

Tuulivoimahankkeen meluselvitys

II, OLLINKORPI

MIKA LAITINEN

09.11.2020

Raportin nimi ja tunnus

Tuulivoimahankkeen meluselvitys: li, Ollinkorpi
TV-2020-497-1, 09.11.2020

Asiakas

Noora Jaakamo
Ilmatar li Oy

Raportin tekijät

Mika Laitinen, Numerola Oy
mika.laitinen@numerola.fi

Asiatarkastus

Erkki Heikkola

Tiivistelmä

Raportti sisältää arvion lin kunnan alueella sijaitsevan Ollinkorven tuulipuiston aiheuttamista meluvaikutuksista. Arviointi tehdään laskennallisten menetelmien avulla layout-suunnitelmille VE1, VE2 ja VE3. Mallinnuksen lähtötietoina käytetään turbiinityypin SG 6.0-170 teknisiä tietoja. Mallinnuksessa ja raportoinnissa noudatetaan ympäristöministeriön julkaisemaa mallinnusohjeistusta. Tulosten arvioinnissa käytetään valtioneuvoston, sosiaali- ja terveysministeriön sekä ympäristöhallinnon esittämiä ohjearvoja tuulivoimarakentamisen suunnitteluun.

Aineistojen käyttöoikeudet

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

Versiohistoria

Revisio	Päiväys	Muutokset	Muutoksen tekijä
00	26.05.2020		Mika Laitinen
01	09.11.2020	Lisätty layout-suunnitelma VE3	Mika Laitinen

Tulosten käyttö- ja jakeluoikeudet

Tämä raportti on luottamuksellinen ja laadittu yksinomaan raportissa mainitun vastaanottajan käyttöön.

Asiakas voi kuitenkin käyttää tämän selvityksen tuloksia lähtötietoina raportissa mainitun kohteen tuulivoimaan liittyvissä jatkoselvityksissä ja suunnittelutyössä (ympäristöselvitykset, kaavoitus jne.) sekä hankkeiden toimijoiden valinnassa. Tulosten jakelu selvitysten osapuolille (esim. hankekehittäjä, kaavoittaja, viranomaiset) on myös sallittu luottamuksellisena, mutta tieto jakelusta on toimitettava Numerola Oy:lle.

Muutoin aineiston esittely ja jakaminen edellyttävät Numerolan lupaa.

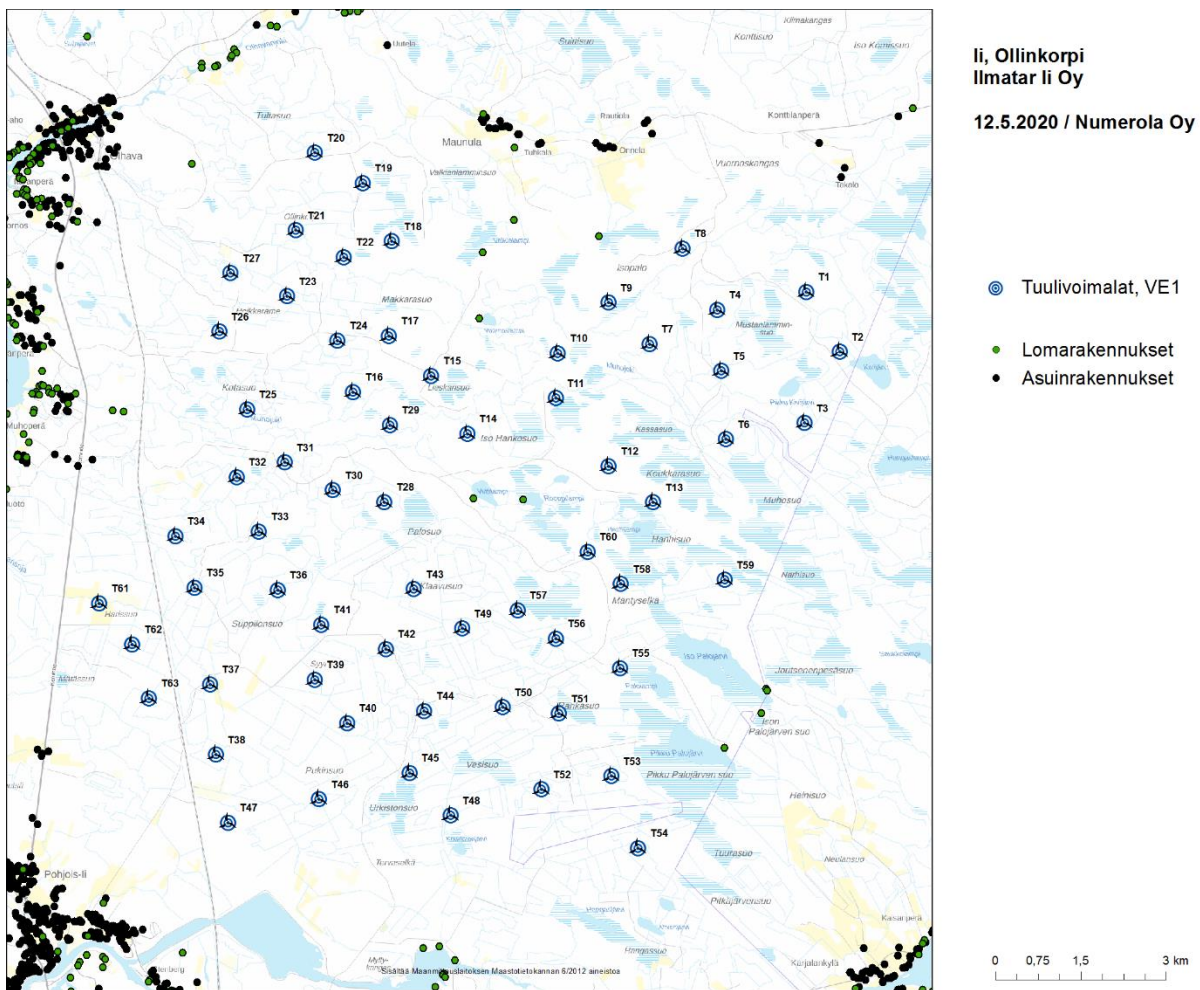
Sisällysluettelo

1	Johdanto	4
2	Tuulivoimaloiden melu	10
2.1	Melumallinnusohjeistus	10
2.2	Ohjeavot.....	11
3	Tuulivoimakohteen melumallinnus	12
3.1	Keskiäänitasojen LAeq mallinnus	12
3.2	Matalataajuisen melun mallinnus	16
4	Yhteenveto	21
5	Viitteet	22
6	Melumallinnuksen tiedot	23

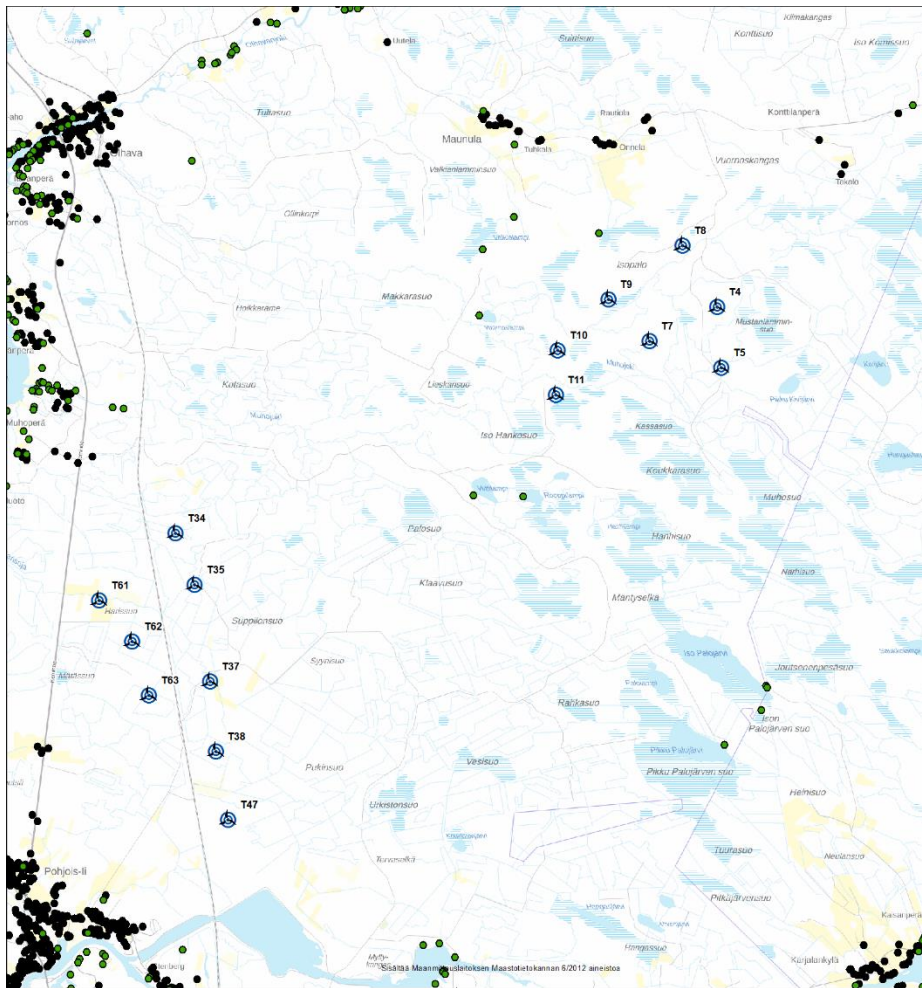
1 Johdanto

Selvityksessä arvioidaan lin kunnan alueelle suunnitellun Ollinkorven tuulivoimakohteen aiheuttamaa meluvaikutusta laskennallisten mallien avulla. Arviointi tehdään layout-suunnitelmille VE1 (63 voimalaa), VE2 (15 voimalaa) ja VE3 (42 voimalaa). Layout-suunnitelmat on esitetty karttapohjalla kuvissa (Kuva 1–Kuva 3) ja koordinaatit annettu taulukoissa (Taulukko 1–Taulukko 3).

Analyysit perustuvat turbiinityypin SG 6.0-170 teknisiin tietoihin, jolle on käytetty napakorkeutta 175 m ja äänitehotasoa 108,0 dB(A) (valmistajan ilmoittama maksimiäänitehotaso 106 dB(A) + varmuusarvo 2 dB). Käytetty lähtömelutaso on ympäristöministeriön mallinusohejeistuksen mukainen melupäästön tunnusarvo [8].



Kuva 1: Ollinkorven tuulipuiston voimalat, layout-suunnitelma VE1.



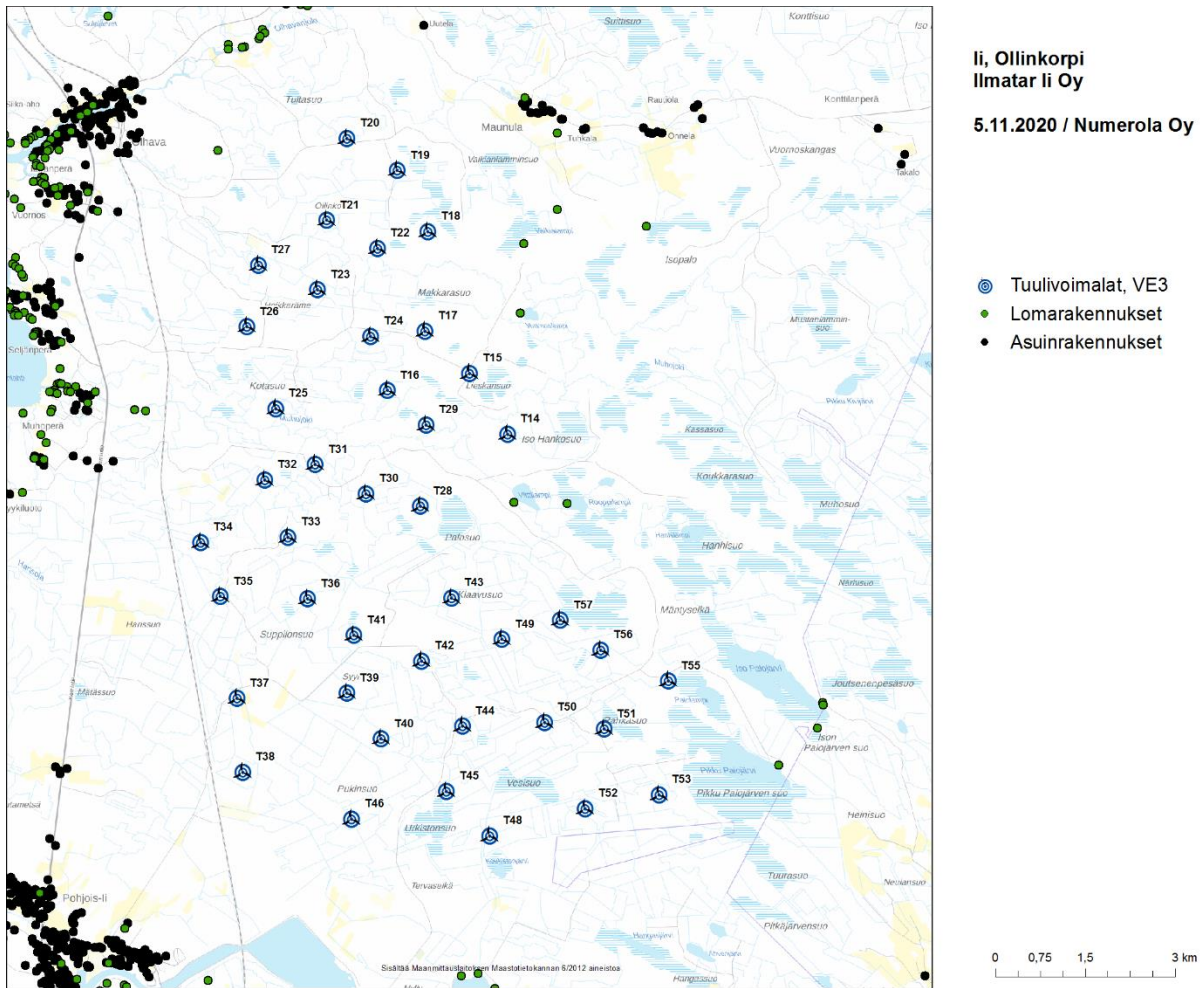
**li, Ollinkorpi
Ilmatar li Oy**

12.5.2020 / Numerola Oy

- ⊙ Tuulivoimat, VE2
- Lomarakennukset
- Asuinrakennukset



Kuva 2: Ollinkorven tuulipuiston voimat, layout-suunnitelma VE2.



Kuva 3: Ollinkorven tuulipuiston voimalat, layout-suunnitelma VE3.

Taulukko 1: Ollinkorven layout-suunnitelma VE1: voimaloiden sijaintikoordinaatit (ETRS-TM35FIN) ja maaston korkeudet turbiinipaikoilla.

Turbiinit	E	N	Korkeus [m]
T1	437789,1	7258386,9	80,9
T2	438374,4	7257335,5	75,4
T3	437754,1	7256088,6	61,5
T4	436217,4	7258076,2	72,2
T5	436293,6	7257003,1	59,8
T6	436369,8	7255802,9	55,5
T7	435030,0	7257473,0	56,6
T8	435607,8	7259149,4	61,4
T9	434306,1	7258203,2	50,5
T10	433420,0	7257315,0	49,2
T11	433380,0	7256525,0	49,7
T12	434313,0	7255331,0	59,7

T13	435097,2	7254692,7	62,3
T14	431827,0	7255900,0	43,2
T15	431194,2	7256915,4	41,8
T16	429818,1	7256631,1	29,6
T17	430450,0	7257620,0	35,1
T18	430500,0	7259280,0	29,6
T19	429986,4	7260300,9	24,8
T20	429147,4	7260835,1	23,4
T21	428806,2	7259470,8	16,2
T22	429655,5	7258998,5	18,4
T23	428655,4	7258311,9	17,5
T24	429544,4	7257534,1	24,7
T25	427952,9	7256327,6	17,7
T26	427468,7	7257692,8	18,8
T27	427663,2	7258720,7	14,8
T28	430370,0	7254700,0	35,8
T29	430465,4	7256054,5	30,1
T30	429465,0	7254906,8	26,7
T31	428615,7	7255394,9	23,0
T32	427770,3	7255136,9	13,4
T33	428163,2	7254180,5	20,7
T34	426697,4	7254098,1	13,0
T35	427030,7	7253193,2	15,4
T36	428491,3	7253153,6	18,9
T37	427304,6	7251494,6	15,6
T38	427403,8	7250264,3	16,6
T39	429142,1	7251578,0	19,2
T40	429713,6	7250816,0	20,7
T41	429261,2	7252546,3	20,0
T42	430392,3	7252117,7	31,5
T43	430888,4	7253169,4	30,4
T44	431070,9	7251030,3	32,9
T45	430809,0	7249942,8	29,7
T46	429221,1	7249481,7	24,3
T47	427622,1	7249065,7	23,2
T48	431531,3	7249196,7	30,6
T49	431733,7	7252478,9	31,7
T50	432445,4	7251094,4	38,0
T51	433440,3	7250982,6	45,4
T52	433126,8	7249653,1	37,7
T53	434357,1	7249887,3	46,9
T54	434829,4	7248621,2	47,1
T55	434510,0	7251782,7	50,9
T56	433380,8	7252300,3	42,9

T57	432709,6	7252798,3	43,3
T58	434526,3	7253262,2	61,3
T59	436349,5	7253331,5	65,8
T60	433940,4	7253824,3	55,3
T61	425355,9	7252919,4	10,7
T62	425935,4	7252201,1	13,2
T63	426233,0	7251252,5	14,9

Taulukko 2: Ollinkorven layout-suunnitelma VE2: voimaloiden sijaintikoordinaatit (ETRS-TM35FIN) ja maaston korkeudet turbiinipaikoilla.

Turbiinit	E	N	Korkeus [m]
T4	436217,4	7258076,2	72,2
T5	436293,6	7257003,1	59,8
T7	435030,0	7257473,0	56,6
T8	435607,8	7259149,4	61,4
T9	434306,1	7258203,2	50,5
T10	433420,0	7257315,0	49,2
T11	433380,0	7256525,0	49,7
T34	426697,4	7254098,1	13,0
T35	427030,7	7253193,2	15,4
T37	427304,6	7251494,6	15,6
T38	427403,8	7250264,3	16,6
T47	427622,1	7249065,7	23,2
T61	425355,9	7252919,4	10,7
T62	425935,4	7252201,1	13,2
T63	426233,0	7251252,5	14,9

Taulukko 3: Ollinkorven layout-suunnitelma VE3: voimaloiden sijaintikoordinaatit ja maaston korkeudet turbiinipaikoilla.

Turbiinit	E	N	Korkeus [m]
T14	431827,0	7255900,0	43,2
T15	431194,2	7256915,4	41,8
T16	429818,1	7256631,1	29,6
T17	430450,0	7257620,0	35,1
T18	430500,0	7259280,0	29,6
T19	429986,4	7260300,9	24,8
T20	429147,4	7260835,1	23,4
T21	428806,2	7259470,8	16,2
T22	429655,5	7258998,5	18,4
T23	428655,4	7258311,9	17,5
T24	429544,4	7257534,1	24,7
T25	427952,9	7256327,6	17,7

T26	427468,7	7257692,8	18,8
T27	427663,2	7258720,7	14,8
T28	430370,0	7254700,0	35,8
T29	430465,4	7256054,5	30,1
T30	429465,0	7254906,8	26,7
T31	428615,7	7255394,9	23,0
T32	427770,3	7255136,9	13,4
T33	428163,2	7254180,5	20,7
T34	426697,4	7254098,1	13,0
T35	427030,7	7253193,2	15,4
T36	428491,3	7253153,6	18,9
T37	427304,6	7251494,6	15,6
T38	427403,8	7250264,3	16,6
T39	429142,1	7251578,0	19,2
T40	429713,6	7250816,0	20,7
T41	429261,2	7252546,3	20,0
T42	430392,3	7252117,7	31,5
T43	430888,4	7253169,4	30,4
T44	431070,9	7251030,3	32,9
T45	430809,0	7249942,8	29,7
T46	429221,1	7249481,7	24,3
T48	431531,3	7249196,7	30,6
T49	431733,7	7252478,9	31,7
T50	432445,4	7251094,4	38,0
T51	433440,3	7250982,6	45,4
T52	433126,8	7249653,1	37,7
T53	434357,1	7249887,3	46,9
T55	434510,0	7251782,7	50,9
T56	433380,8	7252300,3	42,9
T57	432709,6	7252798,3	43,3

2 Tuulivoimaloiden melu

Tuulivoimalaitosten melu aiheutuu pääosin lapojen tuottamasta aerodynaamisesta laajakaistaisesta (60-4000 Hz) melusta [2][6]. Muita melulähteitä ovat sähköntuotantokoneiston yksittäiset osat (esim. vaihteisto ja generaattori), jotka tuottavat pääosin mekaanista melua. Tätä on pystytty tehokkaasti vaimentamaan, kun taas lapojen aerodynaamiseen meluun on vaikeampaa vaikuttaa. Aerodynaaminen melu on hallitseva varsinkin suurilla turbiineilla, ja se on lapojen pyörimisen vuoksi jaksottaista ja sisältää myös matalataajuisia komponentteja. Tuulivoimaloiden aiheuttaman melun voimakkuuteen, taajuuteen ja ajalliseen vaihteluun vaikuttavat erityisesti voimalatyyppi, voimaloiden lukumäärä, niiden etäisyys tarkastelupisteeseen ja tuulen nopeus. Melun leviäminen ympäristöön riippuu paikallisten maasto-olosuhteiden lisäksi hetkellisistä sääoloista kuten tuulen nopeudesta ja ilmakehän tasapainotilasta. Tarkempia taustatietoja tuulivoimaloiden aiheuttaman melun syntymekanismeista, luonteesta ja vaikutuksista on koottuna julkaisuihin [2], [3] ja [6].

Ympäristöministeriö on julkaissut 28.2.2014 ohjeen tuulivoimaloiden melun mallintamiseen [8]. Ohjeessa on annettu tietoja mallinnusmenettelyistä arvioitaessa tuulivoimaloiden aiheuttamaa melukuormitusta ympäristönsuojelulain täytäntöönpanossa ja soveltamisessa sekä maankäyttö- ja rakennuslain mukaisissa menettelyissä. Ohjeissa määritellään yksityiskohtaisesti käytettävät mallit, niiden parametrit ja lähtötiedot sekä tulosten esittämistavat. Yksityiskohtainen ohjeistus on koettu tarpeelliseksi, jotta mallinnustulokset olisivat aina tekijöistä riippumatta vertailukelpoisia keskenään. Tämän raportin melumallinnus on toteutettu ympäristöministeriön mallinnusohjeistuksen mukaisesti.

2.1 Melumallinnusohjeistus

Melumallinnuksen lähtötietona tulisi käyttää teknisen spesifikaation IEC TS 61400-14 mukaista turbiinin melupäästön tunnusarvoa (declared value) 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 suunnitteluohjeistuksiin ilman erillistä epävarmuustarkastelua, ja äänen etenemisen ja ympäristöolosuhteiden mallinnukseen voidaan käyttää vakioituja sää- ja ympäristöolosuhteita.

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 ISO 9613-2 -standardiin perustuvia sää- ja ympäristöolosuhteita. Maaston pinnan laatu ja muoto otetaan mallinnuksessa erillisinä huomioon. Lisäksi pientaajuisten äänen eteneminen tulee mallintaa erikseen ohjeistuksessa määritellyn erillislaskennan avulla, joka perustuu Tanskassa annettuun ohjeistukseen, jonka parametreja on mukautettu Suomen olosuhteisiin [4].

Laskennassa otetaan huomioon geometrinen etäisyysvaimennus sekä ohjeistuksen mukaiset ilmakehän absorption ja maastovaikutuksen parametrit. Pienitaajuisten 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.

2.2 Ohjearvot

Valtioneuvoston 1.9.2015 voimaan astunut asetus 1107/2015 määrittää tuulivoimaloiden aiheuttaman ulkomelutason ohjearvot [10]. 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 [9].

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

Valtioneuvoston ohjearvot on koottu taulukkoon (Taulukko 4).

Taulukko 4: Mallinnustulosten arvioinnissa sovellettavat valtioneuvoston asetuksen mukaiset ohjearvot.

	Päivä 07-22	Yö 22-07
	L_{Aeq} [dB]	L_{Aeq} [dB]
Pysyvä asutus, loma-asutus, hoitolaitokset, leirintäalueet	45	40
Kansallispuistot	40	40
Oppilaitokset, virkistysalueet	45	-

Sosiaali- ja terveysministeriö on määrittänyt 15.5.2015 voimaan astuneessa asumisterveysasetuksessa enimmäisarvot pienitaajuiselle yöaikaiselle melulle sisätiloissa [7]. Ohjearvot on annettu terssikaistoittain painottamattomille tunnin keskiäänitasoille, ja ne on lueteltu taulukossa (Taulukko 5). Ohjeistuksen mukaiset mallinnustulokset vastaavat pienitaajuisten 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 5: Asumisterveysasetuksen ylärajat 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

3 Tuulivoimakohteen melumallinnus

3.1 Keskiäänitasojen LAeq mallinnus

Tuulivoimaloiden aiheuttaman keskiäänitason mallinnus on suoritettu ISO 9613-2 -laskentastandardin mukaisesti Numerola Oy:n implementoimalla ohjelmistolla. Mallinnuksessa Ollinkorven voimaloille on käytetty turbiinityypin Siemens Gamesa SG 6.0-170 Mode AM 0 valmistajan seuraavassa dokumentissa ilmoittamaa melun taajuusjakaumaa:

- Standard Acoustic Emission, SG 6.0-170, Rev. 0, Hub Height 135 m. Document ID: SGRE ON NE&ME TE SAS N-40-0000-046AC22-00 2020.03.31.

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."

Mallinnuksessa Ollinkorven voimaloille käytettiin äänitehotasoa 108,0 dB(A) (106,0 dB(A) + 2 dB(A)), jota voidaan pitää melumallinnusohjeistuksen mukaisena melupäästön tunnusarvona. Mallinnuksessa käytetyt taajuusjakaumat vastaavat tuulennopeutta 12 m/s napakorkeudella. Turbiinien melun impulssimaisuuteen tai amplitudimodulaatioon liittyvää sanktiota ei ole käytetty mallinnuksessa.

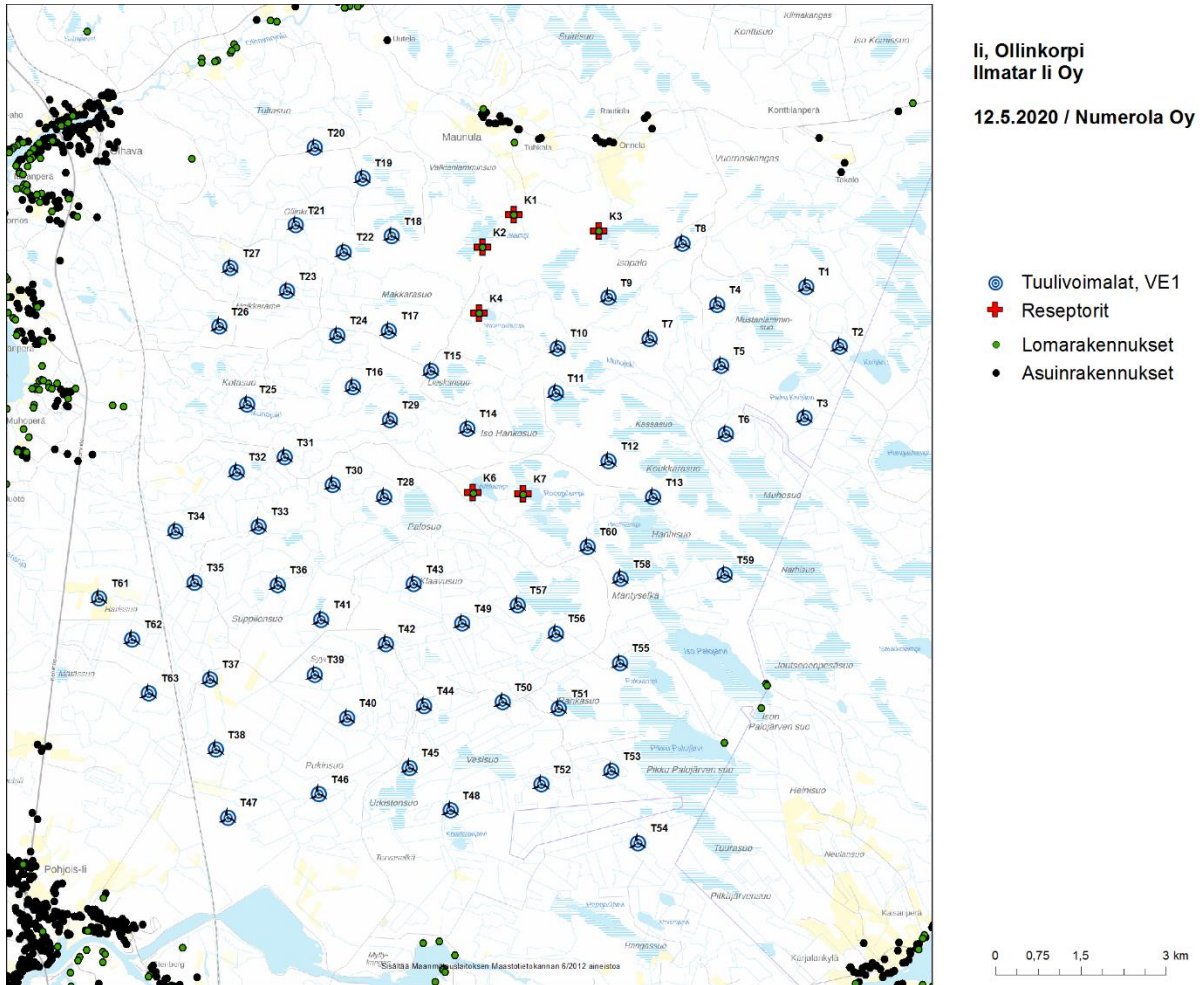
Turbiinityypin melupäästön kapeakaistaisuuden arvioinnissa on käytetty ympäristöministeriön raportissa Ympäristömelun mittaaminen [12] esitettyä yksinkertaista menetelmää, joka perustuu äänitehotasojen vertailuun terssikaistoittain (1/3-oktaaveittain). Melun tulkitaan olevan kapeakaistaista, mikäli ainakin yhden terssikaistan äänitehotaso on vähintään 5 dB suurempi kuin välittömästi kyseisen kaistan ala- ja yläpuolella olevien terssikaistojen tasot. Melun taajuusjakauman 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 absorption 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. Korkeuserot tuulivoimaloiden ja melulle altistuvien kohteiden välillä eivät ylitä 60 m, joten maanpinnan muotoon liittyvää 2 dB:n lisäystä ei huomioida. Akustisen laskennan lähtötiedoista ja parametreista on tehty yhteenveto lukuun 6.

Taulukossa (Taulukko 6) on määritelty tuulipuistoalueella sijaitsevat kuusi vertailukiinteistöä, joiden kohdilla kokonaismelun ja matalataajuisten melun tasoa tarkastellaan tarkemmin. Kiinteistöjen sijaintipisteitä kutsutaan reseptoripisteiksi, ja niiden paikat suhteessa tuulivoimaloihin on esitetty karttapohjalla (Kuva 4). Kiinteistöt sijaitsevat lähimmillään noin 1100 m etäisyydellä voimaloista.

Taulukko 6: Vertailukiinteistöjen koordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa.

Reseptori	E	N	Korkeus [m]	Rakennusluokitus
K1	432644	7259660	34,2	lomarakennus
K2	432089	7259091	32,9	lomarakennus
K3	434137	7259377	45,1	lomarakennus
K4	432035	7257929	32,7	lomarakennus
K6	431922	7254775	45,2	lomarakennus
K7	432805	7254758	44,7	lomarakennus



Kuva 4: Layout VE1 ja vertailukiinteistöjen paikat tuulipuiston alueella.

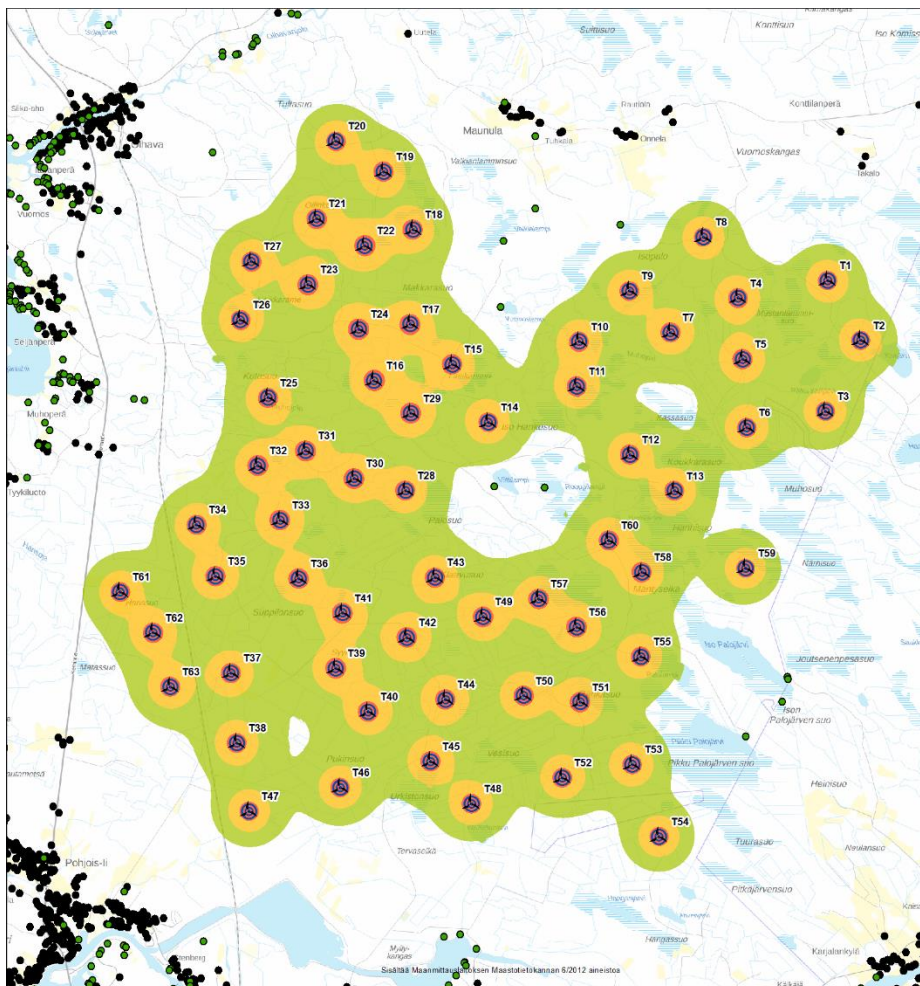
Meluvaikutus

Turbiinien aiheuttama mallinnettu keskiäänitaso LAeq on esitetty karttakuvina (Kuva 5–Kuva 7). Alueen rakennustieto perustuu Maanmittauslaitoksen maastotietokannan aineistoon, jossa on eritelty alueen asuinrakennukset ja loma-asunnot. Karttakuviin on merkitty keskiäänitasojen 40 dB(A), 45 dB(A) ja 50 dB(A) mukaiset vyöhykkeet, joita käytetään apuna meluvaikutusten arvioinnissa.

Mallinnustulosten perusteella keskiäänitasot jäävät kaikilla kolmella layout-suunnitelmalla valtioneuvoston asetuksen ohjearvojen alapuolelle kaikkien lähialueen rakennusten kohdilla. Keskiäänitasot vertailukiinteistöjen kohdilla on lueteltu taulukossa (Taulukko 7).

Taulukko 7: Keskiäänitasot LAeq reseptoripisteiden kohdilla.

Reseptori	Layout VE1 Äänitaso dB(A)	Layout VE2 Äänitaso dB(A)	Layout VE3 Äänitaso dB(A)
K1	33,0	29,4	30,4
K2	35,2	29,3	33,9
K3	36,3	35,8	24,6
K4	37,8	32,6	36,0
K6	38,6	26,9	37,7
K7	38,0	29,3	34,9



li, Ollinkorpi
Ilmatar li Oy

Napakorkeus 175 m
Turbiini SG 6.0-170 Mode AM 0
Lähtömelutaso 106 + 2 dB(A)

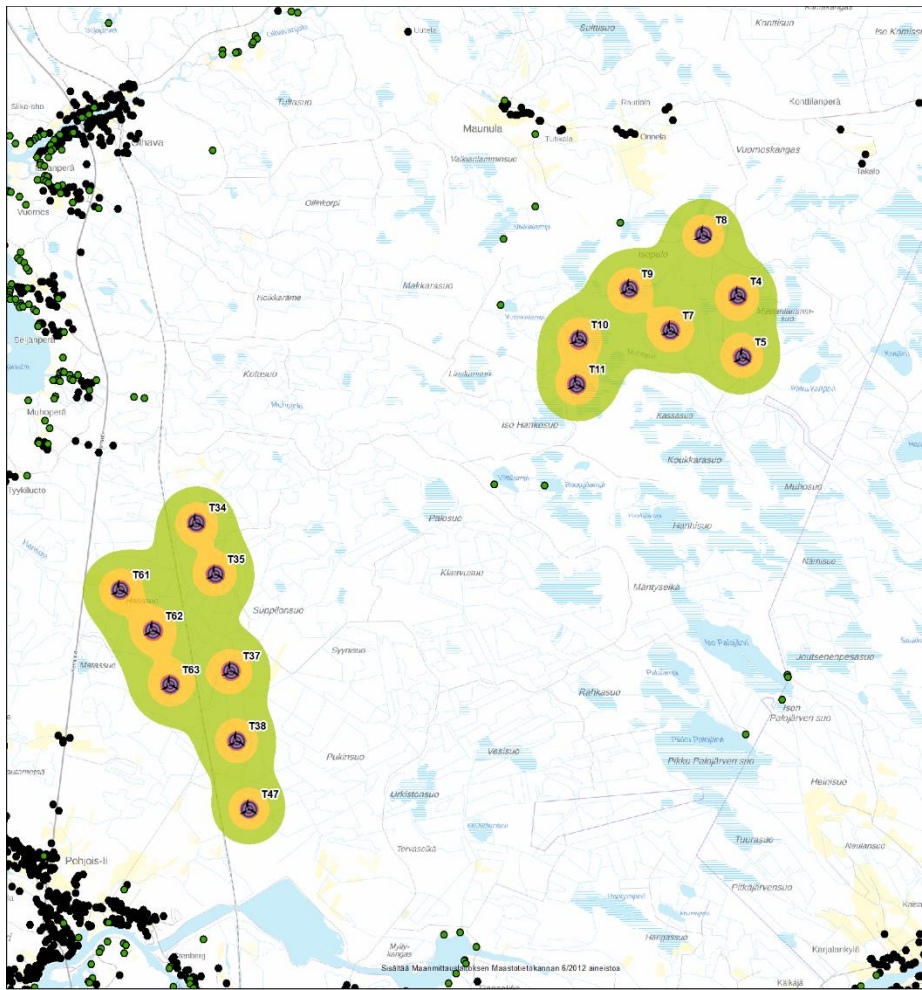
12.5.2020 / Numerola Oy

- ⊙ Tuulivoimalat, VE1
- Lomarakennukset
- Asuinrakennukset

- Äänitasot, VE1
dB(A)
- 0 - 40
 - 40 - 45
 - 45 - 50
 - 50 - 60

0 0,75 1,5 3 km

Kuva 5: Keskiäänitasot LAeq tuulipuiston alueella layout-suunnitelmalle VE1.



**li, Ollinkorpi
Ilmatar li Oy**

**Napakorkeus 175 m
Turbiini SG 6.0-170 Mode AM 0
Lähtömelutaso 106 + 2 dB(A)**

12.5.2020 / Numerola Oy

☉ Tuulivoimat, VE2

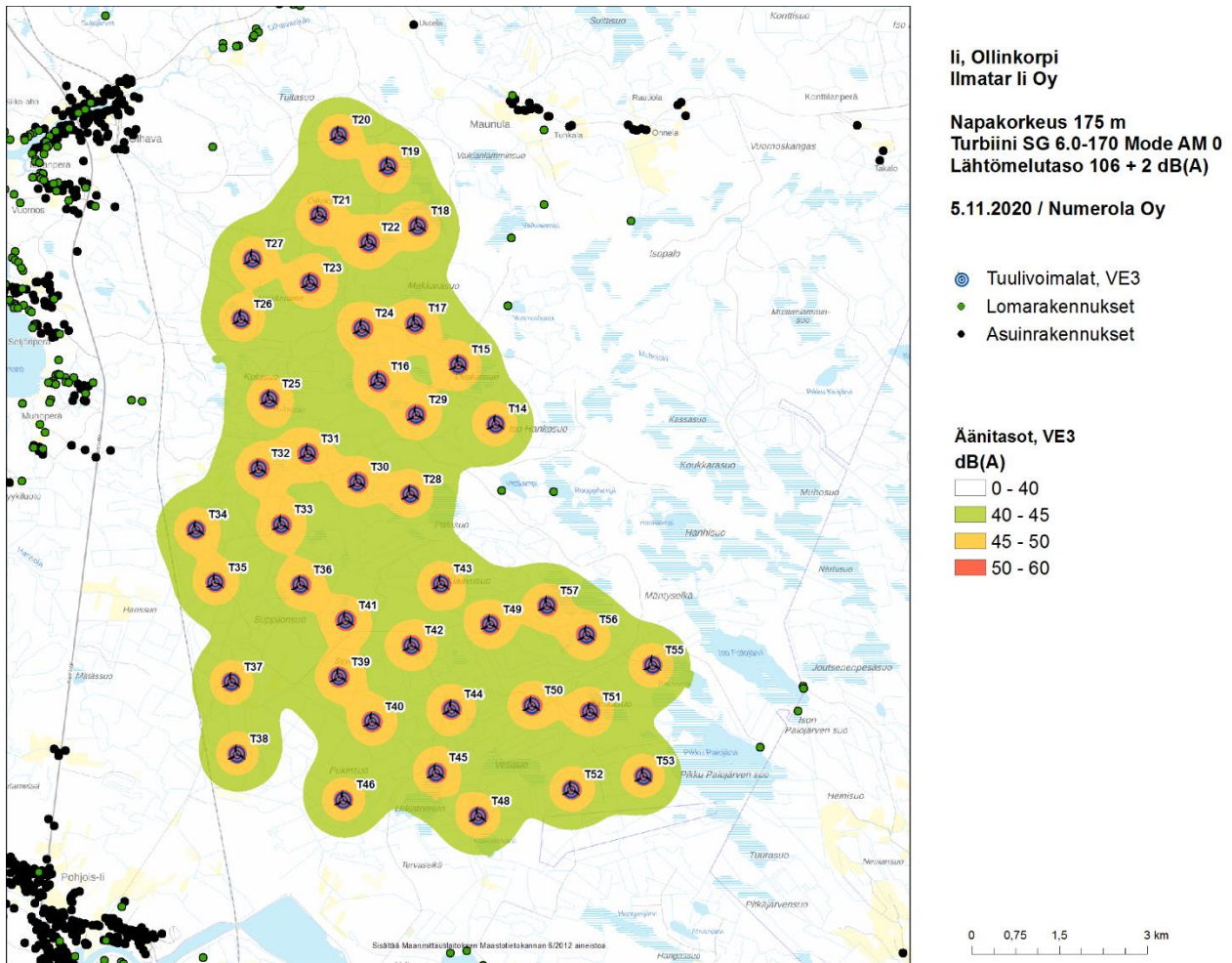
- Lomarakennukset
- Asuinrakennukset

**Äänitasot, VE2
dB(A)**

- 0 - 40
- 40 - 45
- 45 - 50
- 50 - 60



Kuva 6: Keskiäänitasot LAeq tuulipuiston alueella layout-suunnitelmalle VE2.



Kuva 7: Keskiäänitasot LAeq tuulipuiston alueella layout-suunnitelmalle VE3.

3.2 Matalataajuisen melun mallinnus

Matalataajuisen melun laskenta on suoritettu ympäristöministeriön mallinnusohjeistuksen [8] mukaisesti. Laskennan lähtötietona on käytetty samoja melun taajuusjakauksia kuin keskiäänitasojen mallinnuksessa, mutta rajoittuen 1/3-oktaaveittain taajuuksille 20–200 Hz. Matalataajuisen melun laskenta suoritetaan taajuuspainottamattomilla melutasoilla.

Meluvaikutus

Matalataajuisen melun arvioinnissa käytetään Suomen asumisterveysasetuksessa määritellyjä taajuuskohtaisia arvoja, jotka antavat toimenpiderajat pienitaajuisen melun yöaikaisille sisämelutasoille (Taulukko 5). Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen mallinnus antaa matalataajuisen ulkomelun tasot voimaloita lähimpien kiinteistöjen kohdilla. Tulokset eivät siis ole suoraan vertailukelpoisia ohjearvojen kanssa, vaan tuloksinna pitää huomioida myös rakennusten ulkovaipan ääneneristävyyttä.

Ympäristöministeriön ohjeiden mukainen matalataajuisen melun laskenta perustuu Tanskan ympäristöhallinnon ohjeissa esitettyyn menetelmään [4], jonka parametreihin on tehty joitakin Suomen olosuhteisiin

perustuvia tarkennuksia. Tanskan menetelmässä on määritelty rakennuksen ääneneristävyysparametri (ΔL_o) taajuuskaistoittain, jolloin saadaan laskettua myös sisämelutasot ja ohjearvoihin verrannolliset mallinnustulokset. Taulukossa (Taulukko 8) on esitetty sekä Tanskan ympäristöhallinnon ohjeissa että artikkelissa [5] annetut ääneneristävyysarvot. Turun ammattikorkeakoulussa tehdyssä tutkimuksessa esitetyt arvot perustuvat suomalaisissa pientaloissa tehtyihin mittauksiin, joiden avulla on johdettu tilastollinen estimaatti talojen ääneneristävyyksille eri taajuuksilla. Artikkelin [5] eristävyysarvot ylittivät 84 % todennäköisyydellä suomalaisissa pientaloissa, ja ne ovat alhaisempia kuin Tanskan ympäristöhallinnon ohjeissa annetut arvot. Ne antavat siten konservatiivisen arvion rakennusten aiheuttamalle ääneneristävyydelle, ja tässä raportissa vertailukiinteistöjen matalataajuisia sisämelutasoja arvioidaan käyttäen näitä alempia ääneneristävyysarvoja.

Taulukko 8: Rakennuksen ääneneristävyysarvoja taajuuskaistoittain.

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

Melutasoja tarkastellaan aiemmin määriteltyjen vertailukiinteistöjen paikoilla. Lisäksi lasketaan sisämelutasot eniten melulle altistuvassa kohteessa käyttäen alempia ääneneristysarvoja (Taulukko 8) ja verrataan näitä tuloksia Asumisterveysasetuksen arvoihin. Turbiinien aiheuttama matalataajuinen ulkomelutaso reseptoreiden kohdilla taajuuskaistoittain ja ilman taajuuspainotusta on lueteltu taulukoissa (Taulukko 9–Taulukko 11). Taulukkoon on eritelty ohjeistuksen mukaisesti lasketut ulkotilojen melutasot.

Korkeimmat matalataajuisen melun tasot kohdistuvat layout-suunnitelmilla VE1 ja VE2 vertailukiinteistöön K6 sekä layout-suunnitelmalla VE2 vertailukiinteistöön K3. Näiden kiinteistöjen kohdilla on laskettu myös sisämelutasot ja verrattu niitä Asumisterveysasetuksen arvoihin (Kuva 8–Kuva 10). Kun otetaan huomioon rakennuksien ääneneristävyys, melutasot jäävät asetusarvojen alapuolelle koko taajuusvälillä.

Taulukko 9: Matalataajuisen ulkomelun äänitasot (dB) vertailukiinteistöjen kohdilla layout-suunnitelmalle VE1.

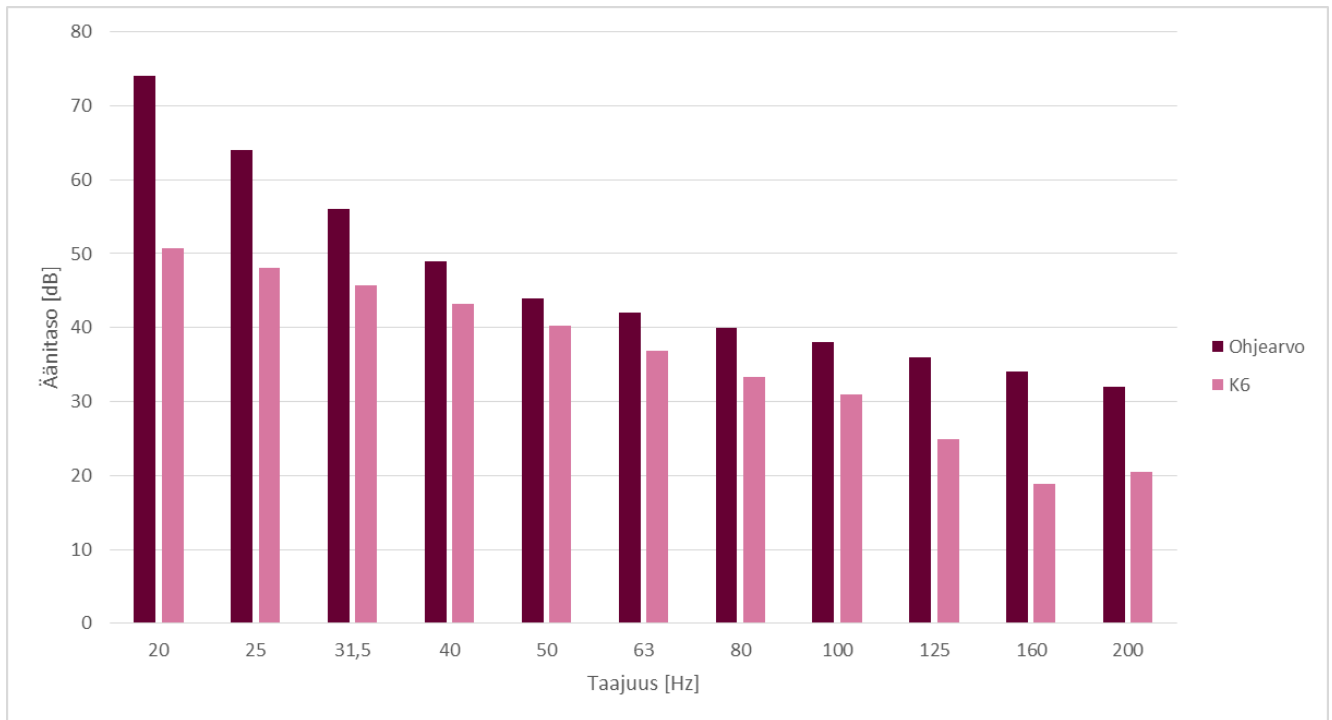
Taajuus [Hz]	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
K1	55,1	53,2	51,7	50,2	48,4	46,6	44,7	44,3	40,0	36,0	39,1
K2	56,1	54,3	52,8	51,3	49,5	47,7	45,9	45,5	41,3	37,4	40,6
K3	56,1	54,2	52,7	51,2	49,4	47,6	45,8	45,5	41,3	37,5	40,8
K4	57,6	55,7	54,2	52,8	50,9	49,2	47,4	47,1	42,9	39,2	42,5
K6	58,3	56,4	54,9	53,5	51,7	49,9	48,1	47,8	43,7	39,9	43,3
K7	58,0	56,2	54,7	53,2	51,4	49,6	47,8	47,5	43,4	39,6	42,9

Taulukko 10: Matalataajuisen ulkomelun äänitasot (dB) vertailukiinteistöjen kohdilla layout-suunnitelmalle VE2.

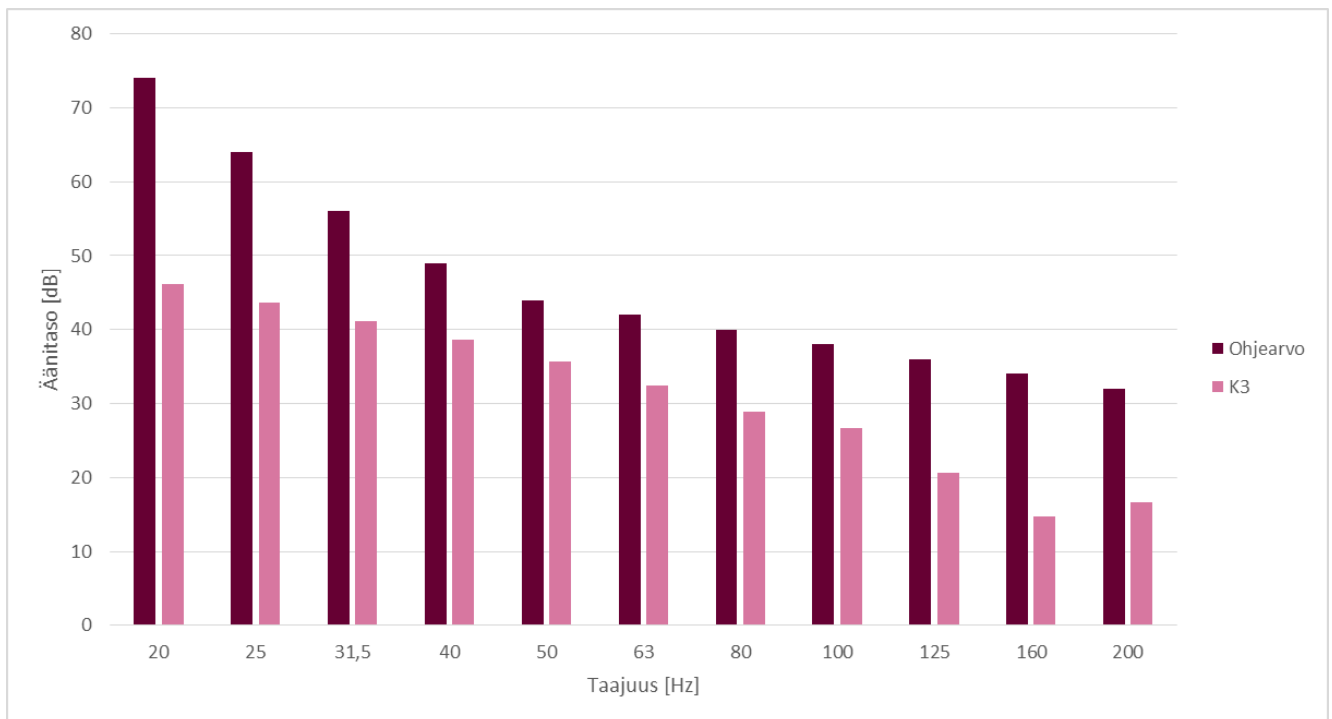
Taajuus [Hz]	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
K1	50,1	48,2	46,7	45,2	43,4	41,6	39,8	39,5	35,3	31,4	34,7
K2	50,1	48,2	46,7	45,2	43,4	41,6	39,8	39,4	35,3	31,4	34,6
K3	53,7	51,9	50,4	49,0	47,2	45,5	43,7	43,5	39,5	35,9	39,4
K4	51,8	50,0	48,5	47,0	45,2	43,4	41,7	41,4	37,3	33,6	37,0
K6	49,4	47,6	46,0	44,5	42,7	40,9	39,1	38,6	34,4	30,4	33,4
K7	50,2	48,3	46,8	45,4	43,5	41,7	39,9	39,5	35,3	31,5	34,7

Taulukko 11: Matalataajuisen ulkomelun äänitasot (dB) vertailukiinteistöjen kohdilla layout-suunnitelmalle VE3.

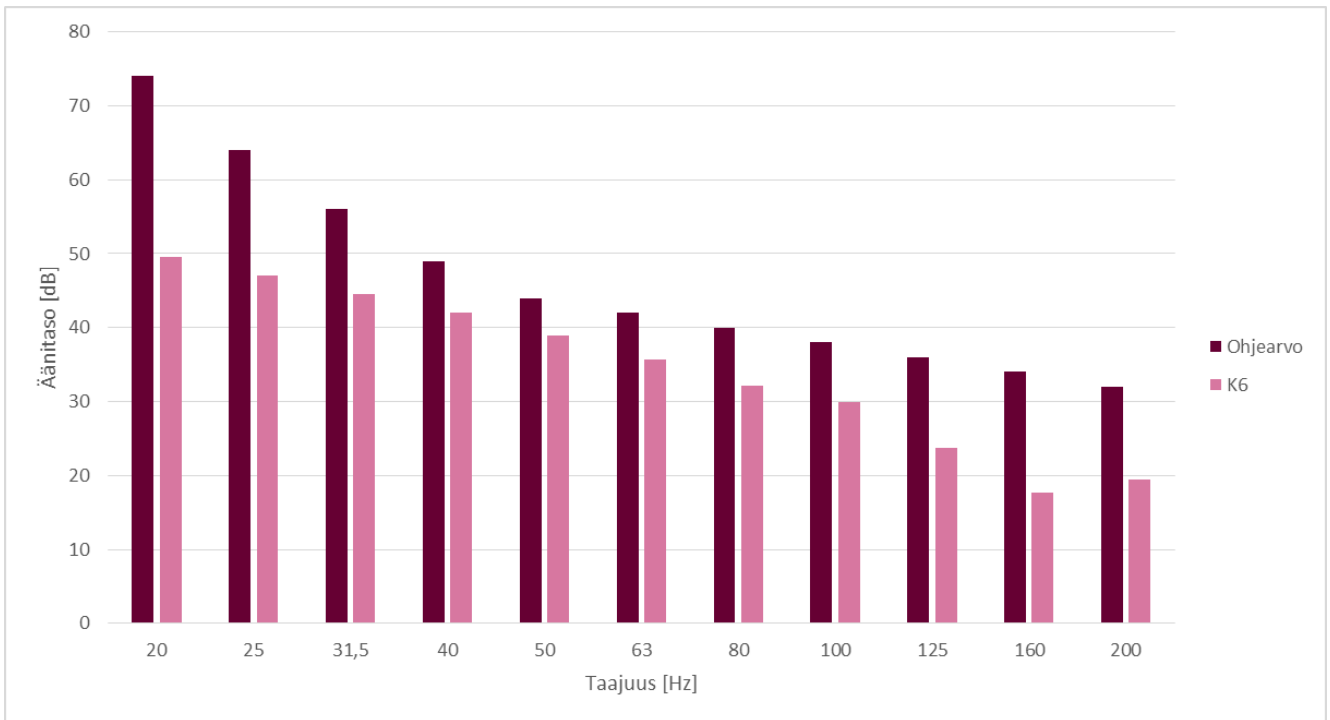
Taajuus [Hz]	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
K1	52,9	51,0	49,5	48,0	46,1	44,3	42,5	42,0	37,7	33,7	36,7
K2	54,5	52,7	51,2	49,7	47,9	46,1	44,3	43,9	39,7	35,8	39,1
K3	50,9	49,0	47,5	46,0	44,1	42,2	40,3	39,7	35,2	30,9	33,5
K4	55,8	54,0	52,5	51,0	49,2	47,4	45,7	45,3	41,2	37,4	40,8
K6	57,1	55,3	53,7	52,3	50,5	48,7	47,0	46,7	42,6	38,8	42,2
K7	55,7	53,8	52,3	50,8	49,0	47,2	45,4	45,1	40,9	37,1	40,3



Kuva 8: Matalataajuisen sisämelun tasot vertailukiinteistön K6 kohdalla layout-suunnitelmalle VE1.



Kuva 9: Matalataajuisen sisämelun tasot vertailukiinteistön K3 kohdalla layout-suunnitelmalle VE2.



Kuva 10: Matalataajuisen sisämelun tasot vertailukiinteistön K6 kohdalla layout-suunnitelmalle VE3.

4 Yhteenveto

Raportissa on esitetty lin kunnan alueelle suunnitellun Ollinkorven tuulivoimapuiston ympäristölleen aiheuttaman meluvaikutuksen laskennallinen arvio. Arvio on tehty layout-suunnitelmille VE1, VE2 ja VE3. Mallinnusten perusteella melutasot alueen loma-asuntojen ja asuinrakennusten kohdilla jäävät alle valtioneuvoston ohjearvojen kaikilla kolmella layout-suunnitelmalla. Myös matalataajuisen melun tasot pysyvät kaikkien rakennusten kohdalla asumisterveysasetuksessa asetettujen arvojen alapuolella kaikilla layout-suunnitelmilla.

5 Viitteet

- [1] Boverket: *Vindkraftshandboken*, Planering och prövning av vindkraftverk på land och i kustnära vattenområden, 2009.
- [2] C. Di Napoli: *Tuulivoimaloiden melun syntyvat ja leviäminen*, Suomen Ympäristö 4, 2007.
- [3] D. Siponen: *Noise Annoyance of Wind Turbines*, VTT Research Report VTTR-00951-11, 2011.
- [4] J. Jakobsen: *Danish regulation for low frequency noise from wind turbines*, Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control 31(4), 2012.
- [5] J. Keränen, J. Hakala, V. Hongisto: *The sound insulation of façades at frequencies 5–5000Hz*, Building and Environment 156, 2019.
- [6] S. Uosukainen: *Tuulivoimaloiden melun synty, eteneminen ja häiritsevyys*, VTT Tiedotteita 2529, 2010. P. Durbin, B. Petterson Reif, "Statistical Theory and Modelling for Turbulent Flows", Wiley, 2001.
- [7] *Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista*. Sosiaali- ja terveysministeriö 2015.
- [8] *Tuulivoimaloiden melun mallintaminen*, Ympäristöhallinnon ohjeita 2 | 2014. Ympäristöministeriö.
- [9] *Tuulivoimarakentamisen suunnittelu*, Ympäristöhallinnon ohjeita 4 | 2012. Ympäristöministeriö, 2012.
- [10] *Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista*. Astui voimaan 1.9.2015.
- [11] *Yhteenveto tuulivoimaloiden melupäästön takuuarvon käyttämisestä meluselvityksissä liittyvästä kyselystä*. Ympäristöministeriö, 14.9.2016.
- [12] *Ympäristömelun mittaaminen*. Ympäristöministeriö, Ohje I 1995.

6 Melumallinnuksen tiedot

RAPORTIN JA RAPORTOIJAN TIEDOT							
Mallinnusraportin numero/tunniste: TV-2020-497-1				Raportin hyväksyntäpäivämäärä: 9.11.2020			
Tekijä/organisaatio, yhteystiedot: Numerola Oy, PL 126, 40101 Jyväskylä							
Vastuuhenkilöt: Mika Laitinen ja Erkki Heikkola							
Laatija: Mika Laitinen				Tarkastaja/hyväksyjä: Pasi Tarvainen			
MALLINUSOHJELMAN TIEDOT							
Mallinnusohjelma ja versio: Numerrin, versio 4 (Numerola Oy)				Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2			
TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN TIEDOT)							
Tuulivoimalan valmistaja: Siemens Gamesa				Tyyppi: SG 6.0-170 Mode AM 0		Sarjanumero/t:	
Nimellisteho: 6,0 MW		Napakorkeus: 175 m		Roottorin halkaisija: 170 m		Tornin tyyppi:	
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun							
Lapakulman säätö		Pyörimisnopeus		Muu, mikä			
Kyllä	dB	Kyllä	dB				dB
Ei	Ei tiedossa	Ei	Ei tiedossa				dB
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT							
Standard Acoustic Emission, SG 6.0-170, Rev. 0, Hub Height 135 m							
Document ID: SGRE ON NE&ME TE SAS N-40-0000-046AC22-00 2020.03.31.							
Melupäästötiedot (valmistajan ilmoittamat melupäästön takuarvot)							
Oktaaveittain [Hz]		1/3-oktaaveittain [Hz]					
31,5		20	65,7	200	98,1	2000	
63	88,5	25	69,7	250		2500	
125	95,4	31,5	73,7	315		3150	
250	98,1	40	77,5	400		4000	
500	99,9	50	80,3	500		5000	
1000	103,8	63	83,1	630		6300	
2000	101,9	80	85,9	800		8000	
4000	95,3	100	89,8	1000		10000	
8000	85,0	125	90,2	1250			
		160	91,7	1600			
Melun erityispiirteiden mittaus ja havainnot:							
Kapeakaistaisuus/ tonaalisuus		Impulssimaisuus		Merkityksellinen sykintä (amplitudi-modulaatio)		Muu, mikä:	
kyllä	ei	kyllä	ei	kyllä	ei	kyllä	ei
Laskentakorkeus				Laskentaruudun koko [m x m]			
4 m				10 m x 10 m			
Suhteellinen kosteus				Lämpötila			
70 %				15 C°			
Maastomallin lähde ja tarkkuus							
Maastomallin lähde: Maanmittauslaitos				Vaakaresoluutio: 2 m		Pystyresoluutio: 0,3 m	

Maan- ja vedenpinnan absorptio ja heijastuksen huomioiminen, käytetyt kertoimet						
ISO 9613-2						
Vesialueet, (0) / (G)						
Maa-alueet, (0,4) / (A-D/E-F)						
Maa-alueet (0) / (G)						
Ilmakehän stabiilius laskennassa/meteorologinen korjaus						
Neutraali						
Voimalan äänen suuntaavuus ja vaimentuminen						
Vapaa avaruus						
Melulle altistuvat asukkaat ja kohteet, lkm (ilman meluntorjuntaa/voimalan ohjausta)						
Asukkaat: 0 kpl		Vapaa-ajan rakennukset: 0 kpl		Hoito- ja oppilaitokset: 0 kpl		
Melulle altistuvat asukkaat ja kohteet, lkm (meluntorjunta/voimalan ohjaus huomioiden)						
Asukkaat: 0 kpl		Vapaa-ajan rakennukset: 0 kpl		Hoito- ja oppilaitokset: 0 kpl		
Melun leviäminen virkistys- tai luonnonsuojelualueille						
Virkistysalueet: 0 kpl			Luonnonsuojelualueet: 0 kpl			
Pienitaajuisen melun laskentamenetelmä:						
Lineaariset melutasot [dB] altistuvien kohteiden (rakennusten) ulkopuolella layout-suunnitelmalle VE1:						
Hz	K1	K2	K3	K4	K6	K7
20	55,1	56,1	56,1	57,6	58,3	58,0
25	53,2	54,3	54,2	55,7	56,4	56,2
31,5	51,7	52,8	52,7	54,2	54,9	54,7
40	50,2	51,3	51,2	52,8	53,5	53,2
50	48,4	49,5	49,4	50,9	51,7	51,4
63	46,6	47,7	47,6	49,2	49,9	49,6
80	44,7	45,9	45,8	47,4	48,1	47,8
100	44,3	45,5	45,5	47,1	47,8	47,5
125	40,0	41,3	41,3	42,9	43,7	43,4
160	36,0	37,4	37,5	39,2	39,9	39,6
200	39,1	40,6	40,8	42,5	43,3	42,9
Lineaariset melutasot [dB] altistuvien kohteiden (rakennusten) ulkopuolella layout-suunnitelmalle VE2:						
Hz	K1	K2	K3	K4	K6	K7
20	50,1	50,1	53,7	51,8	49,4	50,2
25	48,2	48,2	51,9	50,0	47,6	48,3
31,5	46,7	46,7	50,4	48,5	46,0	46,8
40	45,2	45,2	49,0	47,0	44,5	45,4
50	43,4	43,4	47,2	45,2	42,7	43,5
63	41,6	41,6	45,5	43,4	40,9	41,7
80	39,8	39,8	43,7	41,7	39,1	39,9
100	39,5	39,4	43,5	41,4	38,6	39,5
125	35,3	35,3	39,5	37,3	34,4	35,3
160	31,4	31,4	35,9	33,6	30,4	31,5
200	34,7	34,6	39,4	37,0	33,4	34,7

Lineaariset melutasot [dB] altistuvien kohteiden (rakennusten) ulkopuolella layout-suunnitelmalle VE3:

Hz	K1	K2	K3	K4	K6	K7
20	52,9	54,5	50,9	55,8	57,1	55,7
25	51,0	52,7	49,0	54,0	55,3	53,8
31,5	49,5	51,2	47,5	52,5	53,7	52,3
40	48,0	49,7	46,0	51,0	52,3	50,8
50	46,1	47,9	44,1	49,2	50,5	49,0
63	44,3	46,1	42,2	47,4	48,7	47,2
80	42,5	44,3	40,3	45,7	47,0	45,4
100	42,0	43,9	39,7	45,3	46,7	45,1
125	37,7	39,7	35,2	41,2	42,6	40,9
160	33,7	35,8	30,9	37,4	38,8	37,1
200	36,7	39,1	33,5	40,8	42,2	40,3