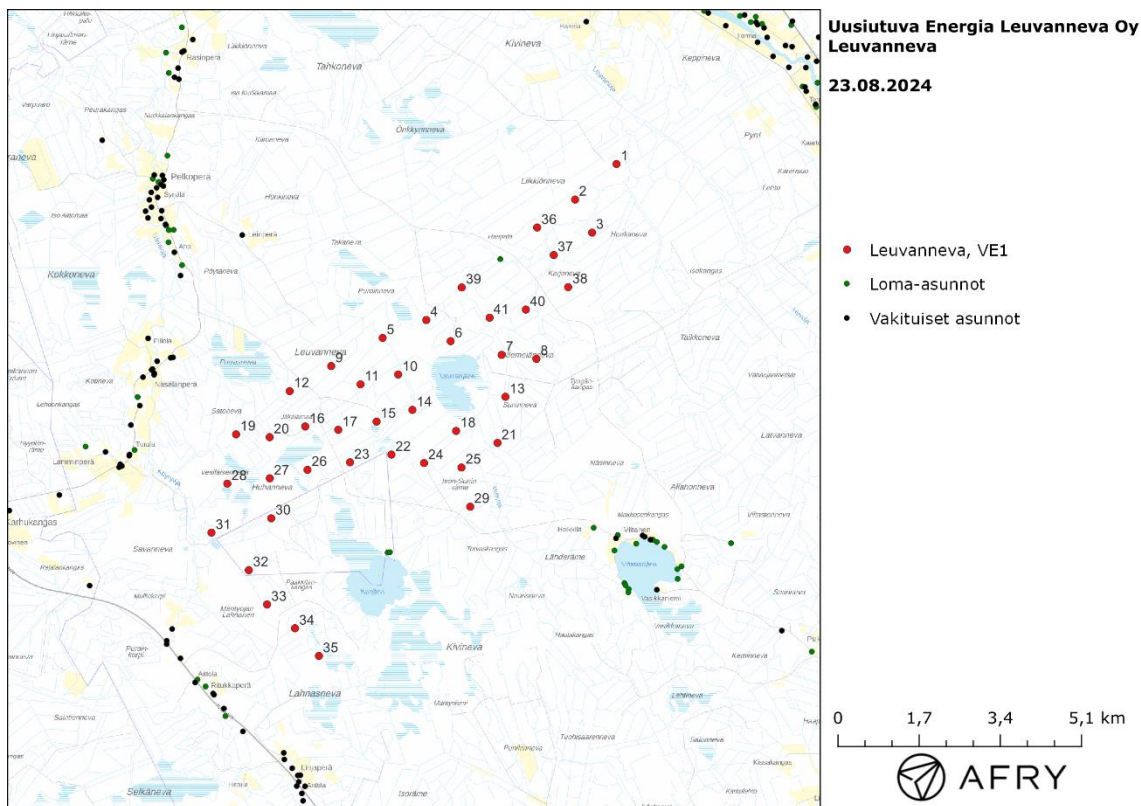
1 JOHDANTO

Uusiutuva Energia Leuvanneva Oy suunnittelee tuuli- ja aurinkovoimapuiston rakentamista Siikalatvan sekä Siikajoen kuntiin, noin kymmenen kilometriä Rantsilan taajamasta etelään ja noin 12 kilometriä Pulkkilan luoteispuolelle.

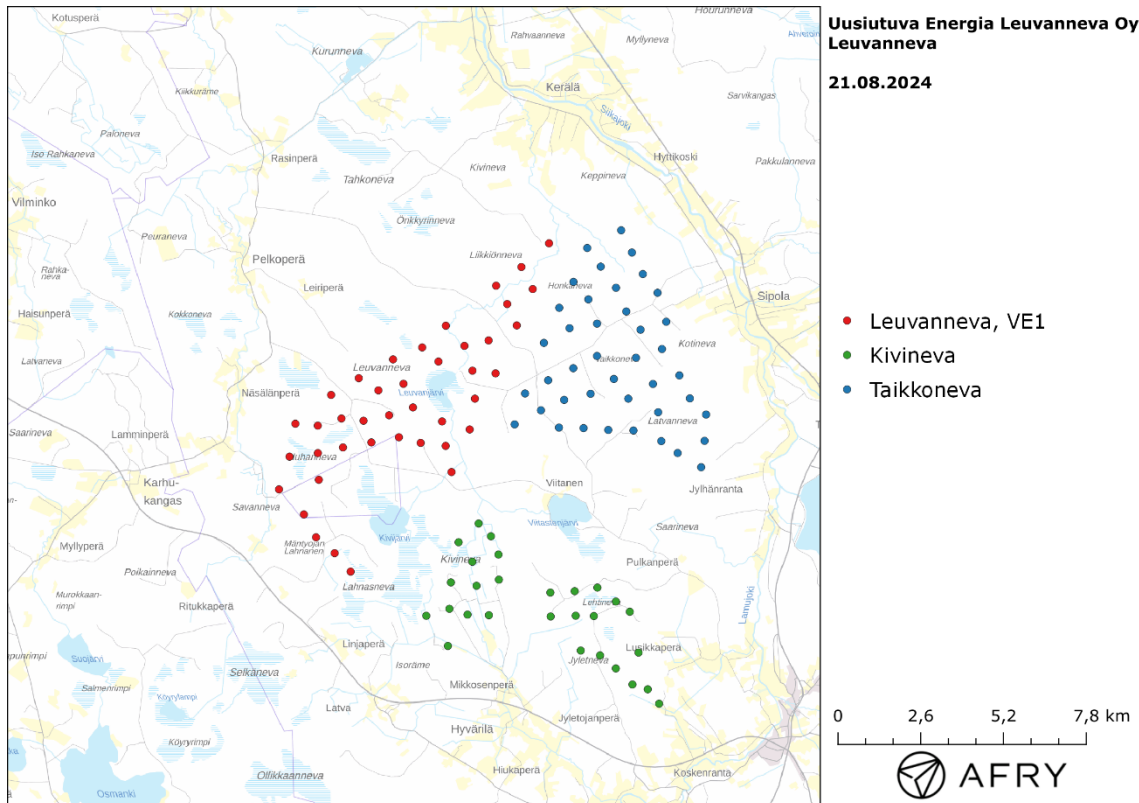
Tässä raportissa käsitellään suunnitellun tuulipuiston melun laskennallista leviämistä alueen ympäristöön. Tämä tekninen melumallinnusraportti on valmisteltu Leuvannevan tuuli- ja aurinkovoimahankkeen ympäristövaikutusten arviointia (YVA) varten. Hankkeen ympäristövaikutusarvioinnissa melua käsitellään omana kappaleenaan, jossa käydään läpi hankkeen meluvaikutukset ihmisiin ja ympäröivään luontoon. Hankkeen melumallinnuksessa tarkastellaan kolmen toteutusvaihtoehdon (VE1, VE2, VE3) melun leviämistä alueen ympäristöön.

Varsinaisen hankealueen melumallinnuksen lisäksi tarkastellaan tuulivoiman yhteismelun leviämistä siten, että laskennassa on mukana viereiset Kivinevan ja Taikkonevan tuulivoimahankkeet.

Hankevaihtoehdon VE1 voimalasijainnit on esitetty karttapohjalla (Kuva 1-1) jossa on mukana maastotietokannan mukaiset asuin- ja lomarakennusten sijainnit. Vaihtoehdoissa VE2 ja VE3 voimalasijainnit ovat samat, mutta VE2:ssa on poistettu voimalat 36-41 ja VE3:ssa voimalat 33-41. Karttapohjalla (Kuva 1-2) on esitetty myös arvioinnissa huomioitavat naapurikohteet Kivineva ja Taikkoneva. Leuvannevan ja muiden kohteiden voimakkoordinaatit ovat taulukoituna liitteessä 1.



Kuva 1-1. Leuvannevan hankevaihtoehdon VE1 voimalasijainnit.



Kuva 1-2. Meluselvityksessä huomioitavat naapurikohteet suhteessa Leuvannevan voimaloihin.

1.1 Ympäristömelu

Ääni on aaltoliikettä, joka tarvitsee väliaineen välittyäkseen eteenpäin. Ilmassa äänellä on nopeus, joka on riippuvainen ilman lämpötilasta. Eri väliaineissa ääniaalto kulkee eri nopeuksilla väliaineen ominaisuuksien mukaan. Normaali ympäristömelu sisältää useista kohteista peräisin olevaa yhtäaikaista ääntä, jossa äänen taajuudet ja aallonpituudet ovat jatkuvassa muutoksessa.

Melu on subjektiivinen käsite, jolla viitataan äänen negatiivisiin vaikutuksiin. Sitä käytetään puhuttaessa ei-toivotusta äänestä, josta seuraa ihmisille haittaa ja jonka havaitsemisessa kuulijan omilla tuntemuksilla ja äänenerotuskyvyllä on suuri merkitys. Melua voidaan mitata sen fysikaalisten ominaisuuksien perusteella.

Ympäristömelu koostuu ihmisen toiminnan aiheuttamasta melusta, joka vaihtelee ajan ja paikan mukaan. Äänen voimakkuutta mitataan käyttäen logaritmista desibeliasteikkoa (dB), jossa äänenpaineelle käytetään referenssipainetta 20 μPa ilmalle sekä 1 μPa muille aineille. Tällöin 1 Pa:n paineenmuutos ilmassa vastaa noin 94 dB:ä. (ISO 226:2003). Vertailun vuoksi ilmanpaineen normaaliarvo merenpinnalla on 101 325 Pa.

Kuuloaistin herkkyyks vaihtelee eri taajuisille äänille, jolloin vaihtelevat myös melun haitallisuus, häiritsevyys sekä kiusallisuus. Nämä tekijät on otettu huomioon äänen taajuuskomponentteja painottaen. Yleisin käytetty taajuuspainotus on A-painotus, joka perustuu kuuloaistin taajuusvasteen mallintamiseen.

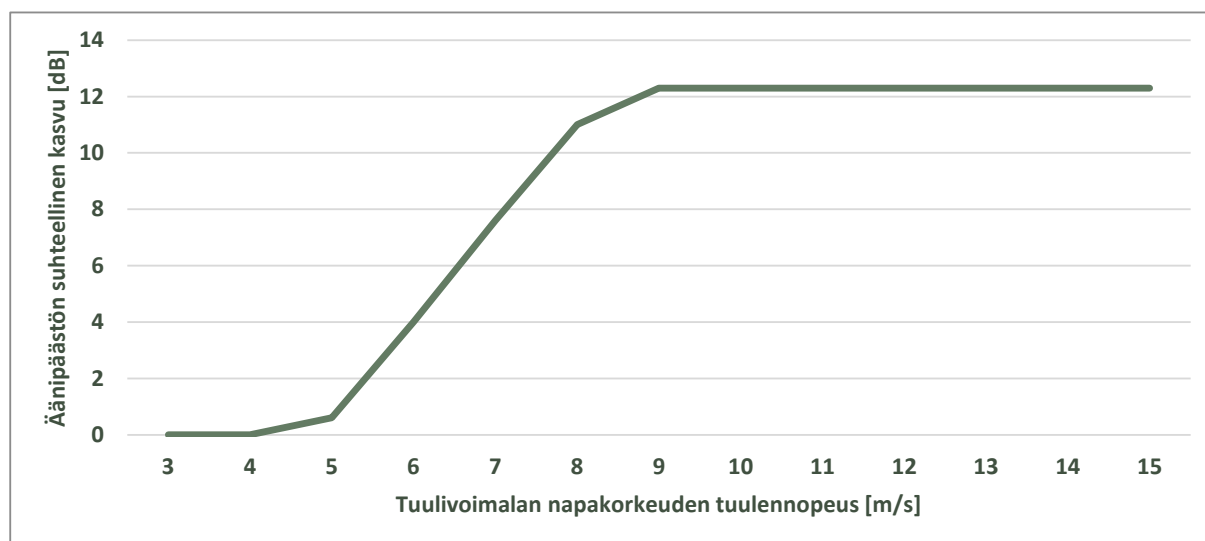
Melun ekvivalenttitaso, minkä symboli on L_{eq} ja A-taajuuspainotettuna L_{Aeq} , tarkoittaa samanarvoista jatkuvaa äänitasoa kuin vastaavan äänienergian omaava vaihteleva äänitaso.

1.2 Tuulivoimamelu

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 kokonaisäänienenergiasta lapojen suuren vaikutus-pinta-alan vuoksi (Gupta, M. Madsen, K., 2019). Tuulivoimamelu on A-taajuusjakaumaltaan painotunut tyypillisesti 200–1000 Hz:n väliin.

Modernit kolmilapaiset tuulivoimalaitokset ovat 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 (Oerlemans, S. Schepers, J.G., 2009).

Vaihtuvanopeuksisen tuulivoimalan äänipäästö on suoraan verrannollinen tuulennopeuteen siten, että alhaisilla tuulilla eli hitaalla roottorin pyörimisnopeudella ja lähellä käyntiä lähtönopeutta, lähtöäänitaso on usein noin 10–15 dB alhaisempi kuin voimalan nimellisteholla, jossa roottori saavuttaa suurimman kierrosnopeuden (Kuva 1-3).



Kuva 1-3. Esimerkkikuva äänipäästön kasvusta napakorkeuden tuulennopeuden mukaan. Äänitason nousu tasoittuu n. 10 m/s voimalan napakorkeudella mitatun tuulennopeuden jälkeen.

Äänipäästön LWA huipputaso saavutetaan tyypillisesti voimalan nimellistehotasolla, joka tarkoittaa yli 10 m/s tuulennopeutta napakorkeudella voimalamallista ja etenkin tornikorkeudesta riippuen. Tuulennopeuden edelleen kasvaessa tuulivoimalan siipi-kulmasäätö taasoittaa äänitehotason nousun roottorin pyörimisnopeuden pysyessä ennallaan (Kuva 1-3).

Taustamelu kuten esim. liikennemelu ja teollisuusmelu sekä tuulen tuottama aallokko- ja puustokohina peittävät tuulivoimaloiden melua, mutta peittoäänet ovat ajallisesti ja tasoltaan vaihtelevia. Tuulikohina esim. 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 (Halstead, D. Tam, N. 2019).

Ilmakehän pystysuuntaisen stabiilisuuden ja ilmapirran turbulenssin vaihtelut eri vuorokauden aikoina voivat vaikuttaa tuulisuuden tasoon eri korkeuksilla (Bolin, K. 2012).

Ilmakehän neutraalin stabiilisuuden vallitessa 8 m/s tuulennopeus 10 metrin korkeudella vastaa noin 13-14 m/s modernin voimalan napakorkeudella 200 m (van den Berg, G. P. 2006).

Moderneissa tuulivoimalaitoksissa melun lähtöäänitasoa voidaan kontrolloida erillisellä optimoimisäädöllä, 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 sahalaudoituksen, joka vähentää melupäästöä nimellisteholla tällä hetkellä noin 2-4 dB ja tulevaisuudessa vieläkin enemmän jättöreunan serraatioiden tuotekehityksen johdosta (Arce León, C. 2017).

1.3 Tuulivoimamelun ohjearvot YM 1107/2015

Valtioneuvoston asetus 1107/2015 tuulivoimamelun ohjearvoista tuli voimaan 1.9.2015. Oheisessa taulukossa on esitetty uuden asetuksen mukaiset keskiäänitason LAeq ohjearvot tuulivoimamelulle päivällä ja yöllä.

Taulukko 1-1. Tuulivoimamelun ohjearvot, YM 1107/2015 asetuksen mukaan, LAeq

Tuulivoimamelun ohjearvot	LAeq päiväajalle (klo 7–22)	LAeq yöajalle (klo 22–7)
Pysyvä asutus, Loma-asutus, Hoitolaitokset, Leirintäalueet	45 dB	40 dB
Oppilaitokset, Virkistysalueet	45 dB	-
Kansallispuistot	40 dB	40 dB

Jos tuulivoimalan melu on impulssimaista tai kapeakaistaista melulle altistuvalla alueella, valvonnan yhteydessä saatuun mittaustulokseen lisätään 5 dB ennen sen vertaamista asetuksen 3 §:ssä säädettyihin arvoihin.

Tuulivoimarakentamisen ulkomelutason ohjearvot määritetään A-taajuuspainotettuna keskiäänitasona LAeq erikseen yhden vuorokauden päiväajan ja yöajan osalta. Kyse ei ole hetkellisistä enimmäisäänitasoista. Kunkin vuorokauden päiväajan 15 tunnin (klo 7–22) keskimääräisen ulkomelutason (LAeq) tulee pysyä annetun päiväajan ohjearvon mukaisena. Vastaavasti kunkin vuorokauden yöajan osalta 9 tunnin (klo 22–7) keskimääräisen ulkomelutason (LAeq) tulee pysyä annetun yöajan ohjearvon mukaisena. (Ympäristöministeriö, 2016). Melumallinnuksessa ei erotella päivä- tai yöajan tilanteita, vaan melun leviämislaskennan tulosvertailu tehdään vain yöajan alempaan 40 dB:n ohjearvoon nähden.

1.4 Äänitason toimenpiderajat sisätiloissa

Sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveysasetus 545/2015 asettaa sisätilojen äänitasoille toimenpiderajat erityisesti yöajan äänitasoille nukkumiseen tarkoitetuissa tiloissa sekä pienitaajuisen melulle taajuusvälillä 20–200H (Taulukko 1-2 ja Taulukko 1-3).

Taulukko 1-2. Äänitason toimenpiderajat STM 545/2015 asumisterveysasetuksen mukaan

Huoneisto ja huonetila	Päivällä klo 07–22	Yöllä klo 22–07
asuinhuoneet ja oleskelutilat	35 dB	30 dB (25 dB)
muut tilat ja keittiö	40 dB	40 dB
huonetila, jossa edellytetään yleisön saavan hyvin puheesta selvän ilman äänen- vahvistuslaitteiden käyttöä	35 dB	-
muut kokoontumistilat	40 dB	-
asiakkaiden vastaanottotilat ja toimisto- huoneet	45 dB	-

Yöaikainen (klo 22–7) musiikkimelu tai muu vastaava mahdollisesti unihäiriötä aiheuttava melu, joka erottuu selvästi taustamelusta, ei saa ylittää 25 dB yhden tunnin keskiäänitasona LAeq,1h (klo 22–7) mitattuna niissä tiloissa, jotka on tarkoitettu nukkumiseen.

Taulukko 1-3. Pienitaajuisten sisämelun tunnin keskiäänitason Leq,1h toimenpiderajat taajuuksuvälillä 20-200Hz nukkumiseen tarkoitetuissa tiloissa yöaikaan klo 22-07.

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

2 LÄHTÖTIEDOT JA ARVIOINTIMENETELMÄT

Laskennan lähtötiedot on koottu tilaajan lähettämästä aineistosta (vain koordinaatit ja kokonaiskorkeus), Maanmittauslaitoksen digitaalikartta-aineistosta, sekä kirjallisuudesta.

2.1 Mallinnusohjeistus

Ympäristöministeriö on julkaissut 28.2.2014 ohjeen tuulivoimaloiden melun mallintamiseen (Ympäristöministeriö 2/2014). Ohjeessa on annettu tietoja mallinnusmenettelyistä arvioitaessa tuulivoimaloiden aiheuttamaa melukuormitusta ympäristösuojelulain täytönpäntöpanossa 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 turbiinin melupäästön tunnusarvoa LWAd. Se määritellään standardin IEC 61400-11 mukaisissa mittauksissa äänitehotasoksi, jonka varmuus melupäästön mahdollisessa verifiointissa on 95 %. Tunnusarvo koostuu mitatusta keskimääräisestä äänitehotasosta LWA sekä varmuusarvosta K, joka vastaa turbiinityyppien 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 tuuliturbiinien melupäästön arvoon, jolloin mallinnustuloksia voidaan suoraan verrata suunnitteluohjearvoihin ilman erillistä epävarmuus-tarkastelua, ja äänen etenemisen ja ympäristöolosuhteiden mallinnukseen voidaan käyttää vakioituja sää- ja ympäristöolosuhtearvoja.

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 ympäristöolosuhtearvoja. Maaston pinnan laatu ja muoto otetaan mallinnuksessa erillisinä huomioon. Lisäksi pienitaajuisen äänen eteneminen tulee mallintaa erikseen ohjeistuksessa määritellyn erillislaskennan avulla, joka perustuu Tanskassa annettuun ohjeistukseen, jonka parametreja on mukautettu Suomen olosuhteisiin (Jakobsen 2012). Laskennassa otetaan huomioon geometrinen etäisyysvaimennus sekä ohjeistuksen mukaiset ilmakehän absorption ja maastovaikutuksen parametrit. Pienitaajuisen melun 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.

2.2 Digitaalikartta-aineisto

Melumallinnus on suoritettu digitaalikartalle, jonka topografian korkeusväli on enintään 0,5 m. Kartassa on kuvattu topografian ja tuulivoimaloiden paikkatiedon lisäksi rakennusten

paikkatiedot sekä niiden käyttötarkoitus siten kuin se on esitetty Maanmittauslaitoksen aineistossa. Maa-alueille akustinen kovuuskerroin on ohjeen mukaisesti 0,4 ja vesialueille 0.

2.3 Tuulivoimalamalli

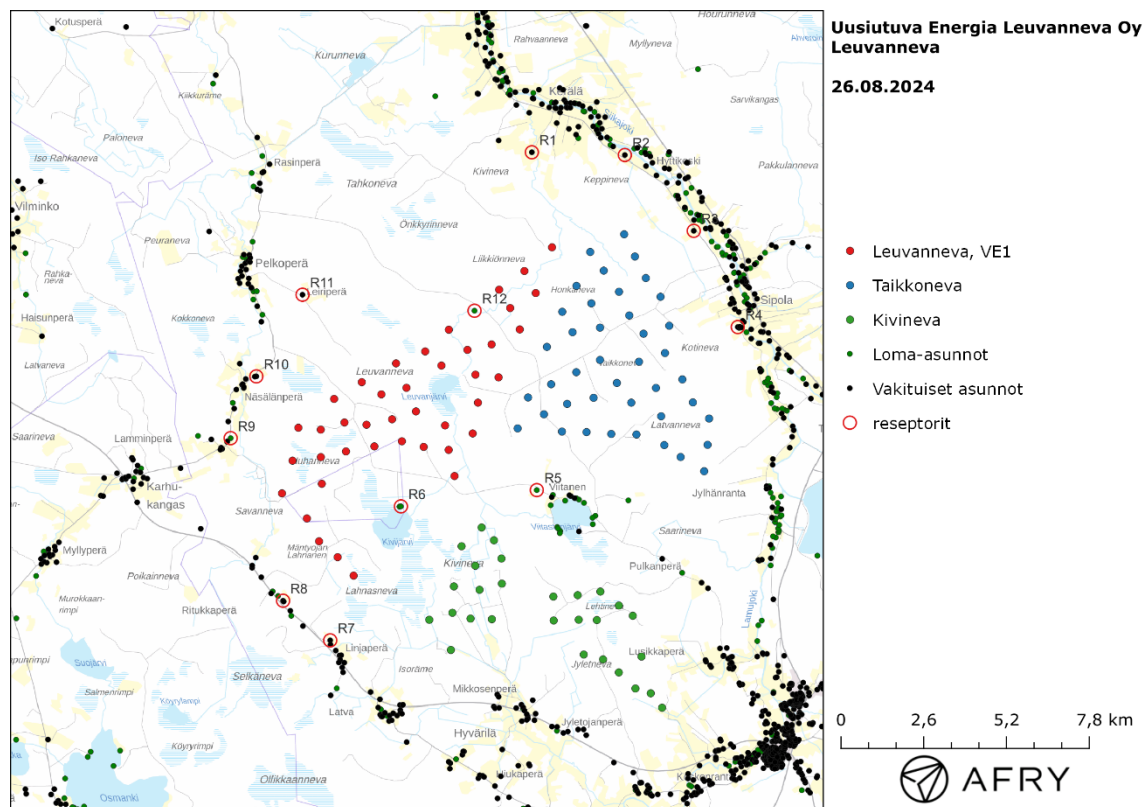
Leuvannevan melumallinnukset suoritettiin Vestas V162 6,2 MW (with serrated trailing edges) voimalamallille, jonka äänipäästön arvo LWA on 104,8 dB(A) ja napakorkeus 200 m. Melumallinnuksessa voimaloiden kokonaislukumäärä on hankevaihtoehdossa VE1 41 voimalaa, vaihtoehdossa VE2 35 voimalaa ja vaihtoehdossa VE3 32 voimalaa.

Yhteismelumallinnuksessa Kivinevan (28 voimalaa) ja Taikkonevan (41 voimalaa) hankkeiden voimalamalli on Vestas V172 7,2MW (STE), jonka äänipäästön A-painotetuksi arvoksi LWA on valmistajan dokumentissa esitetty 106,9 dB. Naapurikohteiden voimaloiden napakorkeus on 199 m.

Äänipäästön varmuusarvona käytettiin molemmilla voimalatyypeillä $K = +2$ dB Ympäristöministeriön muistion YM9/5511/2016 mukaisesti (YM9/5511/2016). Siten mallinnettu A-taajuuspainotettu äänipäästö kokonaisuudessaan varmuusarvo huomioiden on 106,8 dB(A) tai 108,9 dB(A). Mallinnuksen äänipäästön lähtötietoina on käytetty taajuusjakaumia 1/3 oktaaveittain taajuusvälillä 6,3 Hz – 10 000 Hz.

2.4 Tuulivoimaloiden ja reseptoripisteiden sijainnit

Alla olevassa kuvassa on esitetty mallinnettujen tuulivoimaloiden, lähimpien asuin- tai lomarakennusten sekä valittujen reseptoripisteiden R1-R12 sijainnit. Reseptoripisteiden kohdilla laskettiin erikseen tulokset melumallinnuskartan lisäksi. Liitteessä 1 on esitetty reseptorisijaintoja vastaavat koordinaatit ETRS-TM35FIN tasokoordinaatistossa.



Kuva 2-1. Reseptoripisteiden R1-R12 sijainnit suhteessa Leuvannevan ja naapurikohteiden tuulivoimaloihin.

2.5 Melumallinnuksen laskentaparametrit

Melun leviäminen maastoon havainnollistettiin käyttäen tietokoneavusteista melulaskentaohjelmistoa SoundPlan v 9.0. Mallinnusalgoritmina käytettiin standardia ISO 9613-2, jonka parametrisointi on ohjeistettu Ympäristöministeriön melumallinnusohjeessa kappaleessa 4.1.

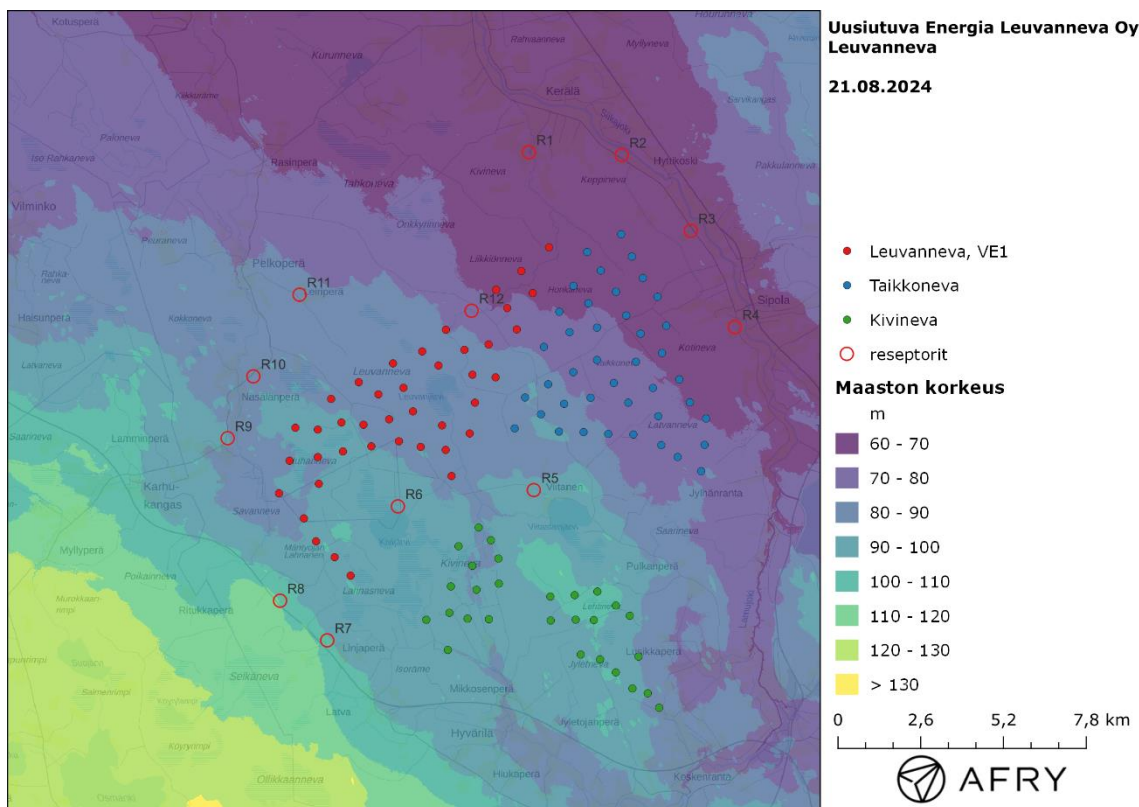
Mallissa otetaan huomioon kunkin tuulivoimalan äänipäästö 1/3 oktaavikaistan resoluutiolla, äänen geometrinen leviämisvaimentuminen, maaston korkeuserot sekä maanpinnan ja ilmakehän melun vaimennusvaikutukset. Mallinnus laskee tilanteen aina myötätuuliolosuhteeseen joka suuntaan.

Rakennusten aiheuttamaa äänen varjostusvaikutusta ei laskennassa huomioida eli melun leviäminen lasketaan nk. vapaakenttään. Melumallinnus piirtää keskiäänitason käyrät 5 dB:n välein vakioituilla laskentaparametreilla, jotka on esitetty taulukossa (Taulukko 2-1) ja jotka poikkeavat esim. tieliikennemelun vastaavista.

Kaikkiaan tuulivoimamelun laskennan parametrit ovat konservatiivisempia kuin teollisuustai tieliikennemelussa yleisesti käytetyt melun leviämislaskennan parametrit (Ympäristöministeriö 2007):

1. Vakioitu maa-alueiden absorptiovakio tuulivoimamelun leviämislaskelmissa on lukuarvoltaan pienempi kuin tieliikenne- ja teollisuusmelulaskennoissa tarkoittaen myös pienempää äänen leviämisvaimentumista.
2. Tuulivoimamelun laskennassa käytetään äänipäästön takuu-/tunnusarvoa LWA/LWA,d joka vastaa voimalan tuottamaa suurinta äänipäästöä lisättynä äänipäästöarvon varmuusarvolla K. Tieliikennemelussa se on vuotuinen keskivuorokausiliikenne KVL ilman epävarmuuksia. Teollisuusmelussa voidaan hyödyntää äänipäästöissä mm. laitteiden toiminta-aikojen aikakorjauksia, joita ei tuulivoimamelulaskennassa voi hyödyntää.

Ohjeen mukaan yli 60 m korkeuserot tuulivoimalan ja altistuvan kohteen maanpinnan korkeuden välillä 3 km säteellä voimalasta reseptoripisteeseen päin laskevasti katsotaan sellaiseksi, että sillä olisi vaikutusta laskentaparametreihin (+2 dB lisäys äänipäästöön LWA). Tässä tapauksessa lisäystä ei tehdä, sillä 60 m korkeuserovaatimus ei täyty yhdenkään tuulivoimalan ja reseptoripisteen välillä 3 km:iin asti (Kuva 2-2 ja liitteessä 1 esitetyt maaston korkeudet).



Kuva 2-2. Maaston korkeusvaihtelu Leuvannevan hankealueella ja sen ympäristössä.

Melumallinnuksessa käytetyt laskentaparametrit on esitetty alla olevassa taulukossa. Parametrit ovat ohjeen YM OH 2/2014 mukaisia ympäristönvaikutusarvioinnin ja kaavoituksen hankevaiheessa.

Taulukko 2-1. Melun leviämislaskennan parametrit.

Lähtötieto	Parametrit
Laskentalogiikka	ISO 9613-2 ylärajatarkastelu (YM OH 2/2014 kpl 4.1)
Mallinnusalgoritmit	Keskiäänitaso LAeq ulkona: ISO 9613-2. YM OH 2/2014 kpl 4.1 Pienitaajuisen melun etenemisvaimennus, YM OH 2/2014 kpl 4.1.9 sekä suomalaisten pientalojen äänitasoeron 84 %:n ja 90 %:n persentiilit (Keränen et al. 2019)
Topografiakartta	Maanmittauslaitos, laserkeilausaineisto ja maastotietokanta (© MML, 2024), topografian pystyresoluutiona on 0,5 m. Laskentaohjelmassa muodostetaan maanpinta erillisen kolmioverkkolaskennan kautta. (YM OH 2/2014 kpl 4.1.8)
Sääolosuhteet	Ilman lämpötila 15 °C, ilmanpaine 101,325 kPa, ilman suhteellinen kosteus 70 prosenttia (YM OH 2/2014 kpl 4.1.4)
Tuulennopeus	n.12,5 m/s 200 m:n korkeudella (napakorkeus), myötätuuli joka suuntaan, joka vastaa 8 m/s 10 m:n

Lähtötieto	Parametrit
	referenssikorkeudella maanpinnan karheudella 0,05 m (YM OH 2/2014 kpl 4.1.1)
Äänilähde	Pistelähde (YM OH 2/2014 kpl 4.1.4)
Äänipäästön tunnusarvo	ks. luku 2.3
Mallinnuksen äänipäästö	1/3 oktaaveittain 6,3 Hz – 10 000 Hz (YM OH 2/2014 kpl 4.1.1)
Häiritsevyysskorjaukset	Ei korjausta, ks. luku 2.1
Topografiakorjaus	Ei korjausta, ks. Kuva 2-2. (YM OH 2/2014 kpl 4.1.6)
Laskentaverkko	Laskentapiste viisi kertaa viiden metrin (5x5 m) välein laskentaverkolla neljän metrin (4 m) korkeudella seura- ten digitaalikartan maanpintaa (YM OH 2/2014 kpl 4.1.2)
Maanpinnan akustinen kovuus	0,4 (maa-alueet), 0 (vesialueet sekä laajat kallioalueet) (YM OH 2/2014 kpl 4.1.5 sekä 4.1.9)
Laskentavyöhykkeet, LAeq	35 dB, 40 dB, 45 dB, 50 dB ja 55 dB

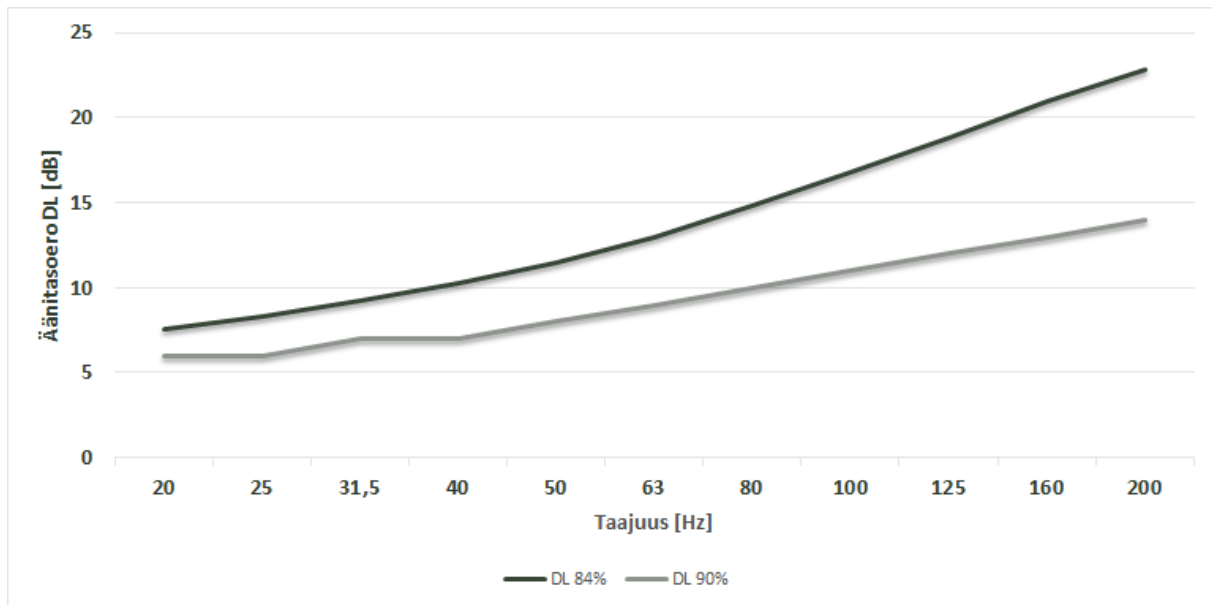
2.6 Pienitaajuisten melun laskenta

Tuulivoimalaitosten pienitaajuinen melu lasketaan erillisenä taulukkolaskentana YM:n ohjeen mukaisilla laskentaparametreilla. Pienitaajuisten melun leviämismallin käyttäminen laskeksi käyttäen voimalan painottamattomia äänipäästön tunnusarvon 1/3 oktaavikaistatietoja LW taajuusvälillä 20-200 Hz (YM OH 2/2014 kpl 4.1.9). 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.

Asumisterveysasetuksessa 545/2015 annetaan matalien taajuuksien 20–200 Hz tunnin keskiäänitasojen (Taulukko 1-3) 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 Leq,1h mitattuna niissä tiloissa, jotka on tarkoitettu nukkumiseen.

Ympäristöministeriön melumallinnusohjeet eivät sisällä erillisiä ohjeita sisämelun kokonaissäänitason mallintamiseksi. Yöajan sisämelun toimenpiderajojen oletetaan kuitenkin alittuvan, mikäli melumallinnuksen antamat ulkomelutasot sekä pienitaajuisen sisämelun tasot alittavat valtioneuvoston asetuksen ohjearvot ja asumisterveysasetuksen toimenpidearvot. Ympäristöministeriön asetuksen 796/2017 mukaan uudisrakennusten ulkovaipan ääneneristetyksen 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.

Pienitaajuisen melun leviämislaskennassa on hyödynnetty uusinta suomalaista tutkimustietoa pientalojen ilmaäänieristävyyden arvoista, jotka ovat aiempaa Tanskan DSO 1284 ohjetta alhaisempia. Pientalojen ilmaäänieristävyyden tutkimuksen tulokset on julkaistu julkisivurakenteiden äänitasoeron vähimmäisarvon estimaatin persentiiliarvona DL84% ja DL90%.(Keränen et al. 2019a, 2019b) Tässä laskennassa hyödynnettiin vähimmäisarvon estimaattia DL84% asuinrakennuksille ja vähimmäisarvon estimaattia DL90% loma-asuinrakennuksille.



Kuva 2-3. Äänitasoeron DL vähimmäisarvon estimaatit 84%:n ja 90% persenteileille Turun AMK:n julkaisujen mukaan.

Lähtökohtaisesti nukkumiseen tarkoitetuissa tiloissa LAeq ekvivalenttitulosten 30 dB yöaikaan tai erityistapauksissa 25 dB yöaikaan oletetaan alittuvan, mikäli melumallinnuksen tulos ulkona sekä pienitaajuisen melun tulokset alittavat VNa 1107 sekä STM:n asumisterveysasetuksen toimenpiderajat. Tätä tukevat myös tehdyt tuulivoimamelun sisätilamittaukset Suomessa sekä ilmaäänieristyksen keskimääräinen profiili, joka kasvaa korkeammille taajuuksille mentäessä.

3 MALLINNUSTULOKSET

Digitaaliseen topografiakartalle laskettu melun leviäminen on esitetty kappaleessa 3.1 sekä suurempina kuvina liitteessä 2. Pienitaajuisen melun laskentatulokset lähimmille altistuville kohteille on esitetty kaaviokuvan avulla kappaleessa 3.2 sekä yksityiskohtaisemmin liitteessä 3.

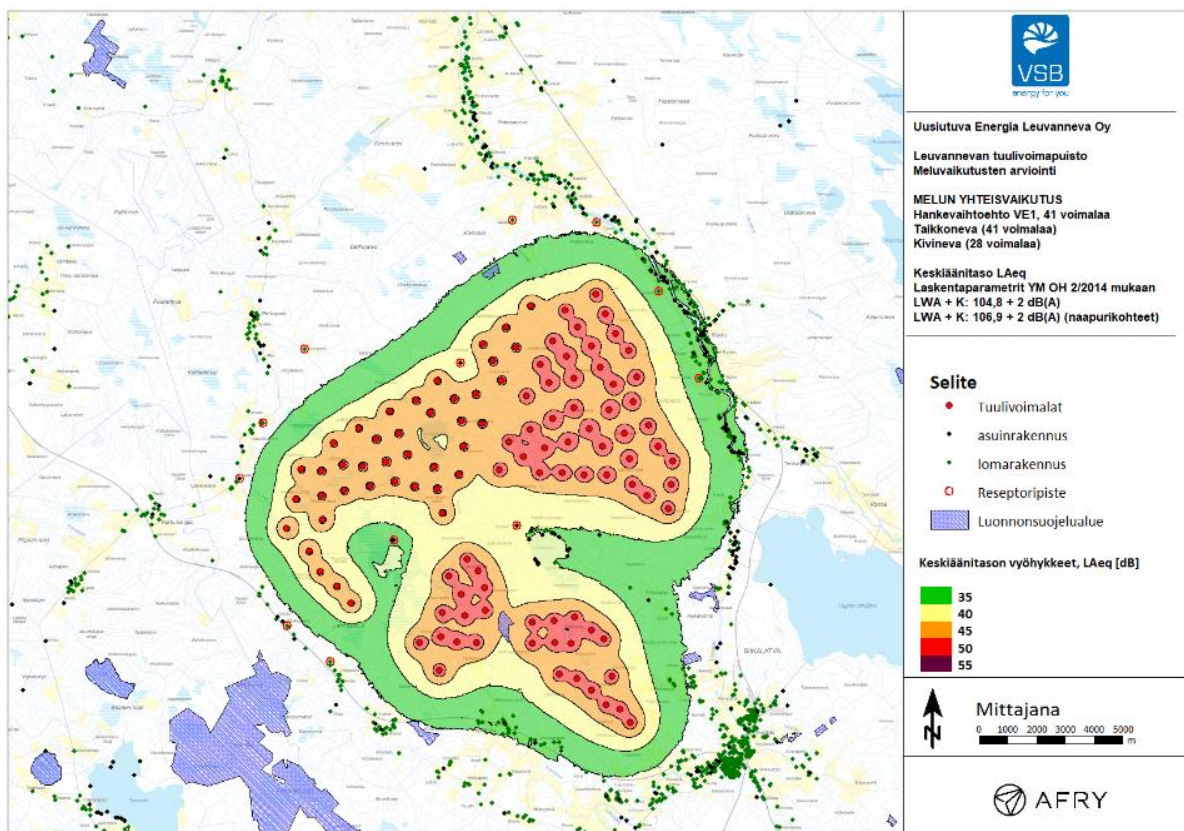
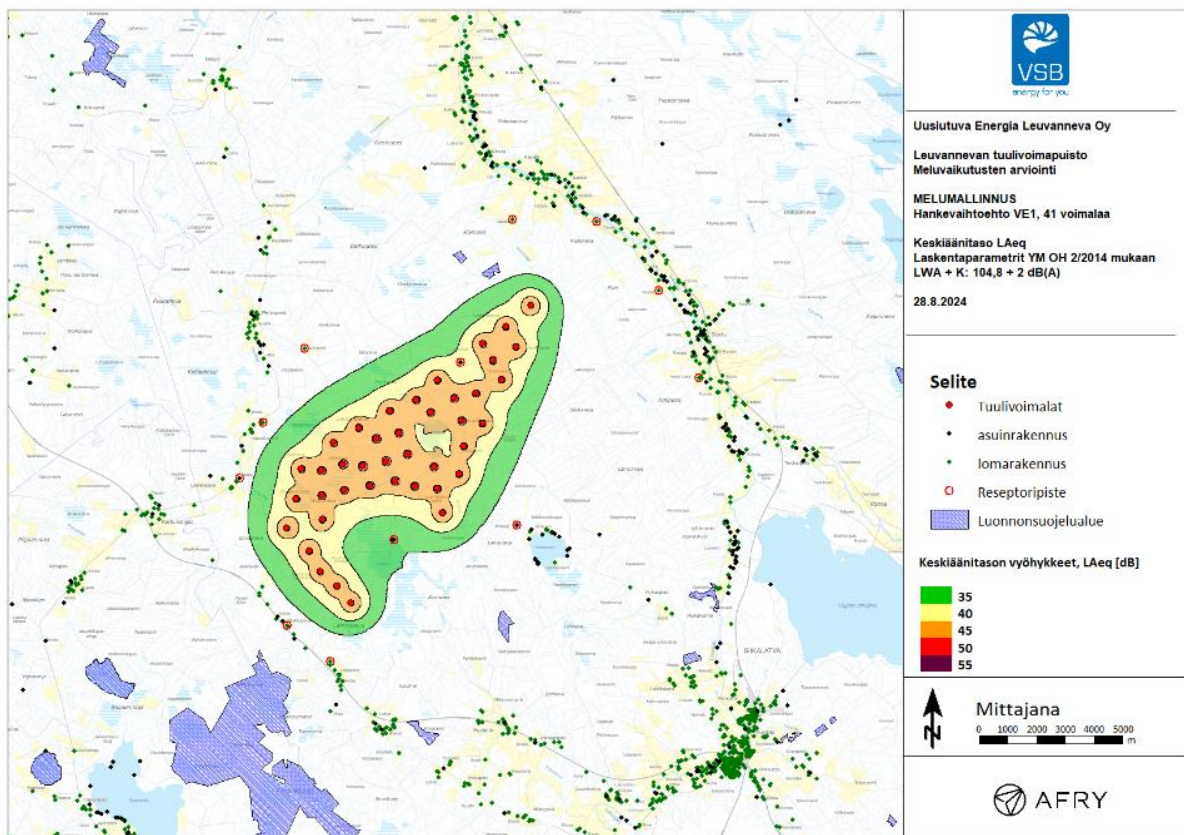
3.1 Ulkomelumallinnus

Melumallinnuksen LAeq keskiäänitason tulokset on laskettu 35 dB:n vyöhykkeelle asti. Seuraavissa kuvissa (Kuva 3-1, Kuva 3-2, Kuva 3-3) on esitetty keskiäänitason LAeq leviämiskartat Leuvannevan kolmelle hankevaihtoehdolle ja yhteisvaikutustilanteille naapurikohteiden kanssa. Meluvyöhykkeet on esitetty 5 dB:n välein siten, että vihreän alueen raja vastaa LAeq 35 dB:n tasoa ja keltaisen alueen raja 40 dB:n tasoa.

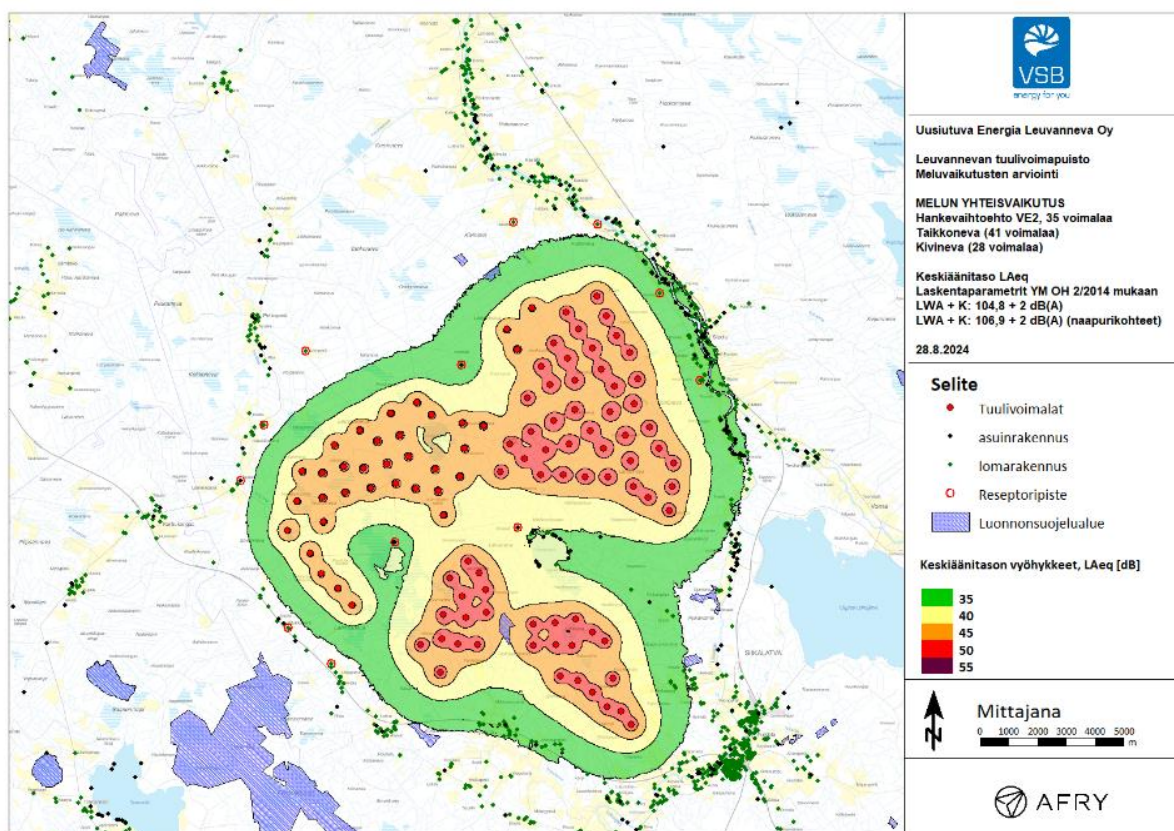
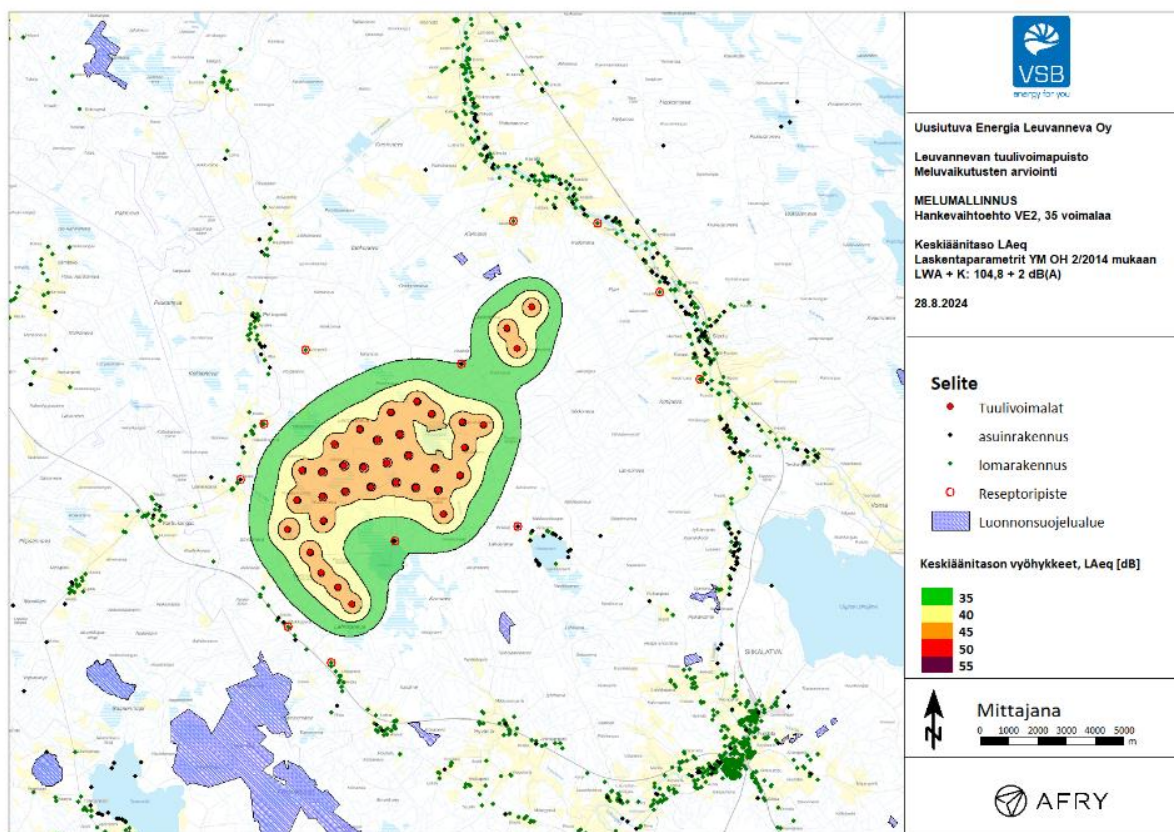
Leviämislaskennan perusteella 40 dB:n yöajan ohjearvo ylittyy reseptorin R12 kohdalla (41,5 dB) hankevaihtoehdolla VE1, mutta pysyy muissa pisteissä ja vaihtoehdoissa ohjearvon alapuolella. Kun otetaan huomioon yhteisvaikutukset Kivinevan ja Taikkonevan kanssa, 40 dB:n ohjearvo ylittyy pisteessä R5 kaikilla hankevaihtoehdoilla. Taulukossa (Taulukko 3-1) on esitetty yksittäisten reseptoripisteiden laskentatulokset Leuvannevan kolmella hankevaihtoehdolla ja yhteisvaikutustilanteissa.

Taulukko 3-1. Mallinnetut ulkomelun tasot Leuvannevan reseptoripisteissä.

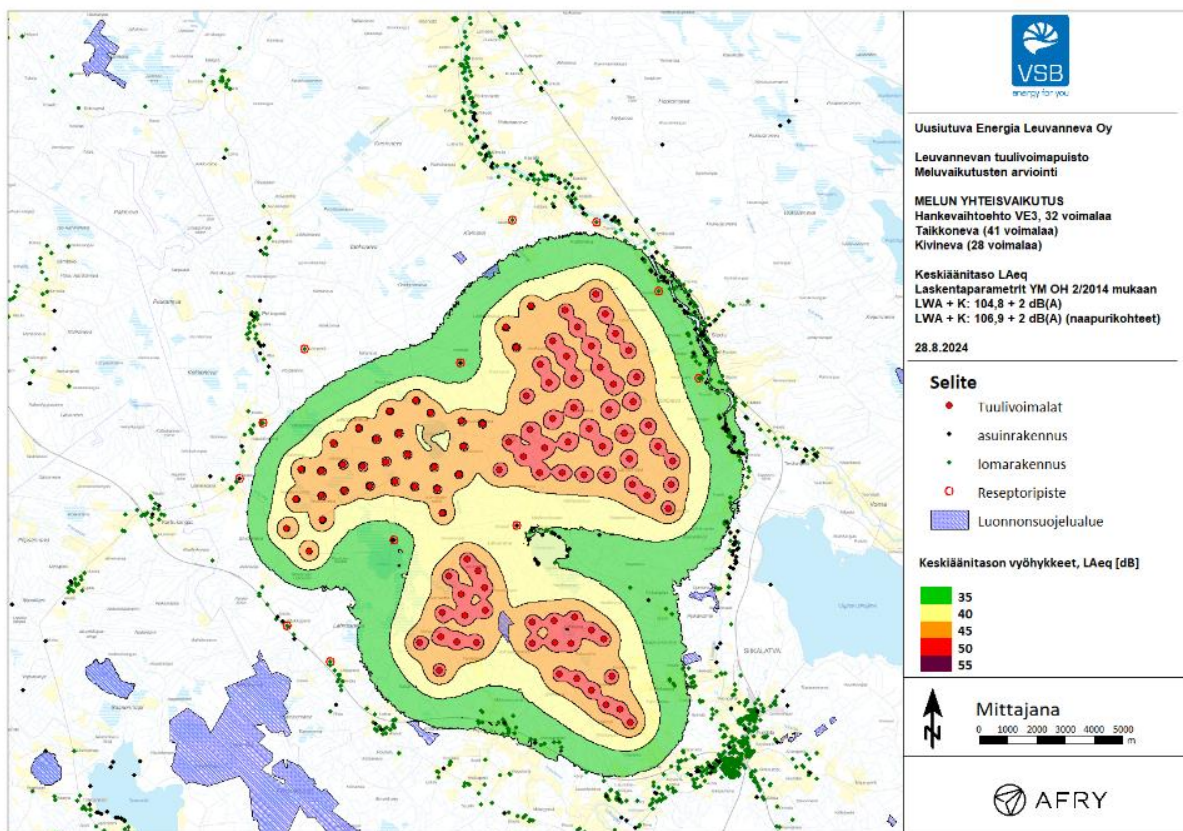
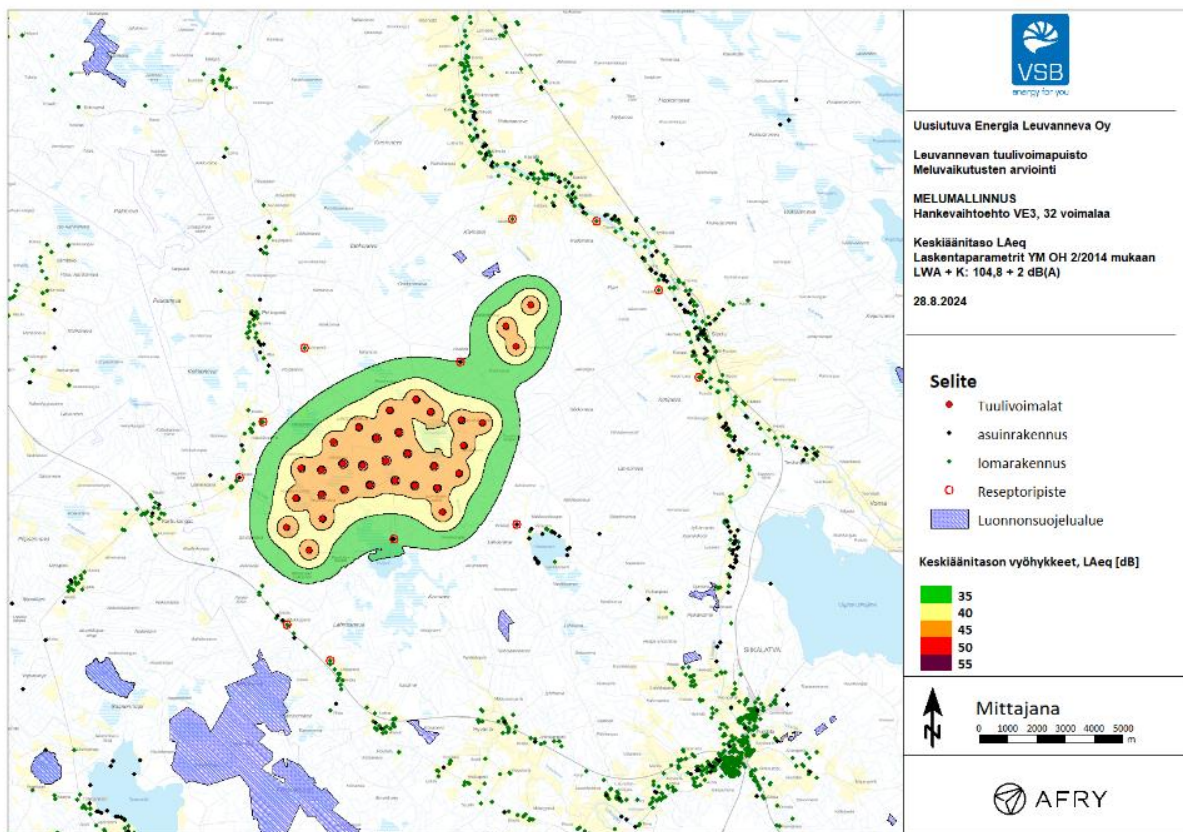
Reseptoripiste		Tulokset, LAeq (yhteisvaikutus)		
Nimi	Rakennuksen käyttötarkoitus	VE1	VE2	VE3
R1	asuinrakennus	26,1 (32,0)	24,7 (31,7)	24,7 (31,7)
R2	asuinrakennus	22,4 (33,3)	21,1 (33,3)	21,1 (33,3)
R3	asuinrakennus	22,6 (37,8)	21,2 (37,7)	21,2 (37,7)
R4	asuinrakennus	20,9 (38,0)	19,5 (38,0)	19,4 (38,0)
R5	loma-asuinrakennus	30,9 (40,5)	30,5 (40,5)	30,4 (40,4)
R6	loma-asuinrakennus	36,5 (39,2)	36,5 (39,1)	35,9 (38,8)
R7	asuinrakennus	29,6 (33,7)	29,5 (33,7)	24,6 (32,4)
R8	asuinrakennus	31,7 (33,6)	31,6 (33,5)	27,7 (31,4)
R9	loma-asuinrakennus	33,0 (33,6)	32,9 (33,6)	32,8 (33,4)
R10	asuinrakennus	32,6 (33,1)	32,5 (33,1)	32,4 (33,0)
R11	asuinrakennus	29,3 (31,0)	28,8 (30,7)	28,8 (30,7)
R12	loma-asuinrakennus	41,5 (42,5)	35,1 (38,4)	35,1 (38,0)



Kuva 3-1. Keskiaänitasot LAeq Leuvannevan hankevaihtoehdolla VE1.



Kuva 3-2. Keskiaänitasot LAeq Leuvannevan hankevaihtoehdolla VE2.



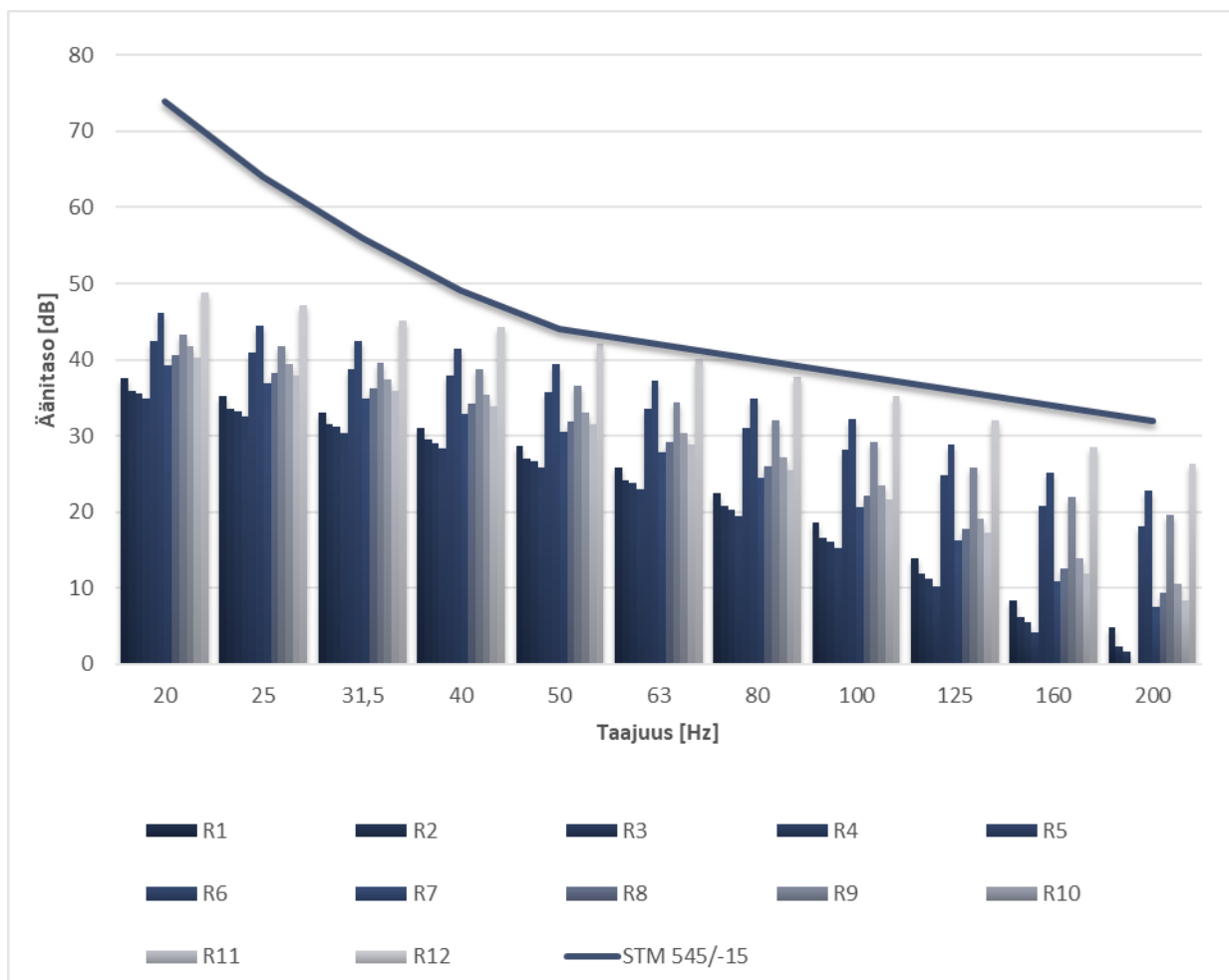
Kuva 3-3. Keskiaänitasot LAeq Leuvannevan hankevaihtoehdolla VE3.

3.2 Pienitaajuinen melu rakennusten sisätiloissa

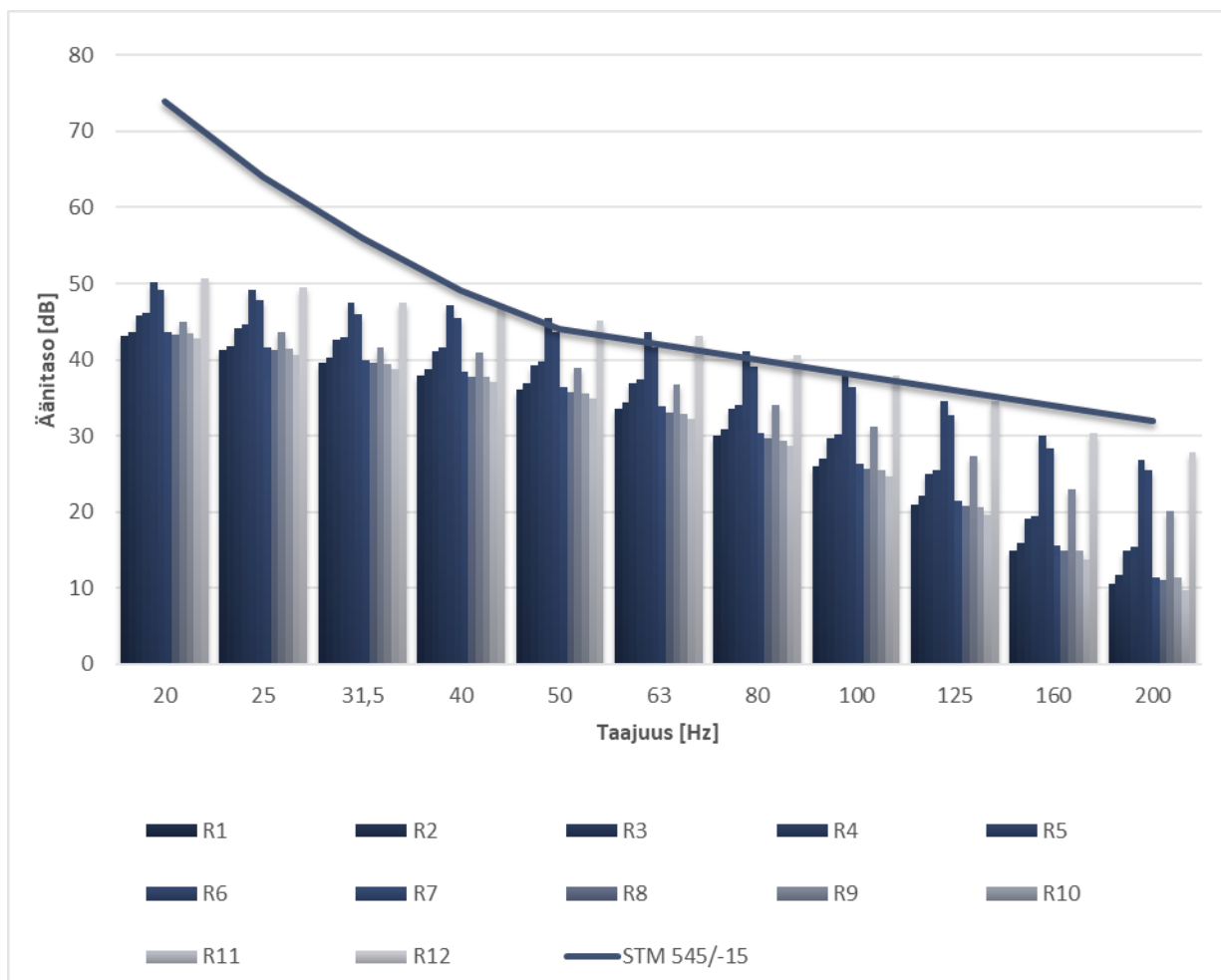
Tuulivoimalaitosten pienitaajuinen melu laskettiin käyttäen painottamattomia äänitehotason 1/3-oktaavikaistatietoja taajuusvälillä 20-200 Hz. Laskenta suoritettiin YM ohjeen laskentaohjeen mukaisesti käyttäen suomalaistutkimuksen antamia pientalojen julkisivurakenteiden äänitasoeron estimaattiarvoja DL84% ja DL90%, jotka ovat aiempaa DSO 1284 ohjetta alhaisempia (Keränen et al. 2019). Mallinnetut pienitaajuisen melujen tasot Leuvannevan laajimmalla hankevaihtoehdolla VE1 ja yhteisvaikutustilanteessa on havainnollistettu kuvissa (Kuva 3-4 ja Kuva 3-5).

Laskennan mukaan sisätilan toimenpiderajat alittuvat huolimatta laskennassa käytetystä varsin konservatiivisesta rakennusten julkisivun äänitasoeron vähimmäisarvosta DL84% ja DL90% sekä äänipäästön varmuusarvosta K. Suurimmat arvot ulkona pelkästään Leuvannevan voimaloilla saavutetaan reseptoripisteessä R12, jonka pientaajuisen sisämelun laskennassa käytetään myös alemmaa julkisivun äänitasoeron vähimmäisarvoa DL90% rakennuksen käyttötarkoituksen perusteella (loma-asuinrakennus).

Kun otetaan huomioon yhteisvaikutukset naapurikohteiden kanssa, korkeimmat ulkomelun tasot saavutetaan reseptoripisteissä R5 ja R12. Näissä pisteissä pienitaajuisen melun toimenpiderajat ylittävät taajuuskaistoilla 50-100 Hz.



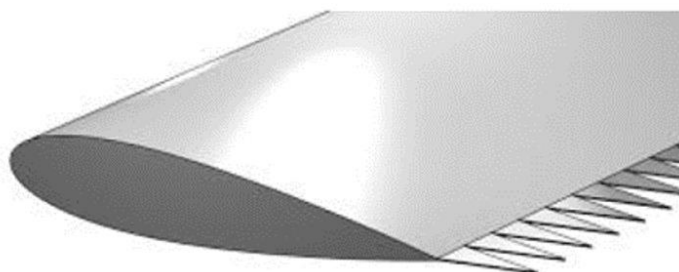
Kuva 3-4. Pienitaajuisen melun laskentatulokset reseptoripisteissä R1-R12, Leuvannevan hankevaihtoehto VE1.



Kuva 3-5. Pienitaajuisen melun laskentatulokset reseptoripisteissä R1-R12, Leuvannevan hankevaihtoehdon VE1 yhteisvaikutukset.

3.3 Vaikutusten ehkäiseminen ja lieventäminen

Meluvaikutuksien laajuuteen voidaan vaikuttaa tuulivoimalamallin sekä siipityypin valinnalla. Uusimmat ja tulevaisuuden tuulivoimaloiden siipimallit sisältävät mm. jättöreunan sahalaudoituksen, jolla voidaan vähentää nimellistehon taattua melupäästöä n. 2-4 dB voimalan tuottamaa sähkötehoa vähentämättä (Arce León, 2017).



Kuva 3-6. Havainnollistus tuulivoimalan siiven jättöreunan sahalaudoituksesta.

Tuulivoimalaitoksia on lisäksi mahdollista ajaa meluoptimoidulla ajolla, jolloin esimerkiksi roottorin pyörimisnopeutta rajoitetaan kovemmilla tuulennopeuksilla siiven lapakulmaa säätämällä. Näitä meluoptimointiajomoodeja on yleensä eritasoisia riippuen tarvittavasta vaimennustarpeesta. Säätöparametreiksi voidaan tyypillisesti valita tuulennopeus, -suunta

ja kellonaika. Meluoptimoitu ajo rajoittaa tehontuoton lisäksi myös voimalan äänipäästöä. Muuta merkittävää meluntorjuntaa ei voida suorittaa, ellei voimalaa pysäytetä kokonaan.

4 LÄHDELUETTELO

Arce León, C. 2017. 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.

Bolin, K. 2012. The Influence of Background Sounds on Loudness and Annoyance of Wind Turbine Noise, Acta Acustica united with Acustica 98, 741-748, 2012.

Gupta, M. Madsen, K. 2019. Advancements in continuous learning for tonality free turbine design. Conference Proceedings. 8th International Conference on Wind Turbine Noise, Lissabon, June 12-14, 2019.

Halstead, D., Tam, N. 2019. 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.

Jakobsen, J. 2012. Danish regulation for low frequency noise from wind turbines, Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control 31(4), 2012.

Keränen et al. 2019a. The sound insulation of façades at frequencies 5–5000Hz, Building and Environment 156, 2019.

Keränen et al. 2019b. Anojanssi -projektin tulokset: Ympäristömelun häiritsevyys. Turun ammattikorkeakoulu, sisäympäristön tutkimusryhmä, Akustiikkapäivät 2019, s. 276-279.

Oerlemans, S. Schepers, J.G. 2009. Prediction of wind turbine noise directivity and swish. Proc. 3rd Int. conference on wind turbine noise, Aalborg, Denmark, 2009.

STMa 545/2015. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. Sosiaali- ja terveysministeriö 2015.

VNa 1107/2015. Valtioneuvoston asetus 1107/2015 tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjeista. Astui voimaan 1.9.2015.

van den Berg, G. P. 2006. The sound of high winds: the effect of atmospheric stability on wind turbine sound and microphone noise. Doctoral Thesis, University of Groningen, Holland, 2006.

YM9/5511/2016. Yhteenvedo tuulivoimaloiden melupäästön takuuarvon käyttämisestä meluselvityksissä liittyvästä kyselystä. Ympäristöministeriö, YM9/5511/2016.

Ympäristöministeriö 1995. Ympäristömelun mittaaminen. Ohje I 1995.

Ympäristöministeriö 2007. Melutta -hankkeen loppuraportti. Ympäristöministeriön raportteja 20/2007. Ympäristöministeriö, Helsinki, 2007.

Ympäristöministeriö 2/2014. Tuulivoimaloiden melun mallintaminen, Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014.

Ympäristöministeriö 2016. Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016. Ympäristöhallinnon ohjeita 5/2016. Ympäristöministeriö, 2016.

Liite 1. Tuulivoimaloiden ja reseptoripisteiden koordinaatit ETRS-TM35FIN ta-sokoordinaatistossa.

Leuvannevan hankevaihtoehtoon VE1 koordinaatit (VE2:ssa on poistettu voimalat 36-41 ja VE3:ssa voimalat 33-41)

id	E	N	maaston korkeus	Napakorkeus
T1	437599,7	7142900,5	62,9	200
T2	436732,5	7142156,0	65,8	200
T3	437088,4	7141463,6	67,6	200
T4	433617,0	7139631,5	83,5	200
T5	432701,5	7139256,5	82,0	200
T6	434126,7	7139189,1	82,6	200
T7	435194,4	7138902,4	83,2	200
T8	435921,4	7138817,8	85,9	200
T9	431625,1	7138667,1	85,5	200
T10	433027,7	7138490,0	83,7	200
T11	432240,1	7138284,1	84,5	200
T12	430756,4	7138141,6	90,0	200
T13	435273,3	7138023,6	82,0	200
T14	433326,1	7137749,2	83,6	200
T15	432576,2	7137502,8	87,1	200
T16	431081,7	7137401,9	92,0	200
T17	431773,8	7137331,6	89,5	200
T18	434241,4	7137308,9	82,6	200
T19	429633,7	7137237,1	90,2	200
T20	430337,2	7137176,8	97,7	200
T21	435108,2	7137057,5	84,7	200
T22	432885,4	7136812,6	87,0	200
T23	432019,9	7136651,6	90,9	200
T24	433569,2	7136635,2	88,7	200
T25	434353,3	7136541,9	85,2	200
T26	431128,8	7136493,2	95,4	200
T27	430340,0	7136315,4	91,2	200
T28	429449,9	7136203,4	90,3	200
T29	434537,4	7135720,6	85,9	200
T30	430370,0	7135478,3	92,1	200
T31	429118,9	7135177,9	86,6	200
T32	429901,0	7134390,9	92,2	200
T33	430283,5	7133673,4	91,7	200
T34	430867,1	7133174,5	96,6	200
T35	431368,8	7132595,6	96,4	200
T36	435938,0	7141569,3	69,0	200
T37	436285,8	7140993,5	70,4	200
T38	436586,5	7140321,9	74,5	200
T39	434358,4	7140313,6	80,3	200
T40	435701,1	7139851,0	80,1	200
T41	434943,3	7139680,5	81,8	200

Kivinevan voimaloiden koordinaatit

id	E	N	maaston korkeus	Napakorkeus
1	435388,9	7134106,4	91,5	199
2	435776,0	7133705,0	90,3	199
3	434760,0	7133517,8	95,5	199
4	435190,5	7132905,7	90,6	199
5	436012,2	7133131,7	94,1	199
6	434518,8	7132256,8	95,4	199
7	435322,5	7132151,5	90,1	199
8	436025,5	7132343,8	100,5	199
9	433744,8	7131208,9	95,0	199
10	434471,5	7131428,9	97,2	199
11	435040,2	7131246,2	95,9	199
12	435711,1	7131227,5	92,7	199
13	434423,0	7130262,4	91,3	199
14	437641,8	7131938,5	100,5	199
15	438405,2	7131982,8	106,2	199
16	439119,0	7132093,6	102,9	199
17	437651,6	7131188,0	100,0	199
18	438437,5	7131211,0	99,4	199
19	439008,8	7131201,2	100,4	199
20	439700,1	7131657,0	102,4	199
21	440137,4	7131335,9	100,6	199
22	438596,0	7130118,7	98,6	199
23	439203,0	7129967,1	101,8	199
24	439698,6	7129556,3	101,0	199
25	440411,3	7130054,5	90,2	199
26	440219,7	7129053,0	97,6	199
27	440700,4	7128902,1	92,2	199
28	441056,9	7128450,0	84,4	199

Taikkonevan voimaloiden koordinaatit

id	E	N	maaston korkeus	Napakorkeus
TN01	436520,0	7137216,0	86,7	199
TN02	436847,9	7138187,1	90,7	199
TN03	437912,2	7137116,5	93,8	199
TN04	437345,8	7137658,5	89,9	199
TN05	437573,2	7138601,8	84,4	199
TN06	437439,0	7139774,0	78,2	199
TN07	440251,5	7137024,6	77,9	199
TN08	438683,7	7137099,7	82,8	199
TN09	438905,9	7138176,5	81,8	199
TN10	438362,5	7138980,0	75,4	199
TN11	438244,1	7140235,5	71,9	199
TN12	437921,1	7140875,1	69,7	199
TN13	442378,0	7135872,0	80,4	199
TN14	441639,1	7136318,1	78,0	199
TN15	441125,9	7136692,4	76,2	199
TN16	441027,3	7137597,4	76,7	199
TN17	440088,4	7138024,0	75,9	199
TN18	439636,6	7138642,4	73,4	199
TN19	439106,9	7139363,6	72,3	199
TN20	442485,3	7136700,6	75,0	199
TN21	442533,0	7137525,0	70,8	199
TN22	442023,7	7138032,4	70,3	199
TN23	440864,3	7138485,5	73,2	199
TN24	440329,8	7139308,0	73,7	199
TN25	439108,0	7140378,9	72,7	199
TN26	438836,5	7141140,3	67,9	199
TN27	438366,9	7141688,8	65,2	199
TN28	441693,4	7138753,5	68,9	199
TN29	441147,6	7139581,9	66,7	199
TN30	440473,6	7140187,7	66,0	199
TN31	440025,7	7140760,4	67,0	199
TN32	439703,6	7141504,1	65,5	199
TN33	439223,9	7142168,3	64,7	199
TN34	438800,0	7142753,0	63,2	199
TN35	441281,0	7140438,0	67,0	199
TN36	441008,3	7141346,8	67,2	199
TN37	440547,0	7141935,4	66,6	199
TN38	440204,0	7142611,0	65,4	199
TN39	439866,1	7143308,7	65,0	199
TN41	438074,6	7137985,3	83,0	199
TN42	439460,2	7137041,5	81,0	199

Reseptoripisteiden R1-R12 koordinaatit

id	E	N	maaston korkeus
R1	436966,0	7145883,0	59,8
R2	439887,0	7145797,0	62,7
R3	442051,0	7143417,0	65,1
R4	443433,0	7140397,0	67,9
R5	437121,0	7135280,0	95,8
R6	432854,0	7134769,0	95,5
R7	430633,0	7130564,0	103,3
R8	429153,0	7131808,0	107,8
R9	427507,0	7136910,0	92,8
R10	428313,0	7138849,0	89,9
R11	429764,0	7141412,0	87,2
R12	435165,0	7140909,0	76,9

Liite 2. Melumallinnusten tulokartat

Keskiäänitasot LAeq Leuvannevan vaihtoehdolla VE1

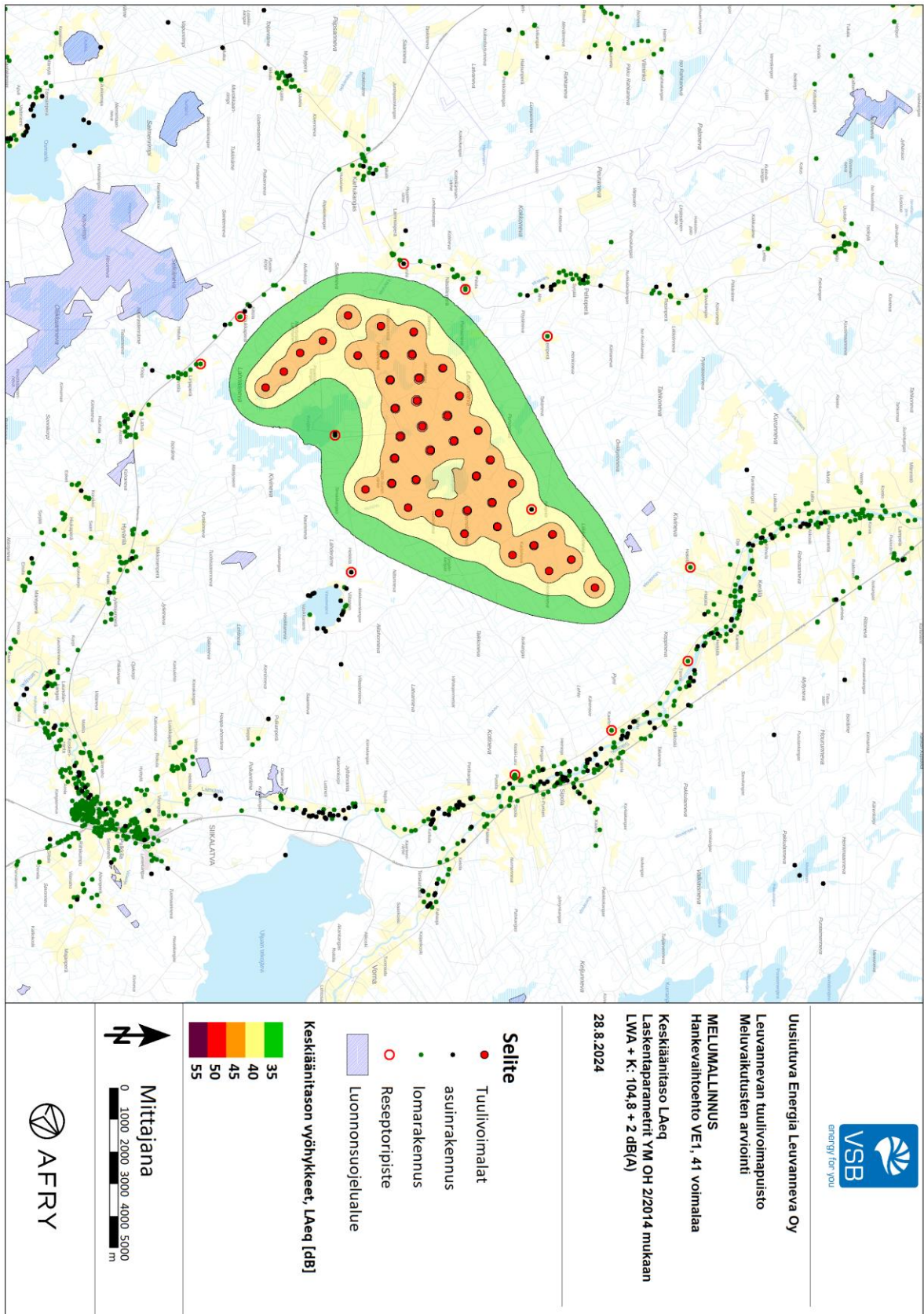
Keskiäänitasot LAeq Leuvannevan vaihtoehdolla VE2

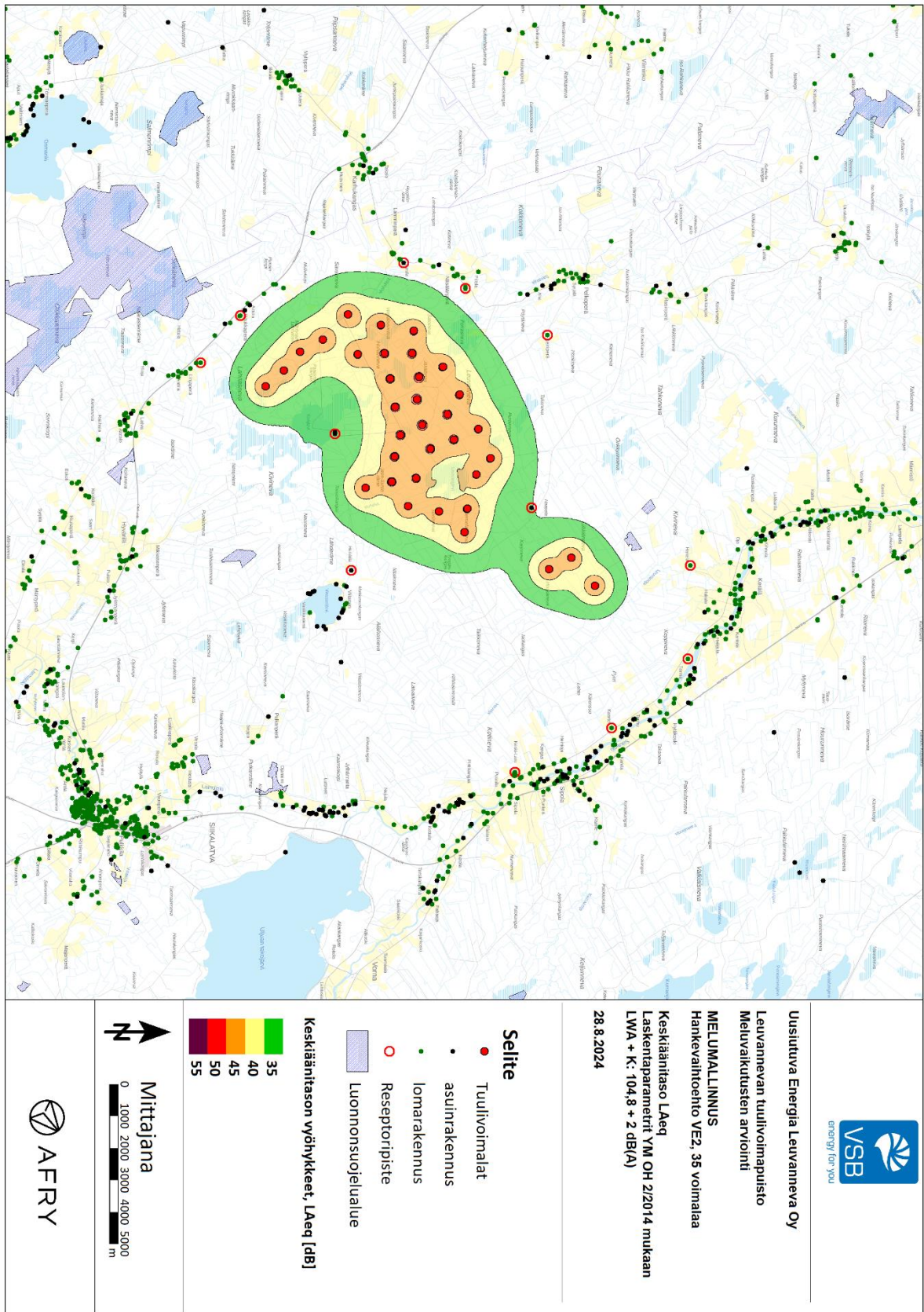
Keskiäänitasot LAeq Leuvannevan vaihtoehdolla VE3

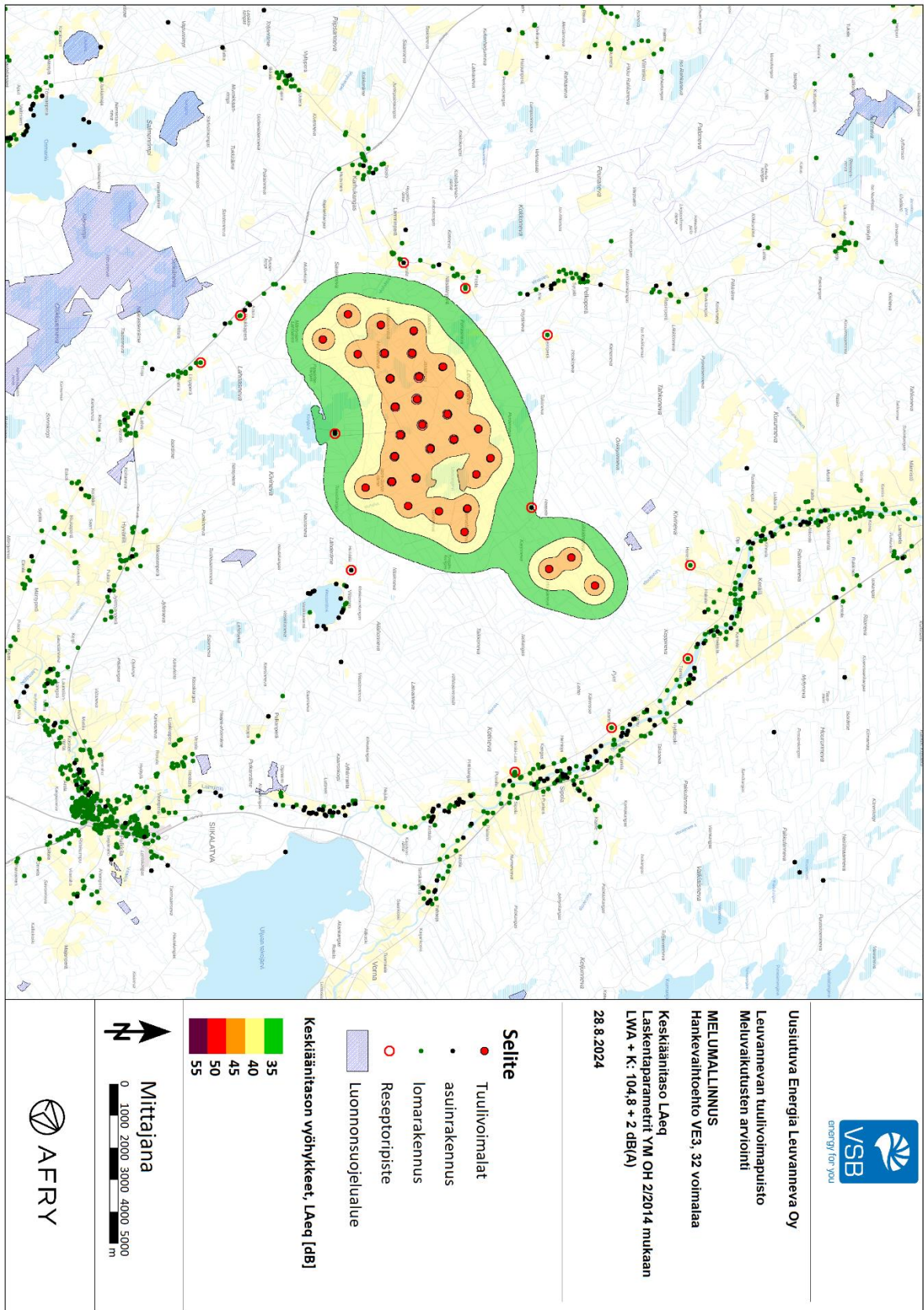
Melun yhteisvaikutukset LAeq Leuvannevan vaihtoehdolla VE1

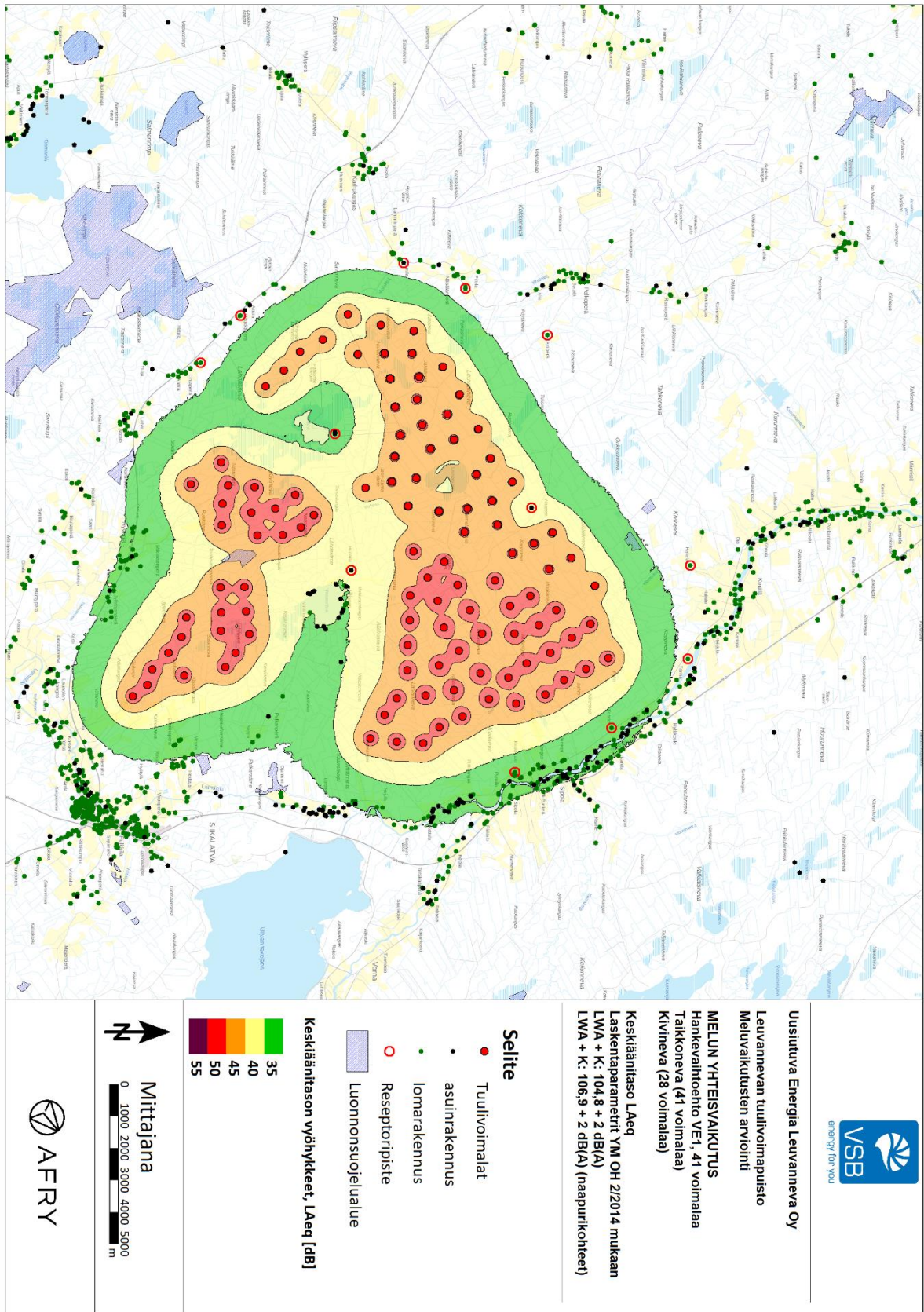
Melun yhteisvaikutukset LAeq Leuvannevan vaihtoehdolla VE2

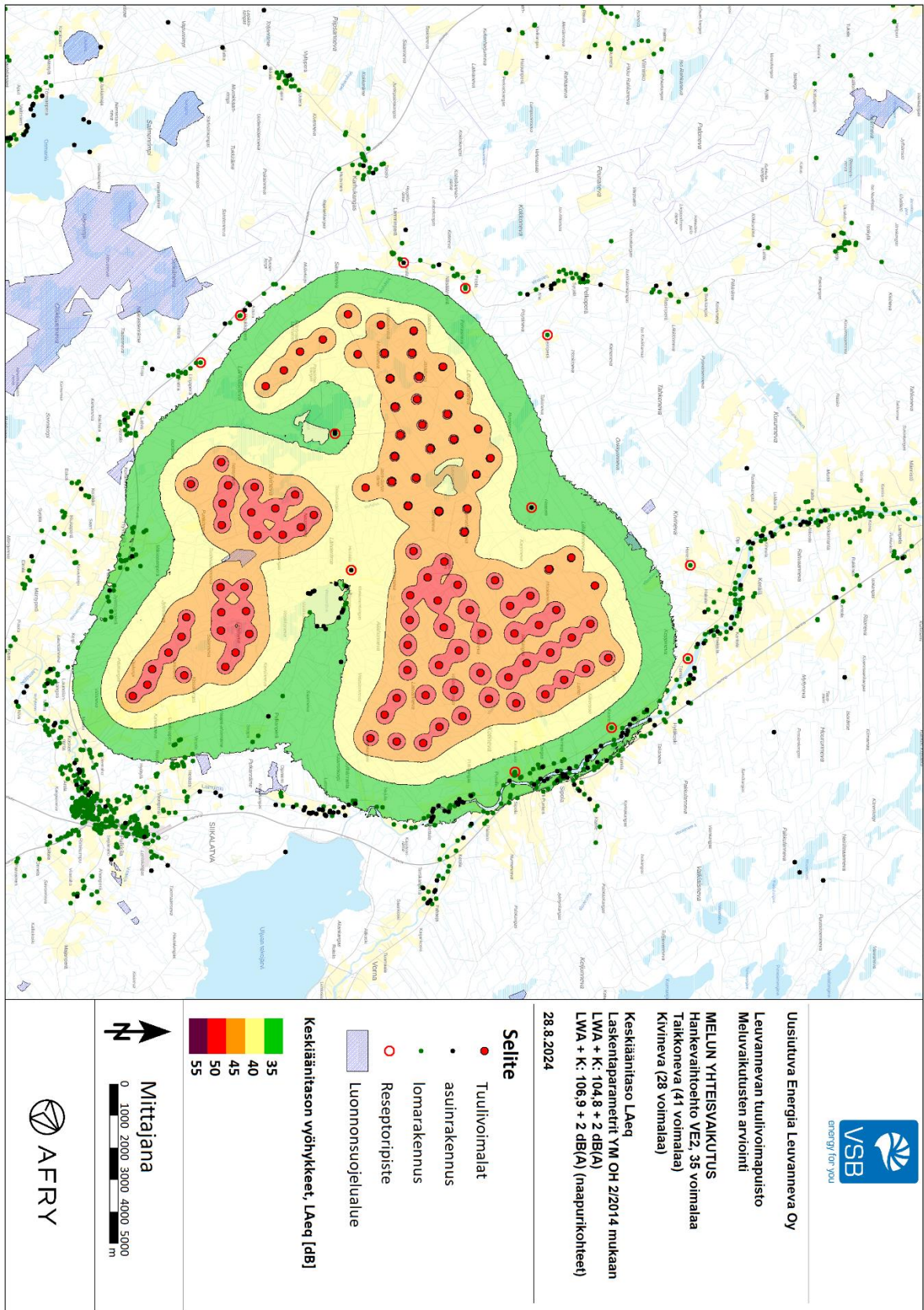
Melun yhteisvaikutukset LAeq Leuvannevan vaihtoehdolla VE3

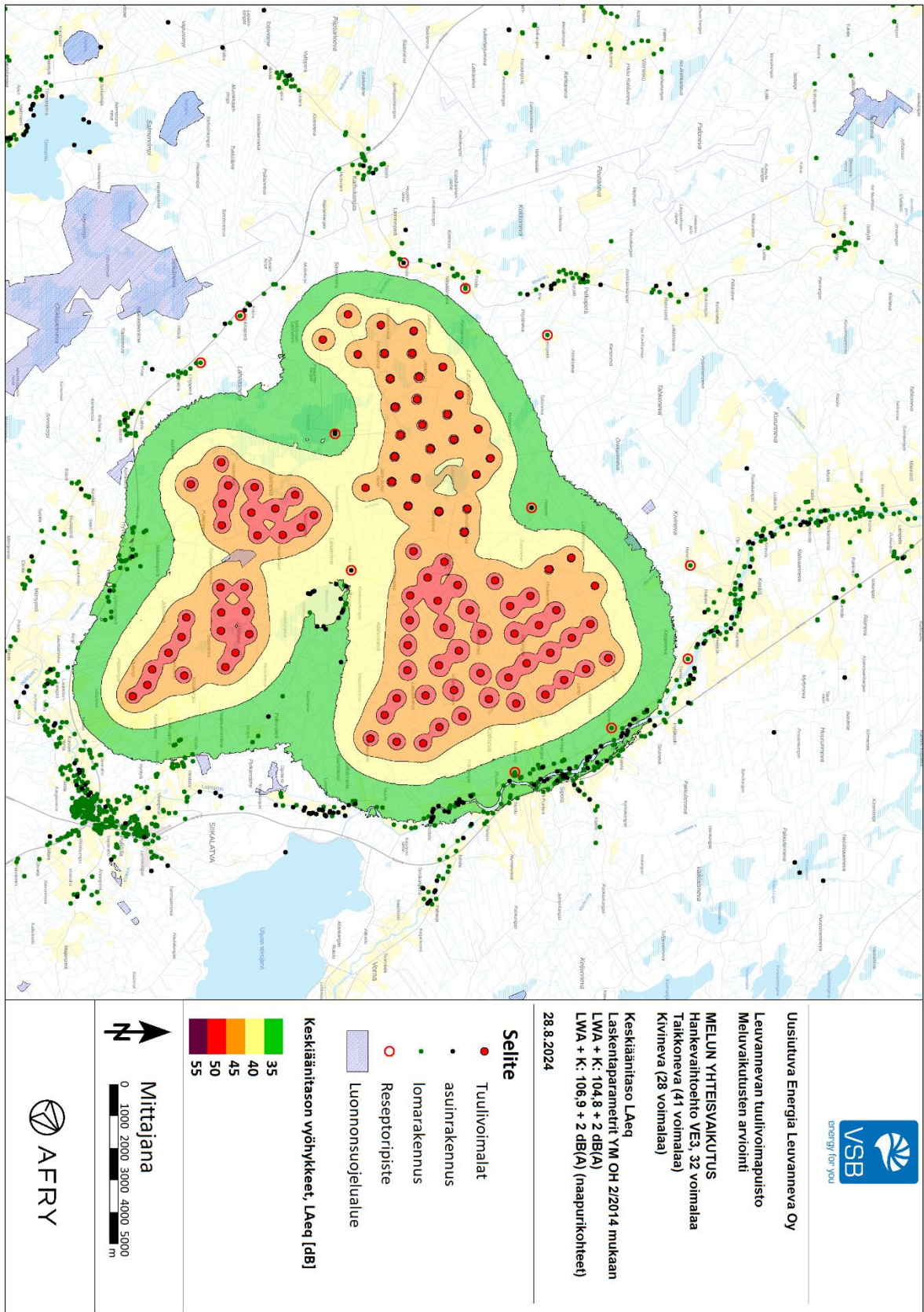












Liite 3. Leuvannevan hankevaihtoehtojen pienitaajuisten melun numeeriset tulokset

Hankevaihtoehto VE1, melulaskennan tulokset ulkona [dB]

	Taajuus [Hz]										
Reseptori	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	45,1	43,5	42,3	41,4	40,1	38,9	37,3	35,3	32,7	29,4	27,6
R2	43,6	41,9	40,7	39,8	38,5	37,2	35,5	33,4	30,7	27,2	25,2
R3	43,2	41,5	40,3	39,4	38,1	36,8	35,1	32,9	30,1	26,5	24,4
R4	42,5	40,8	39,6	38,6	37,3	36,0	34,2	32,0	29,0	25,2	22,9
R5	48,5	46,9	45,8	44,9	43,7	42,5	41,0	39,2	36,8	33,7	32,1
R6	52,1	50,5	49,4	48,5	47,3	46,2	44,8	43,2	40,9	38,1	36,8
R7	46,9	45,3	44,1	43,2	42,0	40,8	39,3	37,5	35,0	31,9	30,4
R8	48,1	46,6	45,4	44,5	43,3	42,2	40,7	38,9	36,6	33,6	32,2
R9	49,3	47,8	46,6	45,7	44,6	43,4	42,0	40,2	37,9	35,0	33,5
R10	49,3	47,8	46,6	45,7	44,6	43,4	42,0	40,2	37,8	34,9	33,4
R11	47,9	46,3	45,1	44,2	43,0	41,8	40,3	38,5	36,0	32,8	31,2
R12	54,8	53,2	52,1	51,3	50,1	49,0	47,7	46,2	44,0	41,4	40,3

Hankevaihtoehto VE1, melulaskennan tulokset sisällä äänitasoeron jälkeen [dB]

	Taajuus [Hz]										
Reseptori	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	37,5	35,2	33,1	31,1	28,6	25,9	22,5	18,5	13,9	8,4	4,8
R2	36,0	33,6	31,5	29,5	27,0	24,2	20,7	16,6	11,9	6,2	2,4
R3	35,6	33,2	31,1	29,1	26,6	23,8	20,3	16,1	11,3	5,5	1,6
R4	34,9	32,5	30,4	28,3	25,8	23,0	19,4	15,2	10,2	4,2	0,1
R5	42,5	40,9	38,8	37,9	35,7	33,5	31,0	28,2	24,8	20,7	18,1
R6	46,1	44,5	42,4	41,5	39,3	37,2	34,8	32,2	28,9	25,1	22,8
R7	39,3	37,0	34,9	32,9	30,5	27,8	24,5	20,7	16,2	10,9	7,6
R8	40,5	38,3	36,2	34,2	31,8	29,2	25,9	22,1	17,8	12,6	9,4
R9	43,3	41,8	39,6	38,7	36,6	34,4	32,0	29,2	25,9	22,0	19,5
R10	41,7	39,5	37,4	35,4	33,1	30,4	27,2	23,4	19,0	13,9	10,6
R11	40,3	38,0	35,9	33,9	31,5	28,8	25,5	21,7	17,2	11,8	8,4
R12	48,8	47,2	45,1	44,3	42,1	40,0	37,7	35,2	32,0	28,4	26,3

Hankevaihtoehto VE2, melulaskennan tulokset ulkona [dB]

	Taajuus [Hz]										
Reseptori	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	43,8	42,2	41,0	40,1	38,8	37,5	35,9	33,9	31,3	28,0	26,1
R2	42,3	40,7	39,5	38,5	37,3	35,9	34,2	32,1	29,3	25,8	23,8
R3	41,9	40,3	39,1	38,1	36,8	35,5	33,7	31,6	28,7	25,0	22,9
R4	41,3	39,6	38,4	37,4	36,1	34,7	33,0	30,7	27,6	23,8	21,3
R5	47,9	46,3	45,2	44,3	43,1	41,9	40,5	38,7	36,2	33,2	31,7
R6	51,9	50,3	49,2	48,3	47,2	46,1	44,7	43,0	40,8	38,0	36,7
R7	46,7	45,1	43,9	43,0	41,8	40,6	39,2	37,3	34,9	31,8	30,3
R8	48,0	46,4	45,3	44,4	43,2	42,0	40,6	38,8	36,5	33,5	32,1
R9	49,2	47,6	46,5	45,6	44,4	43,3	41,8	40,1	37,8	34,9	33,5
R10	49,1	47,5	46,4	45,5	44,3	43,2	41,8	40,0	37,7	34,7	33,3
R11	47,3	45,7	44,6	43,7	42,5	41,3	39,8	38,0	35,5	32,3	30,7
R12	50,6	49,1	47,9	47,1	45,9	44,8	43,4	41,7	39,5	36,7	35,4

Hankevaihtoehto VE2, melulaskennan tulokset sisällä äänitasoeron jälkeen [dB]

	Taajuus [Hz]										
Reseptori	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	36,2	33,9	31,8	29,8	27,3	24,5	21,1	17,1	12,5	7,0	3,3
R2	34,7	32,4	30,3	28,2	25,8	22,9	19,4	15,3	10,5	4,8	1,0
R3	34,3	32,0	29,9	27,8	25,3	22,5	18,9	14,8	9,9	4,0	0,1
R4	33,7	31,3	29,2	27,1	24,6	21,7	18,2	13,9	8,8	2,8	-1,5
R5	41,9	40,3	38,2	37,3	35,1	32,9	30,5	27,7	24,2	20,2	17,7
R6	45,9	44,3	42,2	41,3	39,2	37,1	34,7	32,0	28,8	25,0	22,7
R7	39,1	36,8	34,7	32,7	30,3	27,6	24,4	20,5	16,1	10,8	7,5
R8	40,4	38,1	36,1	34,1	31,7	29,0	25,8	22,0	17,7	12,5	9,3
R9	43,2	41,6	39,5	38,6	36,4	34,3	31,8	29,1	25,8	21,9	19,5
R10	41,5	39,2	37,2	35,2	32,8	30,2	27,0	23,2	18,9	13,7	10,5
R11	39,7	37,4	35,4	33,4	31,0	28,3	25,0	21,2	16,7	11,3	7,9
R12	44,6	43,1	40,9	40,1	37,9	35,8	33,4	30,7	27,5	23,7	21,4

Hankevaihtoehto VE3, melulaskennan tulokset ulkona [dB]

	Taajuus [Hz]										
Reseptori	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	43,7	42,1	40,9	39,9	38,7	37,4	35,8	33,9	31,2	27,9	26,1
R2	42,2	40,5	39,4	38,4	37,1	35,8	34,1	32,0	29,3	25,8	23,8
R3	41,8	40,1	38,9	38,0	36,7	35,3	33,6	31,5	28,6	25,0	22,8
R4	41,1	39,5	38,3	37,3	36,0	34,6	32,8	30,5	27,5	23,7	21,3
R5	47,7	46,1	45,0	44,1	42,9	41,7	40,3	38,5	36,1	33,1	31,5
R6	51,4	49,8	48,7	47,8	46,6	45,5	44,2	42,5	40,3	37,5	36,2
R7	44,4	42,7	41,6	40,6	39,4	38,1	36,6	34,6	31,9	28,5	26,6
R8	45,8	44,2	43,1	42,2	41,0	39,7	38,2	36,3	33,8	30,7	29,0
R9	48,9	47,3	46,2	45,3	44,1	43,0	41,6	39,8	37,5	34,6	33,2
R10	48,9	47,4	46,2	45,3	44,2	43,0	41,6	39,9	37,5	34,6	33,2
R11	47,2	45,6	44,5	43,6	42,4	41,2	39,7	37,8	35,4	32,3	30,6
R12	50,6	49,0	47,9	47,0	45,9	44,7	43,4	41,7	39,4	36,6	35,3

Hankevaihtoehto VE3, melulaskennan tulokset sisällä äänitasoeron jälkeen [dB]

	Taajuus [Hz]										
Reseptori	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	36,1	33,8	31,7	29,6	27,2	24,4	21,0	17,1	12,4	6,9	3,3
R2	34,6	32,2	30,2	28,1	25,6	22,8	19,3	15,2	10,5	4,8	1,0
R3	34,2	31,8	29,7	27,7	25,2	22,3	18,8	14,7	9,8	4,0	0,0
R4	33,5	31,2	29,1	27,0	24,5	21,6	18,0	13,7	8,7	2,7	-1,5
R5	41,7	40,1	38,0	37,1	34,9	32,7	30,3	27,5	24,1	20,1	17,5
R6	45,4	43,8	41,7	40,8	38,6	36,5	34,2	31,5	28,3	24,5	22,2
R7	36,8	34,4	32,4	30,3	27,9	25,1	21,8	17,8	13,1	7,5	3,8
R8	38,2	35,9	33,9	31,9	29,5	26,7	23,4	19,5	15,0	9,7	6,2
R9	42,9	41,3	39,2	38,3	36,1	34,0	31,6	28,8	25,5	21,6	19,2
R10	41,3	39,1	37,0	35,0	32,7	30,0	26,8	23,1	18,7	13,6	10,4
R11	39,6	37,3	35,3	33,3	30,9	28,2	24,9	21,0	16,6	11,3	7,8
R12	44,6	43,0	40,9	40,0	37,9	35,7	33,4	30,7	27,4	23,6	21,3

Melun yhteisvaikutukset tapauksessa VE1, melulaskennan tulokset ulkona [dB]

	Taajuus [Hz]										
Reseptori	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	50,7	49,5	48,7	48,3	47,5	46,5	44,8	42,8	39,8	35,8	33,3
R2	51,2	50,2	49,4	49,0	48,3	47,4	45,7	43,8	40,9	37,0	34,5
R3	53,4	52,4	51,7	51,4	50,8	49,9	48,3	46,6	43,8	40,1	37,7
R4	53,8	52,9	52,2	51,9	51,3	50,4	48,8	47,0	44,3	40,5	38,2
R5	56,1	55,1	54,4	54,1	53,4	52,5	51,0	49,3	46,6	43,0	40,8
R6	55,1	53,9	53,0	52,5	51,6	50,7	49,2	47,4	44,8	41,4	39,5
R7	51,2	50,0	49,2	48,7	47,9	46,8	45,2	43,2	40,3	36,5	34,2
R8	50,9	49,6	48,7	48,1	47,2	46,1	44,5	42,5	39,6	36,0	33,9
R9	51,0	49,6	48,6	47,9	46,9	45,7	44,1	42,1	39,4	35,9	34,2
R10	51,1	49,7	48,7	48,0	47,0	45,9	44,2	42,2	39,4	36,0	34,1
R11	50,3	49,0	48,0	47,4	46,4	45,3	43,5	41,4	38,5	34,7	32,5
R12	56,8	55,5	54,5	53,9	53,1	52,1	50,6	48,9	46,5	43,4	41,8

Melun yhteisvaikutukset tapauksessa VE1, tulokset sisällä äänitasoeron jälkeen [dB]

	Taajuus [Hz]										
Reseptori	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	43,1	41,2	39,5	38,0	36,0	33,5	30,0	26,0	21,0	14,8	10,5
R2	43,6	41,9	40,2	38,7	36,8	34,4	30,9	27,0	22,1	16,0	11,7
R3	45,8	44,1	42,5	41,1	39,3	36,9	33,5	29,8	25,0	19,1	14,9
R4	46,2	44,6	43,0	41,6	39,8	37,4	34,0	30,2	25,5	19,5	15,4
R5	50,1	49,1	47,4	47,1	45,4	43,5	41,0	38,3	34,6	30,0	26,8
R6	49,1	47,9	46,0	45,5	43,6	41,7	39,2	36,4	32,8	28,4	25,5
R7	43,6	41,7	40,0	38,4	36,4	33,8	30,4	26,4	21,5	15,5	11,4
R8	43,3	41,3	39,5	37,8	35,7	33,1	29,7	25,7	20,8	15,0	11,1
R9	45,0	43,6	41,6	40,9	38,9	36,7	34,1	31,1	27,4	22,9	20,2
R10	43,5	41,4	39,5	37,7	35,5	32,9	29,4	25,4	20,6	15,0	11,3
R11	42,7	40,7	38,8	37,1	34,9	32,3	28,7	24,6	19,7	13,7	9,7
R12	50,8	49,5	47,5	46,9	45,1	43,1	40,6	37,9	34,5	30,4	27,8

Melun yhteisvaikutukset tapauksessa VE2, melulaskennan tulokset ulkona [dB]

	Taajuus [Hz]										
Reseptori	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	50,3	49,2	48,5	48,0	47,3	46,3	44,6	42,6	39,6	35,5	32,9
R2	51,0	50,0	49,3	48,9	48,2	47,3	45,6	43,7	40,8	36,8	34,3
R3	53,3	52,3	51,7	51,3	50,7	49,8	48,3	46,5	43,7	40,0	37,7
R4	53,7	52,8	52,1	51,8	51,2	50,3	48,8	47,0	44,2	40,5	38,1
R5	56,0	55,1	54,3	54,0	53,4	52,5	51,0	49,3	46,6	42,9	40,7
R6	55,0	53,8	52,9	52,4	51,6	50,6	49,1	47,3	44,7	41,3	39,4
R7	51,1	49,9	49,1	48,6	47,8	46,8	45,1	43,2	40,3	36,5	34,2
R8	50,8	49,6	48,7	48,1	47,2	46,1	44,4	42,4	39,6	35,9	33,9
R9	50,9	49,5	48,5	47,8	46,8	45,7	44,0	42,0	39,3	35,9	34,1
R10	50,9	49,5	48,6	47,9	46,9	45,7	44,1	42,1	39,3	35,8	34,0
R11	50,0	48,7	47,8	47,1	46,2	45,0	43,3	41,2	38,2	34,4	32,1
R12	54,6	53,5	52,7	52,2	51,4	50,5	48,9	47,1	44,5	41,0	38,9

Melun yhteisvaikutukset tapauksessa VE2, tulokset sisällä äänitasoeron jälkeen [dB]

	Taajuus [Hz]										
Reseptori	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	42,7	40,9	39,3	37,7	35,8	33,3	29,8	25,8	20,8	14,5	10,1
R2	43,4	41,7	40,1	38,6	36,7	34,3	30,8	26,9	22,0	15,8	11,5
R3	45,7	44,0	42,5	41,0	39,2	36,8	33,5	29,7	24,9	19,0	14,9
R4	46,1	44,5	42,9	41,5	39,7	37,3	34,0	30,2	25,4	19,5	15,3
R5	50,0	49,1	47,3	47,0	45,4	43,5	41,0	38,3	34,6	29,9	26,7
R6	49,0	47,8	45,9	45,4	43,6	41,6	39,1	36,3	32,7	28,3	25,4
R7	43,5	41,6	39,9	38,3	36,3	33,8	30,3	26,4	21,5	15,5	11,4
R8	43,2	41,3	39,5	37,8	35,7	33,1	29,6	25,6	20,8	14,9	11,1
R9	44,9	43,5	41,5	40,8	38,8	36,7	34,0	31,0	27,3	22,9	20,1
R10	43,3	41,2	39,4	37,6	35,4	32,7	29,3	25,3	20,5	14,8	11,2
R11	42,4	40,4	38,6	36,8	34,7	32,0	28,5	24,4	19,4	13,4	9,3
R12	48,6	47,5	45,7	45,2	43,4	41,5	38,9	36,1	32,5	28,0	24,9

Melun yhteisvaikutukset tapauksessa VE3, melulaskennan tulokset ulkona [dB]

	Taajuus [Hz]										
Reseptori	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	50,3	49,2	48,5	48,0	47,3	46,3	44,6	42,6	39,6	35,5	32,9
R2	51,0	50,0	49,3	48,9	48,2	47,3	45,6	43,7	40,8	36,8	34,3
R3	53,3	52,3	51,7	51,3	50,7	49,8	48,3	46,5	43,7	40,0	37,7
R4	53,7	52,8	52,1	51,8	51,2	50,3	48,8	47,0	44,2	40,5	38,1
R5	56,0	55,0	54,3	54,0	53,4	52,5	51,0	49,2	46,6	42,9	40,7
R6	54,7	53,6	52,7	52,2	51,4	50,4	48,9	47,1	44,5	41,1	39,1
R7	50,4	49,3	48,5	48,1	47,3	46,3	44,6	42,6	39,6	35,6	33,0
R8	49,9	48,6	47,8	47,2	46,4	45,3	43,6	41,5	38,5	34,5	32,1
R9	50,7	49,3	48,3	47,6	46,7	45,5	43,9	41,9	39,1	35,7	33,9
R10	50,8	49,4	48,5	47,8	46,8	45,6	44,0	42,0	39,2	35,7	33,9
R11	49,9	48,6	47,7	47,1	46,1	45,0	43,2	41,1	38,1	34,3	32,1
R12	54,6	53,5	52,6	52,2	51,4	50,4	48,9	47,1	44,4	40,9	38,9

Melun yhteisvaikutukset tapauksessa VE3, tulokset sisällä äänitasoeron jälkeen [dB]

	Taajuus [Hz]										
Reseptori	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	42,7	40,9	39,3	37,7	35,8	33,3	29,8	25,8	20,8	14,5	10,1
R2	43,4	41,7	40,1	38,6	36,7	34,3	30,8	26,9	22,0	15,8	11,5
R3	45,7	44,0	42,5	41,0	39,2	36,8	33,5	29,7	24,9	19,0	14,9
R4	46,1	44,5	42,9	41,5	39,7	37,3	34,0	30,2	25,4	19,5	15,3
R5	50,0	49,0	47,3	47,0	45,4	43,5	41,0	38,2	34,6	29,9	26,7
R6	48,7	47,6	45,7	45,2	43,4	41,4	38,9	36,1	32,5	28,1	25,1
R7	42,8	41,0	39,3	37,8	35,8	33,3	29,8	25,8	20,8	14,6	10,2
R8	42,3	40,3	38,6	36,9	34,9	32,3	28,8	24,7	19,7	13,5	9,3
R9	44,7	43,3	41,3	40,6	38,7	36,5	33,9	30,9	27,1	22,7	19,9
R10	43,2	41,1	39,3	37,5	35,3	32,6	29,2	25,2	20,4	14,7	11,1
R11	42,3	40,3	38,5	36,8	34,6	32,0	28,4	24,3	19,3	13,3	9,3
R12	48,6	47,5	45,6	45,2	43,4	41,4	38,9	36,1	32,4	27,9	24,9

Liite 4. Laskennan parametrit ja laskentatulokset

RAPORTIN JA RAPORTOIJAN TIEDOT										
Mallinnusraportin numero/tunniste: 101017144-006-Melumallinnus Erkki Heikkola, AFRY Finland Oy										
MALLINNUSOHJELMAN TIEDOT										
Mallinnusohjelma: SoundPlan v.9.0					Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2					
TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN TIEDOT)										
Tuulivoimalan valmistaja ja malli: Vestas V162 6,2 MW Vestas V172 7,2 MW (naapurit)					Nimellisteho: 6,2 MW 7,2 MW					
Roottorin halkaisija: 162 m ja 172 m					Napakorkeus: 200 m Kivineva ja Taikkoneva: 199 m					
Lukumäärä: 41, 35 ja 32 kpl Yhteismallinnus 110, 104 ja 101 kpl					Siipityyppi: Normaali					
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön (alentavasti) käytön aikana: Kyllä, noin 0 dB...-8 dB										
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT										
Melupäästötiedot (LWA): 104,8 dB 106,9 dB (Kivineva ja Taikkoneva)					Varmuusarvo K: +2,0 dB					
Melun erityispiirteet										
Kapeakaistaisuus: Ei			Impulssimaisuus: Ei			Korkeuserokorjaus: Ei				
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT										
Laskentakorkeus: 4 m			Suhteellinen kosteus: 70 %			Lämpötila: 15 °C				
Tuulensuunta: Myötätuuli joka suuntaan										
Maastomallin lähde: MML, 05/2024					Maanpinnan pystyresoluutio: 0.5 m / laserkeilausaineisto					
Maan- ja vedenpinnan absorption ja heijastuksen huomioiminen, käytetyt kertoimet										
Vesialueet:			Maa-alueet:			Muut alueet (mitkä?)				
0			0,4			Laajat kallioalueet: 0				
PIENITAAJUISEN MELULASKENNAN ÄÄNIERISTYSARVOT										
Julkisivurakenteen tuottaman äänitasoeron vähimmäisarvon estimaatti loma-asuinrakennuksille DL90% (ylempi taulukko) ja DL84% asuinrakennuksille (alempi taulukko) 1/3 Oktaaveittain [Hz], 20-200Hz [dB]										
Taajuus [Hz]										
20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
6	6	7	7	8	9	10	11	12	13	14
7,6	8,3	9,2	10,3	11,5	13,0	14,8	16,8	18,8	21,0	22,8

LASKENTATULOKSET	
Laskentavaihtoehdot 3+3 kpl	
Laskentakartat: 3+3 kpl	Laskentavyöhykkeet [dB]: 5 kpl: 35 dB, 40dB, 45dB, 50dB ja 55dB
Pientaajuisen melun laskentataulukot: 3+3 kpl	Reseptoripisteet: 12 kpl, R1-R12
Melulle altistuvat asuin- tai loma-asuinkohteet, lkm (ilman meluntorjuntaa/voimalan ohjausta)	
Yli 40 dB(A):n vyöhykkeellä: 1-2 kpl	Yli 45 dB(A):n vyöhykkeellä: 0 kpl
Pientaajuisen melun tulokset: Toimenpiderajat ylittyvät vaihtoehdolla VE1 yhden asunnon kohdalla ja yhteisvaikutusten tapauksessa kahden asunnon	