

Tallikallion tuulivoimahanke, Kalajoki
Neoen Renewables Finland Oy

LIITE 4

MELU- JA VÄLKESELVITYKSET

Meluselvitys, 2024, Etha Oy..... 2

Välkeselvitys, 2024, Etha Oy..... 38

ETHA Oy



MELUSELVITYS

Tallikallion Tuulivoimapuisto

30.10.2024

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	17
7	HAITTOJEN EHKÄISEMINEN JA SEURANTA.....	17
8	LÄHTEET	18
9	MALLINNUSTIETOJEN RAPORTTI, TALLIKALLIO	20

Liite 1: Melumallinnuksen tulokset.....	23
Liite 2: Melumallinnuksen tulokset: yhteisvaikutukset.....	23
Liite 3: Pienitaajuisen melun laskenta (VE1).....	23
Liite 4: Pienitaajuisen melun laskenta (VE2).....	26
Liite 5: Pienitaajuisen melun laskenta, Yhteisvaikutukset (VE1).....	29
Liite 6: Pienitaajuisen melun laskenta, Yhteisvaikutukset (VE2).....	31
Liite 7: Sijoitussuunnitelmat.....	34

VERSIONHISTORIA

Versio	Tekijä	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
Ver 1	Arina Makarova, 2024-10-29	Christian Granlund, 2024-10-30	Christian Granlund, 2024-10-30	Tallikallion tuulivoimapuiston meluselvitys.

1 YHTEENVETO

Tehtävä:

Meluselvitys Tallikallion tuulivoimapuiston vaikutusalueella. Selvityksessä on otettu huomioon myös viereiset tuulivoimapuistot Läntinen (14 voimalaa) ja Etelänkylä (2 voimalaa).

Työmenetelmät:

Meluselvitykseen on kerätty tietoa tuulivoimaloiden melun ominaispiirteistä, melun ohjearvoista, paikallisista olosuhteista sekä mallinnusmenetelmistä. Pääasiallisena laskentatyökaluna on käytetty windPRO Ver3.6 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). Matalataajuisen melun mallintaminen on myös tehty noudattaen Ympäristöministeriön ohjeita. 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 R-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 Tallikallion tuulivoimapuistolle Kalajoen kunnan alueella. Suunniteltu hanke koostuu yhteensä 6–17 tuulivoimalasta. Melumallinnuksessa on käytetty Nordex N175 6.8 MW-voimalan lähtötietoja. Mallinnuksessa voimaloiden napakorkeus oli 200 metriä ja äänitehotaso 106,9 dB(A) + 2,0 dB(A) varmuusmarginaali. Mallinnuksessa käytettiin Nordexin lokakuussa 2023 päivittämiä äänitietoja.

Meluselvitys on tehty ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti (Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014 Tuulivoimaloiden melun mallintaminen) windPRO Ver3.6 ohjelmiston melulaskentatyökalulla. Pienitaajuinen melu on laskettu käyttäen R-ohjelmistoa ja työ on tehty ympäristöministeriön helmikuussa 2014 julkaisemia ohjeita noudattaen.

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

- VE1: 17 voimalaa.
- VE2: 6 voimalaa.

Naapuripuistot Läntinen (14 voimalaa) ja Etelänkylä (2 voimalaa) on otettu huomioon yhteisvaikutusten mallinnuksissa (kappale 6.5–6.6). Läntisen voimalatyyppi on Nordex N163 5,7 MW, jonka napakorkeus on 158,5 metriä ja kokonaisäänitaso on 107,2+1,5 dB(A). Etelänkylän voimalatyyppi on Vestas V126 3,45 MW, jonka napakorkeus on 142 metriä ja kokonaisäänitaso on 106,0+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 häiritsevänä. 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 (1m)	

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 äänieristykseen 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. Lähtötietoina on käytetty alla olevissa taulukoissa olevia arvoja.

Mallinnuksessa on käytetty tuulivoimalavalmistajan ilmoittamia melupäästön takuuarvoja. Äänitehotasot on ilmoitettu 1/3 oktaavikaistoittain. Nordexin käyttämät melupäästöarvot N175 voimalalle eivät ole suoraan verrattavissa IEC TS 61400-14-standardiin, ja epävarmuutta ei ole erikseen ilmoitettu. Tästä johtuen lähtömelutasoon on mallinnuksessa lisätty 2,0 dB:n varmuusmarginaali ympäristöministeriön ohjeen mukaisesti (Ympäristöministeriö, 2016).

Mallinnuksessa käytetty voimalatyypit on mainittu alla.

Taulukko 4. Hankkeen voimalatiedot.

Hankealue	Voimalat	Voimalan tornin korkeus (m)	Voimalan äänitehotaso (Lwa)	1/3 oktaavikaistoittainen äänispektri
Tallikallio	N175 6,8 MW	200	106,9 +2,0 dB(A)	Käytössä
Läntinen	N163 5,7 MW	158,5	107,2 +1,5 dB(A)*	Käytössä
Eteläkylä	V126 3,45 MW	142	106,0 +2,0 dB(A)	Käytössä

* Rambollin melumallinnuksen mukaan (Kalajoen Läntinen Tuulivoimapuisto 1: Melumallinnus. Viite: 1510051648-002).

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 yhteismeluvaiikutukset on otettu huomioon. Alueelta valittiin 10 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 ohjearvoon 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 äänen voimakkuuden 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, $DL\sigma$, on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Äänieristyskertoimet.

f/ Hz	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
$DL\sigma$ (DSO 1284)	6.6	8.4	10.8	11.4	13	16.6	19.7	21.2	20.2	21.2	21.2
$DL\sigma$ (Anojanssi- projekti)	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

Tallikallion tuulivoimapuiston alue on pääasiassa metsätalousaluetta ja sen äänimaisema on tällaiselle alueelle tyypillistä.

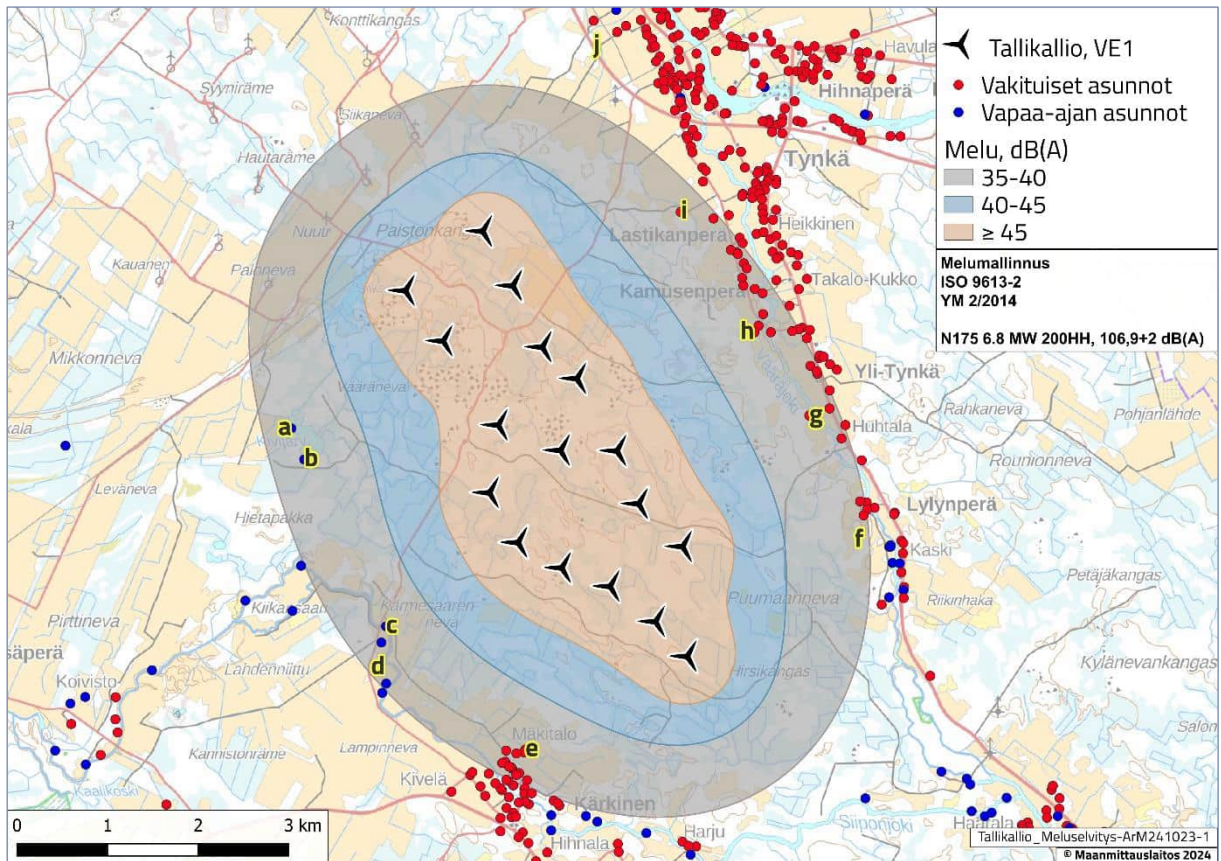
6.2 RAKENTAMISEN AIKAiset VAIKUTUKSET

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 käytettiin Nordexin N175 6,8 MW-tuulivoimalan äänitietoja. Tuulivoimalan kokonaisäänitaso on 106,9 +2,0 dB(A) ja napakorkeus 200 metriä. Melumallinnuksessa on käytetty 17 voimalan sijoitus suunnitelmaa (VE1). Voimaloiden koordinaatit löytyvät liitteestä 7.



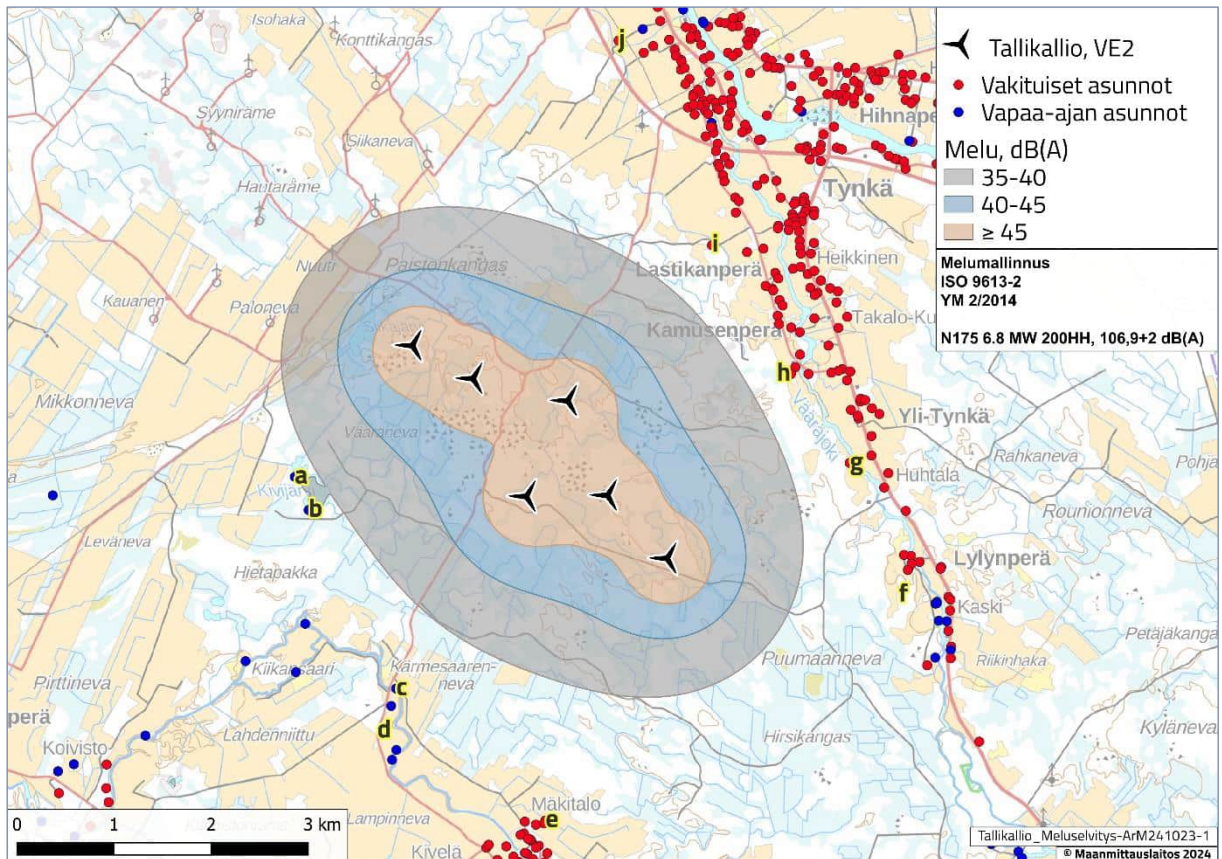
Kuva 1. Tallikallion tuulivoimapuiston melumallinnus (VE1). Kymmenen havainnointipistettä on merkitty kuvaan kirjaimilla.

Melumallinnuksien mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dBA. Korkein äänitaso Tallikallion alueella sijaitsevassa havaintopisteessä on 37,3 (vapaa-ajan asunto a) ja 37,1 dB(A) (vapaa-ajan asunto c). Alueen läheisyydestä on valittu 10 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 1.

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 käytettiin Nordexin N175 6,8 MW-tuulivoimalan äänitietoja. Tuulivoimalan kokonaisäänitaso on 106,9 +2,0 dB(A) ja napakorkeus 200 metriä. Melumallinnuksessa on käytetty 6 voimalan sijoitus suunnitelmaa (VE2). Voimaloiden koordinaatit löytyvät liitteestä 7.



Kuva 2. Tallikallion tuulivoimapuiston melumallinnus (VE2). Kymmenen havainnointipistettä on merkitty kuvaan kirjaimilla.

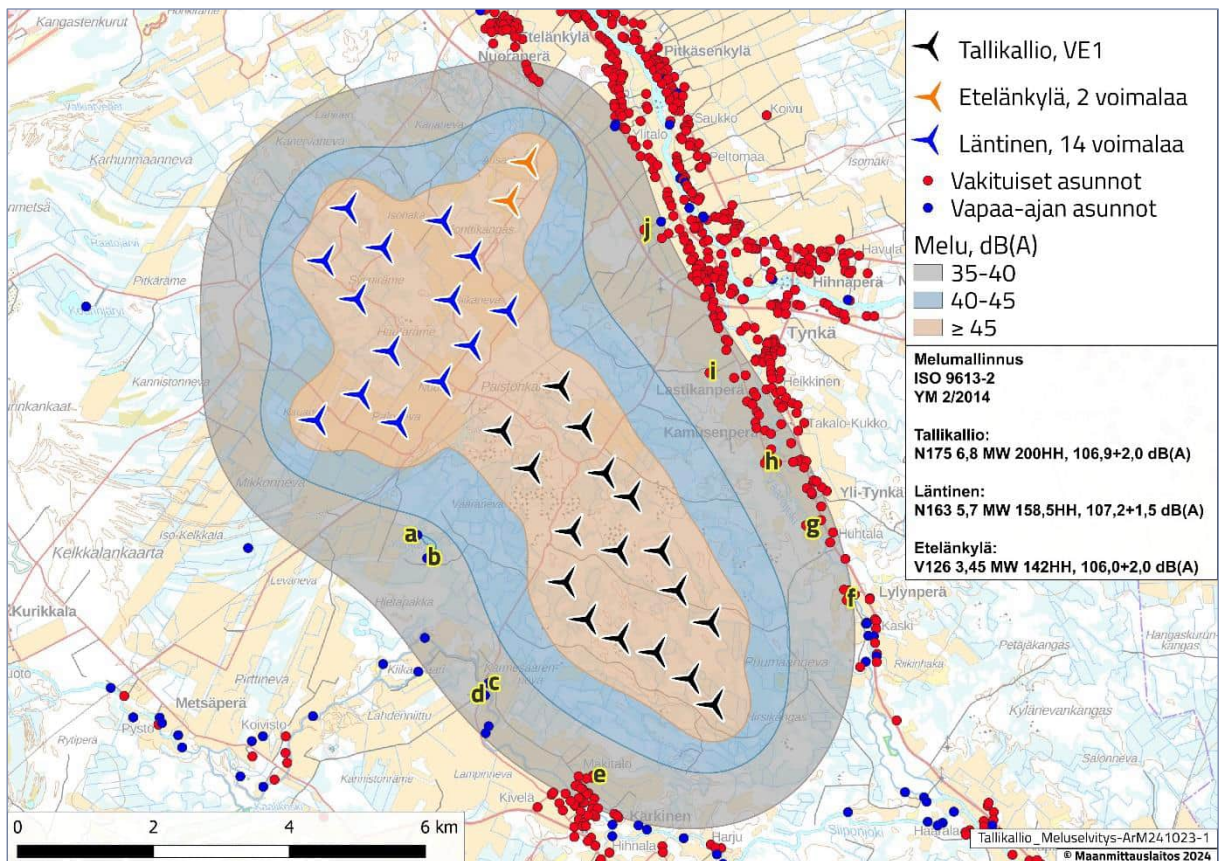
Melumallinnuksien mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dB(A). Korkein äänitaso Tallikallion alueella sijaitsevassa havaintopisteessä on 34,7 dB(A) (vapaa-ajan asunto a). Alueen läheisyydestä on valittu 10 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 1.

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

6.5 YHTEISVAIKUTUSTEN MALLINNUS, VE1

Alla esitellään meluvaikutukset, kun naapuripuiston tuulivoimalat on myös otettu huomioon. Tallikallion melumallinnuksissa on käytetty vaihtoehdon VE1 mukaisia voimalapaikkoja (17 voimalaa) ja voimalamallia Nordexin N175 6,8 MW, jonka kokonaisäänitaso on 106,9 +2 dB(A) ja napakorkeus 200 metriä. Voimaloiden koordinaatit löytyvät liitteestä 7.

Läntisen melumallinnuksessa on käytetty 14 voimalapaikkaa ja voimalamallia Nordexin N163 5,7 MW, jonka kokonaisäänitaso on 107,2 + 1,5 dB(A) ja napakorkeus 158,5 metriä (Ramboll, 2020). Etelänkylän melumallinnuksessa on käytetty 2 voimalapaikkaa ja voimalamallia Vestaksen V126 3,45 MW, jonka kokonaisäänitaso on 106,0 + 2,0 dB(A) ja napakorkeus 142 metriä.



Kuva 3. Tallikallion (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 Tallikallion alueella sijaitsevassa havaintopisteessä on 39,7 (vapaa-ajan asunto a) ja 38,8 dB(A) (vapaa-ajan

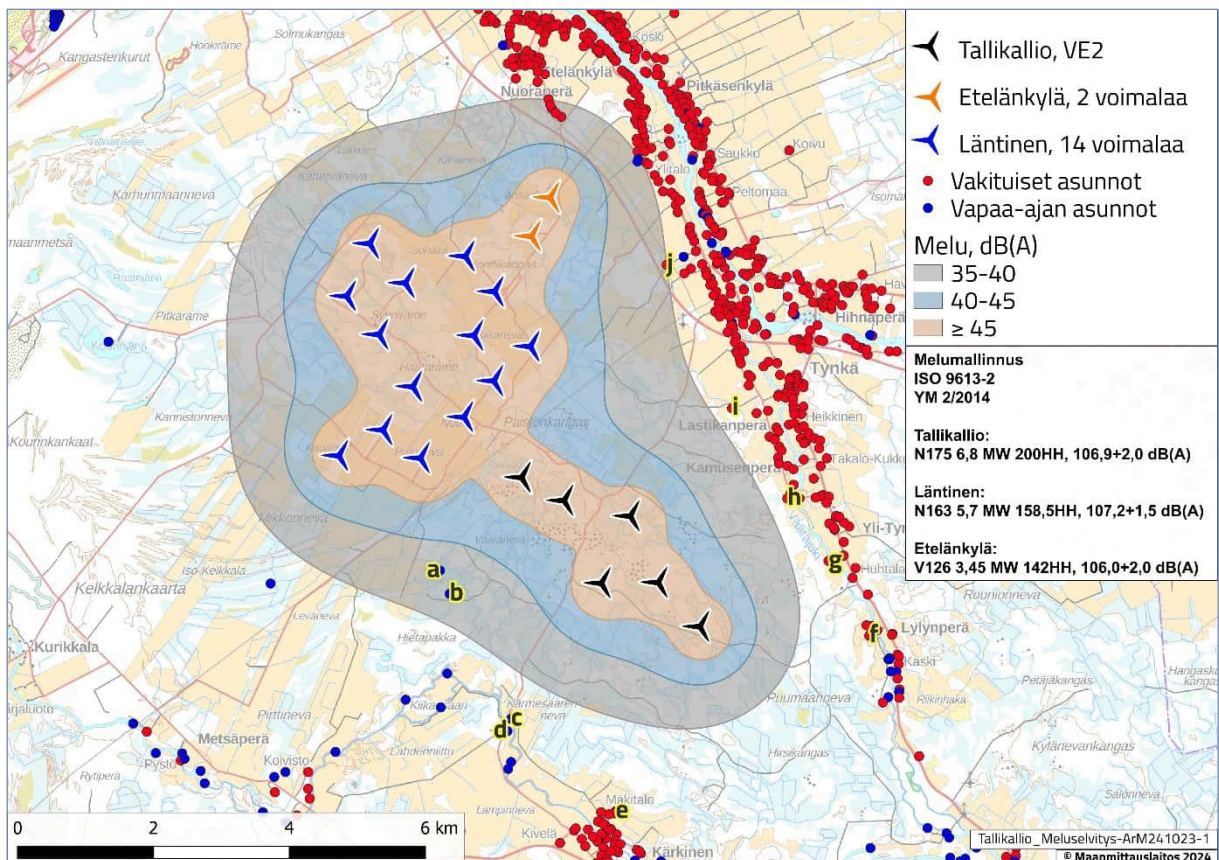
asunto b). Alueen läheisyydestä on valittu 10 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 2.

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

6.6 YHTEISVAIKUTUSTEN MALLINNUS, VE2

Alla esitellään meluvaikutukset, kun naapuripuiston tuulivoimalat on myös otettu huomioon. Tallikallion melumallinnuksissa on käytetty vaihtoehdon VE2 mukaisia voimalapaikkoja (6voimalaa) ja voimalamallia Nordexin N175 6,8 MW, jonka kokonaisäänitaso on 106,9+2 dB(A) ja napakorkeus 200 metriä. Voimaloiden koordinaatit löytyvät liitteestä 7.

Läntisen melumallinnuksessa on käytetty 14 voimalapaikkaa ja voimalamallia Nordexin N163 5,7 MW, jonka kokonaisäänitaso on 107,2 + 1,5 dB(A) ja napakorkeus 158,5 metriä (Ramboll, 2020). Etelänkylän melumallinnuksessa on käytetty 2 voimalapaikkaa ja voimalamallia Vestaksen V126 3,45 MW, jonka kokonaisäänitaso on 106,0 + 2,0 dB(A) ja napakorkeus 142 metriä.



Kuva 4. Tallikallion (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 Tallikallion alueella sijaitsevassa havaintopisteessä on 38,4 (vapaa-ajan asunto a) ja 37,2 dB(A) (vapaa-ajan asunto b). Alueen läheisyydestä on valittu 10 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 2.

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

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 asunnoilla toimenpiderajat alittuvat, koska pienitaajuinen melu vähenee etäisyyden kasvaessa. Laskennan tulokset löytyvät liitteistä 3–6.

Rakennusten äänieristys on laskettu DSO 1284 menetelmän mukaisesti, käyttäen R-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.

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.

Tulosten perusteella voidaan todeta, että tuulivoimapuiston pienitaajuisen melun vaikutukset ovat 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.

Voimaloiden toimintaa voidaan tarvittaessa rajoittaa siten, että ohjearvot eivät ylitä herkällä alueella. Yksinkertaisesti voimalan ääntä saadaan vaimennettua säätämällä lapojen kohtauskulmaa, mutta samanaikaisesti voimalan tuotanto pienenee.

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 (2024). Maanmittauslaitoksen avoimen tietoaaineiston CC 4.0 -lisenssi. Saatavilla: <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/tiedostopalvelu>

Nordex (2024). Nordex N163/6.X : Third octave sound power levels. Doc. no.: F008_276_A17_EN Revision 11, Date: 2024-03-11.

Nordex (2023). Nordex N175/6.X : Third octave sound power levels. Doc. no.: F008_278_A17_EN Revision 03, Date: 2023-10-18.

Ramboll (2020). Kalajoen Läntinen Tuulivoimapuisto 1: Melumallinnus. Viite: 1510051648-002. Päivämäärä 22.9.2020.

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 (2015). V126-3.3/3.45MW: Third Octaves according to General Specification. DMS no.: 0048-2151_03. Date: 2015-08-27.

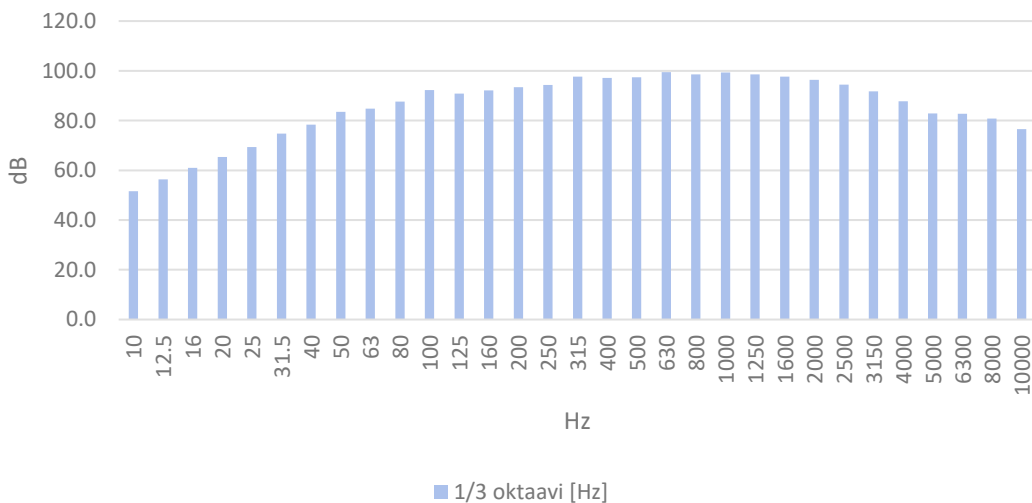
Ympäristöministeriö (2014). *Tuulivoimaloiden melun mallintaminen*. Helsinki. Saatavilla: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10138/42937>

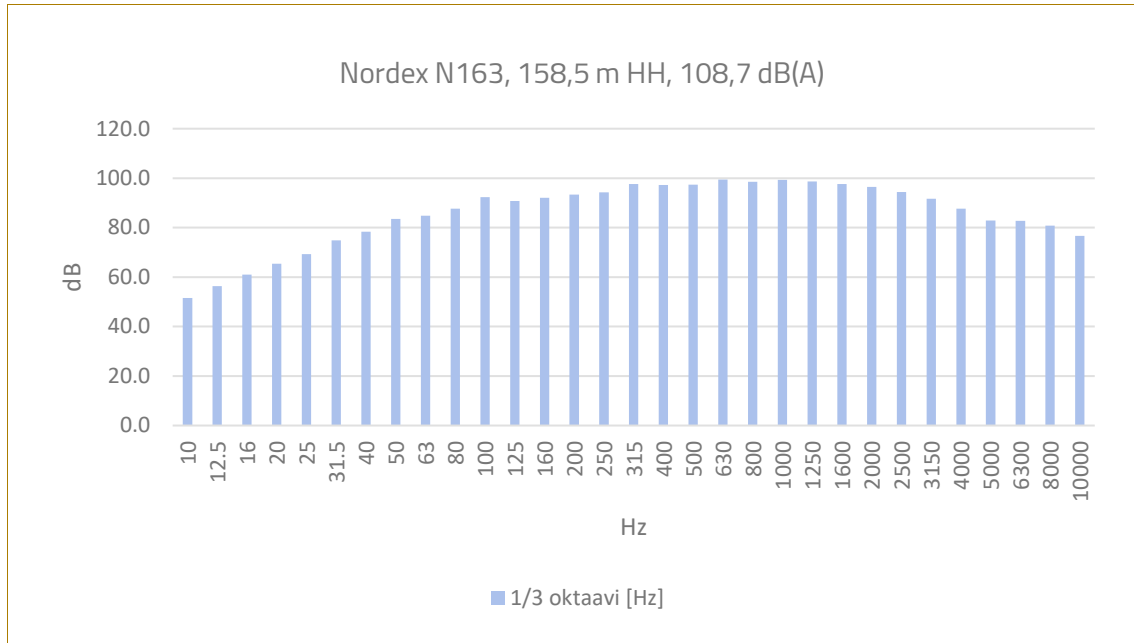
Ympäristöministeriö (2016). *Tuulivoimarakentamisen suunnittelu*. Päivitys 2016. Saatavilla: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/79057>

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

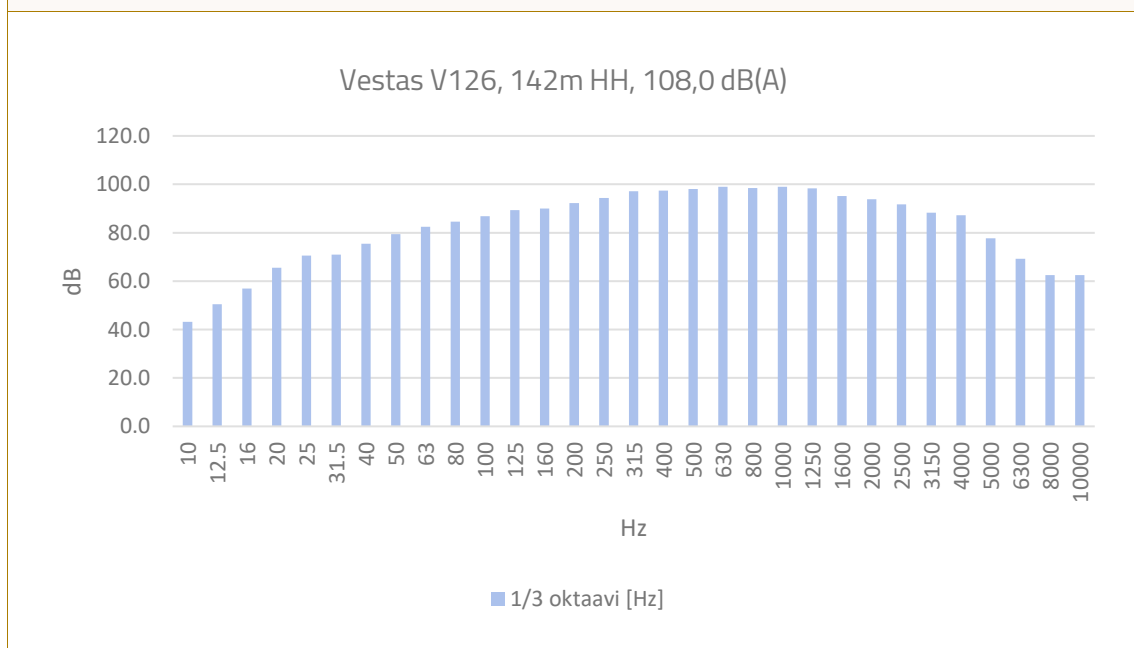
Ympäristöministeriö (2018). *Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä*. Saatavilla:
<https://www.ym.fi/download/noname/%7B2852D34E-DA43-4DCA-9CEE-47DBB9EFCB08%7D/138568>

9 MALLINNUSTIETOJEN RAPORTTI, TALLIKALLIO

RAPORTIN JA RAPORTOIJAN TIEDOT				*tarkentavat tiedot voi esittää kartalla tai muissa liitteissä	
Mallinnusraportti numero/tunniste: ArM241023-1				Raportin hyväksyntäpäivämäärä: 30.10.2024	
Tekijä/organisaatio, yhteystiedot: Etha Oy, Vaasanpuistikko 14 B11, 65100 VAASA, puh. +358 2900 20440					
Vastuuhenkilöt: Arina Makarova					
Laatija: Arina Makarova				Tarkastaja/hyväksyjä: Christian Granlund	
MALLINNUSOHJELMAN TIEDOT					
Mallinnusohjelma ja versio: windPRO Ver3.6				Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2	
TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN TIEDOT)					
Tuulivoimalan valmistaja: Nordex				Tyyppi:	Sarjanumero/t:
Nimellisteho: 6,8		Napakorkeus: 200 m		Roottorin halkaisija: 175 m	Tornin tyyppi: Putkitorni
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun					
Lapakulman säätö		Pyörimisnopeus		Muu, mikä	
Kyllä	dB	Kyllä	dB		dB
Ei tiedossa		Ei tiedossa			dB
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT					
Melupäästötiedot Nordex N175 6,8 MW 200 HH 106,9 dB(A)+2,0 dB(A)					
Nordex N175, 200m HH, 108,9 dB(A)  ■ 1/3 oktaavi [Hz]					
Melupäästötiedot Nordex N163 5,7 MW 158,5 HH 107,2 dB(A)+1,5 dB(A)					



Melupäästötiedot Vestas V126 3,45 MW 142 HH 106,0 dB(A)+2,0 dB(A)



Kapeakaistaisuus / Tonaalisuus		Impulssimaisuus		Merkityksellinen sykintä (amplitu - dimodulaatio)		Muu, Mikä:		
kyllä	ei	kyllä	ei	kyllä	ei	kyllä	ei	
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT								
Laskenta korkeus						Laskentaruudun koko [m·m]		
4 m		Muu, mikä ja miksi:				20 m * 20 m		
Suhteellinen kosteus				Lämpötila				
70 %		Muu, mikä ja miksi:			15 C°		Muu, mikä ja miksi:	

Maastomallin lähde ja tarkkuus		
Maastomallin lähde: Maanmittauslaitos	Vaakaresoluutio: 10 m	Pystyresoluutio: 1,4 m
Maan- ja vedenpinnan absorption ja heijastuksen huomioiminen, käytetyt kertoimet		
ISO 9613-2		
Vesialueet, (0) / (G)	0	
Maa-alueet, (0,4) / (A-D/E-F)	0,4	
Maa-alueet, (0) / (G)		
Ilmakehän stabiilius laskennassa/meteorologinen korjaus		
Neutraali, (0): kyllä	Muu, mikä ja miksi:	
Voimalan äänen suuntaavuus ja vaimentuminen		
Vapaa avaruus	Muu, mikä, miksi:	
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	

LIITE 1: MELUMALLINNUKSEN TULOKSET

Taulukko 7. Tallikallion mallinnuksen meluarvot valituissa kohteissa.

Havainnointipiste	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	351792	7119149	40	37,3	34,7	Ei
b	Vapaa-ajan asunto	351933	7118806	40	36,9	34,0	Ei
c	Vapaa-ajan asunto	352836	7116966	40	37,1	31,1	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	352785	7116787	40	36,4	30,4	Ei
e	Vakituinen asunto	354374	7115607	40	36,7	28,6	Ei
f	Vakituinen asunto	358108	7118189	40	35,2	29,3	Ei
g	Vakituinen asunto	357508	7119291	40	36,3	31,7	Ei
h	Vakituinen asunto	356903	7120208	40	36,8	32,8	Ei
i	Vakituinen asunto	356089	7121535	40	36,2	31,9	Ei
j	Vakituinen asunto	355128	7123645	40	31,2	26,7	Ei

LIITE 2: MELUMALLINNUKSEN TULOKSET: YHTEISVAIKUTUKSET

Taulukko 8. Tallikallion ja naapuripuistojen yhteisvaikutukset. Meluarvot valituissa kohteissa.

Havainnointipiste	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	351792	7119149	40	39,7	38,4	Ei
b	Vapaa-ajan asunto	351933	7118806	40	38,8	37,2	Ei
c	Vapaa-ajan asunto	352836	7116966	40	37,5	32,4	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	352785	7116787	40	36,8	31,8	Ei
e	Vakituinen asunto	354374	7115607	40	36,9	29,6	Ei
f	Vakituinen asunto	358108	7118189	40	35,4	30,1	Ei
g	Vakituinen asunto	357508	7119291	40	36,6	32,4	Ei
h	Vakituinen asunto	356903	7120208	40	37,2	33,6	Ei
i	Vakituinen asunto	356089	7121535	40	37,1	33,9	Ei
j	Vakituinen asunto	355128	7123645	40	36,0	35,0	Ei

LIITE 3: PIENITAAJUISEN MELUN LASKENTA (VE1)

Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle alittuvat lähimmissä asunnoissa. Myös kauempana sijaitsevilla asunnoissa toimenpiderajat alittuvat, koska pienitaajuisen melu vähenee etäisyyden kasvaessa. Vapaa-ajan asuntojenkin kohdalla

toimenpiderajat alittuvat. Pienitaajuinen melu on laskettu Tallikallion vaihtoehdolle VE1, jossa on 17 tuulivoimalaa.

Taulukko 9. Pienitaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella.

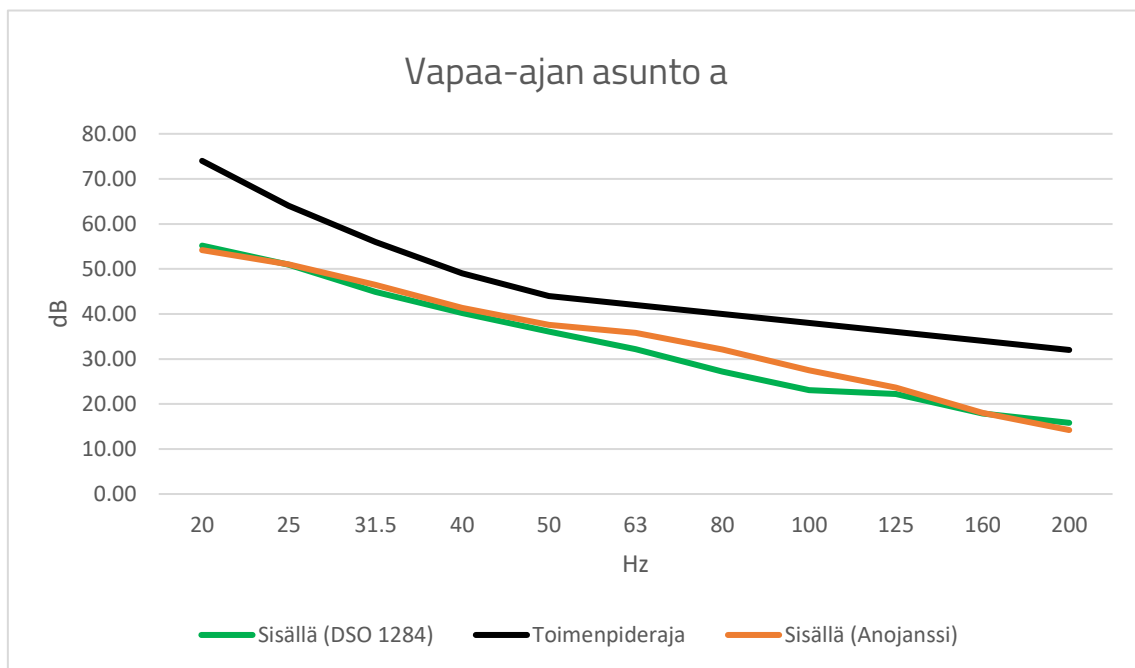
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
20	61,8	61,9	62,3	61,8	61,9	60,9	61,8	62,2	61,7	58,2
25	59,3	59,5	59,8	59,4	59,5	58,5	59,4	59,7	59,2	55,7
31,5	55,7	55,9	56,2	55,7	55,8	54,8	55,8	56,1	55,6	52,1
40	51,6	51,8	52,2	51,7	51,8	50,8	51,7	52,1	51,5	48,0
50	49,1	49,3	49,6	49,1	49,2	48,2	49,1	49,5	49,0	45,4
63	48,8	48,9	49,3	48,8	48,9	47,9	48,8	49,2	48,7	45,1
80	46,9	47,1	47,5	47,0	47,1	46,0	47,0	47,4	46,8	43,2
100	44,3	44,5	44,8	44,3	44,5	43,4	44,3	44,7	44,2	40,4
125	42,4	42,6	43,0	42,5	42,6	41,5	42,5	42,9	42,3	38,3
160	39,1	39,3	39,7	39,1	39,3	38,1	39,1	39,6	39,0	34,8
200	37,0	37,2	37,7	37,1	37,3	36,0	37,0	37,5	36,9	32,4

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

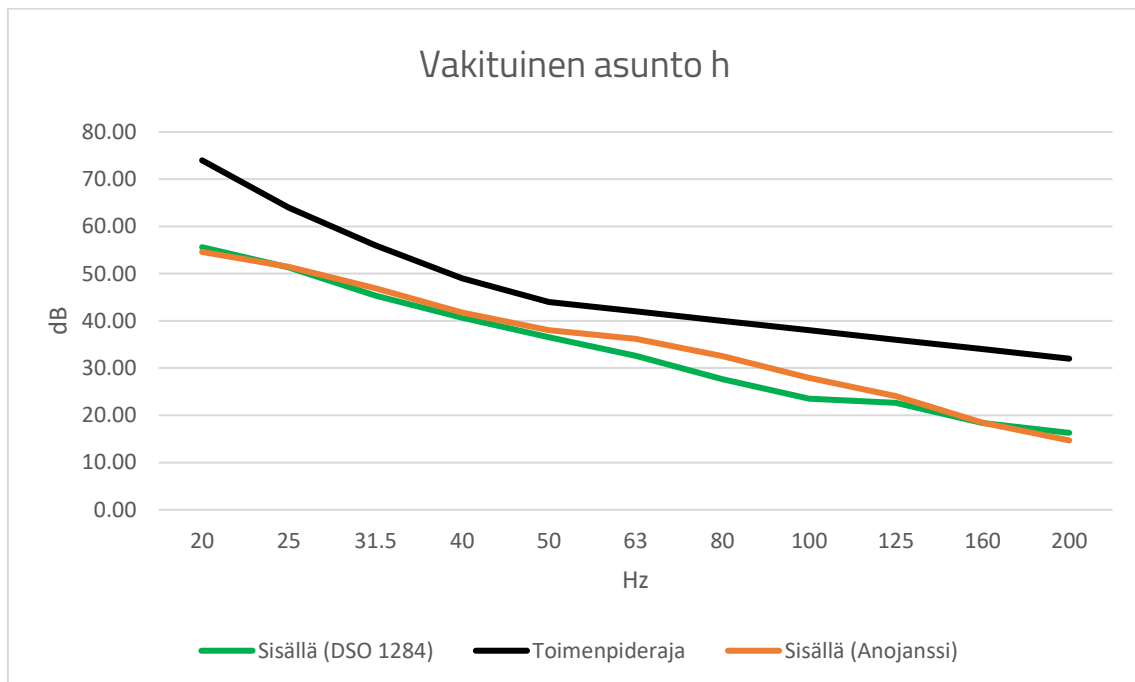
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
20	55,2	55,3	55,7	55,2	55,3	54,3	55,2	55,6	55,1	51,6
25	50,9	51,1	51,4	51,0	51,1	50,1	51,0	51,3	50,8	47,3
31,5	44,9	45,1	45,4	44,9	45,0	44,0	45,0	45,3	44,8	41,3
40	40,2	40,4	40,8	40,3	40,4	39,4	40,3	40,7	40,1	36,6
50	36,1	36,3	36,6	36,1	36,2	35,2	36,1	36,5	36,0	32,4
63	32,2	32,3	32,7	32,2	32,3	31,3	32,2	32,6	32,1	28,5
80	27,2	27,4	27,8	27,3	27,4	26,3	27,3	27,7	27,1	23,5
100	23,1	23,3	23,6	23,1	23,3	22,2	23,1	23,5	23,0	19,2
125	22,2	22,4	22,8	22,3	22,4	21,3	22,3	22,7	22,1	18,1
160	17,9	18,1	18,5	17,9	18,1	16,9	17,9	18,4	17,8	13,6
200	15,8	16,0	16,5	15,9	16,1	14,8	15,8	16,3	15,7	11,2

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

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
20	54,2	54,3	54,7	54,2	54,3	53,3	54,2	54,6	54,1	50,6
25	51,0	51,2	51,5	51,1	51,2	50,2	51,1	51,4	50,9	47,4
31,5	46,5	46,7	47,0	46,5	46,6	45,6	46,6	46,9	46,4	42,9
40	41,3	41,5	41,9	41,4	41,5	40,5	41,4	41,8	41,2	37,7
50	37,6	37,8	38,1	37,6	37,7	36,7	37,6	38,0	37,5	33,9
63	35,8	35,9	36,3	35,8	35,9	34,9	35,8	36,2	35,7	32,1
80	32,1	32,3	32,7	32,2	32,3	31,2	32,2	32,6	32,0	28,4
100	27,5	27,7	28,0	27,5	27,7	26,6	27,5	27,9	27,4	23,6
125	23,6	23,8	24,2	23,7	23,8	22,7	23,7	24,1	23,5	19,5
160	18,0	18,2	18,6	18,0	18,2	17,0	18,0	18,5	17,9	13,7
200	14,2	14,4	14,9	14,3	14,5	13,2	14,2	14,7	14,1	9,6



Kuva 5. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vapaa-ajan asunnossa a.



Kuva 6. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vakituksessa asunnossa h.

LIITE 4: PIENITAAJUISEN MELUN LASKENTA (VE2)

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 Tallikallion vaihtoehdolle VE2, jossa on 6 tuulivoimalaa.

Taulukko 12. Pienitaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella.

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
20	58,7	58,6	57,0	56,5	55,2	55,5	57,2	58,0	57,5	54,0
25	56,2	56,1	54,5	54,0	52,7	53,0	54,8	55,6	55,0	51,5
31,5	52,6	52,5	50,9	50,4	49,1	49,4	51,1	52,0	51,4	47,8
40	48,5	48,4	46,8	46,3	45,0	45,3	47,1	47,9	47,3	43,8
50	46,0	45,9	44,2	43,8	42,4	42,8	44,5	45,4	44,8	41,2
63	45,7	45,6	43,9	43,4	42,1	42,4	44,2	45,1	44,5	40,8
80	43,9	43,8	42,1	41,6	40,2	40,6	42,4	43,2	42,6	38,9
100	41,3	41,1	39,4	38,9	37,5	37,9	39,7	40,6	40,0	36,1

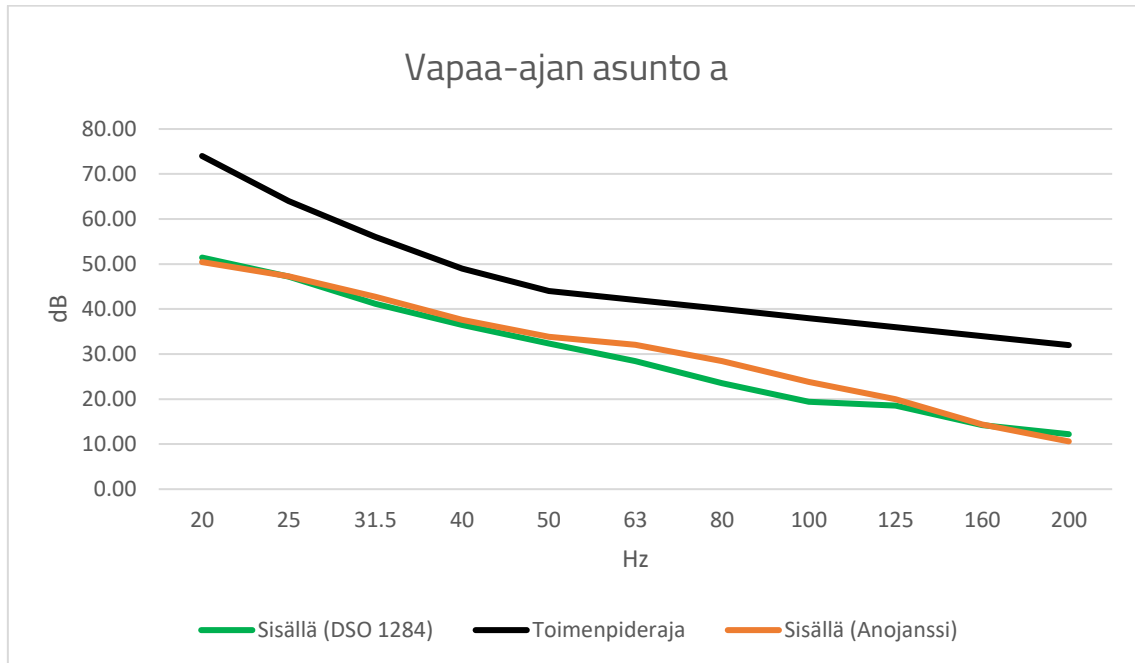
125	39,5	39,3	37,5	37,0	35,5	35,9	37,9	38,8	38,1	34,1
160	36,2	36,1	34,1	33,6	32,0	32,5	34,5	35,5	34,8	30,5
200	34,2	34,1	32,0	31,4	29,7	30,3	32,4	33,4	32,7	28,0

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

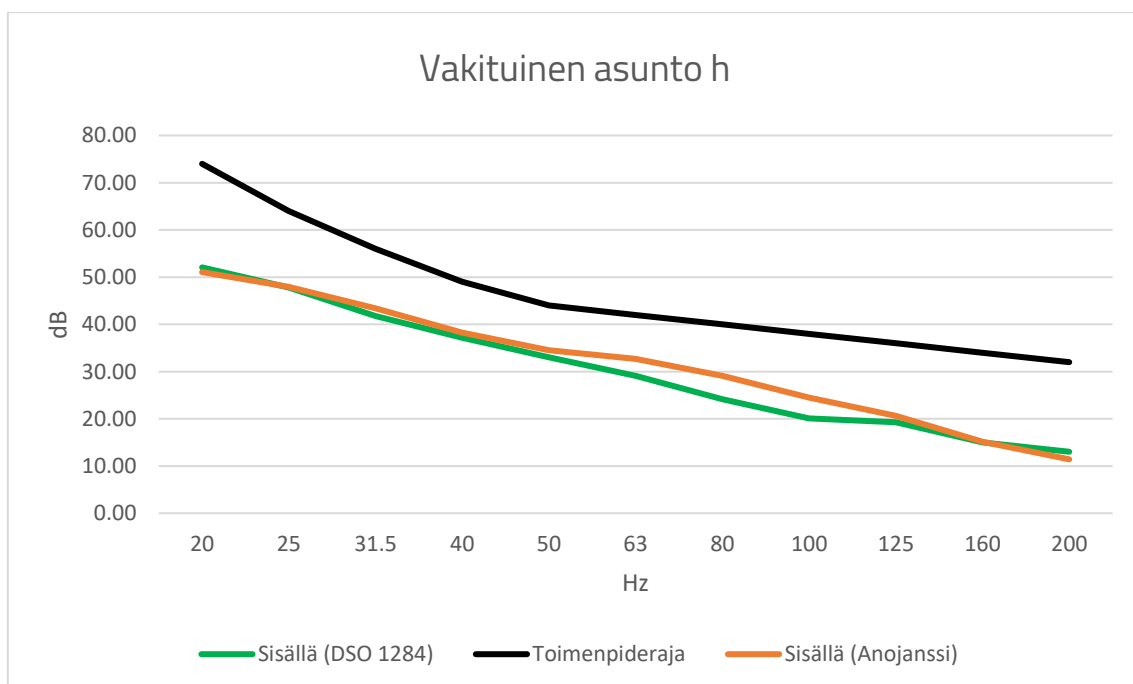
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
20	52,1	52,0	50,4	49,9	48,6	48,9	50,6	51,4	50,9	47,4
25	47,8	47,7	46,1	45,6	44,3	44,6	46,4	47,2	46,6	43,1
31,5	41,8	41,7	40,1	39,6	38,3	38,6	40,3	41,2	40,6	37,0
40	37,1	37,0	35,4	34,9	33,6	33,9	35,7	36,5	35,9	32,4
50	33,0	32,9	31,2	30,8	29,4	29,8	31,5	32,4	31,8	28,2
63	29,1	29,0	27,3	26,8	25,5	25,8	27,6	28,5	27,9	24,2
80	24,2	24,1	22,4	21,9	20,5	20,9	22,7	23,5	22,9	19,2
100	20,1	19,9	18,2	17,7	16,3	16,7	18,5	19,4	18,8	14,9
125	19,3	19,1	17,3	16,8	15,3	15,7	17,7	18,6	17,9	13,9
160	15,0	14,9	12,9	12,4	10,8	11,3	13,3	14,3	13,6	9,3
200	13,0	12,9	10,8	10,2	8,5	9,1	11,2	12,2	11,5	6,8

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

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
20	51,1	51,0	49,4	48,9	47,6	47,9	49,6	50,4	49,9	46,4
25	47,9	47,8	46,2	45,7	44,4	44,7	46,5	47,3	46,7	43,2
31,5	43,4	43,3	41,7	41,2	39,9	40,2	41,9	42,8	42,2	38,6
40	38,2	38,1	36,5	36,0	34,7	35,0	36,8	37,6	37,0	33,5
50	34,5	34,4	32,7	32,3	30,9	31,3	33,0	33,9	33,3	29,7
63	32,7	32,6	30,9	30,4	29,1	29,4	31,2	32,1	31,5	27,8
80	29,1	29,0	27,3	26,8	25,4	25,8	27,6	28,4	27,8	24,1
100	24,5	24,3	22,6	22,1	20,7	21,1	22,9	23,8	23,2	19,3
125	20,7	20,5	18,7	18,2	16,7	17,1	19,1	20,0	19,3	15,3
160	15,1	15,0	13,0	12,5	10,9	11,4	13,4	14,4	13,7	9,4
200	11,4	11,3	9,2	8,6	6,9	7,5	9,6	10,6	9,9	5,2



Kuva 7. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vapaa-ajan asunnossa a.



Kuva 8. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vakituksessa asunnossa h.

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, Pienitaajuinen melu on laskettu tilanteessa, jossa Tallikallion (17 voimalaa), Lätisen (14 voimalaa) ja Etelänkylän (2 voimalaa) tuulivoimapaistot ovat toiminnassa.

Taulukko 15. Pienitaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella.

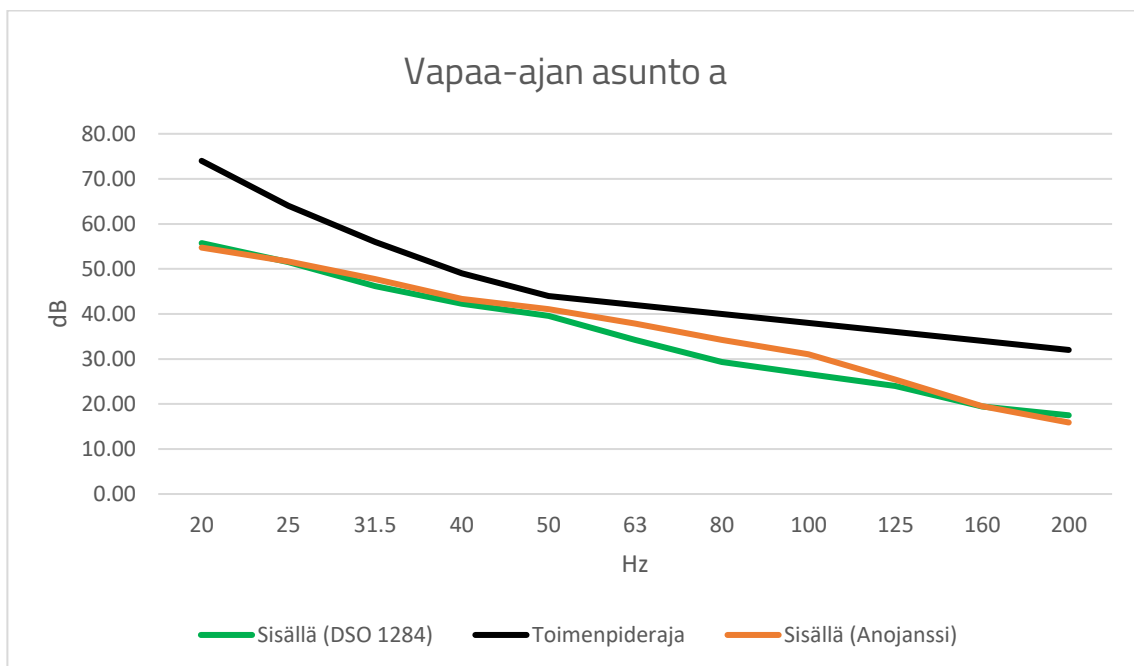
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
20	62,3	62,4	62,4	62,0	62,0	61,0	62,0	62,3	61,9	59,3
25	59,9	60,0	60,0	59,5	59,6	58,6	59,5	59,9	59,5	57,0
31,5	57,0	56,8	56,6	56,1	56,1	55,1	56,0	56,5	56,2	54,1
40	53,7	53,4	52,7	52,3	52,1	51,2	52,1	52,6	52,5	51,1
50	52,5	52,0	50,7	50,3	49,9	49,0	50,0	50,6	50,8	50,3
63	50,8	50,5	49,9	49,4	49,3	48,3	49,3	49,8	49,7	48,3
80	49,0	48,7	48,0	47,6	47,4	46,4	47,4	47,9	47,8	46,4
100	47,8	47,3	45,9	45,4	45,0	44,0	45,1	45,7	45,9	45,4
125	44,2	43,9	43,4	42,9	42,8	41,7	42,8	43,3	43,1	41,4
160	40,7	40,4	40,0	39,5	39,5	38,3	39,4	39,9	39,6	37,5
200	38,7	38,4	37,9	37,4	37,4	36,1	37,2	37,8	37,5	35,5

Taulukko 16. Pienitaajuinen melu sisätiloissa, käyttäen DSO 1284 mukaisia ääneneristävyysarvoja.

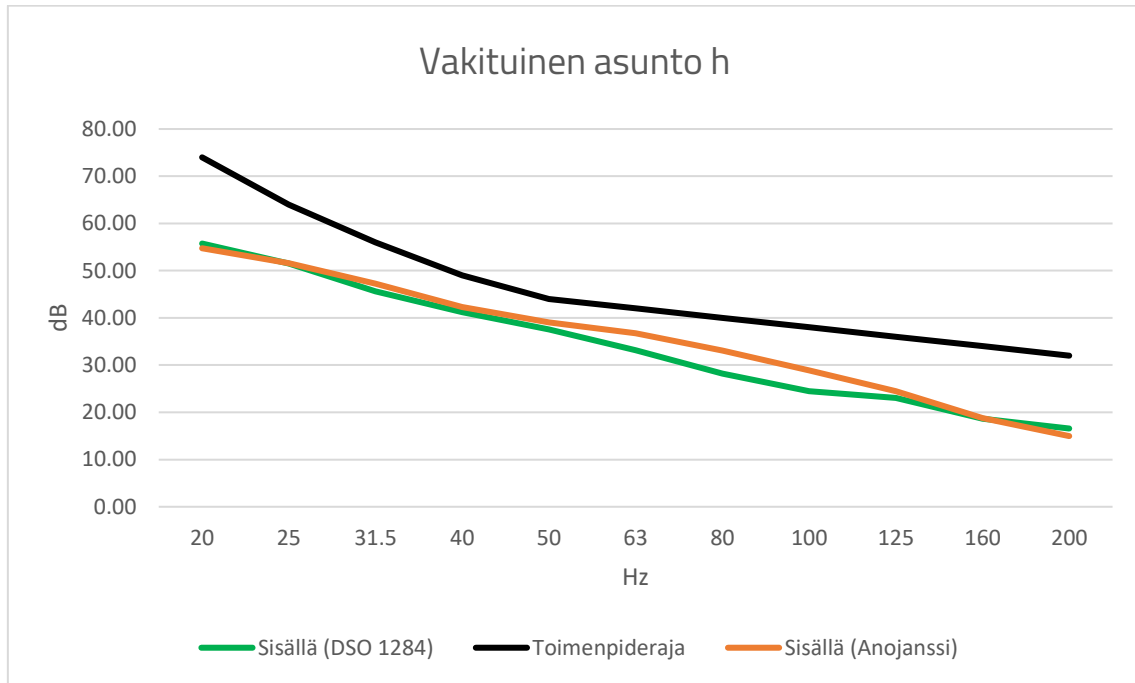
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
20	55,7	55,8	55,8	55,4	55,4	54,4	55,4	55,7	55,3	52,7
25	51,5	51,6	51,6	51,1	51,2	50,2	51,1	51,5	51,1	48,6
31,5	46,2	46,0	45,8	45,3	45,3	44,3	45,2	45,7	45,4	43,3
40	42,3	42,0	41,3	40,9	40,7	39,8	40,7	41,2	41,1	39,7
50	39,5	39,0	37,7	37,3	36,9	36,0	37,0	37,6	37,8	37,3
63	34,2	33,9	33,3	32,8	32,7	31,7	32,7	33,2	33,1	31,7
80	29,3	29,0	28,3	27,9	27,7	26,7	27,7	28,2	28,1	26,7
100	26,6	26,1	24,7	24,2	23,8	22,8	23,9	24,5	24,7	24,2
125	24,0	23,7	23,2	22,7	22,6	21,5	22,6	23,1	22,9	21,2
160	19,5	19,2	18,8	18,3	18,3	17,1	18,2	18,7	18,4	16,3
200	17,5	17,2	16,7	16,2	16,2	14,9	16,0	16,6	16,3	14,3

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

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
20	54,7	54,8	54,8	54,4	54,4	53,4	54,4	54,7	54,3	51,7
25	51,6	51,7	51,7	51,2	51,3	50,3	51,2	51,6	51,2	48,7
31,5	47,8	47,6	47,4	46,9	46,9	45,9	46,8	47,3	47,0	44,9
40	43,4	43,1	42,4	42,0	41,8	40,9	41,8	42,3	42,2	40,8
50	41,0	40,5	39,2	38,8	38,4	37,5	38,5	39,1	39,3	38,8
63	37,8	37,5	36,9	36,4	36,3	35,3	36,3	36,8	36,7	35,3
80	34,2	33,9	33,2	32,8	32,6	31,6	32,6	33,1	33,0	31,6
100	31,0	30,5	29,1	28,6	28,2	27,2	28,3	28,9	29,1	28,6
125	25,4	25,1	24,6	24,1	24,0	22,9	24,0	24,5	24,3	22,6
160	19,6	19,3	18,9	18,4	18,4	17,2	18,3	18,8	18,5	16,4
200	15,9	15,6	15,1	14,6	14,6	13,3	14,4	15,0	14,7	12,7



Kuva 9. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vapaa-ajan asunnossa a.



Kuva 10. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vakituksessa asunnossa h.

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 Tallikallion (6 voimalaa), Lätisen (14 voimalaa) ja Etelänkylän (2 voimalaa) tuulivoimapaistot ovat toiminnassa,

Taulukko 18. Pientaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella.

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
20	59,7	59,4	57,4	57,0	55,6	55,9	57,6	58,4	58,2	56,3
25	57,4	57,1	55,0	54,6	53,2	53,4	55,1	56,0	55,8	54,3
31,5	54,9	54,4	52,0	51,5	50,0	50,2	51,9	52,8	52,8	51,9
40	52,0	51,3	48,5	48,1	46,5	46,6	48,3	49,2	49,6	49,5
50	51,4	50,5	47,2	46,9	45,0	45,0	46,6	47,7	48,5	49,3
63	49,2	48,5	45,7	45,2	43,5	43,7	45,4	46,4	46,8	46,8
80	47,4	46,7	43,8	43,4	41,6	41,8	43,5	44,5	44,9	44,9

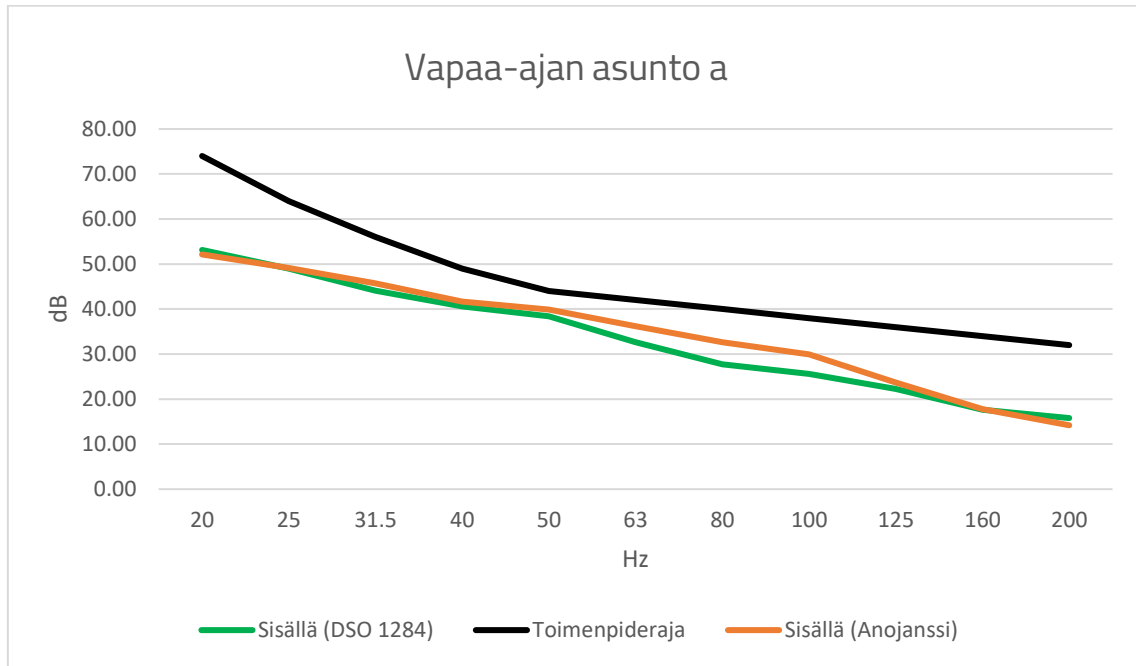
100	46,8	45,8	42,3	41,9	39,9	39,9	41,6	42,8	43,6	44,4
125	42,5	41,8	38,8	38,3	36,5	36,8	38,7	39,7	40,0	39,8
160	38,9	38,2	35,2	34,7	32,8	33,1	35,1	36,2	36,3	35,7
200	37,0	36,2	33,0	32,4	30,4	30,8	33,0	34,1	34,2	33,9

Taulukko 19. Pienitaajuinen melu sisätiloissa, käyttäen DSO 1284 mukaisia ääneneristävyyssarvoja.

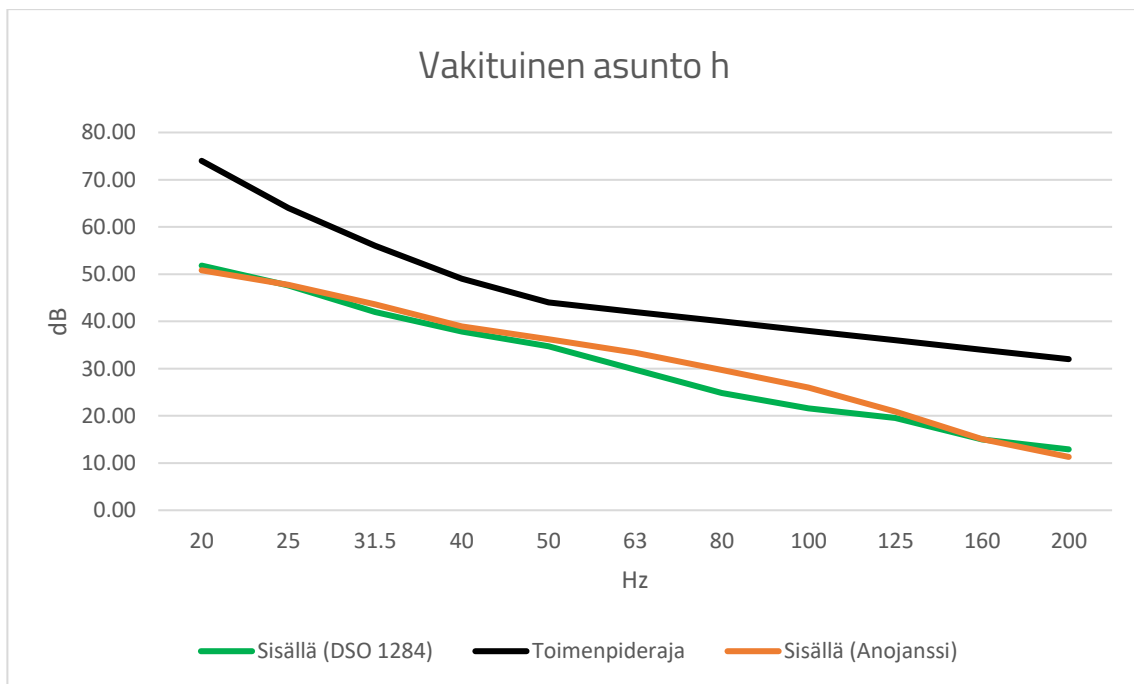
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
20	53,1	52,8	50,8	50,4	49,0	49,3	51,0	51,8	51,6	49,7
25	49,0	48,7	46,6	46,2	44,8	45,0	46,7	47,6	47,4	45,9
31,5	44,1	43,6	41,2	40,7	39,2	39,4	41,1	42,0	42,0	41,1
40	40,6	39,9	37,1	36,7	35,1	35,2	36,9	37,8	38,2	38,1
50	38,4	37,5	34,2	33,9	32,0	32,0	33,6	34,7	35,5	36,3
63	32,6	31,9	29,1	28,6	26,9	27,1	28,8	29,8	30,2	30,2
80	27,7	27,0	24,1	23,7	21,9	22,1	23,8	24,8	25,2	25,2
100	25,6	24,6	21,1	20,7	18,7	18,7	20,4	21,6	22,4	23,2
125	22,3	21,6	18,6	18,1	16,3	16,6	18,5	19,5	19,8	19,6
160	17,7	17,0	14,0	13,5	11,6	11,9	13,9	15,0	15,1	14,5
200	15,8	15,0	11,8	11,2	9,2	9,6	11,8	12,9	13,0	12,7

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

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
20	52,1	51,8	49,8	49,4	48,0	48,3	50,0	50,8	50,6	48,7
25	49,1	48,8	46,7	46,3	44,9	45,1	46,8	47,7	47,5	46,0
31,5	45,7	45,2	42,8	42,3	40,8	41,0	42,7	43,6	43,6	42,7
40	41,7	41,0	38,2	37,8	36,2	36,3	38,0	38,9	39,3	39,2
50	39,9	39,0	35,7	35,4	33,5	33,5	35,1	36,2	37,0	37,8
63	36,2	35,5	32,7	32,2	30,5	30,7	32,4	33,4	33,8	33,8
80	32,6	31,9	29,0	28,6	26,8	27,0	28,7	29,7	30,1	30,1
100	30,0	29,0	25,5	25,1	23,1	23,1	24,8	26,0	26,8	27,6
125	23,7	23,0	20,0	19,5	17,7	18,0	19,9	20,9	21,2	21,0
160	17,8	17,1	14,1	13,6	11,7	12,0	14,0	15,1	15,2	14,6
200	14,2	13,4	10,2	9,6	7,6	8,0	10,2	11,3	11,4	11,1



Kuva 11. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vapaa-ajan asunnossa a.



Kuva 12. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vakituksessa asunnossa h.

LIITE 7: SJOITUSSUUNNITELMAT

Voimaloiden sijainnit on esitetty alla olevissa taulukoissa.

Taulukko 21. Tallikallion voimaloiden sijaintitiedot, VE1 (17 voimalaa).

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Tuulivoimalatyyppi
1	353932	7121283	Nordex N175 6,8 MW 200 HH, 106,9+2,0 dB(A)
2	354264	7120682	Nordex N175 6,8 MW 200 HH, 106,9+2,0 dB(A)
3	353079	7120627	Nordex N175 6,8 MW 200 HH, 106,9+2,0 dB(A)
4	353496	7120072	Nordex N175 6,8 MW 200 HH, 106,9+2,0 dB(A)
5	354589	7120005	Nordex N175 6,8 MW 200 HH, 106,9+2,0 dB(A)
6	354971	7119657	Nordex N175 6,8 MW 200 HH, 106,9+2,0 dB(A)
7	354104	7119145	Nordex N175 6,8 MW 200 HH, 106,9+2,0 dB(A)
8	354790	7118865	Nordex N175 6,8 MW 200 HH, 106,9+2,0 dB(A)
9	355413	7118861	Nordex N175 6,8 MW 200 HH, 106,9+2,0 dB(A)
10	354006	7118398	Nordex N175 6,8 MW 200 HH, 106,9+2,0 dB(A)
11	355653	7118276	Nordex N175 6,8 MW 200 HH, 106,9+2,0 dB(A)
12	354322	7117849	Nordex N175 6,8 MW 200 HH, 106,9+2,0 dB(A)
13	356138	7117804	Nordex N175 6,8 MW 200 HH, 106,9+2,0 dB(A)
14	354804	7117570	Nordex N175 6,8 MW 200 HH, 106,9+2,0 dB(A)
15	355338	7117366	Nordex N175 6,8 MW 200 HH, 106,9+2,0 dB(A)
16	355839	7116977	Nordex N175 6,8 MW 200 HH, 106,9+2,0 dB(A)
17	356189	7116594	Nordex N175 6,8 MW 200 HH, 106,9+2,0 dB(A)

Taulukko 22. Tallikallion voimaloiden sijaintitiedot, VE2 (6 voimalaa).

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Tuulivoimalatyyppi
1	353029	7120464	Nordex N175 6,8 MW 200 HH, 106,9+2,0 dB(A)
2	354629	7119895	Nordex N175 6,8 MW 200 HH, 106,9+2,0 dB(A)
3	353654	7120124	Nordex N175 6,8 MW 200 HH, 106,9+2,0 dB(A)
4	355654	7118270	Nordex N175 6,8 MW 200 HH, 106,9+2,0 dB(A)
5	354203	7118909	Nordex N175 6,8 MW 200 HH, 106,9+2,0 dB(A)
6	355040	7118920	Nordex N175 6,8 MW 200 HH, 106,9+2,0 dB(A)

Taulukko 23. Läntisen voimaloiden sijaintitiedot (14 voimalaa).

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Tuulivoimalatyyppi
1	350795	7123903	Nordex N163 5,7 MW 158,5 HH, 107,2+1,5 dB(A)
2	351319	7123323	Nordex N163 5,7 MW 158,5 HH, 107,2+1,5 dB(A)
3	352202	7123717	Nordex N163 5,7 MW 158,5 HH, 107,2+1,5 dB(A)
4	352631	7123197	Nordex N163 5,7 MW 158,5 HH, 107,2+1,5 dB(A)
5	352329	7122551	Nordex N163 5,7 MW 158,5 HH, 107,2+1,5 dB(A)
6	350456	7123130	Nordex N163 5,7 MW 158,5 HH, 107,2+1,5 dB(A)
7	350932	7122565	Nordex N163 5,7 MW 158,5 HH, 107,2+1,5 dB(A)
8	352622	7121883	Nordex N163 5,7 MW 158,5 HH, 107,2+1,5 dB(A)
9	351428	7121800	Nordex N163 5,7 MW 158,5 HH, 107,2+1,5 dB(A)
10	350991	7121162	Nordex N163 5,7 MW 158,5 HH, 107,2+1,5 dB(A)
11	351540	7120749	Nordex N163 5,7 MW 158,5 HH, 107,2+1,5 dB(A)
12	350341	7120784	Nordex N163 5,7 MW 158,5 HH, 107,2+1,5 dB(A)
13	352181	7121352	Nordex N163 5,7 MW 158,5 HH, 107,2+1,5 dB(A)
14	353158	7122390	Nordex N163 5,7 MW 158,5 HH, 107,2+1,5 dB(A)

Taulukko 24. Etelänkylän voimaloiden sijaintitiedot (2 voimalaa).

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Tuulivoimalatyyppi
1	353139	7124069	Vestas V126 3,45 MW 142 HH, 106,0+2,0 dB(A)
2	353412	7124639	Vestas V126 3,45 MW 142 HH, 106,0+2,0 dB(A)



VÄLKESELVITYS

Tallikallion Tuulivoimapuisto

30.10.2024

SISÄLLYSLUETTELO

1	YHTEENVETO	2
2	TAUSTA	3
3	VARJOVÄLKKEEN MUODOSTUMINEN	4
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	Välkevaikutukset puuston suojaava vaikutus huomioiden	11
4.3.1	Vaihtoehdon VE1 Välkevaikutukset	12
4.3.2	Vaihtoehdon VE2 Välkevaikutukset	13
4.4	Yhteisvaikutusten Mallinnus.....	14
4.4.1	Vaihtoehdon VE1 Välkevaikutukset	14
4.4.2	Vaihtoehdon VE2 Välkevaikutukset	16
4.5	Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät	18
4.6	Haittojen ehkäiseminen ja seuranta	18
5	LÄHTEET	19
	Liite 1: Sijoitussuunnitelma	20

VERSIONHISTORIA

Versio, Päivämäärä	Tekijä	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
Ver 1	Arina Makarova, 2024-10-29	Christian Granlund, 2024-10-30	Christian Granlund, 2024-10-30	Tallikallion tuulivoimapuiston välkeselvitys.

1 YHTEENVETO

Tehtävä:

Välkeselvitys Tallikallion tuulivoimapuiston vaikutusalueella. Selvityksessä on tarkasteltu kaksi sijoitussuunnitelmavaihtoehtoa.

Työmenetelmät:

Välkeselvitykseen on kerätty ajantasaista tietoa tuulivoimaloiden varjon välkkeen ominaispiirteistä, välkkeen ohjearvoista, paikallisista olosuhteista sekä mallinnusmenetelmistä. Pääasiallisena laskentatyökaluna on käytetty windPRO Ver3.6 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 Tallikallion tuulivoimapuiston havainnointipisteissä yhdessäkään sijoitussuunnitelmavaihtoehdossa. Teoreettisia maksimisuosituksia ei myöskään ylitetä.

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

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

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

Taulukko 2. Yhteenveto vertailuarvojen ylityksistä (mallinnus puusto huomioiden).

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

2 TAUSTA

Tämä välkeselvitys on tehty Tallikallion tuulivoimapuistolle Kalajoen kunnan alueella. Tässä selvityksessä on tarkistettu kaksi eri sijoitussuunnitelman vaihtoehtoa, jotka on muodostettu ympäristövaikutusten arviointimenettelyä ja kaavoitusmenettelyä varten:

- VE1: 17 voimalaa. Roottorihalkaisija 200 m ja napakorkeus 200 m. Kokonaiskorkeus on 300 m.
- VE2: 6 voimalaa. Roottorihalkaisija 200 m ja napakorkeus 200 m. Kokonaiskorkeus on 300 m.

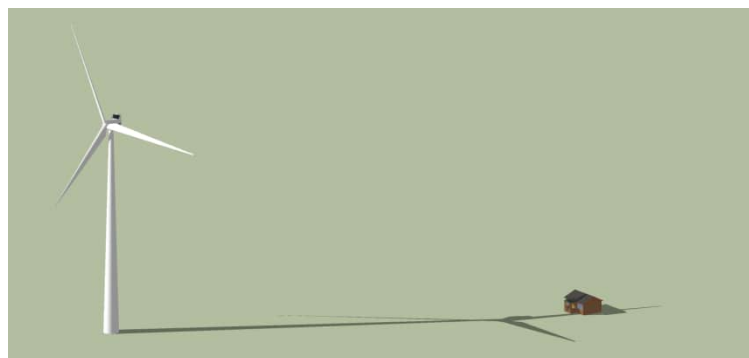
Välkeselvitys on tehty windPRO 3.6 ohjelmiston SHADOW-moduulia käyttäen. Ympäristöhallinnon ohjeen OH 5/2016 mukaan Suomessa vaikutuksia arvioitaessa on suositeltavaa käyttää apuna muiden maiden ohjearvoja. Tuloksia on verrattu Saksan, Ruotsin ja Tanskan suositusarvoihin (LAI, 2002; Boverket, 2009; Miljøministeriet, 2015). 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. Puustoa ja muuta kasvillisuutta ei kuitenkaan huomioida, mistä johtuen paikoittain raportoidaan liian korkeat välkearvot. 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 havainnointipisteeseen muodostu häiritsevään voimakkaita liikkuvia varjoja.

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

Maastotietokantana käytettiin Maanmittauslaitoksen kahden metrin korkeusmallia ja säähavaintotietoina käytettiin Seinäjoen ja Oulun säähavaintoja. Käytetyt auringonpaistetunnit ovat interpoloitu arvio näiden kahden havaintopisteen perusteella. Seinäjoen havaintoasema (Seinäjoki, Pelmaa) sijaitsee noin 155 kilometrin päässä suunnitellusta tuulivoimapuistoalueesta. Oulun havaintoasema (Oulun Lentoasema) sijaitsee noin 105 kilometrin päässä suunnitellusta tuulivoimapuistoalueesta. Laskelmissa oletetaan, että tuulivoimaloiden roottorit pyörivät vain tuulennopeuden ollessa sopiva. Varjovälkettä tarkasteltiin kahden metrin korkeudelta eli suunnilleen ihmisen havainnointikorkeudelta. Mallinnuksessa käytetyt asetukset, auringonpaisteajat sekä tuulivoimaloiden toiminta-aika on esitetty alla olevissa taulukoissa.

Taulukko 3. Mallinnuksessa käytetyt asetukset

Asetus	Kuvaus
Auringonpaisteajat	Seinäjoen/Oulun 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	Arvioidut lapaparametrit käytössä
Vertailuarvot	10 h/v todellinen tilanne
	8 h/v todellinen tilanne
	30 h/v teoreettinen tilanne
	30 min/pv teoreettinen tilanne

Taulukko 4. Mallinnuksessa käytetyt auringonpaisteajat

Kuukausi	Keskimääräinen auringonpaisteen tuntimäärä päivässä
Tammikuu	0,90
Helmikuu	2,51
Maaliskuu	4,59
Huhtikuu	6,51
Toukokuu	8,68

Kesäkuu	9,42
Heinäkuu	8,81
Elokuu	6,73
Syyskuu	4,59
Lokakuu	2,46
Marraskuu	1,00
Joulukuu	0,45
Keskiarvo	4,72

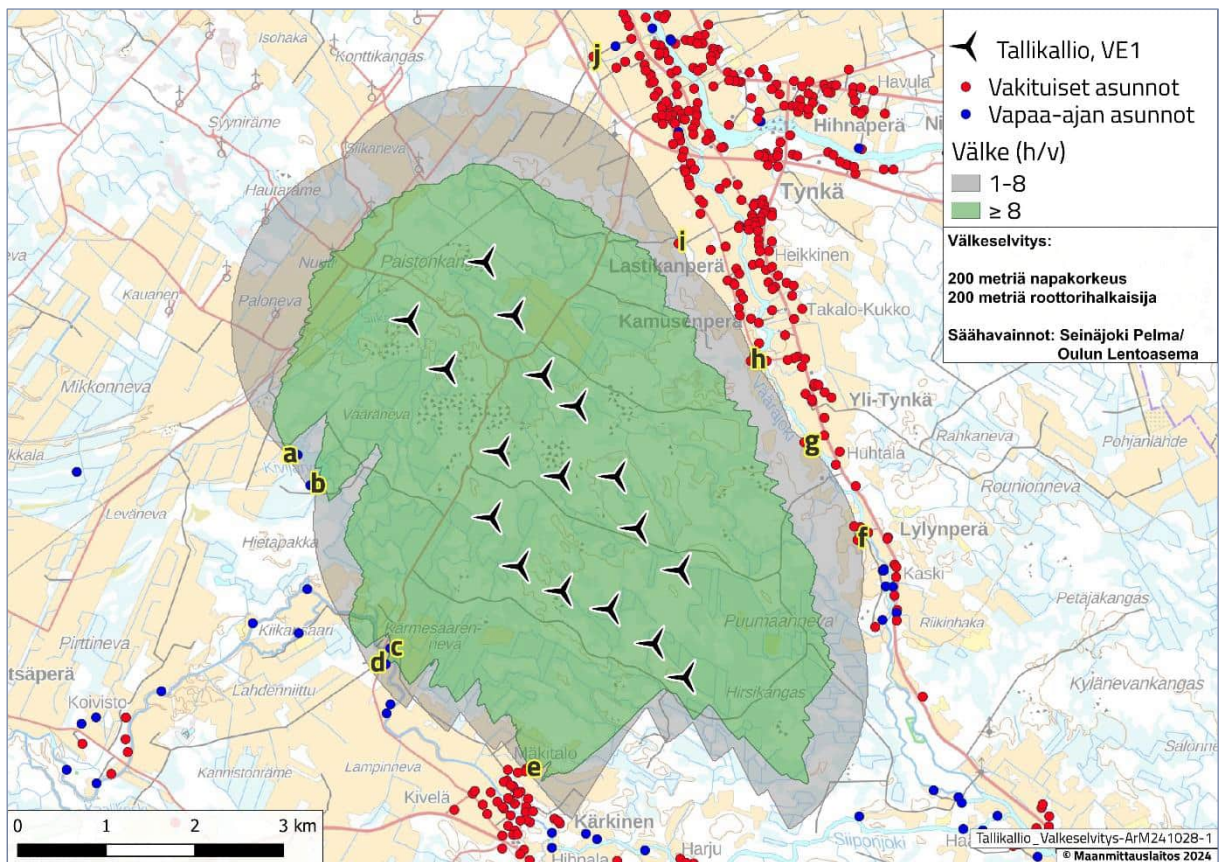
Taulukko 5. Tuulivoimaloiden toiminta-aika

Tuulensuunta	Toiminta-aika (h/v)
Pohjoinen	608
Pohjoiskoillinen	458
Itäkoillinen	397
Itä	420
Itäkaakko	517
Eteläkaakko	672
Etelä	901
Etelälounas	1136
Länsilounas	1038
Länsi	725
Länsiluode	518
Pohjoisloude	535
Summa	7925

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 Tallikallion alueella. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-j) 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 ylitä yhdessäkään havainnointipisteessä. Teoreettiset maksimisuositukset ei myöskään ylitetä.

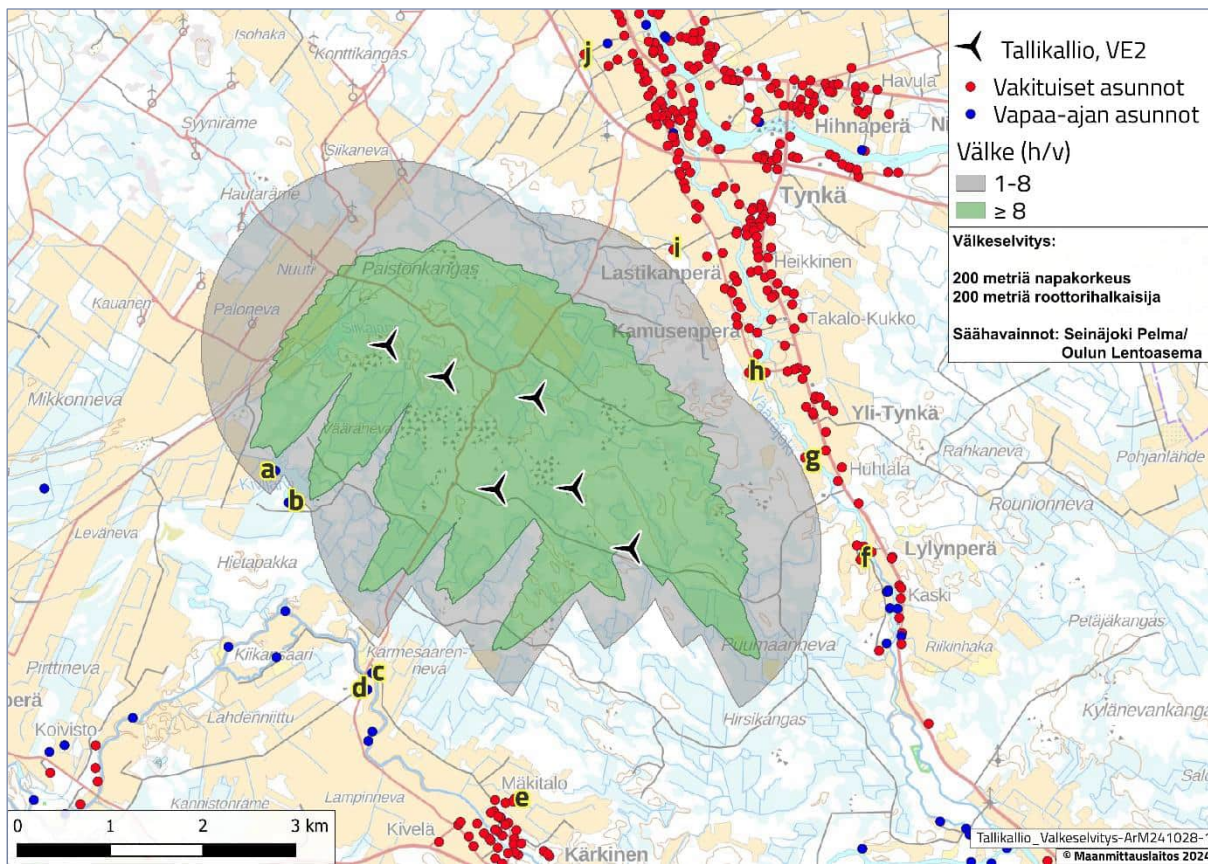
Laskennassa on tarkasteltu välkettä myös yksittäisissä havainnointipisteissä. Seuraavassa taulukossa on laskennasta saadut tulokset havainnointipisteille.

Taulukko 6. Varjoväkelaskennan tulokset, Tallikallio (VE1)

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	351792	7119149	6:26	24:12	0:26	Ei
b	Vapaa-ajan asunto	351933	7118806	6:51	26:01	0:26	Ei
c	Vapaa-ajan asunto	352836	7116966	7:54	29:46	0:29	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	352785	7116787	7:57	29:59	0:27	Ei
e	Vakituinen asunto	354374	7115607	5:12	19:48	0:26	Ei
f	Vakituinen asunto	358108	7118189	1:44	8:45	0:23	Ei
g	Vakituinen asunto	357508	7119291	1:35	10:47	0:24	Ei
h	Vakituinen asunto	356903	7120208	3:17	19:13	0:24	Ei
i	Vakituinen asunto	356089	7121535	1:34	8:55	0:24	Ei
j	Vakituinen asunto	355128	7123645	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 Tallikallion alueella. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-j) ja niiden vältketasot on esitetty taulukossa 7.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitä yhdessäkään havainnointipisteessä. Teoreettiset maksimisuositukset ei myöskään ylitetä.

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

Taulukko 7. Varjovälkelaskennan tulokset, Tallikallio (VE2)

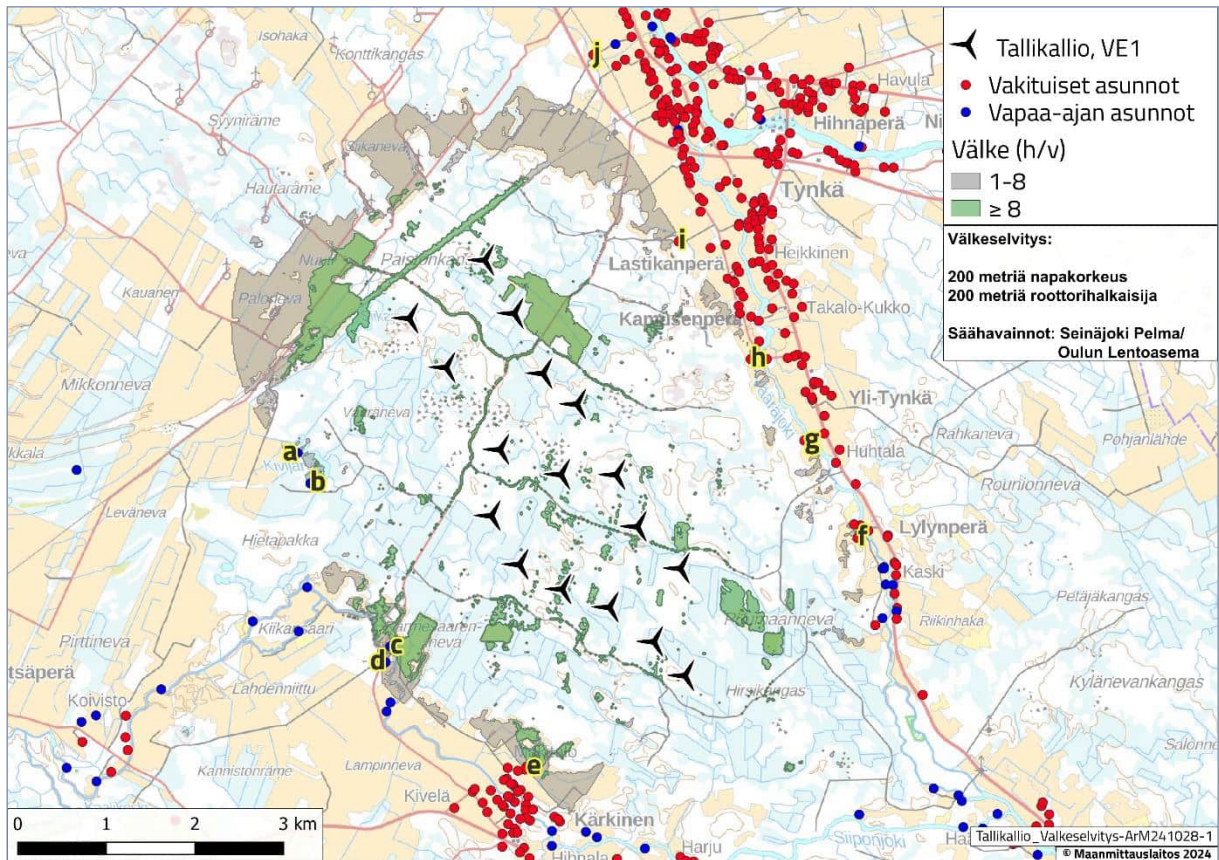
Havainnointi piste	Asunnon luokka	Itäinen koord. (ETRS TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS TM35FIN)	Vilkkumisen määrä (todellinen tilanne, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/pv)	Suositus-arvon ylitys
a	Vapaa-ajan asunto	351792	7119149	3:20	12:19	0:23	Ei
b	Vapaa-ajan asunto	351933	7118806	0:00	0:00	0:00	Ei
c	Vapaa-ajan asunto	352836	7116966	0:00	0:00	0:00	Ei

d	Vapaa-ajan asunto	352785	7116787	0:00	0:00	0:00	Ei
e	Vakituinen asunto	354374	7115607	0:00	0:00	0:00	Ei
f	Vakituinen asunto	358108	7118189	0:00	0:00	0:00	Ei
g	Vakituinen asunto	357508	7119291	0:00	0:00	0:00	Ei
h	Vakituinen asunto	356903	7120208	0:00	0:00	0:00	Ei
i	Vakituinen asunto	356089	7121535	0:00	0:00	0:00	Ei
j	Vakituinen asunto	355128	7123645	0:00	0:00	0:00	Ei

4.3 VÄLKEVAIKUTUKSET PUUSTON SUOJAAVA VAIKUTUS HUOMIOIDEN

Korkean puuston peittäessä tuulivoimalat, havainnointipisteeseen ei muodostu lainkaan varjovälkettä. Kasvillisuuden peittäessä tietyt tuulivoimalat, havainnointipisteeseen muodostuva varjovälkkeen kokonaismäärä vähenee. Puuston korkeustiedot on poimittu Luonnonvarakeskuksen latauspalvelusta (LUKE, 2021). Seuraavassa kuvassa on esitetty välkemallinnuksen tulokset kasvillisuuden korkeus huomioon ottaen ja jäljempänä tulokset on kuvailtu sanallisesti.

4.3.1 VAIHTOEHDON VE1 VÄLKEVAIKUTUKSET



Kuva 4. Varjovälkkeen muodostuminen Tallikallion alueella puuston suojaava vaikutus huomioiden. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-j) ja niiden väikeaset on esitetty taulukossa 8.

Kasvillisuuden suojaava vaikutus huomioitaessa väikeaika on pienempi neljässä havainnointipisteessä. Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon väikeestä ei ylitetä. Teoreettiset maksimisuositukset ei myöskään ylitetä.

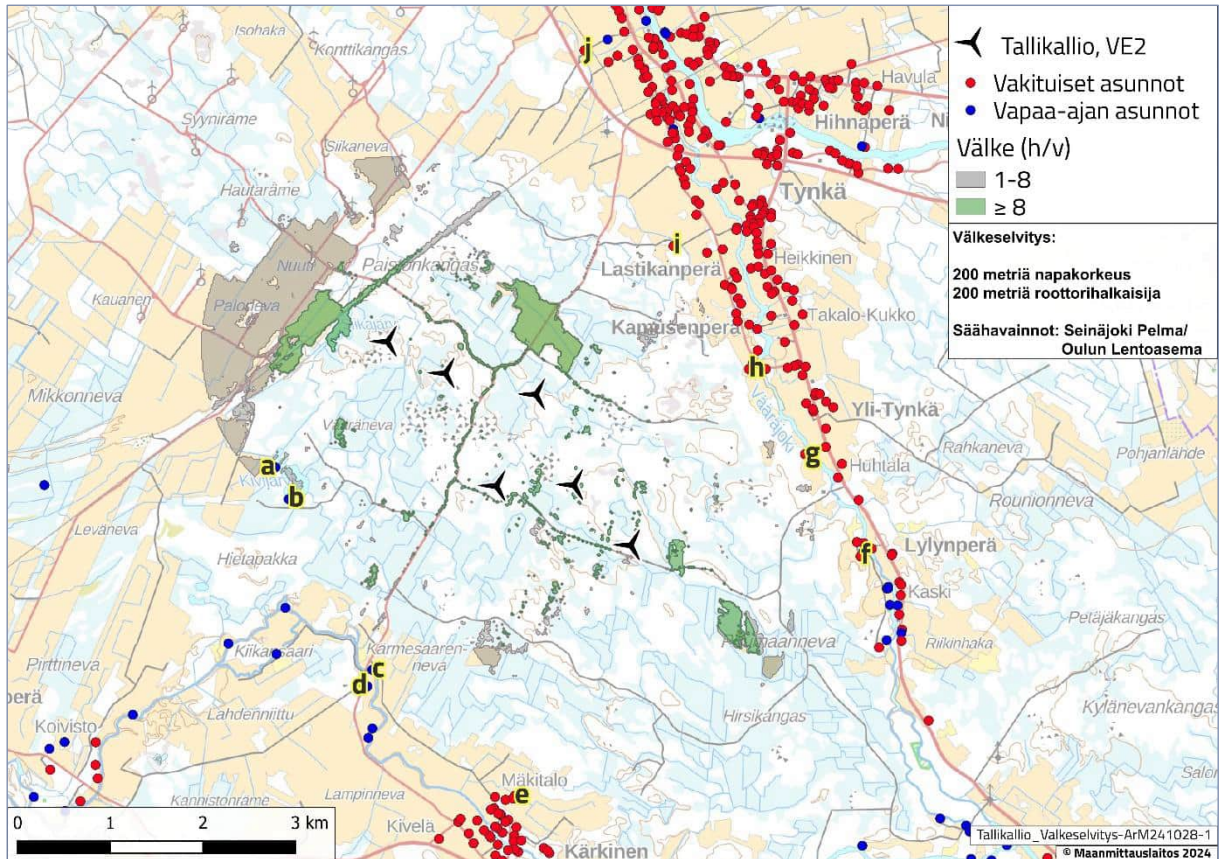
Tallikallion väikelaskennan tulokset, kun kasvillisuus on otettu huomioon, on raportoitu taulukossa 8.

Taulukko 8. Varjoväikelaskennan tulokset, puuston vaikutus huomioiden

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	351792	7119149	0:00	0:00	0:00	Ei
b	Vapaa-ajan asunto	351933	7118806	0:00	0:00	0:00	Ei

c	Vapaa-ajan asunto	352836	7116966	7:54	29:46	0:29	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	352785	7116787	7:57	29:59	0:27	Ei
e	Vakituinen asunto	354374	7115607	5:12	19:48	0:26	Ei
f	Vakituinen asunto	358108	7118189	1:44	8:45	0:23	Ei
g	Vakituinen asunto	357508	7119291	0:00	0:00	0:00	Ei
h	Vakituinen asunto	356903	7120208	0:00	0:00	0:00	Ei
i	Vakituinen asunto	356089	7121535	1:34	8:55	0:24	Ei
j	Vakituinen asunto	355128	7123645	0:00	0:00	0:00	Ei

4.3.2. VAIHTOEHDON VE2 VÄLKEVAIKUTUKSET



Kuva 5. Varjovälkkeen muodostuminen Tallikallion alueella puuston suojaava vaikutus huomioiden. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-j) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 9.

Kasvillisuuden suojaava vaikutus huomioitaessa välke aika on pienempi yhdessä havainnointipisteessä. Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitetä. Teoreettiset maksimisuositukset ei myöskään ylitetä.

Tallikallion väkelaskennan tulokset, kun kasvillisuus on otettu huomioon, on raportoitu taulukossa 9.

Taulukko 9. Varjoväkelaskennan tulokset, puuston vaikutus huomioiden

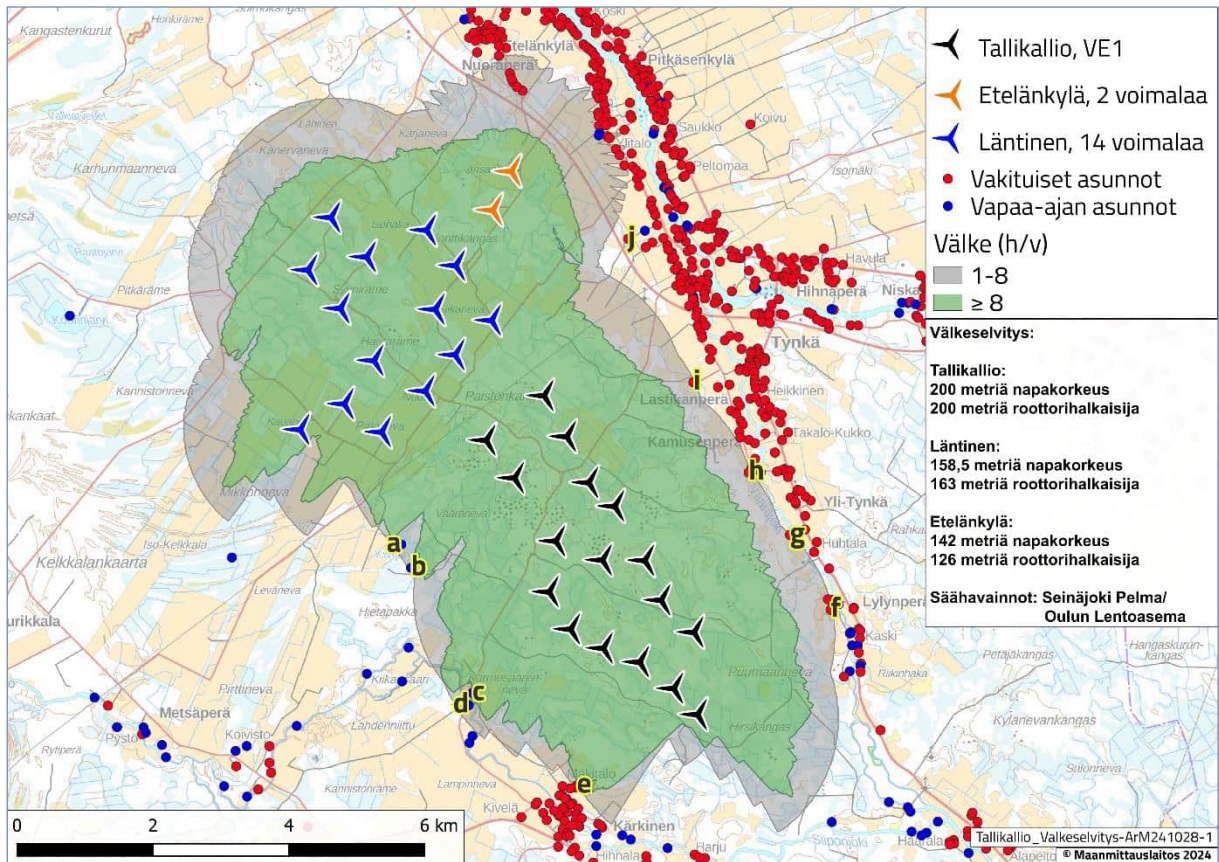
Havainnointi piste	Asunnon luokka	Itäinen koord. (ETRS TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS TM35FIN)	Vilkkumisen määrä (todellinen tilanne, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/pv)	Suositus-arvon ylitys
a	Vapaa-ajan asunto	351792	7119149	0:00	0:00	0:00	Ei
b	Vapaa-ajan asunto	351933	7118806	0:00	0:00	0:00	Ei
c	Vapaa-ajan asunto	352836	7116966	0:00	0:00	0:00	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	352785	7116787	0:00	0:00	0:00	Ei
e	Vakituinen asunto	354374	7115607	0:00	0:00	0:00	Ei
f	Vakituinen asunto	358108	7118189	0:00	0:00	0:00	Ei
g	Vakituinen asunto	357508	7119291	0:00	0:00	0:00	Ei
h	Vakituinen asunto	356903	7120208	0:00	0:00	0:00	Ei
i	Vakituinen asunto	356089	7121535	0:00	0:00	0:00	Ei
j	Vakituinen asunto	355128	7123645	0:00	0:00	0:00	Ei

4.4 YHTEISVAIKUTUSTEN MALLINNUS

4.4.1 VAIHTOEHDON VE1 VÄLKEVAIKUTUKSET

Seuraavassa kuvassa on esitetty Tallikallion ja naapuripuistojen yhteisvaikutusten tulokset. Välkemallinnuksessa on käytetty Tallikallion 17 voimalan sijoitussuunnitelmaa (VE1).

Läntinen on mallinnettu voimalalla, jonka roottorin halkaisija on 163 metriä ja napakorkeus 158,5 metriä (Ramboll, 2020). Etelänkylän on mallinnettu voimalalla, jonka roottorin halkaisija on 126 metriä ja napakorkeus 142 metriä.



Kuva 6. Varjovälkkeen muodostuminen Tallikallion alueella (VE1), naapuripuistot huomioiden. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-j) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 10.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy mallinnuksen mukaan alle kahdeksan tuntia vuodessa ja harmaan viivan ulkopuolella välkettä esiintyy alle tunti vuodessa. Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitetä yhdenkään asunnon kohdalla.

Varjovälkelaskennan tulokset naapuripuistot huomioiden on raportoitu taulukossa 10.

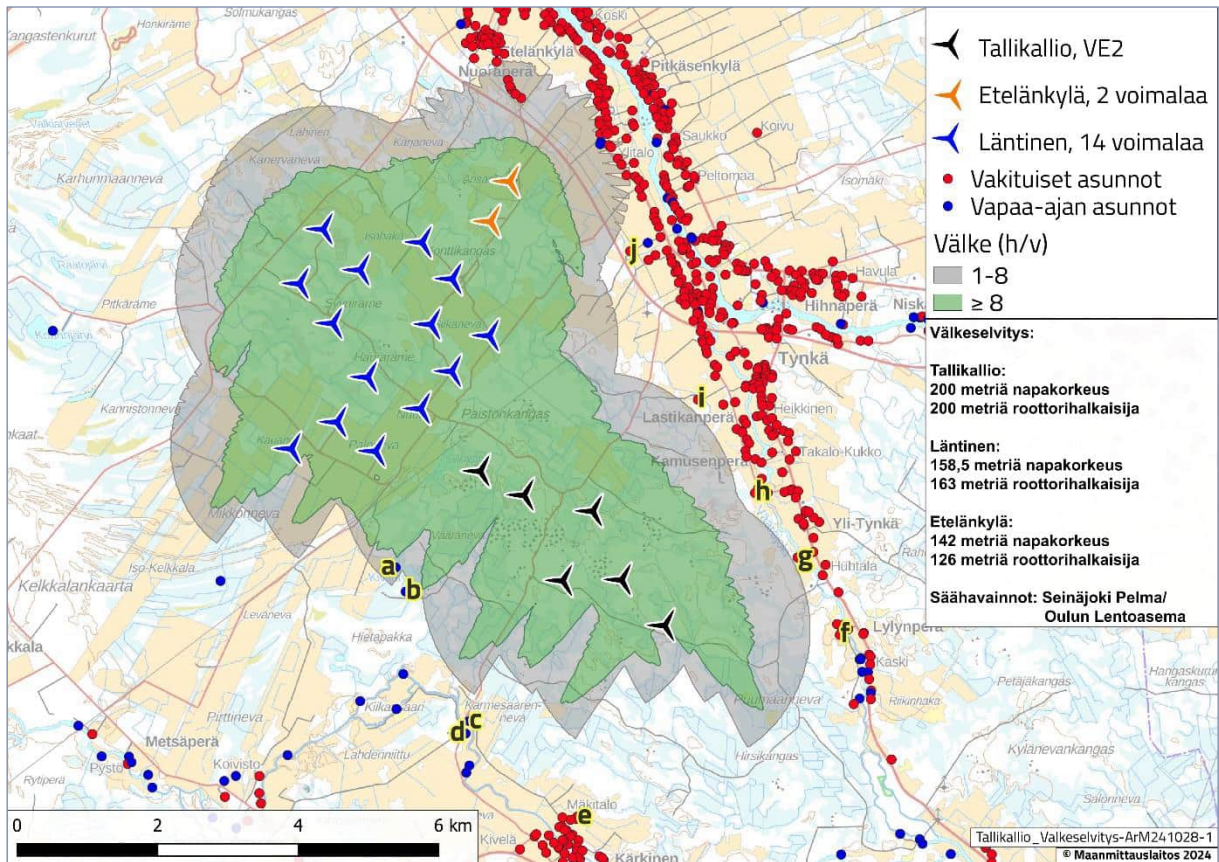
Taulukko 10. Varjoväkelaskennan tulokset, yhteisvaikutukset

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	351792	7119149	6:25	24:12	0:26	Ei
b	Vapaa-ajan asunto	351933	7118806	6:50	26:01	0:26	Ei
c	Vapaa-ajan asunto	352836	7116966	7:52	29:46	0:29	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	352785	7116787	7:56	29:59	0:27	Ei
e	Vakituinen asunto	354374	7115607	5:11	19:48	0:26	Ei
f	Vakituinen asunto	358108	7118189	1:44	8:45	0:23	Ei
g	Vakituinen asunto	357508	7119291	1:35	10:47	0:24	Ei
h	Vakituinen asunto	356903	7120208	3:16	19:13	0:24	Ei
i	Vakituinen asunto	356089	7121535	1:33	8:55	0:24	Ei
j	Vakituinen asunto	355128	7123645	0:00	0:00	0:00	Ei

4.4.2 VAIHTOEHDON VE2 VÄLKEVAIKUTUKSET

Seuraavassa kuvassa on esitetty Tallikallion ja naapuripuistojen yhteisvaikutusten tulokset. Välkemallinnuksessa on käytetty Tallikallion 6 voimalan sijoitus suunnitelmaa (VE2).

Läntinen on mallinnettu voimalalla, jonka roottorin halkaisija on 163 metriä ja napakorkeus 158,5 metriä (Ramboll, 2020). Etelänselän on mallinnettu voimalalla, jonka roottorin halkaisija on 126 metriä ja napakorkeus 142 metriä.



Kuva 7. Varjovälkkeen muodostuminen Tallikallion alueella (VE2), naapuripuistot huomioiden. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-j) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 11.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy mallinnuksen mukaan alle kahdeksan tuntia vuodessa ja harmaan viivan ulkopuolella välkettä esiintyy alle tunti vuodessa. Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitetä yhdenkään asunnon kohdalla.

Varjovälkelaskennan tulokset naapuripuistot huomioiden on raportoitu taulukossa 11.

Taulukko 11. Varjovälkelaskennan tulokset, yhteisvaikutukset.

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	351792	7119149	3:20	12:19	0:23	Ei
b	Vapaa-ajan asunto	351933	7118806	0:00	0:00	0:00	Ei
c	Vapaa-ajan asunto	352836	7116966	0:00	0:00	0:00	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	352785	7116787	0:00	0:00	0:00	Ei

e	Vakituinen asunto	354374	7115607	0:00	0:00	0:00	Ei
f	Vakituinen asunto	358108	7118189	0:00	0:00	0:00	Ei
g	Vakituinen asunto	357508	7119291	0:00	0:00	0:00	Ei
h	Vakituinen asunto	356903	7120208	0:00	0:00	0:00	Ei
i	Vakituinen asunto	356089	7121535	0:00	0:00	0:00	Ei
j	Vakituinen asunto	355128	7123645	0:00	0:00	0:00	Ei

Suositusarvojen ylitys "Osittain" tarkoittaa tilannetta, jossa pelkästään teoreettisen maksimitilanteen vertailuarvoja ylitetään.

4.5 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.

Välkemallinnuksessa ei otettu huomioon korkean kasvillisuuden mahdollista suojavaikutusta. Avoimilla alueilla sijaitseville rakennuksille välkemäärät ovat tässä mallinnuksessa samanlaiset, kuin mallinnettaessa kasvillisuuden kanssa. Rakennuksissa, jotka sijaitsevat lähellä metsäalueita, kokevat todellisuudessa vähemmän välkettä, kuin mallinnuksessa, koska metsä rajoittaa välkkeen syntymistä.

4.6 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 voimat kriittiseksi ajaksi. Voimat 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 Oy (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*.

Ramboll (2020). Kalajoen Läntinen Tuulivoimapuisto 1: Välkemallinnus. Viite: 1510051648-002. Päivämäärä 17.9.2020.

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

LIITE 1: SJOITUSSUUNNITELMA

Taulukko 12. Tallikallio, voimaloiden sijaintitiedot, VE1 (17 voimalaa).

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	353932	7121283	200 / 200 / 300
2	354264	7120682	200 / 200 / 300
3	353079	7120627	200 / 200 / 300
4	353496	7120072	200 / 200 / 300
5	354589	7120005	200 / 200 / 300
6	354971	7119657	200 / 200 / 300
7	354104	7119145	200 / 200 / 300
8	354790	7118865	200 / 200 / 300
9	355413	7118861	200 / 200 / 300
10	354006	7118398	200 / 200 / 300
11	355653	7118276	200 / 200 / 300
12	354322	7117849	200 / 200 / 300
13	356138	7117804	200 / 200 / 300
14	354804	7117570	200 / 200 / 300
15	355338	7117366	200 / 200 / 300
16	355839	7116977	200 / 200 / 300
17	356189	7116594	200 / 200 / 300

Taulukko 13. Tallikallio, voimaloiden sijaintitiedot, VE2 (6 voimalaa).

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	353029	7120464	200 / 200 / 300
2	354629	7119895	200 / 200 / 300
3	353654	7120124	200 / 200 / 300
4	355654	7118270	200 / 200 / 300
5	354203	7118909	200 / 200 / 300
6	355040	7118920	200 / 200 / 300

Taulukko 14. Etelänkylä, voimaloiden sijaintitiedot, (2 voimalaa).

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	353139	7124069	142 / 126 / 205
2	353412	7124639	142 / 126 / 205

Taulukko 15. Läntinen, voimaloiden sijaintitiedot, (14 voimalaa).

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	350795	7123903	158,5 / 163 / 240
2	351319	7123323	158,5 / 163 / 240
3	352202	7123717	158,5 / 163 / 240
4	352631	7123197	158,5 / 163 / 240
5	352329	7122551	158,5 / 163 / 240
6	350456	7123130	158,5 / 163 / 240
7	350932	7122565	158,5 / 163 / 240
8	352622	7121883	158,5 / 163 / 240
9	351428	7121800	158,5 / 163 / 240
10	350991	7121162	158,5 / 163 / 240
11	351540	7120749	158,5 / 163 / 240
12	350341	7120784	158,5 / 163 / 240
13	352181	7121352	158,5 / 163 / 240
14	353158	7122390	158,5 / 163 / 240