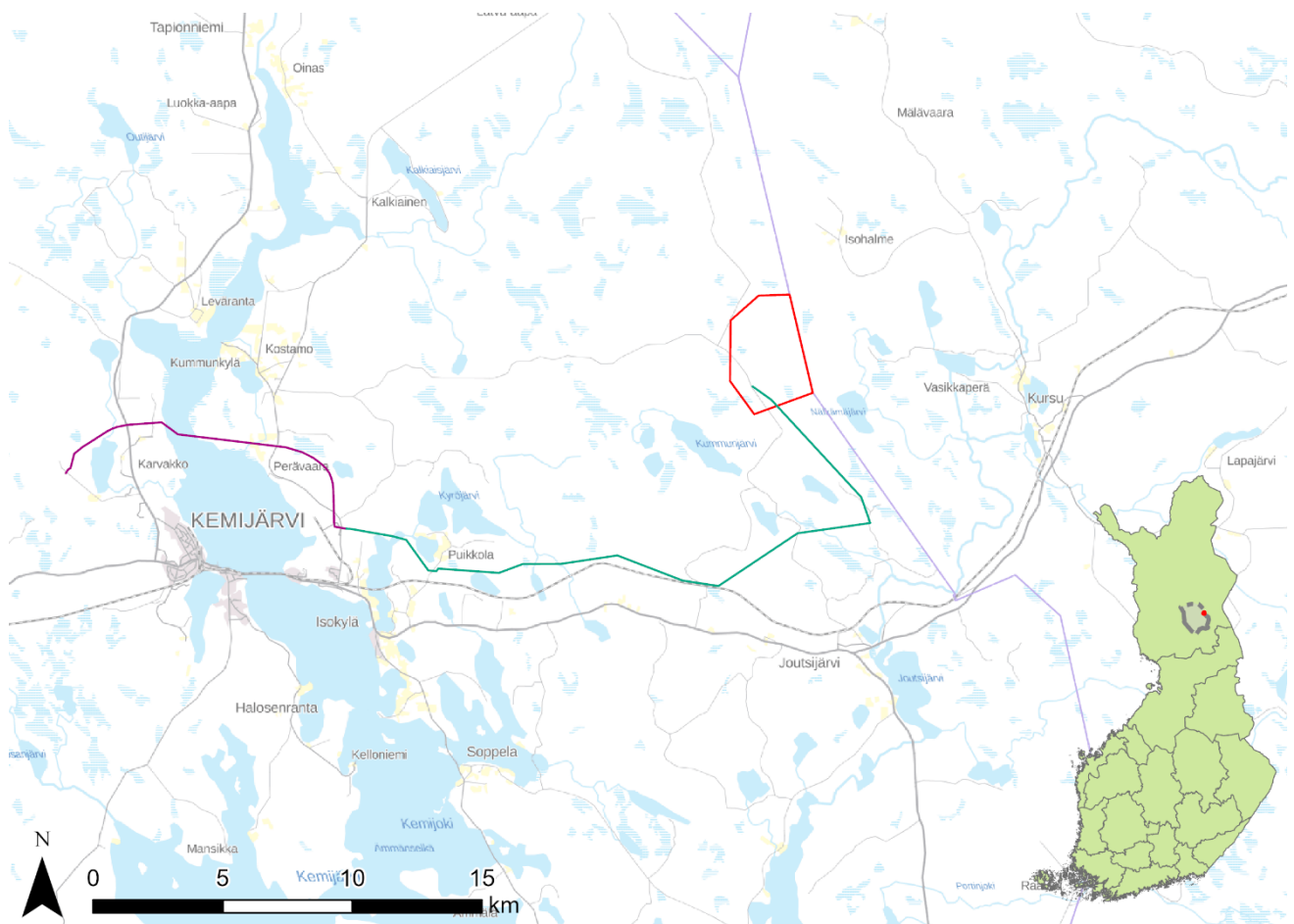


Rokamo-Nälkämä tuulivoimahanke, Kemijärvi

Ympäristövaikutusten arviointiselostuksen liitteet 2–10.



Päiväys

10.9.2025

Rokamo-Nälkämän tuulivoimahanke, Kemijärvi
Suomen Voima Oy

LIITE 2

MELU- JA VÄLKESELVITYKSET

NÄKEMÄALUEANALYYSI

Meluselvitys 2024, Etha Oy	2
Välkeselvitys 2024, Etha Oy	37
Näkemäalueanalyysi, 2024, Etha Oy	56



MELUSELVITYS

Rokamo-Nälkämän Tuulipuisto

16.12.2024

SISÄLLYSLUETTELO

1	YHTEENVETO	3
2	TAUSTA.....	4
3	MELU.....	5
3.1	Yleistä	5
3.2	Melun muodostuminen	5
4	MELUN OHJEARVOT	7
4.1	Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista	7
4.2	Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat	7
5	LÄHTÖTIEDOT JA MENETELMÄT	8
5.1	Lähtötiedot.....	8
5.2	Menetelmät.....	9
6	ARVIOIDUT MELUVAIKUTUKSET	11
6.1	Nykytilanne	11
6.2	Rakentamisen aikaiset vaikutukset	11
6.3	Toiminnan aikaiset vaikutukset, VE1.....	12
6.4	Toiminnan aikaiset vaikutukset, VE2.....	13
6.5	Yhteisvaikutusten mallinnus, VE1.....	14
6.6	Yhteisvaikutusten mallinnus, VE2.....	15
6.7	Pienitaajuinen melu	16
6.8	Käytön lopettamisen aikaiset vaikutukset.....	16
6.9	Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät	16
7	HAITTOJEN EHKÄISEMINEN JA SEURANTA.....	17
8	LÄHTEET	18
9	MALLINNUSTIETOJEN RAPORTTI, ROKAMO-NÄLKÄMÄ.....	19

Liite 1: Melumallinnuksen tulokset.....	21
Liite 2: Melumallinnuksen tulokset: yhteisvaikutukset.....	21
Liite 3: Pienitaajuisen melun laskenta (VE1)	22
Liite 4: Pienitaajuisen melun laskenta (VE2)	24
Liite 5: Pienitaajuisen melun laskenta, Yhteisvaikutukset (VE1)	27
Liite 6: Pienitaajuisen melun laskenta, Yhteisvaikutukset (VE2)	30
Liite 7: Sijoitussuunnitelmat.....	33

VERSIONHISTORIA

Versio	Tekijä, Päivämäärä	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
Ver 1	Ilona Rämä 16.12.2024	Ilmari Katajamäki 17.12.2024	Ilmari Katajamäki 17.12.2024	Rokamo-Nälkämän tuulivoimapuiston meluselvitys.

1 YHTEENVETO

Tehtävä:

Meluselvitys Rokamo-Nälkämän tuulivoimapuiston vaikutusalueella. Selvityksessä on otettu huomioon myös viereinen toiminnassa oleva tuulivoimapuisto Nuolivaara.

Työmenetelmät:

Meluselvitykseen on kerätty tietoa tuulivoimaloiden melun ominaispiirteistä, melun ohjearvoista, paikallisista olosuhteista sekä mallinnusmenetelmistä. Pääasiallisena laskentatyökaluna on käytetty windPRO Ver4.0 ohjelmiston DECIBEL-moduulia sekä ISO 9613-2 standardin mukaisia oletuksia ja lähtöarvoja. Mallinnus ja raportointi on tehty noudattaen ympäristöministeriön helmikuussa 2014 julkaisemia ohjeita (Tuulivoimaloiden melun mallintaminen. Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014). Vaikutusten arvioinnissa käytetyt laskentaparametrit on taulukoitu tässä raportissa. Tuloksia on vertailtu valtioneuvoston asetuksen ohjearvoihin (Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista 1107/2015).

Pienitaajuinen melu on laskettu ympäristöministeriön helmikuussa 2014 julkaisemia ohjeita noudattaen. Rakennusten äänieristys on laskettu DSO 1284 menetelmän mukaisesti, käyttäen WindPRO-ohjelmistoa laskentatyökaluna, ja tuloksia on vertailtu asumisterveysasetuksessa oleviin sisämelun ohjearvoihin. Lisäksi pienitaajuisen melun laskennassa on käytetty Turun Ammattikorkeakoulun tutkimuksessa (ANOJANSSI-projekti, 2020) ehdotettuja vaihtoehtoisia eristyskertoimia.

Tulokset:

Melumallinnusten perusteella valtioneuvoston asetuksen ohjearvoja asunnoille ja vapaa-ajan asunnoille ei ylitetä. Myöskään STM:n antamia sisätilojen pienitaajuisen melun ohjearvoja ei ylitetä.

2 TAUSTA

Meluselvitys on tehty Rokamo-Nälkämän tuulivoimapuistolle Kemijärven kaupungin alueella. Suunniteltu hanke koostuu yhteensä 8 tuulivoimalasta. Melumallinnuksessa on käytetty voimalamallin WTG200 7,2 MW-voimalan lähtötietoja. Mallinnuksessa voimaloiden napakorkeus on 200 metriä ja äänitehotaso 107,8 dB(A) + 2,0 dB(A) epävarmuusmarginaali.

Meluselvitys on tehty ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti (Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014 Tuulivoimaloiden melun mallintaminen) windPRO Ver4.1 ohjelmiston melulaskentatyökalulla. Pienitaajuinen melu on laskettu käyttäen WindPRO-ohjelmistoa ja työ on tehty ympäristöministeriön helmikuussa 2014 julkaisemia ohjeita noudattaen.

Tässä selvityksessä on tarkistettu kaksi hankevaihtoehtoa, jotka on muodostettu ympäristövaikutusten arviointi- ja kaavamenettelyä varten:

- VE1: 8 voimalaa.
- VE2: 8 voimalaa.

Naapuripuisto Nuolivaara (17 voimalaa) on huomioitu yhteisvaikutusten mallinnuksissa (kappale 6.5–6.6). Nuolivaaran voimalatyyppi on N163 5.7 MW, jonka kokonaisäänitaso on 107,8 +2,0 dB(A).

3 MELU

3.1 YLEISTÄ

Ääni on aaltoliikettä, joka kulkee väliainetta, esimerkiksi ilmaa, pitkin äänilähteestä äänen havainnointipisteeseen. Äänelle on ominaista voimakkuuden, taajuuden ja jaksollisuuden vaihtelut. On syytä huomioida, että tässä yhteydessä paljon käytetty A-painotettu äänenvoimakkuuden arvo (dBA) on eri, kun absoluuttinen äänenvoimakkuus (dB). Absoluuttinen äänen voimakkuus sisältää kaikkien taajuuksien äänenvoimakkuuden summan, kun A-painotetussa arvossa painotetaan ihmiskorvalle herkkiä taajuuksia.

Ääni luokitellaan meluksi, jos ihminen kokee sen epämiellyttävänä tai häiritsevä. Ihmiset kokevat meluvaikutukset, kuten muutkin vaikutukset, hyvin eri tavoin. Sama ääni voidaan kokea paikasta ja henkilöstä riippuen eri tilanteissa epämiellyttäväksi meluksi, neutraaliksi ääneksi tai nautinnolliseksi ääneksi. Äänen kokemiseen vaikuttaa myös sen voimakkuus, jaksollisuus sekä taajuus.

Oleellinen vaikutus äänilähteen, kuten tuulivoimalan, meluun on taustamelulla. Taustamelu voi mm. peittää äänilähteelle tyypillisiä ominaisuuksia, kuten äänen jaksollisuutta. Yleisimpiä taustamelun aiheuttajia ovat tuulen aiheuttama suhina sekä liikenteen kohina. Tuulen nopeuden kasvaessa riittävästi, peittää sen tuottama taustamelu tuulivoimalan melun alleen.

Voimakas tai häiritsevä melu voi aiheuttaa terveyshaittoja ja vaikuttaa luonnonympäristön toimintaan. Mitä lähemmäs tuulivoimaloita mennään, sitä häiritsevämpänä melu saatetaan kokea. Siksi on tärkeää tarkastella aluetta maankäytöllisestä näkökulmasta.

3.2 MELUN MUODOSTUMINEN

Tuulivoimaloiden synnyttämä ääni muodostuu lapojen liikkeestä, sekä koneiston aiheuttamasta mekaanisesta äänestä, joista ensimmäinen on yleensä vaikutusten kannalta merkittävämpi. Äänen ominaisuudet vaihtelevat vallitsevien olosuhteiden sekä suunniteltavien voimaloiden teknisten ominaisuuksien mukaisesti. (Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016)

Lapojen aiheuttama aerodynaaminen melu johtuu pyörimisestä aiheutuvasta jatkuvasta huminasta sekä jaksollisesta huminasta. Kovalla tuulella äänet ovat voimakkaimmillaan etenkin, kun tuuli

puhaltaa voimalan suunnasta. Lämpötila ja ilmankosteus vaikuttavat melun voimakkuuteen. Oleelliset tekijät äänen voimakkuuden kannalta ovat kuitenkin etäisyys tuulivoimalasta ja lähistöllä olevien voimaloiden lukumäärä. (Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016)

Äänelle on ominaista sen vaimeneminen paikallisten olosuhteiden mukaisesti. Äänenvoimakkuus vaimenee äänilähteestä kauemmas mentäessä, sillä sen sisältämä energia vähenee. Etenemiseen vaikuttavat myös ilman ominaisuudet, kuten lämpötila sekä suhteellinen kosteus. Maaston muodoilla, kasvillisuudella ja tuulensuunnalla on oleellinen merkitys äänen vaimenemisessa. Selvittämällä vaimenemiseen vaikuttavat tekijät, pystytään äänen kulkua arvioimaan teoreettisesti.

Tuulivoimaloiden rakentamisen aikana melu johtuu mm. teiden, tuulivoimaloiden, sähköverkon sekä muun infrastruktuurin rakentamisesta sekä alueen liikenteestä. Nämä vaikutukset ovat vain lyhytaikaisia ja tilapäisiä.

Seuraavassa taulukossa on vertailuarvoja äänenvoimakkuusarvojen suhteesta.

Taulukko 1. Vertailutaulukko absoluuttisista äänenvoimakkuuksista.

Äänenvoimakkuus	Esimerkki	Kommentti
130 dB	Kipukynnys	
100–120 dB	Rock-konsertti	
90 dB	Rekan ohiajo	
80 dB	Vilkasliikenteinen katu	
70 dB	Ajoneuvon sisämelu	
60 dB	Toimisto, jossa ilmastointi	Tyypillinen äänitaso suoraan tuulivoimalan alla
50 dB	Vaimea keskustelu	
40 dB	Taustamelu kotona	
30 dB	Kuiskaus (1 m)	

4 MELUN OHJEARVOT

4.1 VALTIONEUVOSTON ASETUS TUULIVOIMALOIDEN ULKOMELUTASON OHJEARVOISTA

Asetuksessa säädetään toimivien tuulivoimaloiden aiheuttaman laskennallisen tai mitatun melutason ohjearvot. Melulle altistuvalla alueella melutaso ei saa ulkona ylittää seuraavassa taulukossa lueteltuja A-taajuuspainotetun keskiäänitason ohjearvoja. Asetus on tullut voimaan 1.9.2015.

Taulukko 2. Ohjearvot valtioneuvoston asetuksessa.

	Ulkomelutaso L_{Aeq} päivällä 7-22	Ulkomelutaso L_{Aeq} yöllä 7-22
Pysyvä asutus	45 dB	40 dB
Loma-asutus	45 dB	40 dB
Hoitolaitokset	45 dB	40 dB
Oppilaitokset	45 dB	-
Virkistysalueet	45 dB	-
Leirintäalueet	45 dB	40 dB
Kansallispuistot	40 dB	40 dB

4.2 ASUMISTERVEYSASETUKSEN TOIMENPIDERAJAT

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus vuodelta 2015 sisältää toimenpideraja-arvot yöaikaiselle matalataajuiselle sisämelulle. Raja-arvot on esitetty alla olevassa taulukossa, joka on annettu yhden tunnin matalataajuisen melun tasolle (raja-arvot eivät ole A-painotettuja).

Taulukko 3. Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat yöaikaiselle pienitaajuiselle sisämelulle.

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

Asuinhuoneistojen oleskeluun ja lepoon käytettävien huoneiden toimenpiderajoiksi on annettu päiväajan (klo 07–22) keskiäänitasolle L_{Aeq} 35 dB ja yöajan (klo 22–07) keskiäänitasolle L_{Aeq} 30 dB. Taustamelusta selvästi erottuvalle melulle, joka voi aiheuttaa esimerkiksi unihäiriötä, on toimenpiderajana nukkumiseen käytettävissä tiloissa yöaikaan (klo 22–07) yhden tunnin keskiäänitaso $L_{Aeq, 1h}$ 25 dB. Lisäksi on huomioitava melun erityisominaisuudet eli mahdolliset

kapeakaistaisuus- ja impulssimaisuuskorjaukset. Asetus sisältää toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle, jotka on annettu taajuuspainottamattomina tunnin keskiäänitasoina $L_{eq,1h}$.

Sisämelun kokonaisäänitason mallintamiseksi ei ole annettu ohjeita eikä alalla ole yleisesti käytössä olevaa laskentamenetelmää. Asetuksen mukaisilla ulkomelun ohjearvoilla (40 dB(A)) pyritään kuitenkin varmistamaan myös sisämelun toimenpiderajojen alittuminen. Alalla sovelletun DSO 1284 -laskentamenetelmän mukaan rakennusten äänieristys taajuuksilla 80–200 Hz on noin 20 dB. Äänieristys vaimentaa korkeampia taajuuksia tyypillisesti tehokkaammin, jolloin taajuuksilla 200–500 Hz äänieristyksen voidaan odottaa olevan enemmän kuin 20 dB. Tuulivoimamelu 1–3 kilometrin etäisyydellä äänilähteestä koostuu lähinnä 200–500 Hz:n taajuuksista. Näin ollen on hyvin todennäköistä, että tuulivoimamelun ollessa ulkona 40 dB(A), rakennuksen sisämelu on noin 20 dB(A) tai alle.

Lisäksi ympäristöministeriön ohjeessa uudisrakennusten ääniympäristöstä (Ympäristöministeriö, 2018) on mainittu, että asuinhuoneen ulkovaipan äänieristys tulee olla aina vähintään 30 dB. Tämä tarkoittaa, että jos melutaso ulkona on 40 dB(A), niin sisämelutaso pysyy selvästi toimenpiderajan alapuolella.

5 LÄHTÖTIEDOT JA MENETELMÄT

5.1 LÄHTÖTIEDOT

Tuulivoimaloiden aiheuttamat meluvaikutukset on mallinnettu soveltaen ISO 9613-2 standardia.

Mallinnuksessa on käytetty tuulivoimalavalmistajan ilmoittamia melupäästön takuuarvoja. Äänitehotasot on ilmoitettu 1/3 oktaavikaistoittain. Vestaksen käyttämät melupäästöarvot eivät ole suoraan verrattavissa IEC TS 61400-14-standardiin, ja epävarmuutta ei ole erikseen ilmoitettu. Tämän takia lähtömelutasoon on mallinnuksessa lisätty 2,0 dB:n varmuusmarginaali ympäristöministeriön ohjeen mukaisesti (Ympäristöministeriö, 2016).

Lähtötietoina on käytetty alla olevissa taulukoissa olevia arvoja.

Taulukko 4. Hankkeen voimalatiedot.

Hankealue	Voimalat	Voimalan tornin korkeus (m)	Voimalan äänitehotaso (Lwa)	1/3 oktaavikaistoittainen äänispektri
Rokamo-Nälkämä	WTG200 7,2 MW	200	107,8 + 2,0	Käytössä
Nuolivaara	N163 5.7 MW	160	107,8 + 2,0	Käytössä

Taulukko 5. Melumallinnuksessa käytettyjä arvoja (Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014).

Lähtötiedot	
Maaston vaikutus melun etenemiseen, kerroin	0,4
Vesistöjen vaikutus melun etenemiseen, kerroin	0,0
Tarkastelupisteen korkeus (metriä maanpinnan yläpuolella)	4 m
Ilman lämpötila	15 °C
Ilman suhteellinen kosteus	70 %

Alueen korkeustietona on käytetty Maanmittauslaitoksen kymmenen metrin korkeusmallia ja alueen maanpeitteisyys on Suomen ympäristökeskuksen OIVA-tietokannasta. Maaston vaimentava vaikutus on huomioitu ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisella kertoimella 0,4. Rakennustiedot perustuvat Maanmittauslaitoksen maastotietokantaan.

Laskennassa on otettu lähtökohdaksi voimalan tuottama äänenvoimakkuus ja tämän pohjalta on mallinnettu äänen vaimeneminen (geometrinen vaimeneminen sekä ilmakehän vaimentava vaikutus) koko tuulivoimapuiston alueella. Mallinnuksessa on oletettu, että kaikki asunnot ovat tuulen alapuolella kaikkiin voimaloihin nähden ja tuulennopeus 10 metrin korkeudella maan pinnasta on 8 m/s. Useiden voimaloiden yhteismeluvaikutukset on otettu huomioon. Alueelta valittiin 6 havainnointipistettä, joiden kohdalta voimaloiden aiheuttamat äänenvoimakkuudet ilmoitetaan.

5.2 MENETELMÄT

Melumallinnus on suoritettu WindPRO ohjelmiston DECIBEL-moduulia käyttäen. WindPRO on tanskalaisen EMD International A/S:n kehittämä tuulivoiman mallinnusohjelmisto. Ohjelmistolla mallinnetaan ja visualisoidaan äänen eteneminen ja vaimeneminen, mutta sitä käytetään myös muiden vaikutusten mallintamiseen sekä tuuliresurssien laskemiseen.

Mallinnusta tehtäessä ohjelmistoon syötetään ympäristöministeriön (2/2014) ohjeistamat parametrit sekä ISO 9613-2 standardin mukaiset lähtötiedot. Mallinnuksessa lasketaan melun leviäminen vaikutusalueella sekä hankkeesta aiheutuvat melutasot tarkastelluissa pisteissä.

Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti melupäästöarvoon lisätään 2 dB, jos asunnon ja voimalan perustusten välinen korkeusero ylittää 60 metriä. Korjaus tehdään, kun etäisyys voimalan ja asunnon välillä on enintään kolme kilometriä. Tässä melumallinnuksessa korkeuserot eivät ylity valituissa havainnointipisteissä eikä korjauksia ole tehty. Jos ääni on erityisen häiritsevää eli kapeakaistaista tai impulssimaista, lisätään laskenta- tai mittaustuloksiin 5 dB ennen asetuksen ohjeeseen vertaamista. Tässä mallinnuksessa laskentatuloksiin ei ole tarvetta lisätä sanktiota, koska lähtötiedoissa ei äänen erityispiirteitä havaittu.

Ympäristöministeriön ohjeessa (2/2014) mainitaan äänivaikutuksiin liittyvä ilmiö, Amplitudimodulaatio (EAM, excessive amplitude modulation). Esiintyessään ilmiö aiheuttaa sen, että äänenvoimakkuuden merkittävät jaksottaiset vaihtelut lisäävät melun häiritsevyyttä. Amplitudimodulaatio on paikallisista olosuhteista ja voimalatyypistä riippuva ilmiö. Ilmiötä ei pysty mallintamaan etukäteen, vaan se pystytään varmistamaan ainoastaan käytönaikaisilla melumittauksilla. Amplitudimodulaatiota ei mainita valtioneuvoston asetuksessa tuulivoimaloiden ulkomelutasoa koskien, eikä ilmiön todentamiseksi ole olemassa vakioitua menetelmää. Aiheesta on tehty kansainvälisiä tutkimuksia (esim. Bertagnolio, 2014), joiden mukaan havaittu amplitudimodulaatio on mahdollista hallita teknisesti.

Pienitaajuinen melulaskenta on tehty ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti, asuntojen ja vapaa-ajan asuntojen ulkopuolelta käyttäen annettua laskentakaavaa.

$$L_P = L_W - 20dB \cdot \log_{10}(d_1/1m) - 11dB + A_{gr} - A_{atm} \cdot d_2$$

missä

L_P on äänen 1/3-oktaavitaso altistuvassa kohteessa [dB]

L_W on tuulivoimalan 1/3-oktaavikaistan äänitehotaso [dB]

d_1 on tuulivoimalan navan etäisyys altistuvasta kohteesta [m]

A_{gr} on heijastavan pinnan tuottama korjaus [dB]

A_{atm} on ilmakehän tuottama vaimennus lämpötilassa 15 C° ja 70 % suhteellisessa kosteudessa [dB/km]

d_2 on tuulivoimalan navan etäisyys altistuvasta kohteesta [km]

(Ympäristöministeriö 2014).

Sisätilojen melutasot on laskettu niin ikään ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti. Rakennusten äänieristys on laskettu DSO 1284 menetelmän mukaisesti, ja tuloksia on vertailtu asumisterveysasetuksessa oleviin sisämelun toimenpiderajoihin. Lisäksi pienitaajuisen melun laskennassa on käytetty Turun Ammattikorkeakoulun tutkimuksessa (ANOJANSSI-projekti, 2020) ehdotettuja vaihtoehtoisia eristyskertoimia.

Äänieristys, DL_{σ} , on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Äänieristyskertoimet.

f/ Hz	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
DL_{σ} (DSO 1284)	6.6	8.4	10.8	11.4	13	16.6	19.7	21.2	20.2	21.2	21.2
DL_{σ} (Anojanssi-)	7.6	8.3	9.2	10.3	11.5	13	14.8	16.8	18.8	21.1	22.8

6 ARVIOIDUT MELUVAIKUTUKSET

6.1 NYKYTILANNE

Rokamo-Nälkämän tuulivoimapuiston alue on pääasiassa metsätalousaluetta ja sen äänimaisema on tällaiselle alueelle tyypillistä.

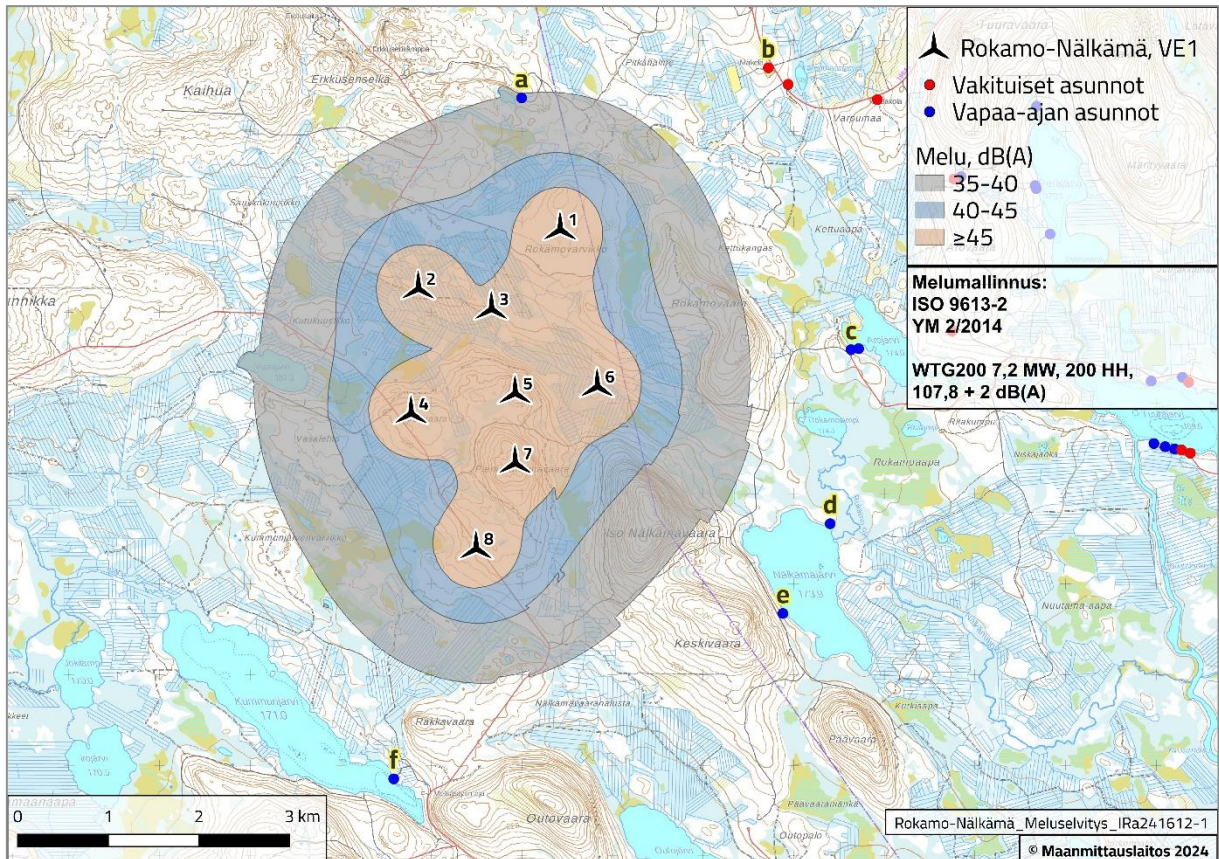
6.2 RAKENTAMISEN AIKAiset VAIKUTUKSET

Tuulivoimapuiston rakentamisen aikana melua aiheutuu mm. maansiirtokoneista, nostureista, ajoneuvoliikenteestä sekä rakentamisesta. Rakennustyömaan melu on hyvin impulssimaista ja paikallista ja ajoittuu pääasiallisesti päiväaikaan. Tämän vuoksi meluvaikutukset eivät kasva merkittäviksi. Tiestön ja perustusten rakentaminen tuottaa eniten melua ja lisääntyvä liikenne saattaa nostaa valtatie melutasoa hieman.

Rakentaminen kestää vain lyhyen ajan suhteessa tuulivoimaloiden elinkaareen, joten meluvaikutuksetkin voidaan katsoa lyhytkestoisiksi.

6.3 TOIMINNAN AIKAiset VAIKUTUKSET, VE1

Melumallinnuksessa on käytetty WTG200 7,2 MW -voimalaa, jonka kokonaisäänitaso on 107,8 + 2,0 dB(A) ja napakorkeus 200 metriä. Melumallinnuksessa on käytetty 8 voimalan sijoitus suunnitelmaa. Voimaloiden koordinaatit löytyvät liitteestä 7.



Kuva 1. Rokamo-Nälkämän tuulivoimapuiston melumallinnus (VE1), WTG200 7,2MW 200HH, 107,8 +2,0 dB(A). Kuusi havainnointipistettä on merkitty kuvaan kirjaimilla.

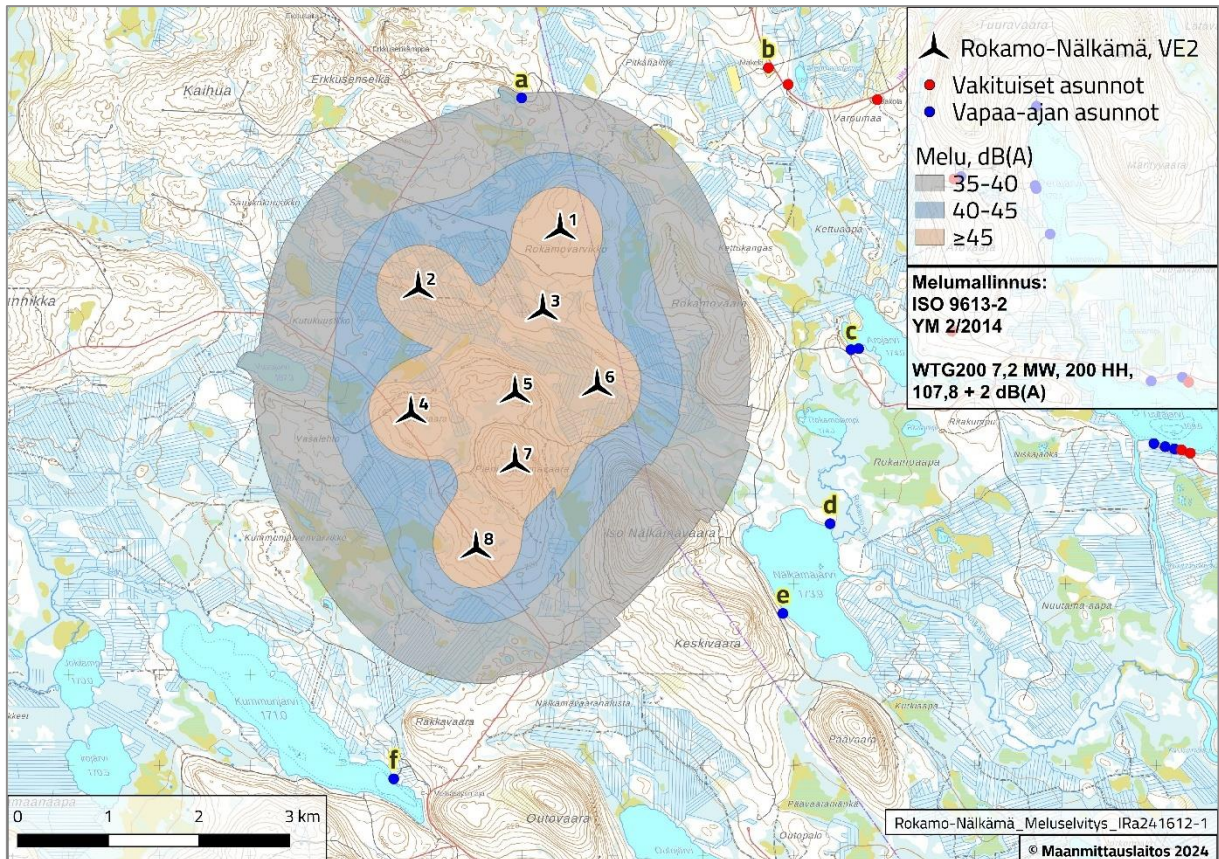
Melumallinnuksien mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dB(A). Alueen läheisyydestä on valittu 6 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 1.

Äänitaso lähimpien asuinrakennusten ja loma-asuntojen alueella on alle 40 dB(A), eli alle valtioneuvoston asetuksen mukaisen ohjearvon. Korkein äänitaso lähialueella sijaitsevan havaintopisteen kohdalla on 35,3 dB(A) (vapaa-ajan asunto a).

Tuulivoimapuiston alueella, voimaloiden välittömässä läheisyydessä, äänitaso on yli 45 dB(A), joten melulla saattaa olla vaikutuksia esimerkiksi alueen virkistyskäyttöön.

6.4 TOIMINNAN AIKAiset VAIKUTUKSET, VE2

Melumallinnuksessa on käytetty WTG200 7,2 MW -voimalaa, jonka kokonaisäänitaso on 107,8 + 2,0 dB(A) ja napakorkeus 200 metriä. Melumallinnuksessa on käytetty 8 voimalan sijoitus suunnitelmaa. Voimaloiden koordinaatit löytyvät liitteestä 7.



Kuva 2. Rokamo-Nälkämän tuulivoimapuiston melumallinnus (VE2), WTG200 7,2MW 200HH, 107,8 +2,0 dB(A). Kuusi havainnointipistettä on merkitty kuvaan kirjaimilla.

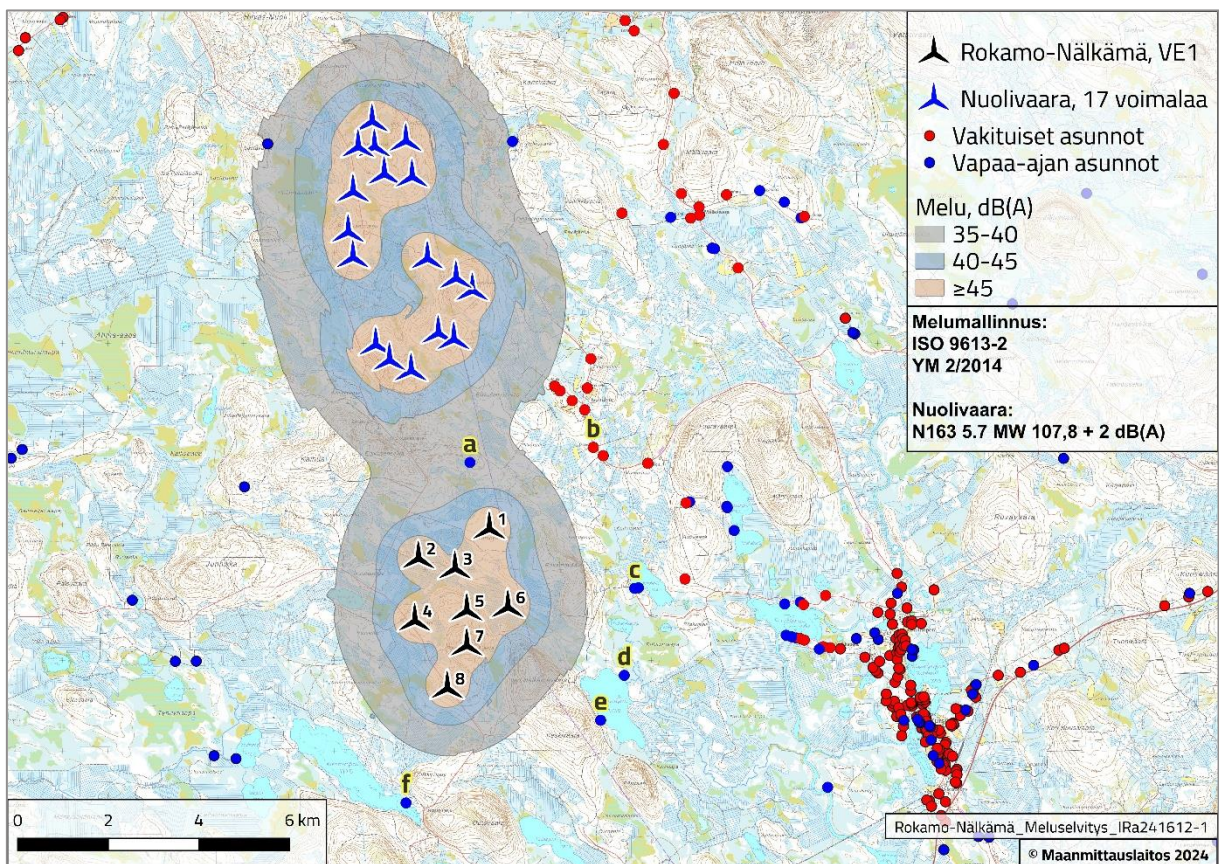
Melumallinnuksien mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dB(A). Alueen läheisyydestä on valittu 6 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 1.

Äänitaso lähimpien asuinrakennusten ja loma-asuntojen alueella on alle 40 dB(A), eli alle valtioneuvoston asetuksen mukaisen ohjearvon. Korkein äänitaso lähialueella sijaitsevan havaintopisteen kohdalla on 35,3 dB(A) (vapaa-ajan asunto a).

Tuulivoimapuiston alueella, voimaloiden välittömässä läheisyydessä, äänitaso on yli 45 dB(A), joten melulla saattaa olla vaikutuksia esimerkiksi alueen virkistyskäyttöön.

6.5 YHTEISVAIKUTUSTEN MALLINNUKSEEN, VE1

Alla esitellään meluvaikutukset, kun naapuripuiston tuulivoimalat on myös otettu huomioon. Rokamo-Nälkämän melumallinnuksissa on käytetty vaihtoehdon VE1 mukaisia voimalapaikkoja (8 voimalaa) ja voimalamallia WTG200 7,2 MW, jonka kokonaisäänitaso on 107,8 + 2,0 dB(A) ja napakorkeus 200 metriä. Nuolivaara (17 voimalaa) on mallinnettu voimalatyypillä Nordex N163 5.7 MW, jonka kokonaisäänitaso on 107,8 + 2,0 dB(A) ja napakorkeus 160 metriä. Naapurihankkeen koordinaatit löytyvät liitteestä 7.

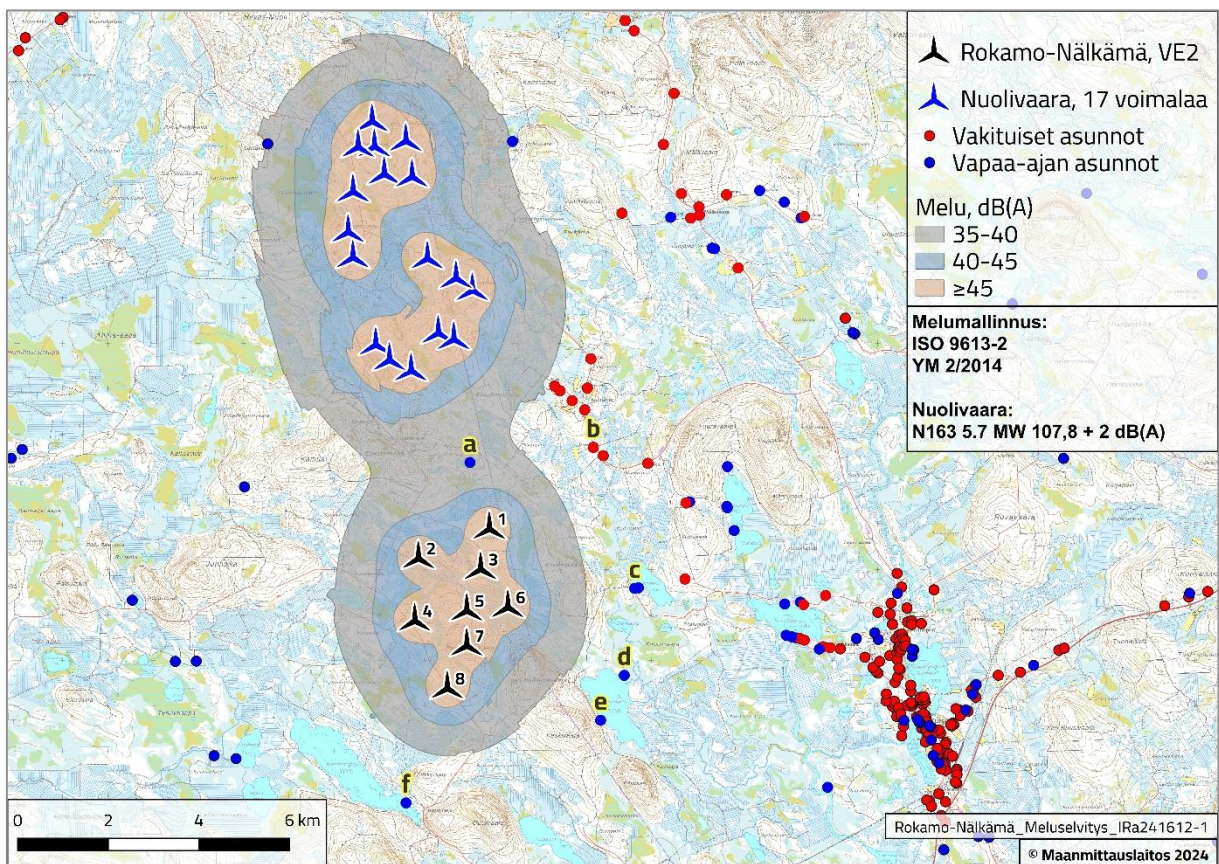


Kuva 3. Rokamo-Nälkämän (VE1) ja naapuripuiston yhteisvaikutusten melumallinnus.

Yhteisvaikutusten mallinnuksen mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dB(A). Korkein äänitaso Rokamo-Nälkämän alueella sijaitsevassa havaintopisteessä on 36,9 dB(A) (vapaa-ajan asunto a). Alueen läheisyydestä on valittu 6 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 2.

6.6 YHTEISVAIKUTUSTEN MALLINNUKSEEN, VE2

Alla esitellään meluvaikutukset, kun naapuripuiston tuulivoimalat on myös otettu huomioon. Rokamo-Nälkämän melumallinnuksissa on käytetty vaihtoehdon VE2 mukaisia voimalapaikkoja (8 voimalaa) ja voimalamallia WTG200 7,2 MW, jonka kokonaisäänitaso on 107,8 + 2,0 dB(A) ja napakorkeus 200 metriä. Nuolivaara (17 voimalaa) on mallinnettu voimalatyypillä Nordex N163 5.7 MW, jonka kokonaisäänitaso on 107,8 + 2,0 dB(A) ja napakorkeus 160 metriä. Naapurihankkeen koordinaatit löytyvät liitteestä 7.



Kuva 4. Rokamo-Nälkämän (VE2) ja naapuripuiston yhteisvaikutusten melumallinnus.

Yhteisvaikutusten mallinnuksen mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dB(A). Korkein äänitaso Rokamo-Nälkämän alueella sijaitsevassa havaintopisteessä on 36,9 dB(A) (vapaa-ajan asunto a). Alueen läheisyydestä on valittu 6 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 2.

6.7 PIENITAAJUINEN MELU

Pienitaajuinen melu on laskettu ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti.

Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle alittuvat selvästi lähimmissä asunnoissa. Vapaa-ajan asuntojenkin kohdalla sisätilojen toimenpiderajat alittuvat. Myös kauempana sijaitsevilla asunnoissa toimenpiderajat alittuvat, koska pienitaajuinen melu vähenee etäisyyden kasvaessa. Laskennan tulokset löytyvät liitteistä 3–6.

Laskennassa on käytetty laskentastandardissa todettuja äänieristysominaisuuksia, joten todellinen pienitaajuinen melu voi poiketa lasketusta arvosta (laskentamenetelmässä käytetään ainoastaan talojen keskimääräistä äänieristystä). Lasketut arvot eivät kuitenkaan ole lähellä asumisterveysasetuksen toimenpideraja-arvoja, joten arvion mukaan marginaalit ovat riittävät, eivätkä raja-arvot ylity. Lisäksi pienitaajuisen melun laskennassa on käytetty Turun Ammattikorkeakoulun tutkimuksessa (ANOJANSSI-projekti, 2020) ehdotettuja vaihtoehtoisia eristyskertoimia.

Tulosten perusteella voidaan todeta, että Rokamo-Nälkämän tuulivoimaloiden pienitaajuisen melun vaikutukset ovat melko vähäiset.

6.8 KÄYTÖN LOPETTAMISEN AIKAISET VAIKUTUKSET

Käytön lopettamisen aikaiset meluvaikutukset ovat samankaltaiset rakennusvaiheen vaikutusten kanssa. Ajallisesti meluvaikutukset ovat tuolloin lyhytkestoiset ja ne johtuvat työmaakoneiden äänistä ja liikenteestä. Käytön lopettamisen jälkeen alueen äänimaisema palaa samaan tilaan, kuin ennen tuulivoimapuiston rakentamista.

6.9 VAIKUTUSTEN ARVIOINNIN EPÄVARMUUSTEKIJÄT

Mallinnuksessa on käytetty ympäristöministeriön ohjeistuksen ja siellä mainittujen standardien mukaisia menetelmiä ja tulokset on raportoitu ohjeistuksen mukaisesti. Mallinnusmenetelmiin sisältyy aina pieni epävarmuus, jota on pienennetty mm. asiantuntijoiden yhteisesti päättämällä mallinnuksen lähtötiedoilla, jotka ympäristöministeriö on julkaissut.

7 HAITTOJEN EHKÄISEMINEN JA SEURANTA

Rakennusaikana meluhaittoja voidaan vähentää käyttämällä vähemmän melua aiheuttavia työkoneita ja ajoittamalla työt vähemmän häiritsevään aikaan vuorokaudesta.

Tuulivoimaloiden meluvaikutuksia voidaan säädellä vaikuttamalla äänilähteiden toimintaan. Konehuoneesta lähtevää ääntä voidaan vaimentaa lisäämällä konehuoneeseen eristeitä tai korjaamalla/muuttamalla tekniikkaa. Merkittävämpi vaimennus saadaan aikaan kuitenkin roottorin toimintaan vaikuttamalla.

Yksinkertaisesti voimalan ääntä saadaan vaimennettua hidastamalla roottorin pyörimistä tai säätämällä lapojen pyörimiskulmaa, mutta molemmilla tavoilla myös voimalan tuotanto pienenee. Säätämällä lähellä toisiaan pyörivien voimaloiden toimintaa, voidaan melua pienentää esimerkiksi muuttamalla lapojen kohtauskulmaa. Myös voimaloiden toimintaa voidaan tarvittaessa rajoittaa siten, että ohjearvot eivät ylitä herkällä alueella, joskaan tälle ei meluselvityksen tulosten mukaan ole tarvetta.

Melumallinnusten perusteella valtioneuvoston asetuksen ohjearvoja sekä STM:n antamia sisätilojen pienitaajuisen melun ohjearvoja ei ylitetä. Mikäli ohjearvoja kuitenkin ylitetään, voidaan tätä ehkäistä muuttamalla tuulivoimaloiden ajotapaa tai jopa pysäyttämällä haittaa aiheuttavat voimalat.

8 LÄHTEET

Bertagnolio, F. et.al. (2014). *Cyclic pitch for the control of wind turbine noise amplitude modulation*. Viitattu 14.1.2014. Saatavilla:
http://www.acoustics.asn.au/conference_proceedings/INTERNOISE2014/papers/p551.pdf.

Etha Wind (2022). *01_Noise_Checklist_ArM220707-1*. Internal work description.

Hongisto V., Radun J., Rajala V., et al. (2020) Anojanssi - Projektin Tulokset: Ympäristömelun Häiritsevyys. Turun ammattikorkeakoulu.
 Saatavilla: <http://julkaisut.turkuamk.fi/isbn9789522167606.pdf>

Maanmittauslaitos (2023). *Maanmittauslaitoksen avoimen tietoaaineiston CC 4.0 -lisenssi*.
<http://www.maanmittauslaitos.fi/asioi-verkossa/avoimien-aineistojen-tiedostopalvelu>

Nordex (2024). Third Octave Sound Power Levels Nordex N163/5.X. F008_276_A17_EN.

Sosiaali- ja Terveysministeriö (2015). *Asumisterveysasetus. Helsinki*. Saatavilla:
<http://www.stm.fi/tiedotteet/tiedote/-/view/1907834>

Valtioneuvosto (2015). *Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista*.
 Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20151107>

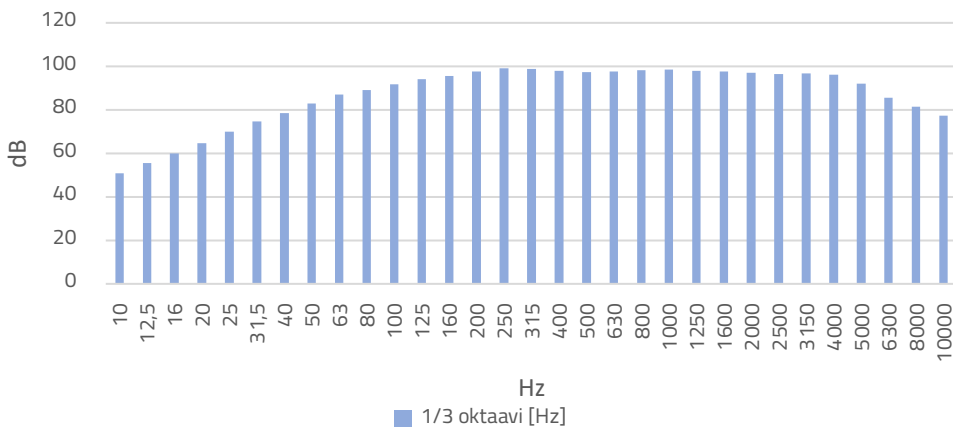
Vestas (2022). *Third Octave Noise emission EnVentus™ WTG200-7.2MW*. DMS 0128-4336_00.
 Date: 2022-06-30

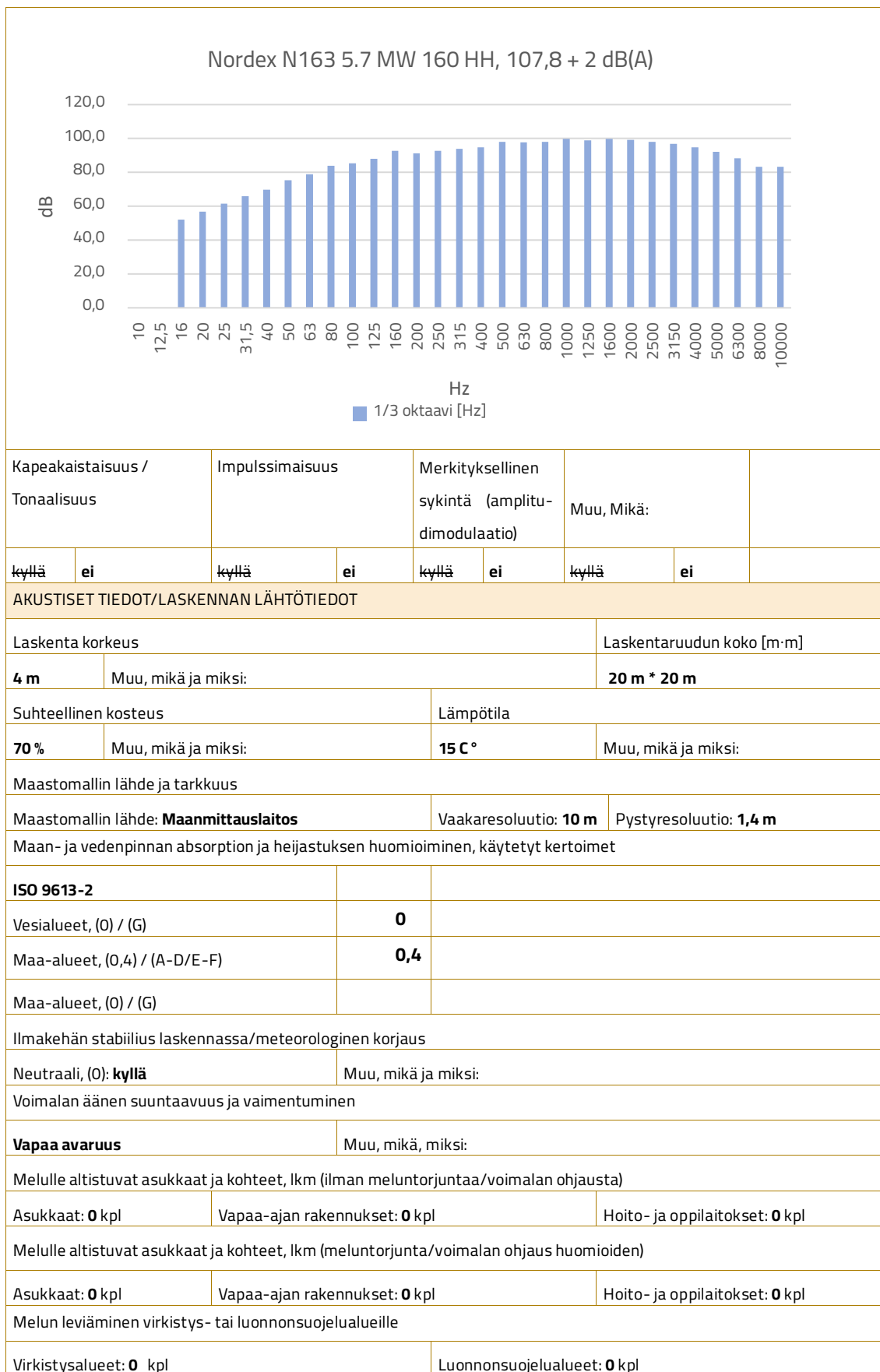
Ympäristöministeriö (2016). *Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016*. Saatavilla:
<https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10138/42937>

Ympäristöministeriö (2014). *Tuulivoimaloiden melun mallintaminen. Helsinki*. Saatavilla:
https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/42937/OH_2_2014.pdf?sequence=1

Ympäristöministeriö, (2016). Yhteenveto tuulivoimaloiden melupäästön takuuarvon käyttämisestä meluselvityksissä liittyvästä kyselystä. PDF-document

9 MALLINNUSTIETOJEN RAPORTTI, ROKAMO-NÄLKÄMÄ

RAPORTIN JA RAPORTOIJAN TIEDOT		*tarkentavat tiedot voi esittää kartalla tai muissa liitteissä	
Mallinnusraportti numero/tunniste: IRa241612-1		Raportin hyväksyntäpäivämäärä: 17.12.2024	
Tekijä/organisaatio, yhteystiedot: Etha Oy, Vaasanpuistikko 14 B11, 65100 VAASA, puh. +358 2900 20440			
Vastuuhenkilöt: Ilona Rämä			
Laatija: Ilona Rämä		Tarkastaja/hyväksyjä: Ilmari Katajamäki	
MALLINNUSOHJELMAN TIEDOT			
Mallinnusohjelma ja versio: windPRO Ver4.1		Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2	
TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN TIEDOT)			
Tuulivoimalan valmistaja: -		Tyyppi: WTG200 7,2 MW	Sarjanumero/t:
Nimellisteho: 7,2 MW	Napakorkeus: 200 m	Roottorin halkaisija: 200 m	Tornin tyyppi: Putkitorni
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun			
Lapakulman säätö		Pyörimisnopeus	
Kyllä	dB	Kyllä	dB
Ei	Ei tiedossa	Ei	Ei tiedossa
Muu, mikä			
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT			
Melupäästötiedot WTG200 7,2 MW 200 m HH (Tuulivoimalavalmistajan ilmoittama takuuarvo: 107,8 dB(A) + 2,0 dB(A))			
Vestas WTG200 7.2 MW 200 HH, 107,8 + 2 dB(A)  1/3 oktaavi [Hz]			
Melupäästötiedot Nordex N163 5.7 MW 160 m HH (Tuulivoimalavalmistajan ilmoittama takuuarvo: 107,8 dB(A)+2,0 dB(A))			



LIITE 1: MELUMALLINNUKSEN TULOKSET

Taulukko 7. Rokamo-Nälkämän mallinnuksen meluarvot valituissa kohteissa.

Havainno intipiste	Asunnon luokka	Itäinen Koord. (ETRS- TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS- TM35FIN)	Ohjearvo [dB(A)]	VE1 Melu [dB(A)]	VE2 Melu [dB(A)]	Ohjearvojen ylitys
a	Vapaa-ajan asunto	539997	7411307	40	35,3	35,3	Ei
b	Vakituinen asunto	542721	7411700	40	29,0	29,0	Ei
c	Vapaa-ajan asunto	543633	7408589	40	30,3	30,3	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	543403	7406667	40	29,8	29,8	Ei
e	Vapaa-ajan asunto	542881	7405676	40	29,6	29,6	Ei
f	Vapaa-ajan asunto	538585	7403850	40	29,1	29,1	Ei

LIITE 2: MELUMALLINNUKSEN TULOKSET: YHTEISVAIKUTUKSET

Taulukko 8. Rokamo-Nälkämän ja naapuripuiston yhteisvaikutukset. Meluarvot valituissa kohteissa.

Havainno intipiste	Asunnon luokka	Itäinen Koord. (ETRS- TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS- TM35FIN)	Ohjearvo [dB(A)]	VE1 Melu [dB(A)]	VE2 Melu [dB(A)]	Ohjearvojen ylitys
a	Vapaa-ajan asunto	539997	7411307	40	36,9	36,9	Ei
b	Vakituinen asunto	542721	7411700	40	31,2	31,2	Ei
c	Vapaa-ajan asunto	543633	7408589	40	30,8	30,8	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	543403	7406667	40	30,2	30,2	Ei
e	Vapaa-ajan asunto	542881	7405676	40	30,0	30,0	Ei
f	Vapaa-ajan asunto	538585	7403850	40	29,4	29,4	Ei

LIITE 3: PIENITAAJUISEN MELUN LASKENTA (VE1)

Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle alittuvat lähimmissä asunnoissa. Myös kauempana sijaitsevilla asunnoissa toimenpiderajat alittuvat, koska pienitaajuinen melu vähenee etäisyyden kasvaessa. Vapaa-ajan asuntojenkin kohdalla toimenpiderajat alittuvat. Pienitaajuinen melu on laskettu Rokamo-Nälkämän vaihtoehdolle VE1 (8 tuulivoimalaa).

Taulukko 9. Pienitaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella.

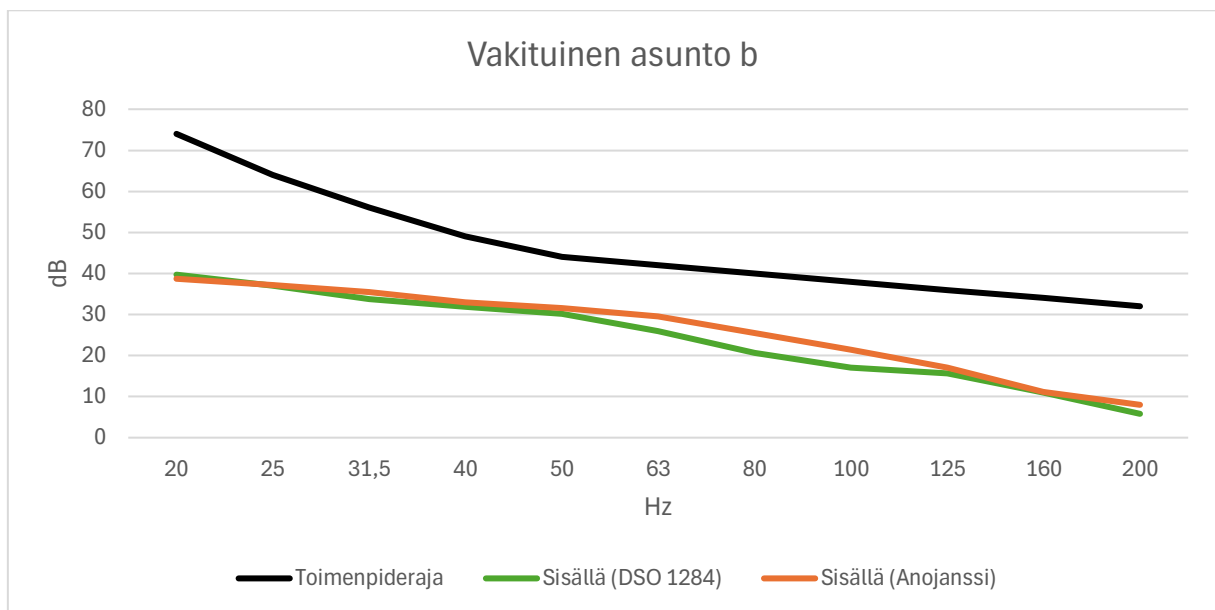
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)					
	a	b	c	d	e	f
20	50.4	46.3	47.3	47.0	46.8	46.3
25	49.6	45.4	46.4	46.1	46.0	45.5
31,5	48.8	44.6	45.5	45.2	45.1	44.6
40	47.5	43.3	44.3	44.0	43.8	43.3
50	47.4	43.1	44.1	43.8	43.7	43.1
63	46.8	42.5	43.4	43.1	43.0	42.5
80	44.6	40.3	41.3	40.9	40.8	40.3
100	42.8	38.3	39.3	39.0	38.9	38.3
125	40.6	35.9	36.9	36.6	36.5	35.9
160	37.3	32.2	33.3	33.0	32.8	32.3
200	36.3	30.8	32.0	31.6	31.5	30.9

Taulukko 10. Pienitaajuinen melu sisätiloissa, käyttäen DSO 1284 mukaisia ääneneristävyysarvoja.

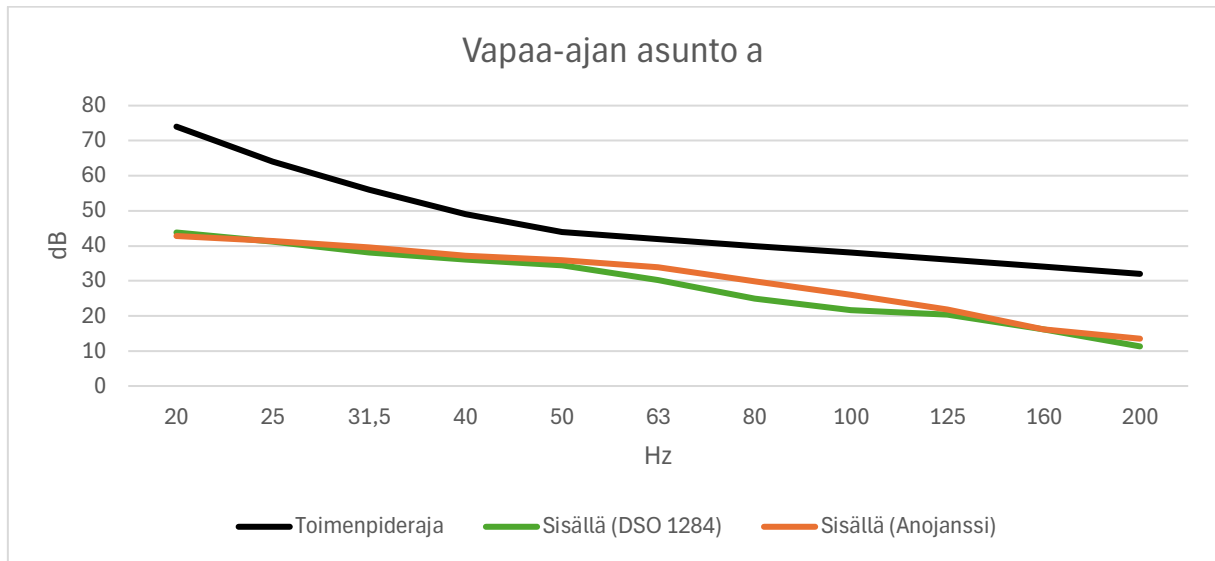
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)					
	a	b	c	d	e	f
20	43.8	39.7	39.7	39.7	39.7	39.7
25	41.2	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0
31,5	38.0	33.8	33.8	33.8	33.8	33.8
40	36.1	31.9	31.9	31.9	31.9	31.9
50	34.4	30.1	30.1	30.1	30.1	30.1
63	30.2	25.9	25.9	25.9	25.9	25.9
80	24.9	20.6	20.6	20.6	20.6	20.6
100	21.6	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1
125	20.4	15.7	15.7	15.7	15.7	15.7
160	16.1	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0
200	11.3	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8

Taulukko 11. Pienitaajuinen melu sisätiloissa, käyttäen Anojanssi-projektin mukaisia ääneneristävyyssarvoja.

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)					
	a	b	c	d	e	f
20	42.8	38.7	39.7	39.4	39.2	38.7
25	41.3	37.1	38.1	37.8	37.7	37.2
31,5	39.6	35.4	36.3	36.0	35.9	35.4
40	37.2	33.0	34.0	33.7	33.5	33.0
50	35.9	31.6	32.6	32.3	32.2	31.6
63	33.8	29.5	30.4	30.1	30.0	29.5
80	29.8	25.5	26.5	26.1	26.0	25.5
100	26.0	21.5	22.5	22.2	22.1	21.5
125	21.8	17.1	18.1	17.8	17.7	17.1
160	16.2	11.1	12.2	11.9	11.7	11.2
200	13.5	8.0	9.2	8.8	8.7	8.1



Kuva 5. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vakituksessa asunnossa b.



Kuva 6. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vapaa-ajan asunnossa a.

LIITE 4: PIENITAAJUISEN MELUN LASKENTA (VE2)

Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle alittuvat lähimmissä asunnoissa. Myös kauempana sijaitsevilla asunnoilla toimenpiderajat alittuvat, koska pienitaajuinen melu vähenee etäisyyden kasvaessa. Vapaa-ajan asuntojenkin kohdalla toimenpiderajat alittuvat. Pienitaajuinen melu on laskettu Rokamo-Nälkämän vaihtoehdolle VE2 (8 tuulivoimalaa).

Taulukko 12. Pienitaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella.

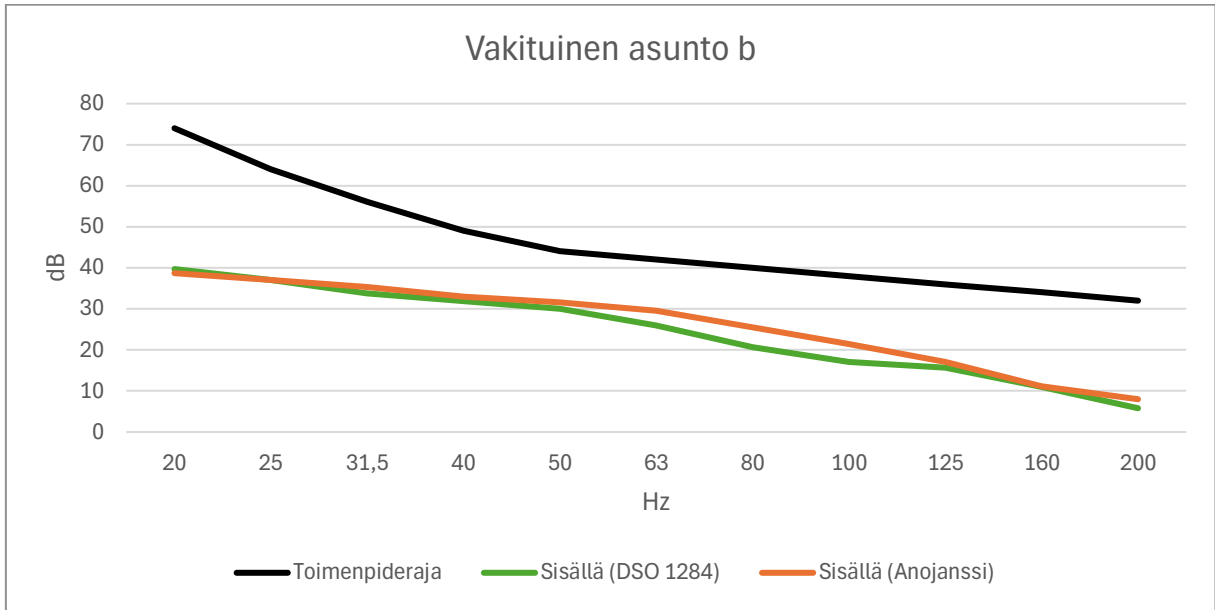
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)					
	a	b	c	d	e	f
20	50.4	46.3	47.3	47.0	46.8	46.3
25	49.6	45.4	46.4	46.1	46.0	45.5
31,5	48.8	44.6	45.5	45.2	45.1	44.6
40	47.5	43.3	44.3	44.0	43.8	43.3
50	47.4	43.1	44.1	43.8	43.7	43.1
63	46.8	42.5	43.4	43.1	43.0	42.5
80	44.6	40.3	41.3	40.9	40.8	40.3
100	42.8	38.3	39.3	39.0	38.9	38.3
125	40.6	35.9	36.9	36.6	36.5	35.9
160	37.3	32.2	33.3	33.0	32.8	32.3
200	36.3	30.8	32.0	31.6	31.5	30.9

Taulukko 13. Pienitaajuinen melu sisätiloissa, käyttäen DSO 1284 mukaisia ääneneristävyyssarvoja.

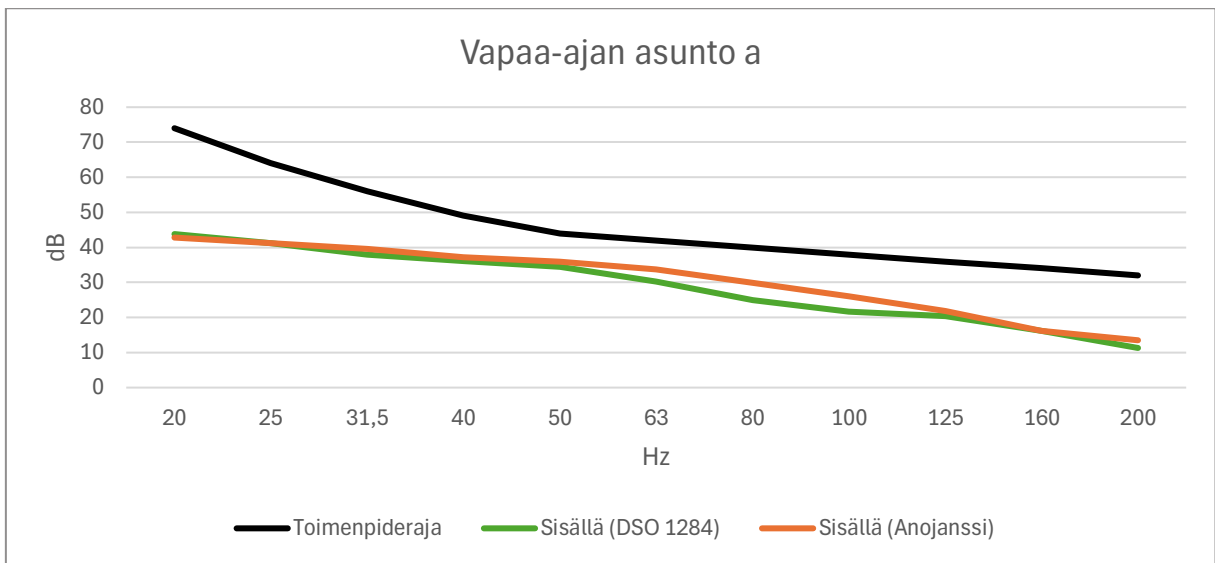
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)					
	a	b	c	d	e	f
20	43.8	39.7	40.7	40.4	40.2	39.7
25	41.2	37.0	38.0	37.7	37.6	37.1
31,5	38.0	33.8	34.7	34.4	34.3	33.8
40	36.1	31.9	32.9	32.6	32.4	31.9
50	34.4	30.1	31.1	30.8	30.7	30.1
63	30.2	25.9	26.8	26.5	26.4	25.9
80	24.9	20.6	21.6	21.2	21.1	20.6
100	21.6	17.1	18.1	17.8	17.7	17.1
125	20.4	15.7	16.7	16.4	16.3	15.7
160	16.1	11.0	12.1	11.8	11.6	11.1
200	11.3	5.8	7.0	6.6	6.5	5.9

Taulukko 14. Pienitaajuinen melu sisätiloissa, käyttäen Anojanssi-projektin mukaisia ääneneristävyyssarvoja.

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)					
	a	b	c	d	e	f
20	42.8	38.7	39.7	39.4	39.2	38.7
25	41.3	37.1	38.1	37.8	37.7	37.2
31,5	39.6	35.4	36.3	36.0	35.9	35.4
40	37.2	33.0	34.0	33.7	33.5	33.0
50	35.9	31.6	32.6	32.3	32.2	31.6
63	33.8	29.5	30.4	30.1	30.0	29.5
80	29.8	25.5	26.5	26.1	26.0	25.5
100	26.0	21.5	22.5	22.2	22.1	21.5
125	21.8	17.1	18.1	17.8	17.7	17.1
160	16.2	11.1	12.2	11.9	11.7	11.2
200	13.5	8.0	9.2	8.8	8.7	8.1



Kuva 7. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vakituksessa asunnossa b.



Kuva 8. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vapaa-ajan asunnossa a.

LIITE 5: PIENITAAJUISEN MELUN LASKENTA, YHTEISVAIKUTUKSET (VE1)

Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle alittuvat lähimmissä asunnoissa. Myös kauempana sijaitsevilla asunnoissa toimenpiderajat alittuvat, koska pientaajuinen melu vähenee etäisyyden kasvaessa. Vapaa-ajan asuntojenkin kohdalla toimenpiderajat alittuvat. Pientaajuinen melu on laskettu tilanteessa, jossa Rokamo-Nälkämä (8 voimalaa) ja naapuripuisto Nuolivaara (17 tuulivoimalaa) ovat toiminnassa.

Taulukko 15. Pientaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella.

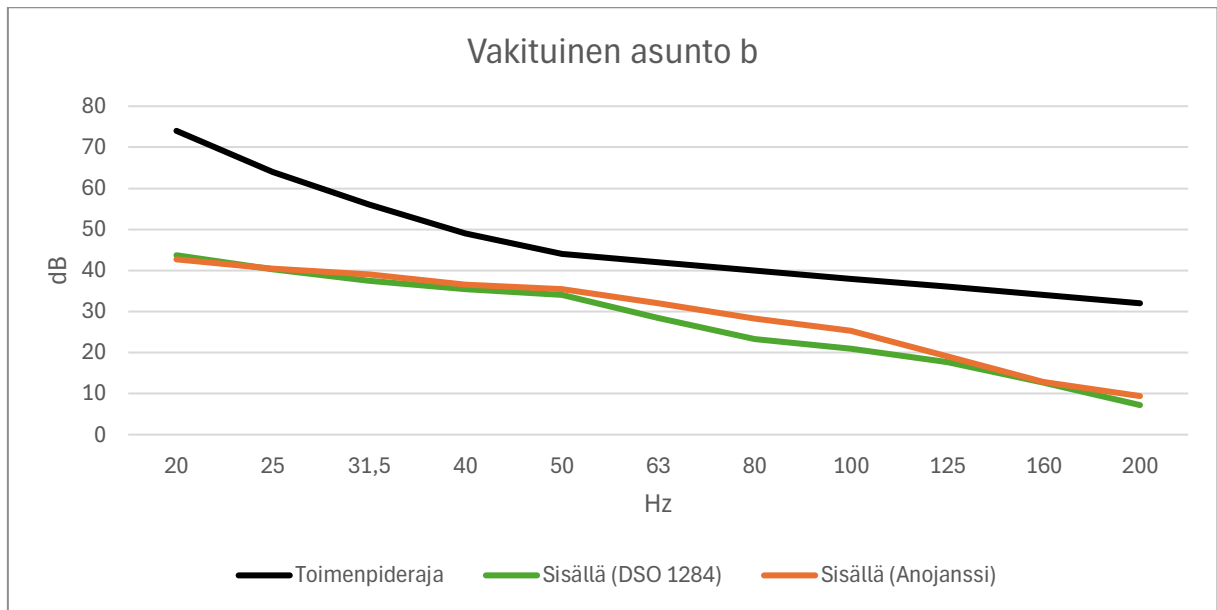
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)					
	a	b	c	d	e	f
20	53.7	50.3	49.1	48.4	48.2	47.6
25	52.2	48.7	47.8	47.2	47.0	46.4
31,5	51.8	48.3	47.1	46.5	46.3	45.7
40	50.4	46.9	45.8	45.2	44.9	44.4
50	50.5	47.0	45.7	45.1	44.8	44.3
63	48.7	45.0	44.4	43.8	43.7	43.1
80	46.8	43.0	42.2	41.7	41.5	40.9
100	45.9	42.1	40.7	40.0	39.8	39.2
125	42.1	37.8	37.5	37.0	36.8	36.2
160	38.6	33.9	33.8	33.2	33.1	32.5
200	37.4	32.2	32.3	31.8	31.6	31.0

Taulukko 16. Pientaajuinen melu sisätiloissa, käyttäen D50 1284 mukaisia ääneneristävyysarvoja.

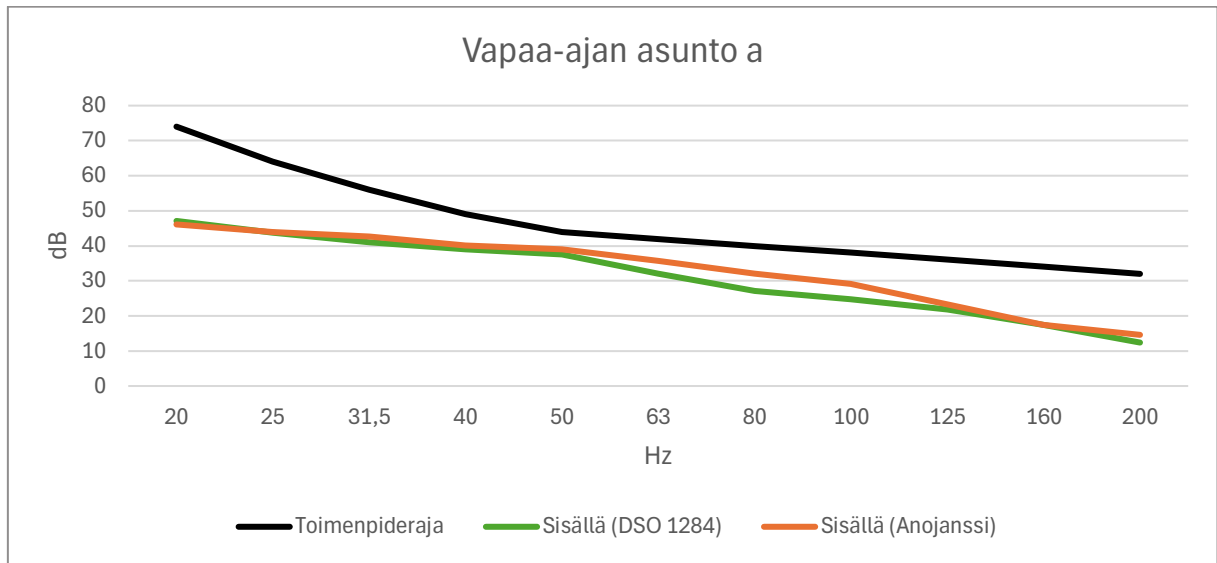
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)					
	a	b	c	d	e	f
20	47.1	43.7	42.5	41.8	41.6	41.0
25	43.8	40.3	39.4	38.8	38.6	38.0
31,5	41.0	37.5	36.3	35.7	35.5	34.9
40	39.0	35.5	34.4	33.8	33.5	33.0
50	37.5	34.0	32.7	32.1	31.8	31.3
63	32.1	28.4	27.8	27.2	27.1	26.5
80	27.1	23.3	22.5	22.0	21.8	21.2
100	24.7	20.9	19.5	18.8	18.6	18.0
125	21.9	17.6	17.3	16.8	16.6	16.0
160	17.4	12.7	12.6	12.0	11.9	11.3
200	12.4	7.2	7.3	6.8	6.6	6.0

Taulukko 17. Pienitaajuinen melu sisätiloissa, käyttäen Anojanssi-projektin mukaisia ääneneristävyysarvoja.

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)					
	a	b	c	d	e	f
20	46.1	42.7	41.5	40.8	40.6	40.0
25	43.9	40.4	39.5	38.9	38.7	38.1
31,5	42.6	39.1	37.9	37.3	37.1	36.5
40	40.1	36.6	35.5	34.9	34.6	34.1
50	39.0	35.5	34.2	33.6	33.3	32.8
63	35.7	32.0	31.4	30.8	30.7	30.1
80	32.0	28.2	27.4	26.9	26.7	26.1
100	29.1	25.3	23.9	23.2	23.0	22.4
125	23.3	19.0	18.7	18.2	18.0	17.4
160	17.5	12.8	12.7	12.1	12.0	11.4
200	14.6	9.4	9.5	9.0	8.8	8.2



Kuva 9. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vakituksessa asunnossa b.



Kuva 10. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vapaa-ajan asunnossa a.

LIITE 6: PIENITAAJUISEN MELUN LASKENTA, YHTEISVAIKUTUKSET (VE2)

Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle alittuvat lähimmissä asunnoissa. Myös kauempana sijaitsevilla asunnoissa toimenpiderajat alittuvat, koska pientaajuinen melu vähenee etäisyyden kasvaessa. Vapaa-ajan asuntojenkin kohdalla toimenpiderajat alittuvat. Pientaajuinen melu on laskettu tilanteessa, jossa Rokamo-Nälkämä (8 voimalaa) ja naapuripuisto Nuolivaara (17 tuulivoimalaa) ovat toiminnassa.

Taulukko 18. Pientaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella.

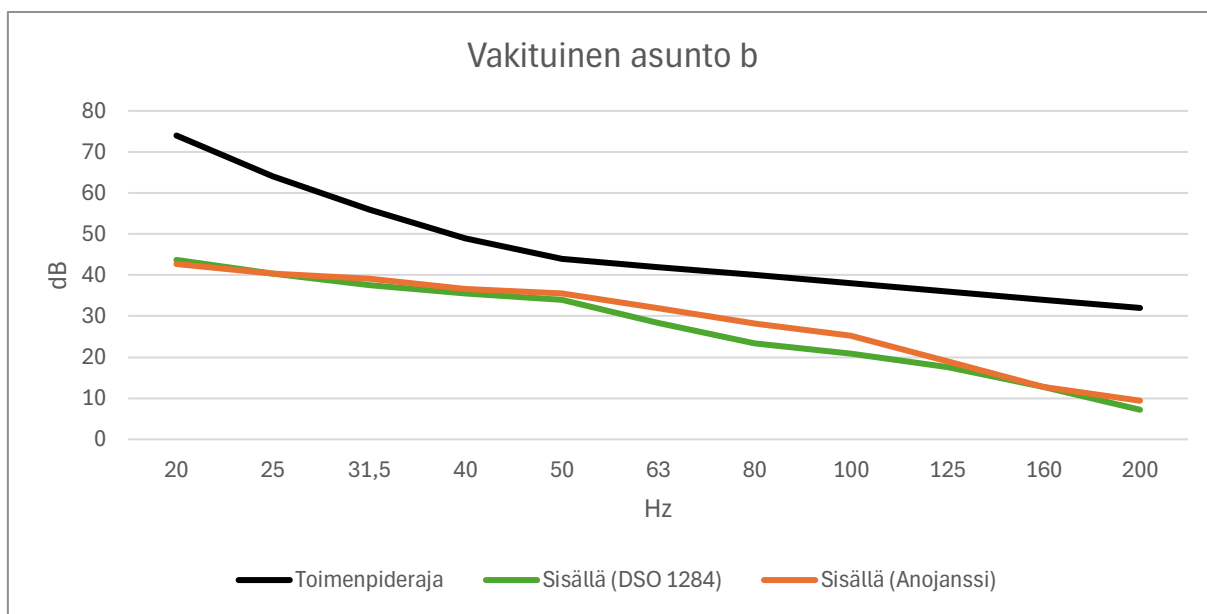
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)					
	a	b	c	d	e	f
20	53.7	50.3	49.1	48.4	48.2	47.6
25	52.2	48.7	47.8	47.2	47.0	46.4
31,5	51.8	48.3	47.1	46.5	46.3	45.7
40	50.4	46.9	45.8	45.2	44.9	44.4
50	50.5	47.0	45.7	45.1	44.8	44.3
63	48.7	45.0	44.4	43.8	43.7	43.1
80	46.8	43.0	42.2	41.7	41.5	40.9
100	45.9	42.1	40.7	40.0	39.8	39.2
125	42.1	37.8	37.5	37.0	36.8	36.2
160	38.6	33.9	33.8	33.2	33.1	32.5
200	37.4	32.2	32.3	31.8	31.6	31.0

Taulukko 19. Pientaajuinen melu sisätiloissa, käyttäen DSO 1284 mukaisia ääneneristävyysarvoja.

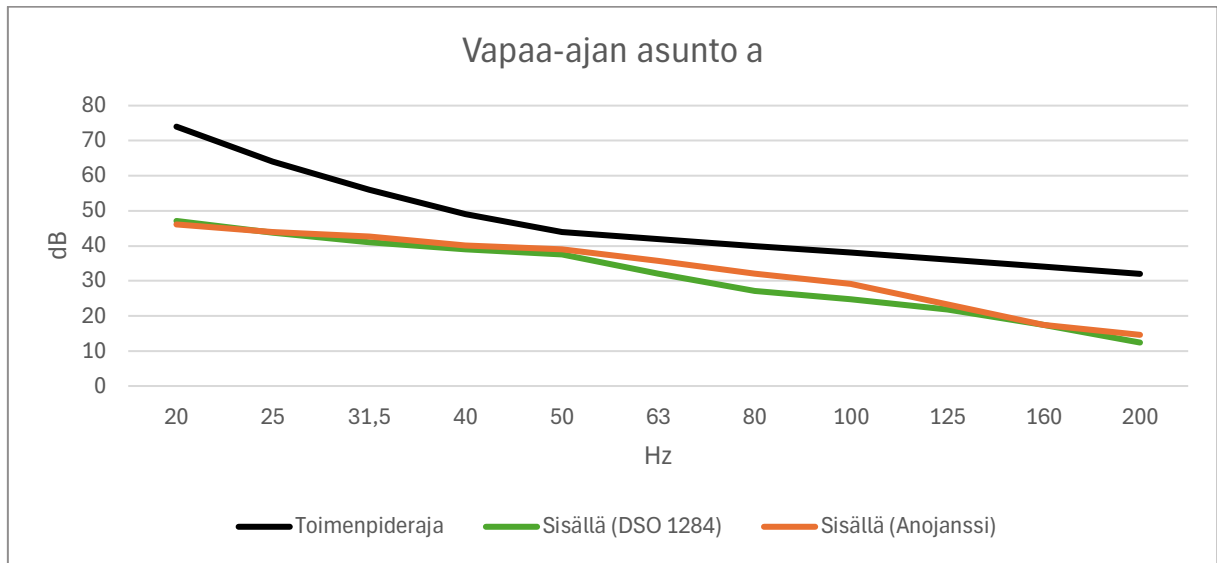
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)					
	a	b	c	d	e	f
20	47.1	43.7	42.5	41.8	41.6	41.0
25	43.8	40.3	39.4	38.8	38.6	38.0
31,5	41.0	37.5	36.3	35.7	35.5	34.9
40	39.0	35.5	34.4	33.8	33.5	33.0
50	37.5	34.0	32.7	32.1	31.8	31.3
63	32.1	28.4	27.8	27.2	27.1	26.5
80	27.1	23.3	22.5	22.0	21.8	21.2
100	24.7	20.9	19.5	18.8	18.6	18.0
125	21.9	17.6	17.3	16.8	16.6	16.0
160	17.4	12.7	12.6	12.0	11.9	11.3
200	12.4	7.2	7.3	6.8	6.6	6.0

Taulukko 20. Pienitaajuinen melu sisätiloissa, käyttäen Anojanssi-projektin mukaisia ääneneristävyyssarvoja.

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)					
	a	b	c	d	e	f
20	46.1	42.7	41.5	40.8	40.6	40.0
25	43.9	40.4	39.5	38.9	38.7	38.1
31,5	42.6	39.1	37.9	37.3	37.1	36.5
40	40.1	36.6	35.5	34.9	34.6	34.1
50	39.0	35.5	34.2	33.6	33.3	32.8
63	35.7	32.0	31.4	30.8	30.7	30.1
80	32.0	28.2	27.4	26.9	26.7	26.1
100	29.1	25.3	23.9	23.2	23.0	22.4
125	23.3	19.0	18.7	18.2	18.0	17.4
160	17.5	12.8	12.7	12.1	12.0	11.4
200	14.6	9.4	9.5	9.0	8.8	8.2



Kuva 11. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vakituksessa asunnossa b



Kuva 12. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vapaa-ajan asunnossa a.

LIITE 7: SJOITUSSUUNNITELMAT

Voimaloiden sijainnit on esitetty alla olevissa taulukoissa.

Taulukko 21. Rokamo-Nälkämän voimaloiden sijaintitiedot, VE1 (8 voimalaa).

Voimalan ID	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Tuulivoimalatyyppi
1	540420	7409928	WTG200 7.2 MW, 200m HH, 107,8 +2,0 dB(A)
2	538854	7409276	WTG200 7.2 MW, 200m HH, 107,8 +2,0 dB(A)
3	539661	7409051	WTG200 7.2 MW, 200m HH, 107,8 +2,0 dB(A)
4	538774	7407899	WTG200 7.2 MW, 200m HH, 107,8 +2,0 dB(A)
5	539922	7408121	WTG200 7.2 MW, 200m HH, 107,8 +2,0 dB(A)
6	540829	7408196	WTG200 7.2 MW, 200m HH, 107,8 +2,0 dB(A)
7	539922	7407349	WTG200 7.2 MW, 200m HH, 107,8 +2,0 dB(A)
8	539492	7406406	WTG200 7.2 MW, 200m HH, 107,8 +2,0 dB(A)

Taulukko 22. Rokamo-Nälkämän voimaloiden sijaintitiedot, VE2 (8 voimalaa).

Voimala n ID	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Tuulivoimalatyyppi
1	540420	7409928	WTG200 7.2 MW, 200m HH, 107,8+2,0 dB(A)
2	538854	7409276	WTG200 7.2 MW, 200m HH, 107,8+2,0 dB(A)
3	540228	7409036	WTG200 7.2 MW, 200m HH, 107,8+2,0 dB(A)
4	538774	7407899	WTG200 7.2 MW, 200m HH, 107,8+2,0 dB(A)
5	539922	7408121	WTG200 7.2 MW, 200m HH, 107,8+2,0 dB(A)
6	540829	7408196	WTG200 7.2 MW, 200m HH, 107,8+2,0 dB(A)
7	539922	7407349	WTG200 7.2 MW, 200m HH, 107,8+2,0 dB(A)
8	539492	7406406	WTG200 7.2 MW, 200m HH, 107,8+2,0 dB(A)

Taulukko 23. Nuolivaaran voimaloiden sijaintitiedot (17 voimalaa).

Voimalan ID	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Tuulivoimalatyyppi
1	537303	7416484	N163 5.7 MW 160 HH, 107,8 + 2 dB(A)
2	537409	7415920	N163 5.7 MW 160 HH, 107,8 + 2 dB(A)
3	537411	7417374	N163 5.7 MW 160 HH, 107,8 + 2 dB(A)
4	537523	7418361	N163 5.7 MW 160 HH, 107,8 + 2 dB(A)
5	537832	7418926	N163 5.7 MW 160 HH, 107,8 + 2 dB(A)
6	537883	7418369	N163 5.7 MW 160 HH, 107,8 + 2 dB(A)
7	537912	7413993	N163 5.7 MW 160 HH, 107,8 + 2 dB(A)
8	538100	7417762	N163 5.7 MW 160 HH, 107,8 + 2 dB(A)
9	538215	7413653	N163 5.7 MW 160 HH, 107,8 + 2 dB(A)
10	538576	7418493	N163 5.7 MW 160 HH, 107,8 + 2 dB(A)
11	538692	7413422	N163 5.7 MW 160 HH, 107,8 + 2 dB(A)
12	538713	7417702	N163 5.7 MW 160 HH, 107,8 + 2 dB(A)
13	539053	7415897	N163 5.7 MW 160 HH, 107,8 + 2 dB(A)
14	539292	7414253	N163 5.7 MW 160 HH, 107,8 + 2 dB(A)
15	539636	7414115	N163 5.7 MW 160 HH, 107,8 + 2 dB(A)
16	539685	7415463	N163 5.7 MW 160 HH, 107,8 + 2 dB(A)
17	540046	7415195	N163 5.7 MW 160 HH, 107,8 + 2 dB(A)



VÄLKESELVITYS

Rokamo-Nälkämän Tuulipuisto

11.12.2024

SISÄLLYSLUETTELO

1	YHTEENVETO	2
2	TAUSTA.....	3
3	VARJOVÄLKKEEN MUODOSTUMINEN	3
3.1	Ohje- ja raja-arvot.....	4
3.2	Varjovälkkeen lähtötiedot ja menetelmät	5
4	VÄLKEVAIKUTUKSET	8
4.1	VAIHTOEHDON VE1 VÄLKEVAIKUTUKSET	8
4.2	VAIHTOEHDON VE2 VÄLKEVAIKUTUKSET	9
4.3	Yhteisvaikutusten mallinnus.....	11
4.3.1	VAIHTOEHDON VE1 VÄLKEVAIKUTUKSET	11
4.3.2	VAIHTOEHDON VE2 VÄLKEVAIKUTUKSET	13
4.4	Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät	15
4.5	Haittojen ehkäiseminen ja seuranta	16
5	LÄHTEET	16
	Liite 1: Sijoitussuunnitelma	17

VERSIOHISTORIA

Versio	Tekijä, Päivämäärä	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
Ver 1	Arina Makarova, 2024-12-12	Ilmari Katajamäki 2024-12-16	Ilmari Katajamäki 2024-12-16	Rokamo-Nälkämän tuulivoimapuiston välkeselvitys.

1 YHTEENVETO

Tehtävä:

Välkeselvitys Rokamo-Nälkämän tuulivoimapuiston vaikutusalueella. Selvityksessä on otettu huomioon myös viereinen tuotannossa oleva tuulivoimapuisto Nuolivaara.

Työmenetelmät:

Välkeselvitykseen on kerätty ajantasaista tietoa tuulivoimaloiden varjon välkkeen ominaispiirteistä, välkkeen ohjearvoista, paikallisista olosuhteista sekä mallinnusmenetelmistä. Pääasiallisena laskentatyökaluna on käytetty WindPRO Ver4.1 ohjelmiston SHADOW-moduulia. Mallinnuksessa ja raportoinnissa on käytetty ympäristöministeriön vuonna 2016 julkaisemia ohjeita raportista Tuulivoimarakentamisen suunnittelu (Ympäristöministeriö, 2016). Vaikutusten arvioinnissa käytetyt laskentaparametrit on taulukoitu tässä raportissa.

Tulokset:

Suomen lainsäädännössä ei ole määritelty välkevaikutukselle raja-arvoja tai suosituksia. Ympäristöhallinnon ohjeen OH 5/2016 mukaan Suomessa vaikutuksia arvioitaessa on suositeltavaa käyttää apuna muiden maiden ohjearvoja. Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitetä Rokamo-Nälkämän tuulivoimapuiston yhdessäkään havainnointipisteissä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 h/v ei ylitetä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 minuuttia päivässä ylitetään yhdessä havainnointipisteessä.

Kohtuuton haitta varjovälkkeestä pystytään ehkäisemään pysäyttämällä välkettä aiheuttavat voimalat kriittiseksi ajaksi. Voimalat voidaan ohjelmoida pysähtymään automaattisesti vallitsevien sääolosuhteiden mukaisesti, kun välkettä muodostuisi herkälle alueelle (flicker control).

Taulukko 1. Yhteenveto vertailuarvojen ylityksistä. Taulukko kertoo kuinka monessa rakennuksessa (vakituinen tai vapaa-ajan asunto) kyseinen vertailuarvo ylitetään.

Vertailuarvo	VE1	VE2	Yhteisvaikutukset, VE1	Yhteisvaikutukset, VE2
> 10 h/v, todellinen tilanne	0	0	0	0
> 8 h/v, todellinen tilanne	0	0	0	0
> 30 h/v, teoreettinen maksimi	0	0	0	0
> 30 min/pv, teoreettinen maksimi	1	1	1	1

2 TAUSTA

Välkeselvitys on tehty Rokamo-Nälkämän tuulivoimapuistolle Kemijärven kunnan alueella. Suunniteltu tuulivoimapuisto on kokonaisuudessaan 8 voimalan laajuinen. Molemmat sijoitus suunnitelmat VE1 ja VE2 koostuvat 8 tuulivoimalasta ja ainoa ero näiden välillä on voimalanumeron 3 sijainnissa. Välkeselvitys on osa hankkeen vaikutusten arviointia ympäristövaikutusten arviointi- ja kaavoitusmenettelyssä. Välkemallinnus on tehty voimalalla, jonka napakorkeus on 200 metriä ja roottorin halkaisija 200 metriä, jolloin voimalan kokonaiskorkeus on 300 metriä.

Välkeselvitys on tehty windPRO 4.1 ohjelmiston SHADOW-moduulia käyttäen. Tulosten arvioinnissa on käytetty Saksan ja Ruotsin suositusarvoja (LAI, 2002; Boverket, 2009). Etha Oy on tarkistanut lähtötietojen oikeellisuuden ja vastaa siitä, että laskenta on oikein suoritettu.

3 VARJOVÄLKKEEN MUODOSTUMINEN

Tuulivoimaloiden roottorin pyörimisestä aiheutuu säännöllisesti välkkyvää varjovaikutusta, kun voimala pyörii tarkastelupisteen ja auringon välissä. Välkkeen määrä riippuu sääolosuhteista siten, että esimerkiksi pilvisellä säällä välkettä ei esiinny. Kesällä välkevaikutukset ovat laajimmillaan aamuisin ja iltaisin, kun aurinko on matalalla. Talvisin välkettä voidaan havaita laajemmalla alueella myös päivällä. Etäisyyden kasvaessa tuulivoimalan ja tarkastelupisteen välissä, välkkeen vaikutus pienenee. Kun tuulivoimala ei pyöri, välkettä ei esiinny. Välkevaikutus riippuu myös tuulen suunnasta eli roottorin kulmasta havainnointipisteeseen nähden.

Havaintopaikkaan kohdistuva varjovälke ei ole jatkuvaa, vaan välkkeen ajankohta ja kesto aika vaihtelevat vuorokauden ja vuodenajan mukaan. Yhtäjaksoista välkettä esiintyy yleensä 0-30 minuuttia päivässä riippuen havainnointipaikan suhteesta väkelähteeseen.

Ihmiset kokevat välkevaikutukset, kuten muutkin vaikutukset, hyvin eri tavoin. Suositusarvot ylittävä määrä varjovälkettä asuinalueella voi vaikuttaa asukkaiden viihtyvyyteen. Se havaitaanko varjovälkettä asuinalueella, loma-asunnolla tai työmaa-alueella, vaikuttaa ilmiön häiritsevyyteen. Myös eri hankkeiden varjovälkkeen kumuloituminen voi vaikuttaa lähialueen asuinvihtyvyyteen sekä virkistyskäyttöön.



Kuva 1. Varjovälkettä muodostuu, kun tuulivoimala pyörii tarkastelupisteen ja auringon välissä, aurinkoisella ja pilvettömällä säällä.

3.1 OHJE- JA RAJA-ARVOT

Suomen lainsäädännössä ei ole määritelty välkevaikutukselle raja-arvoja tai suosituksia. Ympäristöhallinnon ohjeen OH 5/2016 mukaan Suomessa vaikutuksia arvioitaessa on suositeltavaa käyttää apuna muiden maiden ohjearvoja. Saksassa ja Ruotsissa on tuulivoimapuistojen viereiselle asutukselle annettu suositusarvo maksimissaan kahdeksan tuntia välkettä vuodessa (nk. "real case" eli todellinen tilanne, jossa huomioidaan auringonpaisteajat ja tuuliolosuhteet). Lisäksi Saksassa ja Ruotsissa on annettu suositusarvo 30 minuuttia päivässä sekä 30 tuntia vuodessa niin kutsutussa "worst-case" -eli teoreettisessa maksimitilanteessa. Tanskassa sovelletaan yleensä kymmenen tunnin vuotuisen välkkeen raja-arvoa todellisessa tilanteessa.

Teoreettinen maksimitilanne tarkoittaa tilannetta, jossa kaikkien voimaloiden oletetaan olevan toiminnassa keskeytyksettä, ja taivaan oletetaan aina olevan pilvetön. Aurinkoisina ajanjaksoina teoreettisen maksimitilanne voi toteutua päivätasolla, mutta käytännössä ei vuositasolla. Tämän raportin välkemallinnustuloksia on verrattu edellä mainittuihin suositusarvoihin.

3.2 VARJOVÄLKKEEN LÄHTÖTIEDOT JA MENETELMÄT

Välkkeen muodostumiseen vaikuttavat oleellisesti sääolosuhteiden lisäksi voimaloiden käyttöaika, korkeus ja roottorin halkaisija. Myös kasvillisuus ja puusto vaikuttavat oleellisesti välkevaikutuksen muodostumiseen. Välkemallinnus on tehty sekä ilman puuston suojaavan vaikutuksen huomiointia että suojavaikutus huomioiden.

Tuulivoimaloiden aiheuttaman varjovälkkeen vaikutusalue ja -määrä mallinnetaan tuulivoimamallinnukseen käytettävällä windPRO-ohjelmalla, jossa pohjatietona käytettiin paikallisia olosuhteita vastaavia tilastollisia tietoja. Ohjelmalla voidaan laskea sekä tiettyyn pisteeseen kohdistuva varjovälke, että koko tuulivoima-alueen varjovälkkeen muodostuminen. Laskennat tehdään todellisten olosuhteiden mukaisesti, jolloin otetaan huomioon tuulivoimaloiden korkeus, sijainti ja roottorin halkaisija sekä paikalliset, tilastolliset sääolosuhteet. Käyttöaste ja tuulensuunnat lasketaan käyttäen alueella EMD-WRF Europe+ MesoScale tuulisuustietoja.

Välkemallinnukset on suoritettu alalla vakiintuneen käytännön mukaisesti, ottaen huomioon voimalan lapojen keskimääräiset leveydet, joiden avulla lasketaan maksimitarkasteluetaisyys voimaloista (LAI 2002). Maksimitarkasteluetaisyys määritetään siten, että havainnointipisteessä voimalan lapa peittää vähintään 20 % auringosta. Mikäli voimala on niin kaukana havainnointipisteestä, että sen lavat peittävät alle 20 % auringon pinta-alasta, ei havainnointi pisteeseen muodostu häiritsevään voimakkaita liikkuvia varjoja. Maksimivaikutusten arvioimiseksi Rokamo-Nälkämän mallinuksissa on käytetty nykyistä suurempaa voimalamallia, jonka lapojen paksuus on arvioitu nykyisten voimalamallien perusteella.

Välkemallinnuksessa on käytetty nk. kasvihuoneasetusta, eli välkettä lasketaan havaittavaksi aina, kun välkealue osuu rakennuksen kohdalle.

Maastotietokantana käytettiin Maanmittauslaitoksen kahden metrin korkeusmallia ja säähavaintotietoina käytettiin Sodankylän säähavaintoja. Sodankylän havaintoasema sijaitsee noin 84 kilometrin päässä suunnitellusta tuulivoimapuistoalueesta. Laskelmissa oletetaan, että tuulivoimaloiden roottorit pyörivät vain tuulennopeuden ollessa sopiva. Varjovälkettä tarkasteltiin

2 metrin korkeudelta eli suunnilleen ihmisen havainnointikorkeudelta. Mallinnuksessa käytetyt auringonpaisteajat sekä tuulivoimaloiden toiminta-aika on esitetty alla olevissa taulukoissa.

Taulukko 2. Mallinnuksessa käytetyt asetukset

Asetus	Kuvaus
Auringonpaisteajat	Sodankylän sääaseman havainnot, Ilmatieteen laitos (taulukko 3)
Toiminta-aika	EMD WRF Europe+ datan perusteella (taulukko 4)
Asuntojen asetus	Kasvihuone-asetus
Mallinnus	Välkemallinnus vakiintuneen menetelmän mukaisesti (LAI 2002)
Lapaparametrit	Voimalavalmistajien lapaparametrejä käytössä
Vertailuarvot	10 h/v todellinen tilanne
	8 h/v todellinen tilanne
	30 h/v teoreettinen tilanne
	30 min/pv teoreettinen tilanne

Taulukko 3. Mallinnuksessa käytetyt auringonpaisteajat

Kuukausi	Keskimääräinen auringonpaisteen tuntimäärä päivässä
Tammikuu	0.39
Helmikuu	2.11
Maaliskuu	4.55
Huhtikuu	6.23
Toukokuu	7.23
Kesäkuu	8.17
Heinäkuu	8.10
Elokuu	5.61
Syyskuu	3.57
Lokakuu	1.84
Marraskuu	0.60
Joulukuu	0.03
Keskiarvo	4.06

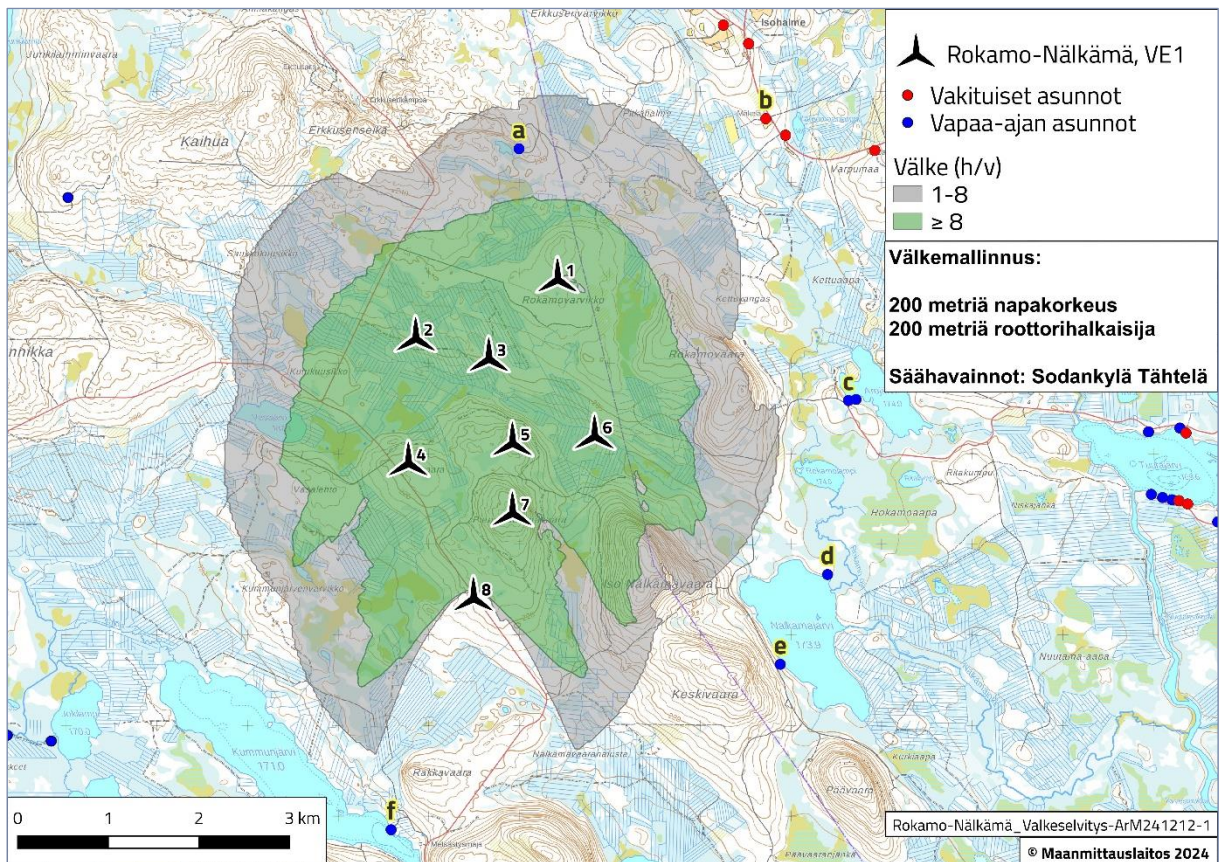
Taulukko 4. Tuulivoimaloiden toiminta-aika

Tuulensuunta	Toiminta-aika (h/v)
Pohjoinen	528
Pohjoiskoillinen	473
Itäkoillinen	470
Itä	491
Itäkaakko	599
Eteläkaakko	696
Etelä	789
Etelälounas	1161
Länsilounas	1060
Länsi	642
Länsiluode	534
Pohjoisluode	568
Summa	8011

4 VÄLKEVAIKUTUKSET

4.1 VAIHTOEHDON VE1 VÄLKEVAIKUTUKSET

Välkemallinnuksen tuloksia kuvataan visuaalisesti kartoilla, ja lisäksi tuloksia on kuvattu yksityiskohtaisesti sanallisesti. Kartalla tulokset on esitetty soveltaen todellisen tilanteen vertailuarvoa 8 h/v. Tässä mallinnuksessa puuston suojaavaa vaikutusta ei ole huomioitu.



Kuva 2. Varjovälkkeen muodostuminen Rokamo-Nälkämän alueella. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-f) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 5.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitetä yhdessäkään havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 h/v ei ylitetä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 minuuttia päivässä ylitetään yhdessä havainnointipisteessä.

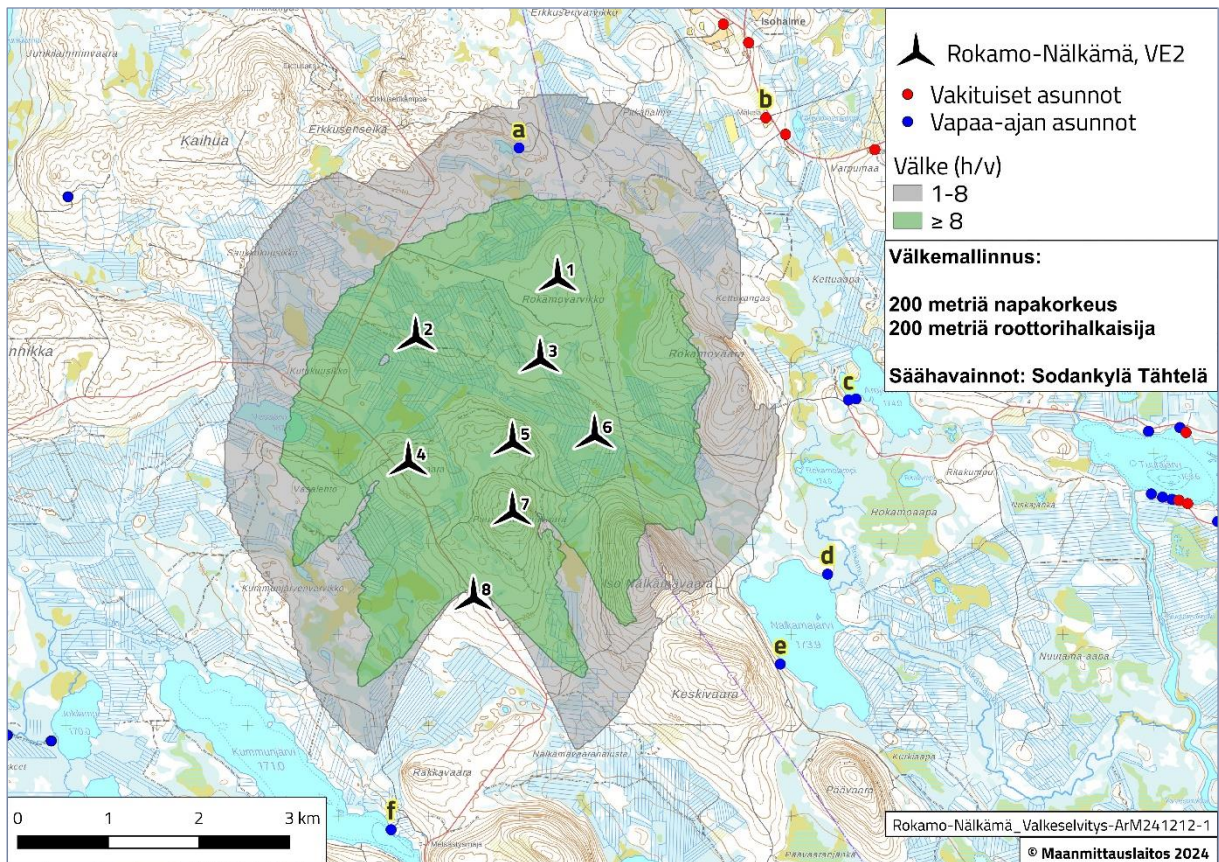
Laskennassa on tarkasteltu välkettä myös yksittäisissä havainnointipisteissä. Seuraavassa taulukossa on laskennasta saadut tulokset havainnointipisteille.

Taulukko 5. Varjovälkelaskennan tulokset, Rokamo-Nälkämä (VE1). Suositusarvojen ylitys "Osittain" tarkoittaa tilannetta, jossa pelkästään teoreettisen maksimitilanteen vertailuarvoja ylitetään.

Havainnointi piste	Asunnon luokka	Itäinen koord. (ETRS TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS TM35FIN)	Vilkkumisen määrä (todellinen tilanne, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/pv)	Suositus- arvon ylitys
a	Vapaa-ajan asunto	539997	7411368	2:17	20:21	0:32	Osittain
b	Vakituinen asunto	542721	7411700	0:00	0:00	0:00	Ei
c	Vapaa-ajan asunto	543633	7408589	0:00	0:00	0:00	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	543403	7406667	0:00	0:00	0:00	Ei
e	Vapaa-ajan asunto	542881	7405676	0:00	0:00	0:00	Ei
f	Vapaa-ajan asunto	538585	7403850	0:00	0:00	0:00	Ei

4.2 VAIHTOEHDON VE2 VÄLKEVAIKUTUKSET

Välkemallinnuksen tuloksia kuvataan visuaalisesti kartoilla, ja lisäksi tuloksia on kuvattu yksityiskohtaisesti sanallisesti. Kartalla tulokset on esitetty soveltaen todellisen tilanteen vertailuarvoa 8 h/v. Tässä mallinnuksessa puuston suojaavaa vaikutusta ei ole huomioitu.



Kuva 3. Varjovälkkeen muodostuminen Rokamo-Nälkämän alueella. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-f) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 6.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitetä yhdessäkään havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 h/v ei ylitetä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 minuuttia päivässä ylitetään yhdessä havainnointipisteessä.

Laskennassa on tarkasteltu väkettä myös yksittäisissä havainnointipisteissä. Seuraavassa taulukossa on laskennasta saadut tulokset havainnointipisteille.

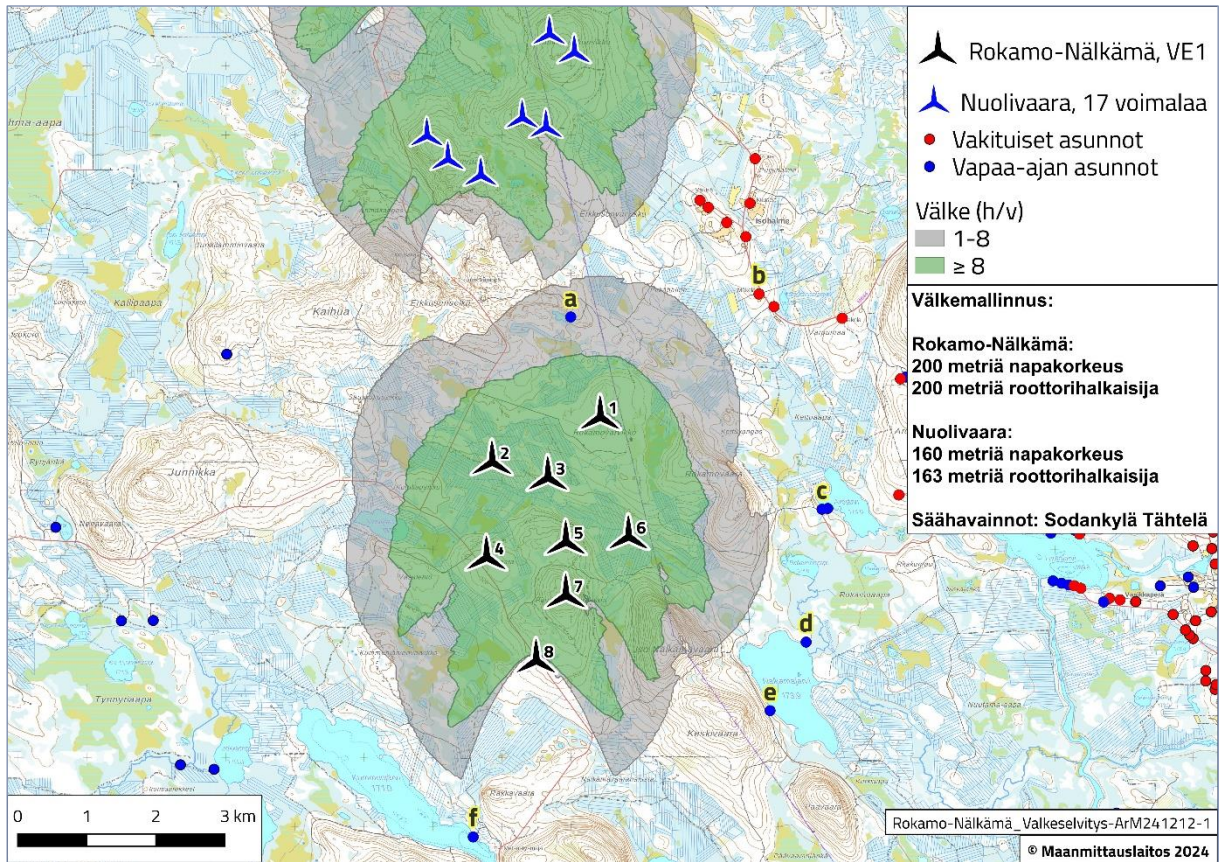
Taulukko 6. Varjoväkelaskennan tulokset, Rokamo-Nälkämä (VE2). Suositusarvojen ylitys "Osittain" tarkoittaa tilannetta, jossa pelkästään teoreettisen maksimitilanteen vertailuarvoja ylitetään.

Havainnointi piste	Asunnon luokka	Itäinen koord. (ETRS TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS TM35FIN)	Vilkkumisen määrä (todellinen tilanne, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/pv)	Suositusarvon ylitys
a	Vapaa-ajan asunto	539997	7411368	2:17	20:20	0:33	Osittain
b	Vakituinen asunto	542721	7411700	0:00	0:00	0:00	Ei
c	Vapaa-ajan asunto	543633	7408589	0:00	0:00	0:00	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	543403	7406667	0:00	0:00	0:00	Ei
e	Vapaa-ajan asunto	542881	7405676	0:00	0:00	0:00	Ei
f	Vapaa-ajan asunto	538585	7403850	0:00	0:00	0:00	Ei

4.3 YHTEISVAIKUTUSTEN MALLINNUS

4.3.1 VAIHTOEHDON VE1 VÄLKEVAIKUTUKSET

Seuraavassa kuvassa on esitetty Rokamo-Nälkämän ja naapuripuisto Nuolivaaran yhteisvaikutusten tulokset. Välkemallinnuksessa on käytetty Rokamo-Nälkämän 8 voimalan sijoitus suunnitelmaa. Rokamo-Nälkämän mallinnus on toteutettu voimalalla, jonka napakorkeus on 200 metriä ja roottorihalkaisija 200 metriä. Nuolivaara (17 voimalaa) on myös mallinnettu voimalalla, jonka napakorkeus on 160 metriä ja roottorihalkaisija 163 metriä. Naapurihankkeen tiedot löytyvät liitteestä 1.



Kuva 4. Varjovälkkeen muodostuminen Rokamo-Nälkämän alueella. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-f) ja niiden väketasot on esitetty taulukossa 7.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitetä yhdessäkään havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 h/v ei ylitetä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 minuuttia päivässä ylitetään yhdessä havainnointipisteessä.

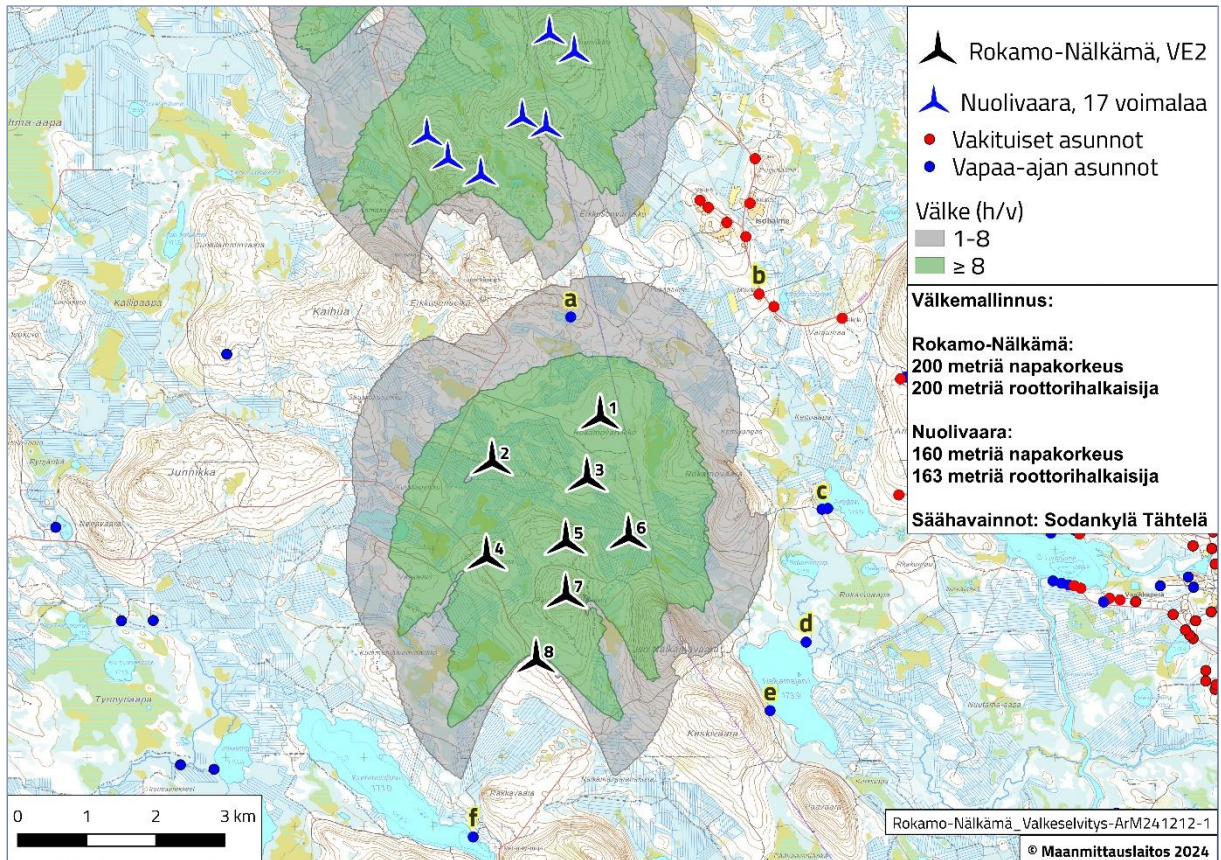
Varjovälkelaskennan tulokset naapuripuisto huomioiden on raportoitu 6 havainnointipisteen osalta taulukossa 7.

Taulukko 7. Varjoväkelaskennan tulokset, VE1 yhteisvaikutukset. Suositusarvojen ylitys "Osittain" tarkoittaa tilannetta, jossa pelkästään teoreettisen maksimitilanteen vertailuarvoja ylitetään.

Havainnointi piste	Asunnon luokka	Itäinen koord. (ETRS TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS TM35FIN)	Vilkkumisen määrä (todellinen tilanne, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/pv)	Suositusarvon ylitys
a	Vapaa-ajan asunto	539997	7411368	2:17	20:21	0:32	Osittain
b	Vakituinen asunto	542721	7411700	0:00	0:00	0:00	Ei
c	Vapaa-ajan asunto	543633	7408589	0:00	0:00	0:00	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	543403	7406667	0:00	0:00	0:00	Ei
e	Vapaa-ajan asunto	542881	7405676	0:00	0:00	0:00	Ei
f	Vapaa-ajan asunto	538585	7403850	0:00	0:00	0:00	Ei

4.3.2 VAIHTOEHDON VE2 VÄLKEVAIKUTUKSET

Seuraavassa kuvassa on esitetty Rokamo-Nälkämän ja naapuripuisto Nuolivaaran yhteisvaikutusten tulokset. Välkemallinnuksessa on käytetty Rokamo-Nälkämän 8 voimalan sijoitus suunnitelmaa. Rokamo-Nälkämän mallinnus on toteutettu voimalalla, jonka napakorkeus on 200 metriä ja roottorihalkaisija 200 metriä. Nuolivaara (17 voimalaa) on myös mallinnettu voimalalla, jonka napakorkeus on 160 metriä ja roottorihalkaisija 163 metriä. Naapurihankkeen tiedot löytyvät liitteestä 1.



Kuva 5. Varjovälkkeen muodostuminen Rokamo-Nälkämän alueella. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-f) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 8.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitetä yhdessäkään havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 h/v ei ylitetä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 minuuttia päivässä ylitetään yhdessä havainnointipisteessä.

Varjovälkelaskennan tulokset naapuripuisto huomioiden on raportoitu 6 havainnointipisteen osalta taulukossa 8.

Taulukko 8. Varjovälkelaskennan tulokset, VE2 yhteisvaikutukset. Suositusarvojen ylitys "Osittain" tarkoittaa tilannetta, jossa pelkästään teoreettisen maksimitilanteen vertailuarvoja ylitetään.

Havainnointi piste	Asunnon luokka	Itäinen koord. (ETRS TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS TM35FIN)	Vilkkumisen määrä (todellinen tilanne, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/pv)	Suositusarvon ylitys
a	Vapaa-ajan asunto	539997	7411368	2:17	20:20	0:33	Osittain
b	Vakituinen asunto	542721	7411700	0:00	0:00	0:00	Ei
c	Vapaa-ajan asunto	543633	7408589	0:00	0:00	0:00	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	543403	7406667	0:00	0:00	0:00	Ei
e	Vapaa-ajan asunto	542881	7405676	0:00	0:00	0:00	Ei
f	Vapaa-ajan asunto	538585	7403850	0:00	0:00	0:00	Ei

4.4 VAIKUTUSTEN ARVIOINNIN EPÄVARMUUSTEKIJÄT

Välkemallinnus edustaa keskimääräistä varjostustilannetta, jossa pohjana on käytetty pitkän ajan tilastollisia sääarvoja. Mikäli sääolosuhteet poikkeavat merkittävästi tilastoiduista arvoista, saattaa myös välkkeen määrä poiketa.

Tuulivoimaloiden käyttöaste, eli aika jolloin voimalat pyörivät ja tuottavat sähköä, vaikuttaa merkittävästi välkkeen syntymiseen. Käyttöasteen pienentyessä saattaa välke yksittäisessä pisteessä vähentyä. Myös epävarmuus oletetuissa tuulensuunnissa voi vaikuttaa laskentatulokseen.

Yhteisvaikutusten välkemallinnuksessa (luku 4.3) ei otettu huomioon korkean kasvillisuuden mahdollista suojavaikutusta. Avoimilla alueilla sijaitseville rakennuksille välkemäärät ovat tässä mallinnuksessa samanlaiset, kuin mallinnettaessa kasvillisuuden kanssa. Rakennukset, jotka sijaitsevat lähellä metsäalueita, kokevat todellisuudessa vähemmän välkettä, kuin mallinnuksessa, koska metsä rajoittaa välkkeen syntymistä.

4.5 HAITTOJEN EHKÄISEMINEN JA SEURANTA

Tuulivoimaloiden varjovälkevaikutuksia pystytään ehkäisemään jo suunnitteluvaiheessa. Voimaloita voidaan sijoittaa siten, että ne aiheuttavat mahdollisimman vähän välkettä herkälle alueelle. Myös voimalan koko vaikuttaa merkittävästi syntyvän välkkeen määrään, joten valitsemalla matalampia voimaloita tai pienempiä roottoreita, voidaan välkevaikutuksia vähentää.

Kohtuuton haitta varjovälkkeestä pystytään ehkäisemään myös pysäyttämällä välkettä aiheuttavat voimalat kriittiseksi ajaksi. Voimalat voidaan ohjelmoida pysähtymään automaattisesti vallitsevien sääolosuhteiden mukaisesti, kun välkettä muodostuisi herkälle alueelle (flicker control).

5 LÄHTEET

Boverket (2009). *Vindkraftshandboken – planering och prövning av vindkraft på land och i kustnära vattenområden*.

Etha Wind (2022). *02_Flicker_Checklist_ArM220711-1*. Internal work description.

LAI (2002). *Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (WEA-Schattenwurf-Hinweise)*, Länderausschuss für Immissionsschutz-Arbeitsgruppe Schattenwurf.

Miljøministeriet Naturstyrelsen (2015). *Vejledning om planlægning for og tilladelse til opstilling af vindmøller*.

Ympäristöministeriö (2016). *Tuulivoimarakentamisen suunnittelu / OH 5/2016*. Helsinki.

LIITE 1: SJOITUSSUUNNITELMA

Voimaloiden sijainnit on esitetty alla olevissa taulukoissa.

Taulukko 9. Rokamo-Nälkämän voimaloiden sijaintitiedot, VE1 (8 voimalaa).

Voimalan ID	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	540420	7409928	200/200/300
2	538854	7409276	200/200/300
3	539661	7409051	200/200/300
4	538774	7407899	200/200/300
5	539922	7408121	200/200/300
6	540829	7408196	200/200/300
7	539922	7407349	200/200/300
8	539492	7406406	200/200/300

Taulukko 10. Rokamo-Nälkämän voimaloiden sijaintitiedot, VE2 (8 voimalaa).

Voimalan ID	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	540420	7409928	200/200/300
2	538854	7409276	200/200/300
3	540228	7409036	200/200/300
4	538774	7407899	200/200/300
5	539922	7408121	200/200/300
6	540829	7408196	200/200/300
7	539922	7407349	200/200/300
8	539492	7406406	200/200/300

Taulukko 11. Nuolivaaran voimaloiden sijaintitiedot (17 voimalaa).

Voimalan ID	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	537832	7418926	160/163/241,5
2	538576	7418493	160/163/241,5
3	537883	7418369	160/163/241,5
4	538100	7417762	160/163/241,5
5	537523	7418361	160/163/241,5
6	537411	7417374	160/163/241,5
7	537303	7416484	160/163/241,5
8	538713	7417702	160/163/241,5
9	537409	7415920	160/163/241,5
10	537912	7413993	160/163/241,5
11	538692	7413422	160/163/241,5
12	538215	7413653	160/163/241,5
13	540046	7415195	160/163/241,5
14	539053	7415897	160/163/241,5
15	539685	7415463	160/163/241,5
16	539292	7414253	160/163/241,5
17	539636	7414115	160/163/241,5



NÄKEMÄALUEANALYYSI

Rokamo-Nälkämän Tuulipuisto

16.12.2024

SISÄLLYSLUETTELO

1	YHTEENVETO	2
2	MENETELMÄT JA EPÄTARKKUUDET	3
3	TULOKSET.....	4
4	LÄHTEET	12
Liite 1: Sijoitussuunnitelma.....		13

VERSIONHISTORIA

Versio	Tekijä, Päivämäärä	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
Ver 1	Arina Makarova, 2024-12-16	Ilmari Katajamäki 2024-12-16	Ilmari Katajamäki 2024-12-16	Rokamo-Nälkämän tuulivoimapuiston näkemäalueanalyysi (VE1/VE2).

1 YHTEENVETO

Tehtävä:

Näkemäalueanalyysi Rokamo-Nälkämän tuulivoimahankkeen kahdelle sijoitussuunnitelma-vaihtoehdolle (liite 1). Selvityksessä on otettu huomioon myös viereinen suunnitteilla oleva tuulivoimapuisto Nuolivaara.

Työmenetelmät:

Rokamo-Nälkämän tuulivoimapuiston näkemäalueanalyysissä tarkastellaan tuulivoimalamallia, jonka napakorkeus on 200 metriä ja roottorin halkaisija on 200 metriä. Voimalan kokonaiskorkeus on 300 metriä.

Nuolivaara (17 voimalaa) on mallinnettu voimalalla, jonka napakorkeus on 160 metriä ja roottorihalkaisija 163 metriä.

2 MENETELMÄT JA EPÄTARKKUUDET

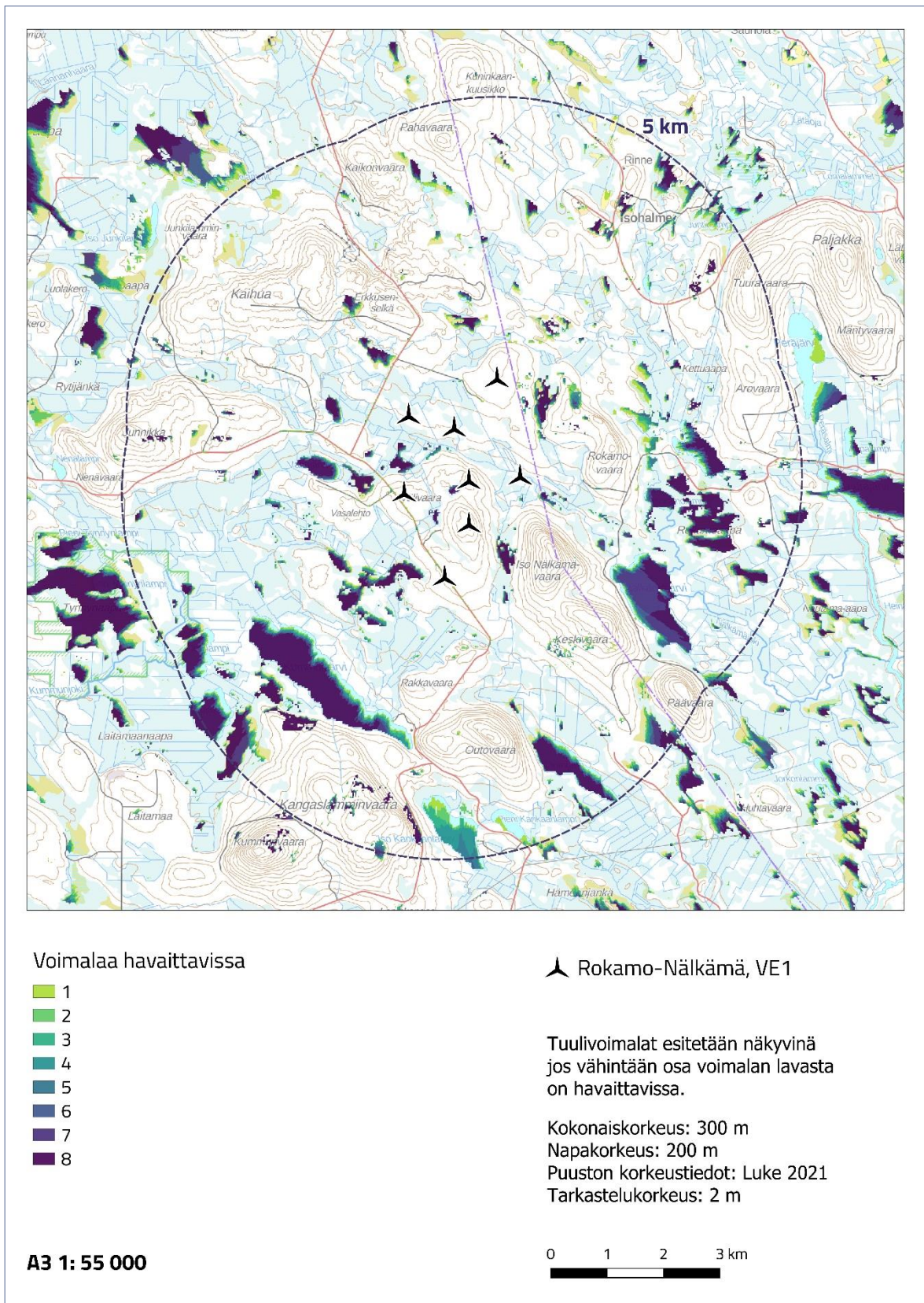
Näkyvyysanalyysi (ZVI, zone of visual influence) osoittaa alueet, jonne suunnitellut tuulivoimalat ovat havaittavissa. Mallinnuksen lähtötietona käytetään Maanmittauslaitoksen 10 metrin korkeusmallia ja Luonnonvarakeskuksen metsätietokantaa (Luke, 2021). Metsätietokannan aineiston resoluutio on 25 x 25 metriä. Aineiston perusteella voidaan luokitella näkyvyyden peittävän kasvillisuuden, käytännössä puuston, korkeus kullakin alueella.

Näkyvyysanalyysi perustuu maaston muotoja eli topografiaa koskevaan korkeusmalliin sekä Luonnonvarakeskuksen metsätietokantaan. Laskennassa otetaan huomioon myös maapallon muoto, eli maanpinnan kaareutuvuus. Laskentamalli osoittaa kuinka monta tuulivoimalaa tietyistä pisteistä tarkasteltuna on mahdollista havaita. Näkyvyysanalyysin tarkkuus, eli laskentasolun koko on 10 x 10 metriä. Jokainen laskentasolu saa värin, joka ilmaisee, kuinka monta tuulivoimalaa solusta on havaittavissa.

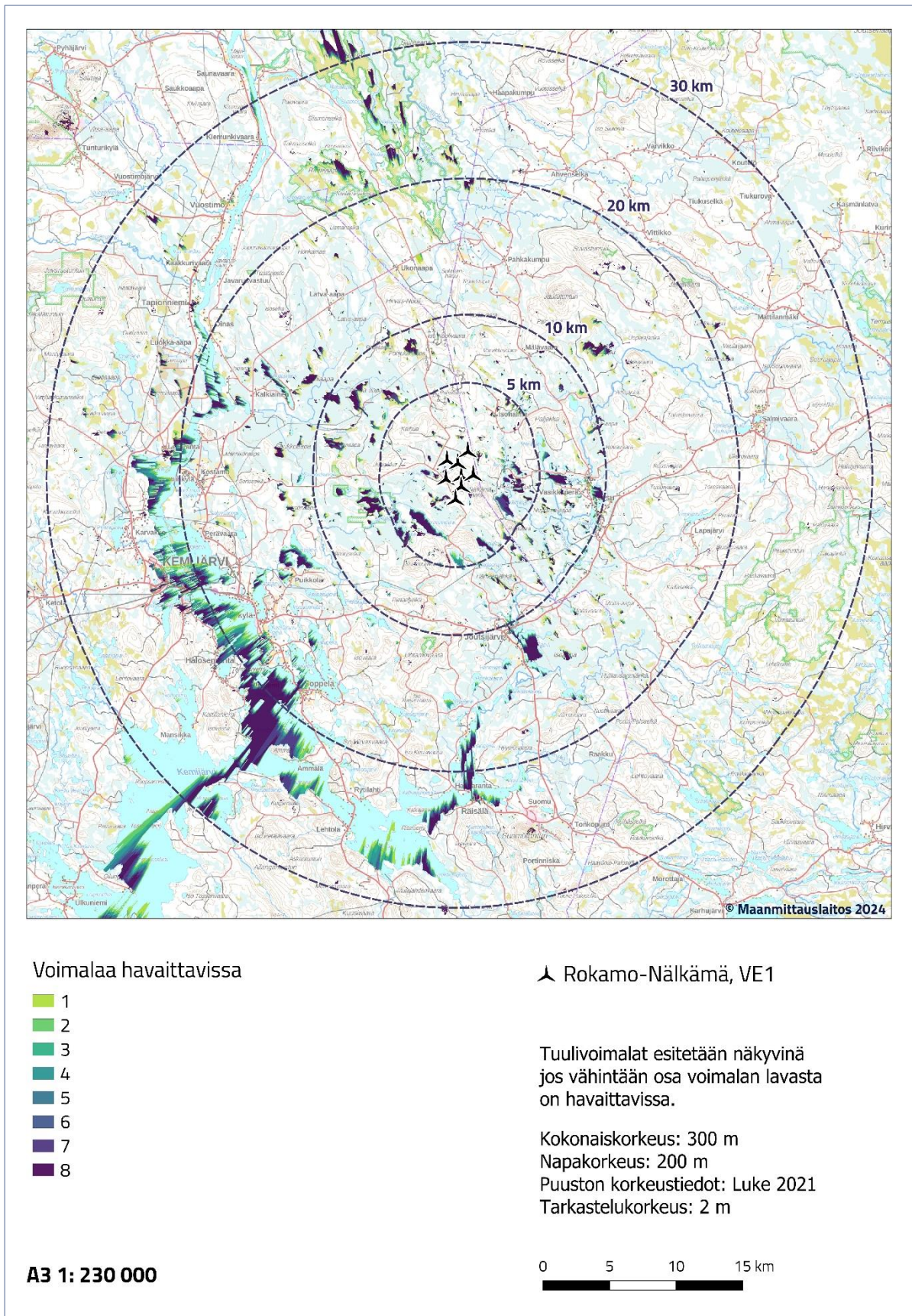
Rokamo-Nälkämän näkyvyysanalyysi on tehty noin 30 kilometrin etäisyydelle voimaloista. Katselupisteen korkeus on kaksi metriä maanpinnan yläpuolella ja tuulivoimala lasketaan näkyväksi, mikäli pienikin osa sen lavasta on havaittavissa. Teoreettisessa mallinnuksessa oletetaan, että sää on selkeä.

Näkemäalueanalyysi antaa hyvän käsityksen voimaloiden maisemavaikutuksista annetuilla lähtötiedoilla. Koska puuston korkeus ja tiheys muuttuvat ajan kuluessa, paikallisten vaikutusten tarkastelua on syytä täydentää valokuvaan perustuvilla havainnekuvilla.

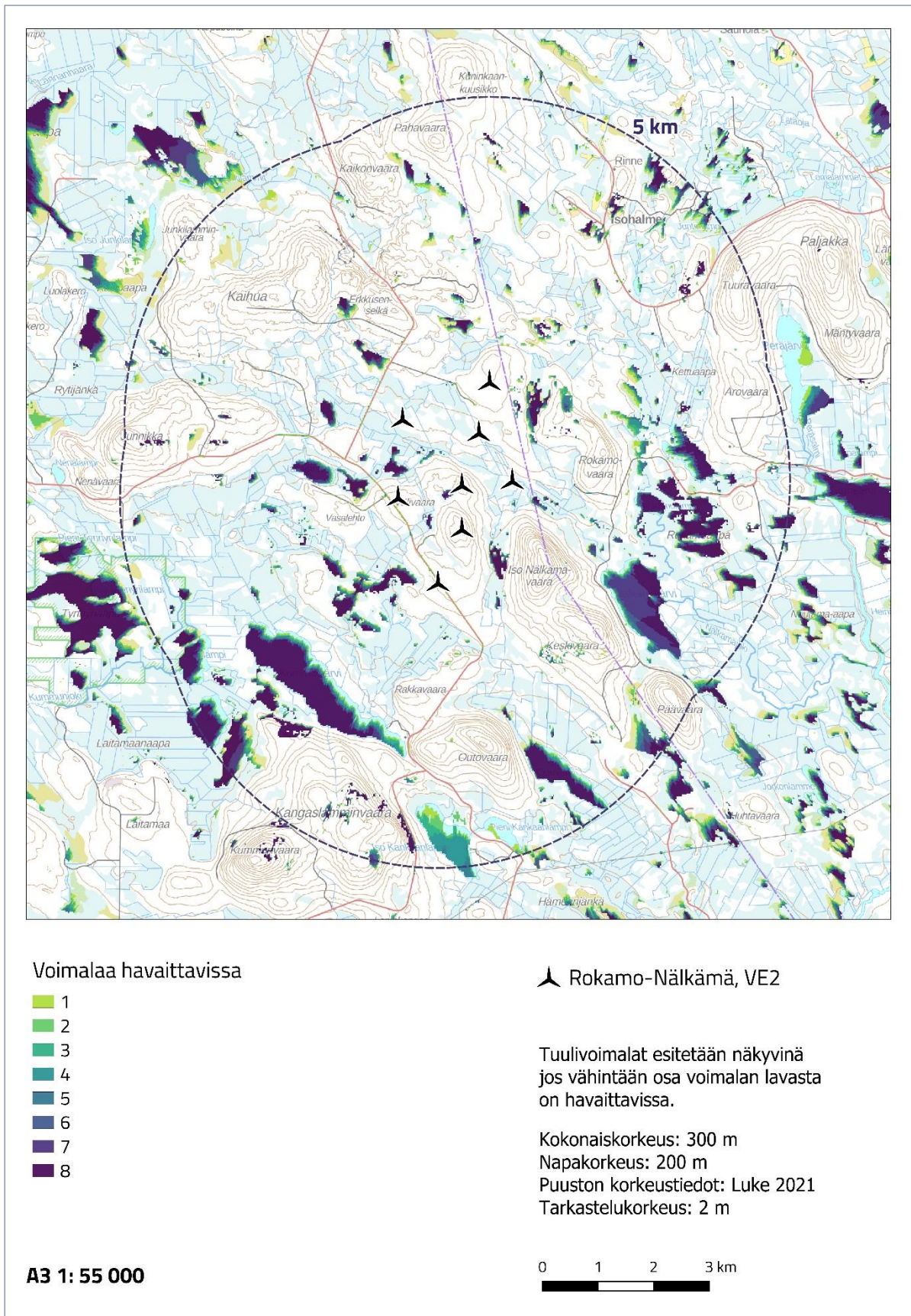
3 TULOKSET



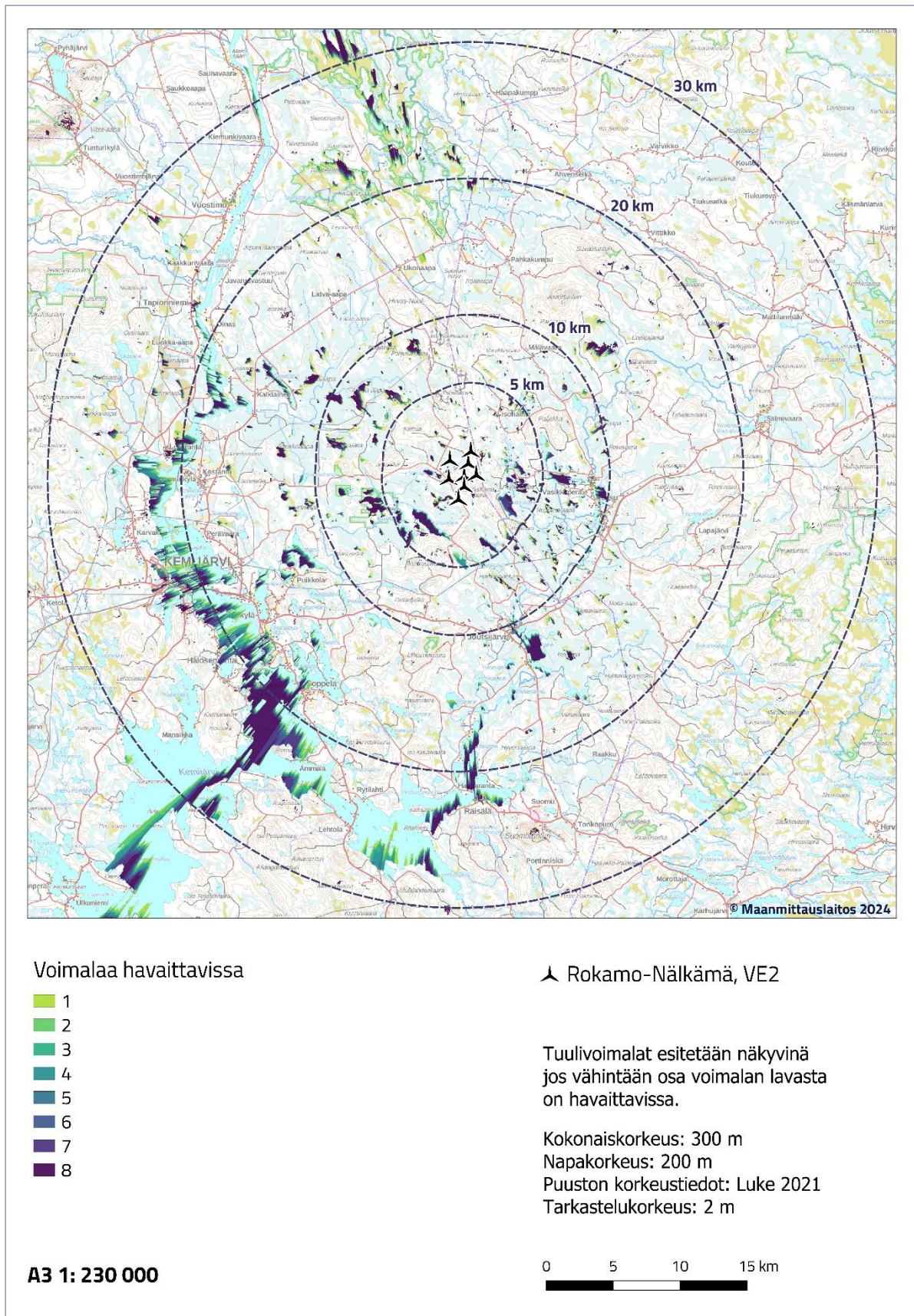
Kuva 1. Näkemäalueanalyysi 8 voimalan sijoitussuunnitelmalla (VE1), kun lasketaan voimaloiden näkyvät lavat.



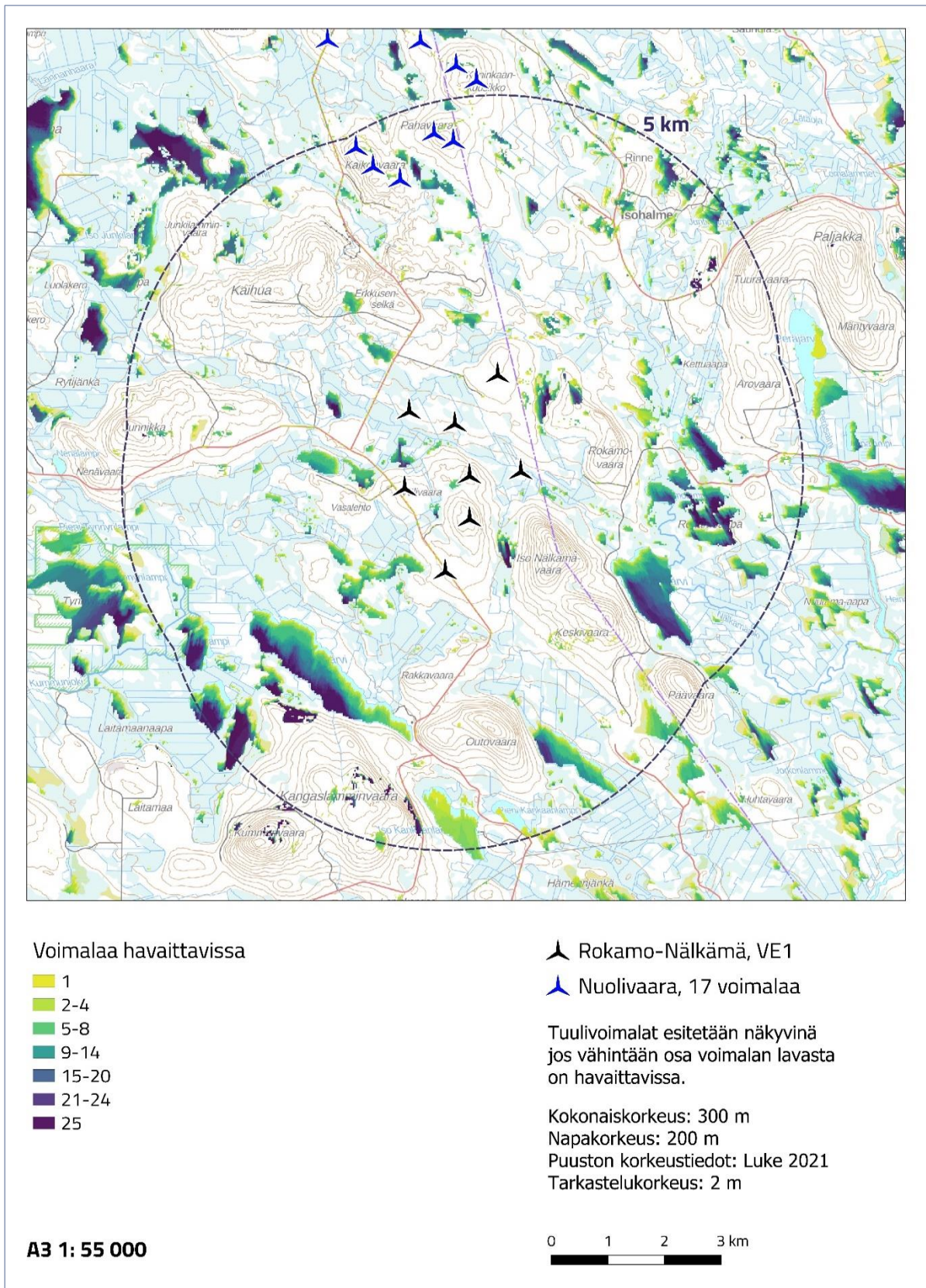
Kuva 2. Näkemäalueanalyysi 8 voimalan sijoitus suunnitelmalla (VE1), kun lasketaan voimaloiden näkyvät lavat.



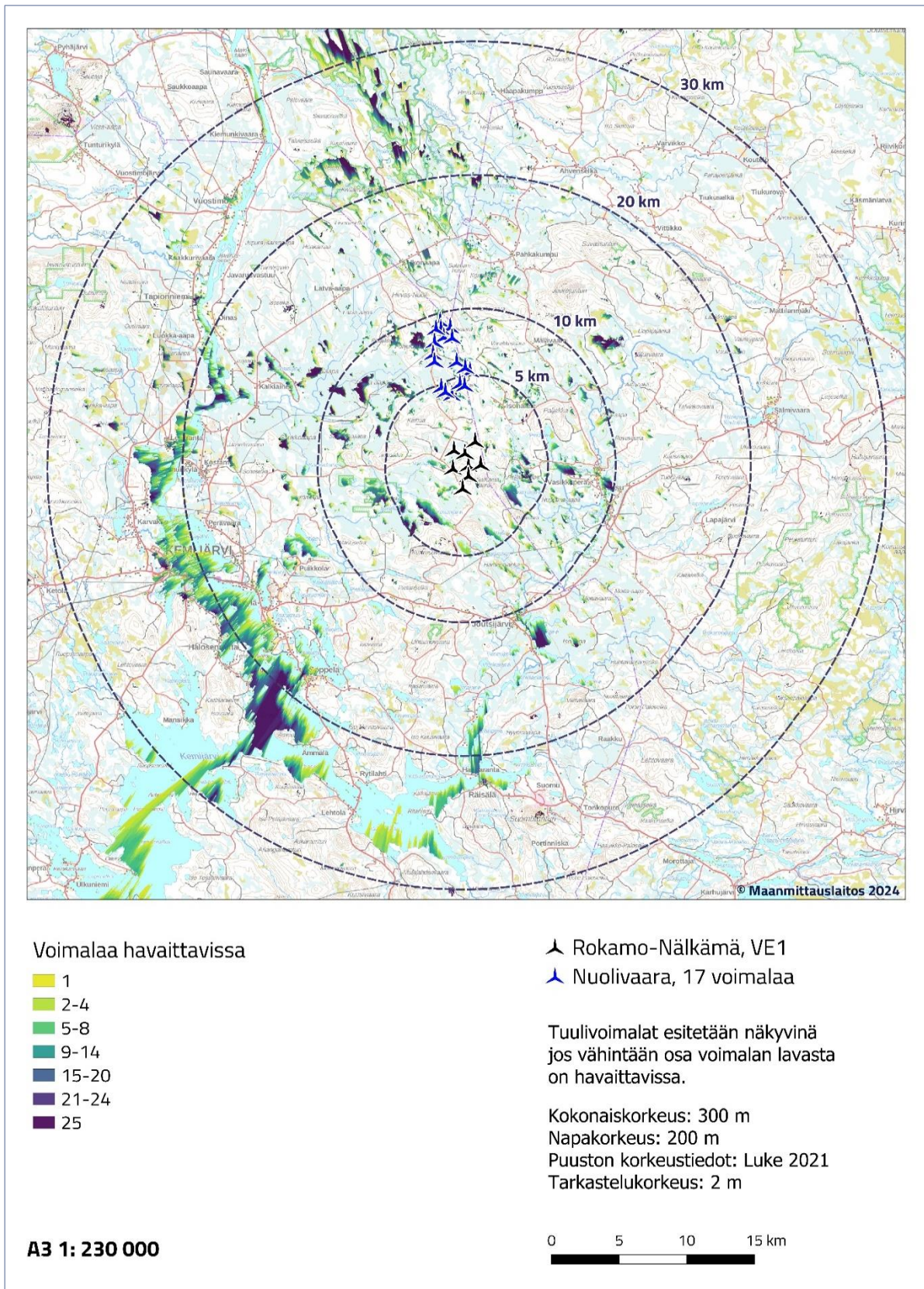
Kuva 3. Näkemäalueanalyysi 8 voimalan sijoitus suunnitelmalla (VE2), kun lasketaan voimaloiden näkyvät lavat.



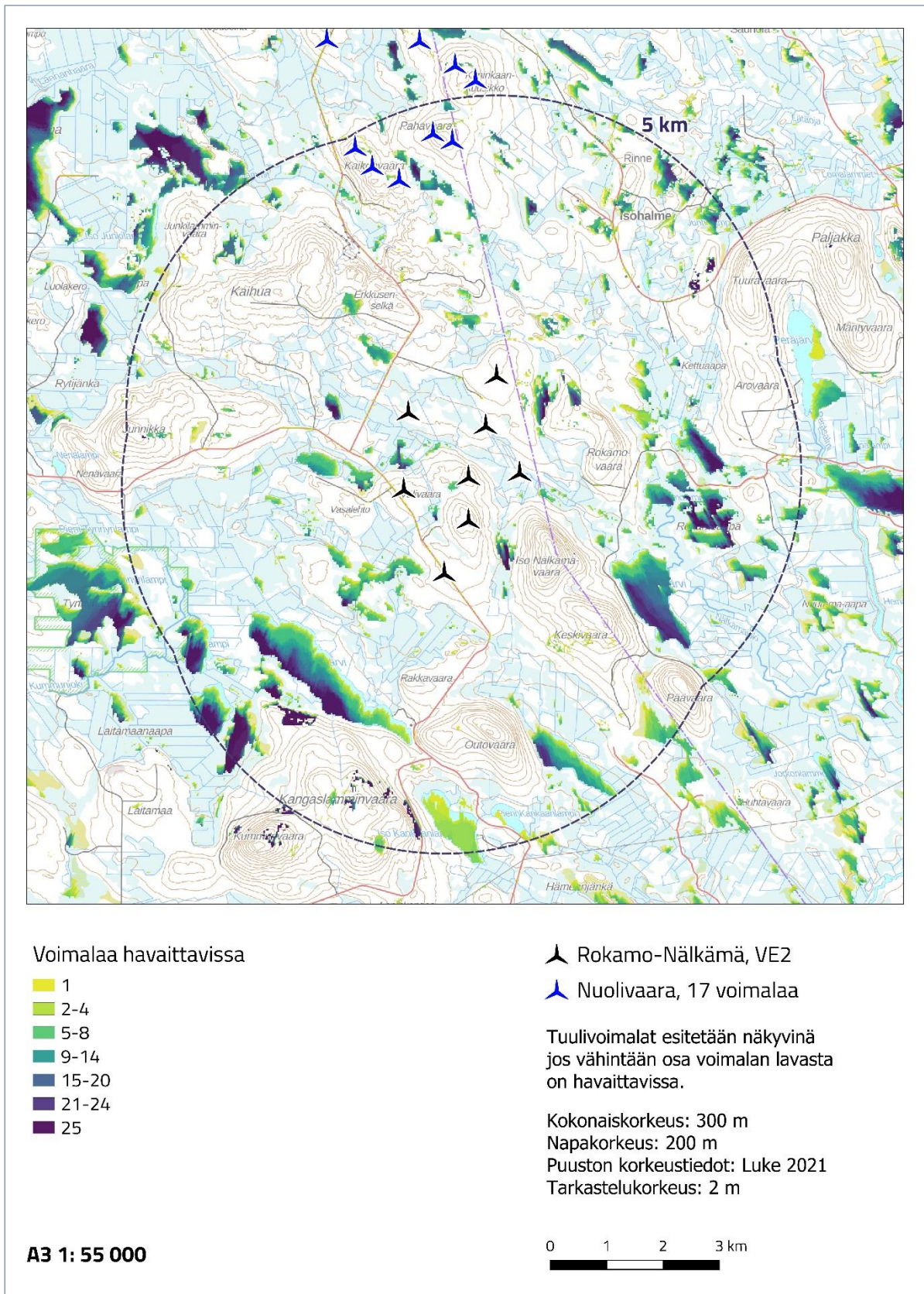
Kuva 4. Näkemäalueanalyysi 8 voimalan sijoitus suunnitelmalla (VE2), kun lasketaan voimaloiden näkyvät lavat.



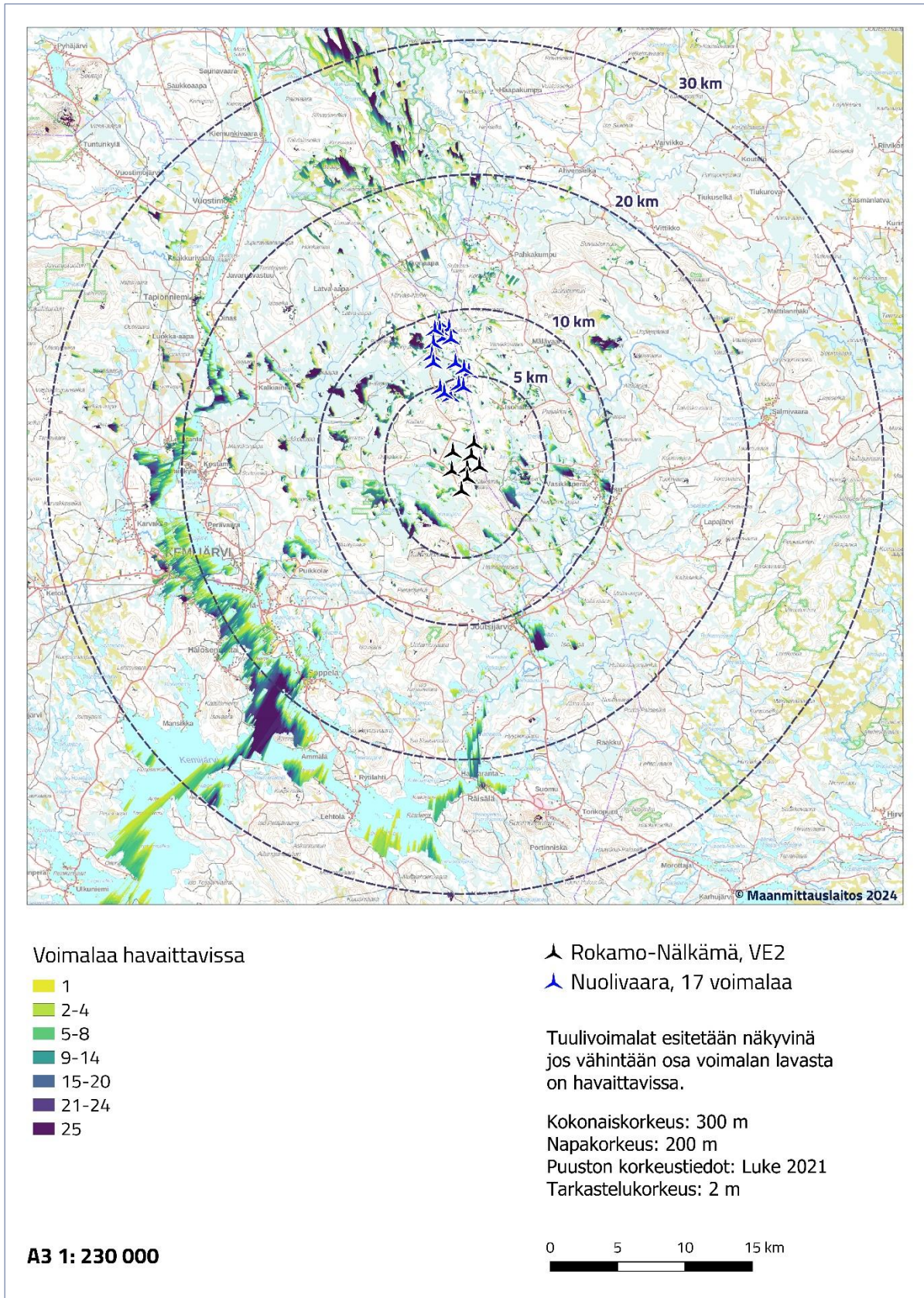
Kuva 5. Näkemäalueanalyysi 8 voimalan sijoitus suunnitelmalla (VE1) naapuripuisto huomioiden, kun lasketaan voimaloiden näkyvät lavat.



Kuva 6. Näkemäalueanalyysi 8 voimalan sijoitus suunnitelmalla (VE1) naapuripuisto huomioiden, kun lasketaan voimaloiden näkyvät lavat.



Kuva 7. Näkemäalueanalyysi 8 voimalan sijoitussuunnitelmalla (VE2) naapuripuisto huomioiden, kun lasketaan voimaloiden näkyvät lavat.



Kuva 8. Näkemäalueanalyysi 8 voimalan sijoitussuunnitelmalla (VE2) naapuripuisto huomioiden, kun lasketaan voimaloiden näkyvät lavat.

4 LÄHTEET

Etha Wind (2022). *03_ZVI_Checklist_ArM220713-1*. Internal work description.

Luonnonvarakeskus (Luke) (2021). *Puuston keskipituus 2021 (dm)*.

<https://kartta.luke.fi/opendata/>

Ympäristöministeriö (2016). *Maisemavaikutusten arviointi tuulivoimarakentamisessa. Helsinki*.

<http://hdl.handle.net/10138/160313>

LIITE 1: SJOITUSSUUNNITELMA

Taulukko 1. Rokamo-Nälkämän voimaloiden sijaintitiedot, VE1 (8 voimalaa).

Voimalan ID	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	540420	7409928	200/200/300
2	538854	7409276	200/200/300
3	539661	7409051	200/200/300
4	538774	7407899	200/200/300
5	539922	7408121	200/200/300
6	540829	7408196	200/200/300
7	539922	7407349	200/200/300
8	539492	7406406	200/200/300

Taulukko 2. Rokamo-Nälkämän voimaloiden sijaintitiedot, VE2 (8 voimalaa).

Voimalan ID	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	540420	7409928	200/200/300
2	538854	7409276	200/200/300
3	540228	7409036	200/200/300
4	538774	7407899	200/200/300
5	539922	7408121	200/200/300
6	540829	7408196	200/200/300
7	539922	7407349	200/200/300
8	539492	7406406	200/200/300

Taulukko 3. Nuolivaaran voimaloiden sijaintitiedot (17 voimalaa).

Voimalan ID	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	537832	7418926	160/163/241,5
2	538576	7418493	160/163/241,5
3	537883	7418369	160/163/241,5
4	538100	7417762	160/163/241,5
5	537523	7418361	160/163/241,5
6	537411	7417374	160/163/241,5
7	537303	7416484	160/163/241,5
8	538713	7417702	160/163/241,5
9	537409	7415920	160/163/241,5
10	537912	7413993	160/163/241,5
11	538692	7413422	160/163/241,5
12	538215	7413653	160/163/241,5

13	540046	7415195	160/163/241,5
14	539053	7415897	160/163/241,5
15	539685	7415463	160/163/241,5
16	539292	7414253	160/163/241,5
17	539636	7414115	160/163/241,5