



ETHA WIND



VÄLKESELVITYS

Pitkälehdon Tuulivoimapuisto

18.03.2024

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 | 14 |
| 4.4 | Yhteisvaikutusten mallinnus..... | 15 |
| | 4.4.1 Vaihtoehdon VE1 Välkevaikutukset | 15 |
| | 4.4.2 Vaihtoehdon VE2 Välkevaikutukset | 17 |
| 4.5 | Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät | 19 |
| 4.6 | Haittojen ehkäiseminen ja seuranta | 19 |
| 5 | LÄHTEET | 21 |
| | Liite 1: Sijoitussuunnitelmat..... | 22 |

VERSIOHISTORIA

| Versio, Päivämäärä | Tekijä, | Tarkastettu | Hyväksytty | Tiivistelmä |
|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|---|
| Ver 1, 2024-03-18 | Ilmari Katajamäki | Christian Granlund | Christian Granlund | Pitkälehdon tuulivoimapuiston välkeselvitys. |

1 YHTEENVETO

Tehtävä:

Välkeselvitys Pitkälehdon 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 ylitetään yhdessä Pitkälehdon tuulivoimapuiston havainnointipisteessä. Teoreettiset maksimisuositukset ylitetään yhdessä havainnointipisteessä. Maksimisuositukset eivät ylity, kun metsän vaikutus on otettu huomioon (taulukko 2).

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. Yhteenvedo 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 | 1 | 1 |
| > 30 h/v, teoreettinen maksimi | 1 | 1 |
| > 30 min/pv, teoreettinen maksimi | 0 | 0 |

Taulukko 2. Yhteenvedo 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 Pitkälehdon tuulivoimapuistolle Toholammin kunnan alueella. Tässä selvityksessä on tarkistettu kaksi eri sijoitussuunnitelman vaihtoehtoa, jotka on muodostettu ympäristövaikutusten arviointimenettelyä ja kaavoitusmenettelyä varten:

- VE1: 18 voimalaa. Roottorihalkaisija 200 m ja napakorkeus 200 m. Kokonaiskorkeus on 300 m.
- VE2: 16 voimalaa. Roottorihalkaisija 200 m ja napakorkeus 200 m. Kokonaiskorkeus on 300 m.

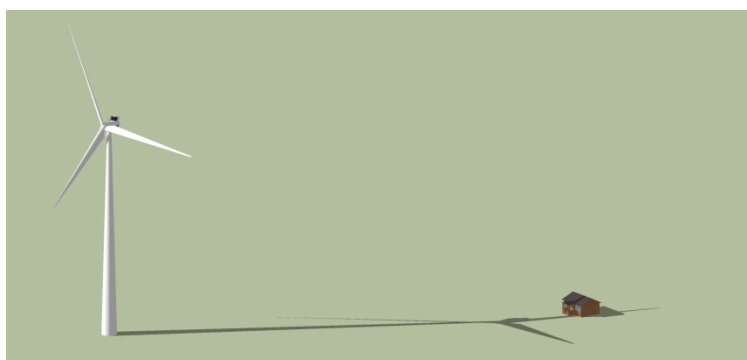
Välkeselvitys on tehty WindPRO 3.6 ohjelmiston SHADOW-moduulia käyttäen. Ympäristöhallinnon ohjeen OH 5/2016 mukaan Suomessa vaikutuksia arvioitaessa on suositeltavaa käyttää apuna muiden maiden ohjearvoja. Tuloksia on verrattu Saksan, Ruotsin ja Tanskan suositusarvoihin (LAI, 2002; Boverket, 2009; Miljøministeriet, 2015). Etha Wind 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 kestoaika vaihtelevat vuorokauden ja vuodenajan mukaan. Yhtäjaksoista välkettä esiintyy yleensä 0-30 minuuttia päivässä riippuen havainnointipaikan suhteesta välkelähteeseen.

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 määriteltä 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, ja ne ovat huomioitu tämän raportin kappaleessa 4.3.

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.

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

Maastotietokantana käytettiin Maanmittauslaitoksen kahden metrin korkeusmallia ja säähavaintotietoina käytettiin Oulun säähavaintoja. Oulun havaintoasema sijaitsee noin 150 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 | Oulun sääaseman havainnot, Ilmatieteen laitos (taulukko 3) |
| Toiminta-aika | Laskettu tuulisuustietojen perusteella (EWS22, taulukko 4) |
| Asuntojen asetus | Kasvihuone-asetus |
| Mallinnus | Välkemallinnus vakiintuneen menetelmän mukaisesti (LAI 2002) |
| Lapaparametrit | Arvioidut lapaparametrit käytössä |
| Puuston vaikutus | Huomioitu |
| 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 | 0,77 |
| Helmikuu | 2,46 |
| Maaliskuu | 4,42 |
| Huhtikuu | 6,93 |
| Toukokuu | 8,81 |
| Kesäkuu | 9,87 |
| Heinäkuu | 9,13 |
| Elokuu | 6,84 |
| Syyskuu | 4,43 |
| Lokakuu | 2,23 |
| Marraskuu | 0,93 |
| Joulukuu | 0,26 |
| Keskiarvo | 4,76 |

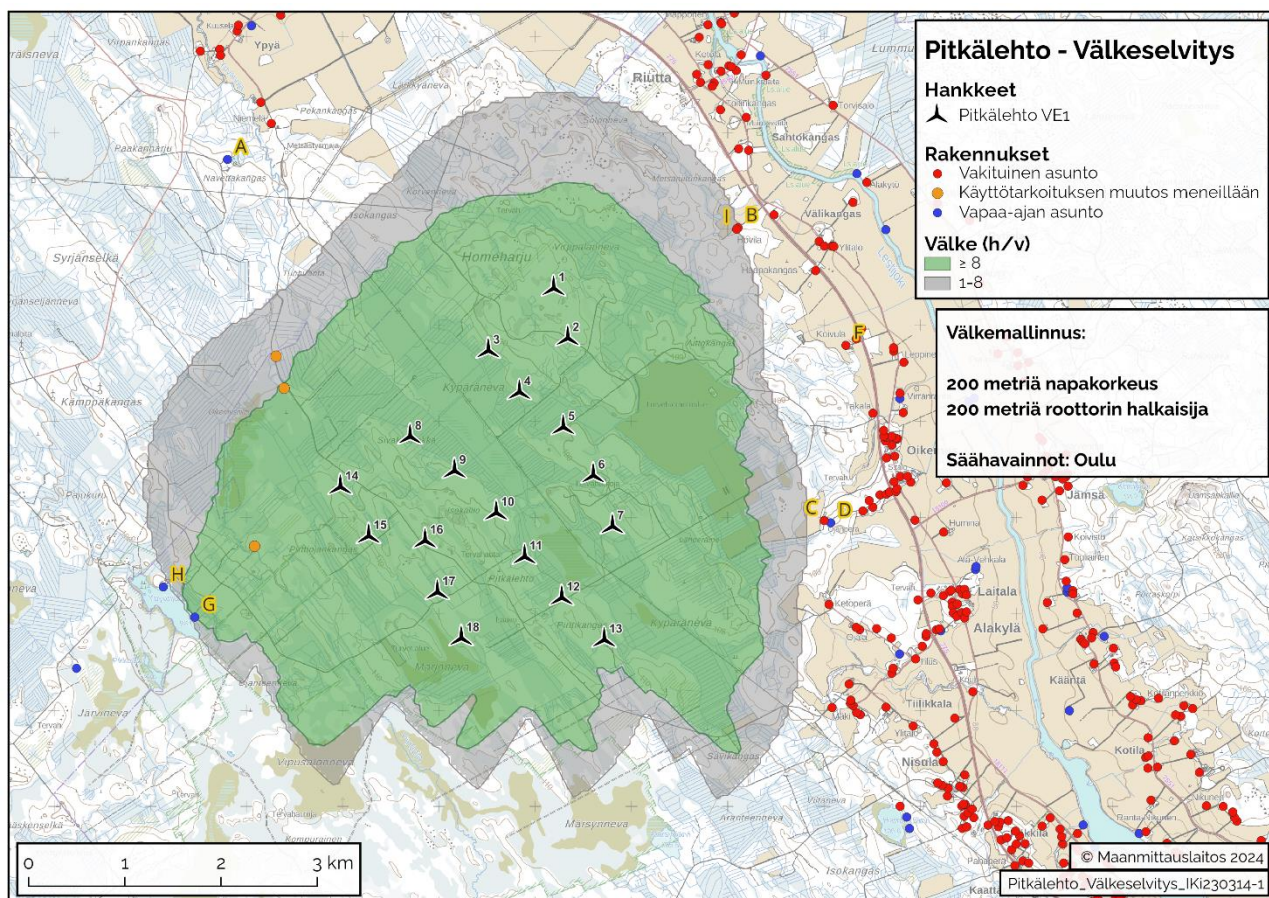
Taulukko 5. Tuulivoimaloiden toiminta-aika

| Tuulensuunta | Toiminta-aika (h/v) |
|------------------|---------------------|
| Pohjoinen | 537 |
| Pohjoiskoillinen | 443 |
| Itäkoillinen | 397 |
| Itä | 400 |
| Itäkaakko | 497 |
| Eteläkaakko | 650 |
| Etelä | 883 |
| Etelälounas | 1211 |
| Länsilounas | 1013 |
| Länsi | 786 |
| Länsiluode | 598 |
| Pohjoisluode | 579 |
| Summa | 7994 |

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 suojaava vaikutusta ei ole huomioitu.



Kuva 2. Varjovälkkeen muodostuminen Pitkälehdon alueella. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (A-H) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 5.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annettu maksimisuositus kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ylitetään yhdessä havainnointipisteessä (vapaa-ajan asunto g). Teoreettinen maksimisuositus ylitetään

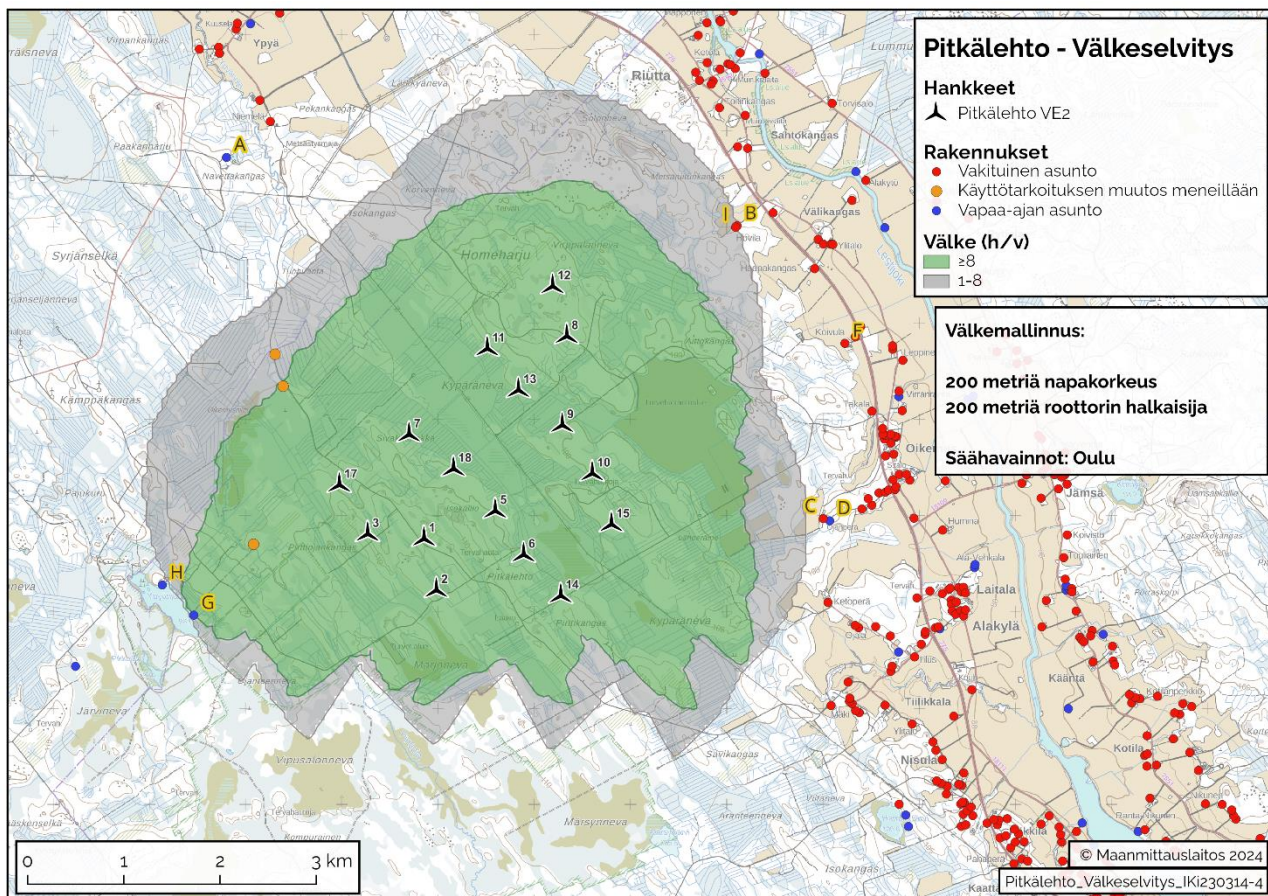
myös samassa havainnointipisteessä. Vertailuarvo 8 h/v ylitetään 1:52 tunnin verran mainitussa havainnointipisteessä.

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

Taulukko 6. Varjovälkelaskennan tulokset, Pitkälehto 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) | Suositusarvon ylitys |
|--------------------|-------------------|-------------------------------|---------------------------------|---|---|--|----------------------|
| a | Vapaa-ajan asunto | 352803 | 7083720 | 0:00 | 0:00 | 0:00 | Ei |
| b | Vakituinen asunto | 358110 | 7083010 | 1:36 | 8:51 | 0:23 | Ei |
| c | Vakituinen asunto | 359005 | 7079969 | 0:00 | 0:00 | 0:00 | Ei |
| d | Vapaa-ajan asunto | 359072 | 7079946 | 0:00 | 0:00 | 0:00 | Ei |
| f | Vakituinen asunto | 359231 | 7081789 | 0:00 | 0:00 | 0:00 | Ei |
| g | Vapaa-ajan asunto | 352463 | 7078966 | 9:52 | 36:02 | 0:25 | Kyllä |
| h | Vapaa-ajan asunto | 352136 | 7079279 | 0:00 | 0:00 | 0:00 | Ei |
| i | Vakituinen asunto | 358094 | 7082994 | 1:38 | 9:01 | 0:24 | Ei |

4.2 VAIHTOEHDON VE2 VÄLKEVAIKUTUKSET



Kuva 3. Varjovälkkeen muodostuminen Pitkälehdon alueella. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (A-H) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 6.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annetut maksimisuositukset kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon väлкеestä ylitetään yhdessä havainnointipisteessä (vapaa-ajan asunto g). Teoreettisen maksimitilanteen mallinnuksessa suositukset (30 h/v ja 30 min/pv) ylitetään myös yhdessä havainnointipisteessä. Vertailuarvo 8 h/v ylitetään 1:52 tunnin verran mainitussa havainnointipisteessä.

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

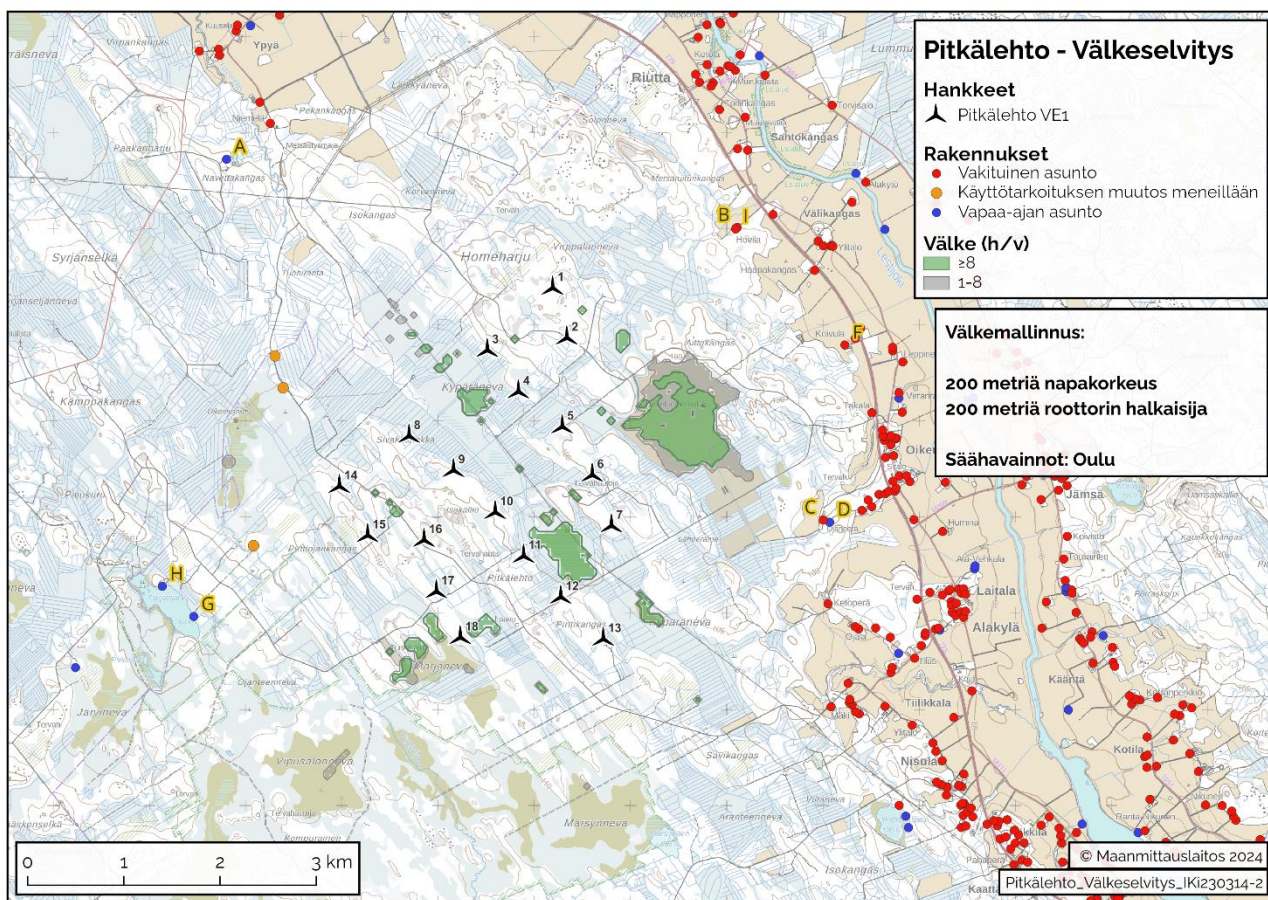
Taulukko 6. Varjovälkelaskennan tulokset, Pitkälehto VE2

| 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) | Suositusarvon ylitys |
|--------------------|-------------------|-------------------------------|---------------------------------|---|---|--|----------------------|
| a | Vapaa-ajan asunto | 352803 | 7083720 | 0:00 | 0:00 | 0:00 | Ei |
| b | Vakituinen asunto | 358110 | 7083010 | 1:36 | 8:51 | 0:23 | Ei |
| c | Vakituinen asunto | 359005 | 7079969 | 0:00 | 0:00 | 0:00 | Ei |
| d | Vapaa-ajan asunto | 359072 | 7079946 | 0:00 | 0:00 | 0:00 | Ei |
| f | Vakituinen asunto | 359231 | 7081789 | 0:00 | 0:00 | 0:00 | Ei |
| g | Vapaa-ajan asunto | 352463 | 7078966 | 9:52 | 36:02 | 0:25 | Kyllä |
| h | Vapaa-ajan asunto | 352136 | 7079279 | 0:00 | 0:00 | 0:00 | Ei |
| i | Vakituinen asunto | 358094 | 7082994 | 1:38 | 9:01 | 0:24 | 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 metsäntutkimuslaitoksen latauspalvelusta (METLA, 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 Pitkälehdon alueella puuston suojaava vaikutus huomioiden. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (A-H) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 7.

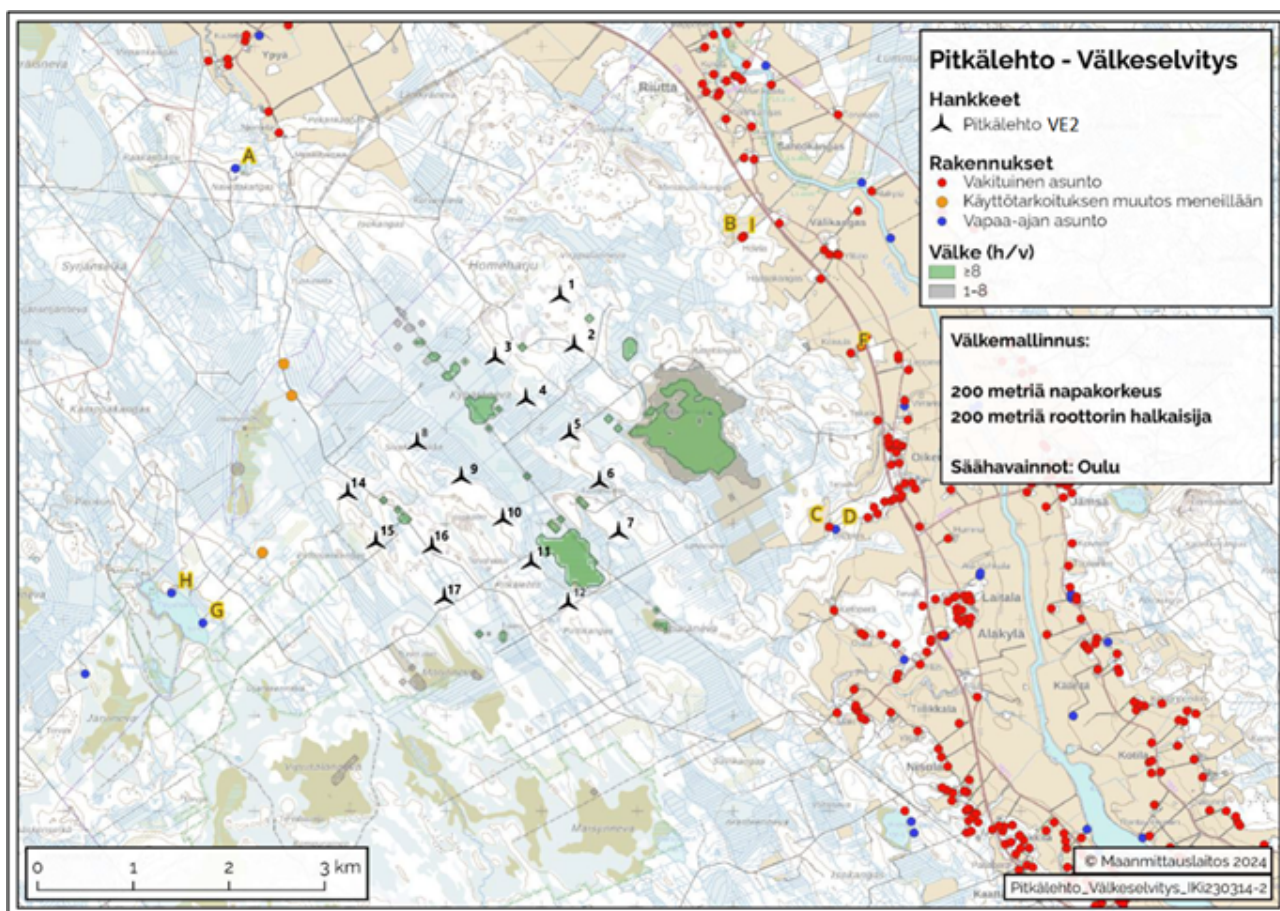
Ruotsissa ja Saksassa annettu maksimisuositus kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitetä yhdessäkään havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suosituksia (30 h/v ja 30 min/pv) ei myöskään ylitetä.

Pitkälehdon väkelaskennan tulokset, kun kasvillisuus on otettu huomioon, on raportoitu taulukossa 7.

Taulukko 7. Varjoväkelaskennan tulokset kasvillisuus huomioiden, Pitkälehto 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) | Suositusarvon ylitys |
|--------------------|-------------------|-------------------------------|---------------------------------|---|---|--|----------------------|
| a | Vapaa-ajan asunto | 352803 | 7083720 | 0:00 | 0:00 | 0:00 | Ei |
| b | Vakituinen asunto | 358110 | 7083010 | 0:00 | 0:00 | 0:00 | Ei |
| c | Vakituinen asunto | 359005 | 7079969 | 0:00 | 0:00 | 0:00 | Ei |
| d | Vapaa-ajan asunto | 359072 | 7079946 | 0:00 | 0:00 | 0:00 | Ei |
| f | Vakituinen asunto | 359231 | 7081789 | 0:00 | 0:00 | 0:00 | Ei |
| g | Vapaa-ajan asunto | 352463 | 7078966 | 0:00 | 0:00 | 0:00 | Ei |
| h | Vapaa-ajan asunto | 352136 | 7079279 | 0:00 | 0:00 | 0:00 | Ei |
| i | Vakituinen asunto | 358094 | 7082994 | 0:00 | 0:00 | 0:00 | Ei |

4.3.2 VAIHTOEHDON VE2 VÄLKEVAIKUTUKSET



Kuva 5. Varjovälkkeen muodostuminen Pitkälehdon alueella puuston suojaava vaikutus huomioiden. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (A-H) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 7.

Ruotsissa ja Saksassa annettu maksimisuositus kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitetä yhdessäkään havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suosituksia (30 h/v ja 30 min/pv) ei myöskään ylitetä.

Pitkälehdon välkelaskennan tulokset, kun kasvillisuus on otettu huomioon, on raportoitu taulukossa 7.

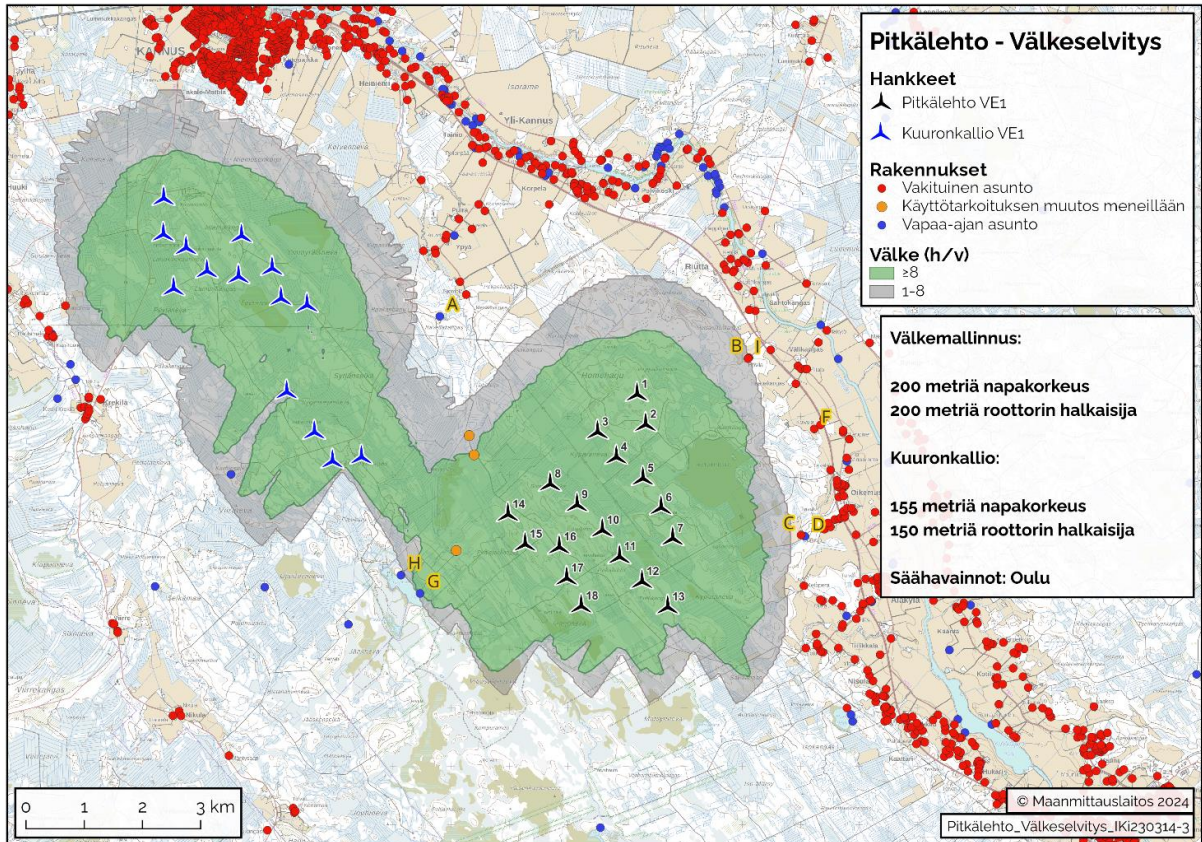
Taulukko 7. Varjovälkelaskennan tulokset kasvillisuus huomioiden, Pitkälehto VE2

| 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) | Suositusarvon ylitys |
|--------------------|-------------------|-------------------------------|---------------------------------|---|---|--|----------------------|
| a | Vapaa-ajan asunto | 352803 | 7083720 | 0:00 | 0:00 | 0:00 | Ei |
| b | Vakituinen asunto | 358110 | 7083010 | 0:00 | 0:00 | 0:00 | Ei |
| c | Vakituinen asunto | 359005 | 7079969 | 0:00 | 0:00 | 0:00 | Ei |
| d | Vapaa-ajan asunto | 359072 | 7079946 | 0:00 | 0:00 | 0:00 | Ei |
| f | Vakituinen asunto | 359231 | 7081789 | 0:00 | 0:00 | 0:00 | Ei |
| g | Vapaa-ajan asunto | 352463 | 7078966 | 0:00 | 0:00 | 0:00 | Ei |
| h | Vapaa-ajan asunto | 352136 | 7079279 | 0:00 | 0:00 | 0:00 | Ei |
| i | Vakituinen asunto | 358094 | 7082994 | 0:00 | 0:00 | 0:00 | Ei |

4.4 YHTEISVAIKUTUSTEN MALLINNUKSEEN

4.4.1 VAIHTOEHDON VE1 VÄLKEVAIKUTUKSET

Seuraavassa kuvassa on esitetty Pitkälehdon ja naapuripuistojen yhteisvaikutusten tulokset. Välkemallinnuksessa on käytetty Pitkälehdon 18 voimalan sijoitus suunnitelmaa (VE1). Pitkälehdon mallinnus on toteutettu voimalalla, jonka napakorkeus on 200 metriä ja roottorihalkaisija 200 metriä. Naapuripuisto Kuuronkallio (14 voimalaa) on mallinnettu voimalalla, jonka roottorihalkaisija on 150 metriä ja napakorkeus on 155 metriä.



Kuva 6. Varjovälkkeen muodostuminen Pitkälehdon alueella (VE1), naapuripuistot huomioiden. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (A-H) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 8.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annetut maksimisuositukset kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ylitetään yhdessä havainnointipisteessä (vapaa-ajan asunto g). Teoreettisen maksimitilanteen mallinnuksessa suositukset (30 h/v ja 30 min/pv) ylitetään myös yhdessä havainnointipisteessä. Vertailuarvo 8 h/v ylitetään 1:52 tunnin verran mainitussa havainnointipisteessä.

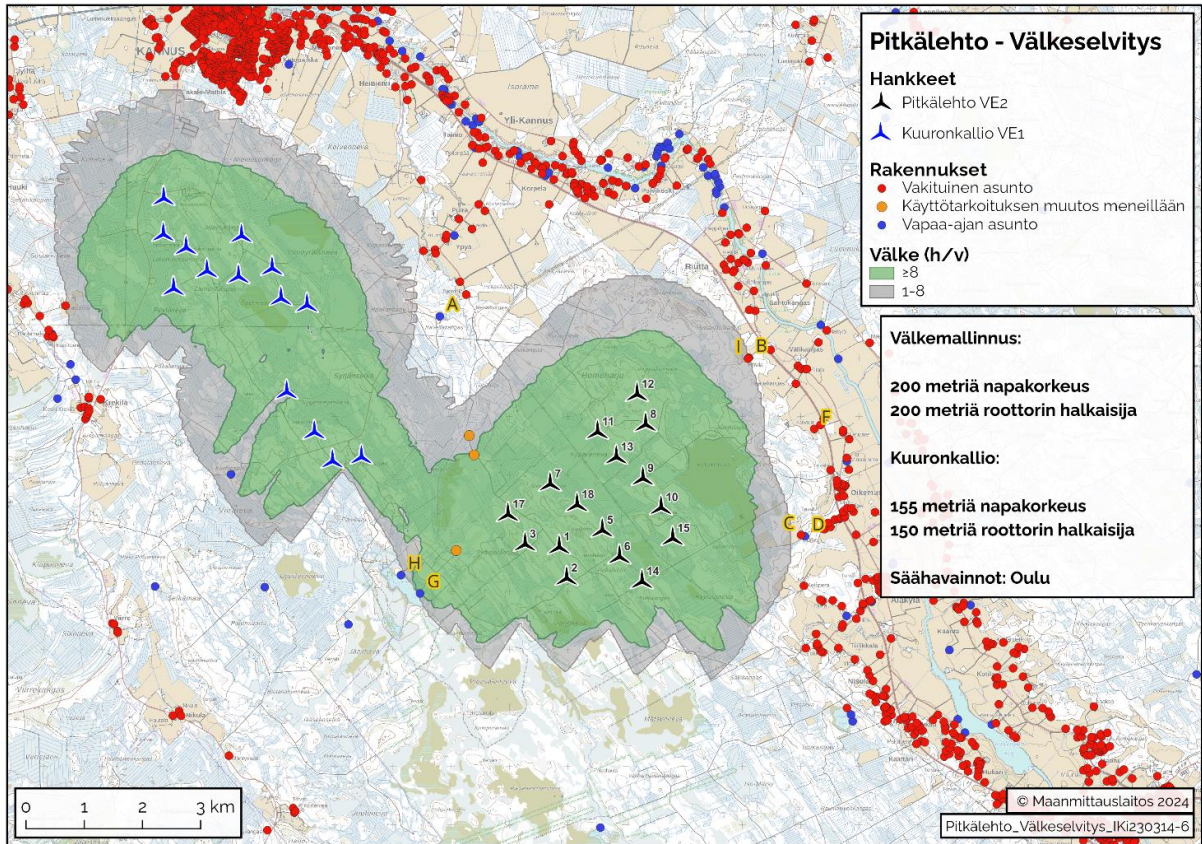
Varjovälkelaskennan tulokset naapuripuistot huomioiden on raportoitu taulukossa 8.

Taulukko 8. Varjovälkelaskennan tulokset yhteisvaikutukset huomioiden, Pitkälehto 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) | Suositusarvon ylitys |
|--------------------|-------------------|-------------------------------|---------------------------------|---|---|--|----------------------|
| a | Vapaa-ajan asunto | 352803 | 7083720 | 0:00 | 0:00 | 0:00 | Ei |
| b | Vakituinen asunto | 358110 | 7083010 | 1:36 | 8:51 | 0:23 | Ei |
| c | Vakituinen asunto | 359005 | 7079969 | 0:00 | 0:00 | 0:00 | Ei |
| d | Vapaa-ajan asunto | 359072 | 7079946 | 0:00 | 0:00 | 0:00 | Ei |
| f | Vakituinen asunto | 359231 | 7081789 | 0:00 | 0:00 | 0:00 | Ei |
| g | Vapaa-ajan asunto | 352463 | 7078966 | 9:52 | 36:02 | 0:25 | Kyllä |
| h | Vapaa-ajan asunto | 352136 | 7079279 | 0:00 | 0:00 | 0:00 | Ei |
| i | Vakituinen asunto | 358094 | 7082994 | 1:38 | 9:01 | 0:24 | Ei |

4.4.2 VAIHTOEHDON VE2 VÄLKEVAIKUTUKSET

Seuraavassa kuvassa on esitetty Pitkälehdon ja naapuripuistojen yhteisvaikutusten tulokset. Välkemallinnuksessa on käytetty Pitkälehdon 16 voimalan sijoitussuunnitelmaa (VE2). Pitkälehdon mallinnus on toteutettu voimalalla, jonka napakorkeus on 200 metriä ja roottorihalkaisija 200 metriä. Naapuripuisto Kuuronkallio (14 voimalaa) on mallinnettu voimalalla, jonka roottorihalkaisija on 150 metriä ja napakorkeus on 155 metriä.



Kuva 7. Varjovälkkeen muodostuminen Pitkälehdon alueella (VE2), naapuripuistot huomioiden. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (A-H) ja niiden vältketasot on esitetty taulukossa 9.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annetut maksimisuositukset kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ylitetään yhdessä havainnointipisteessä (vapaa-ajan asunto g). Teoreettisen maksimitilanteen mallinnuksessa suositukset (30 h/v ja 30 min/pv) ylitetään myös yhdessä havainnointipisteessä. Vertailuarvo 8 h/v ylitetään 1:52 tunnin verran mainitussa havainnointipisteessä.

Varjovälkelaskennan tulokset naapuripuistot huomioiden on raportoitu taulukossa 9.

Taulukko 9. Varjovälkelaskennan tulokset yhteisvaikutukset huomioiden, Pitkälehto 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) | Suositusarvon ylitys |
|--------------------|-------------------|-------------------------------|---------------------------------|---|---|--|----------------------|
| a | Vapaa-ajan asunto | 352803 | 7083720 | 0:00 | 0:00 | 0:00 | Ei |
| b | Vakituinen asunto | 358110 | 7083010 | 1:36 | 8:51 | 0:23 | Ei |
| c | Vakituinen asunto | 359005 | 7079969 | 0:00 | 0:00 | 0:00 | Ei |
| d | Vapaa-ajan asunto | 359072 | 7079946 | 0:00 | 0:00 | 0:00 | Ei |
| f | Vakituinen asunto | 359231 | 7081789 | 0:00 | 0:00 | 0:00 | Ei |
| g | Vapaa-ajan asunto | 352463 | 7078966 | 9:52 | 36:02 | 0:25 | Kyllä |
| h | Vapaa-ajan asunto | 352136 | 7079279 | 0:00 | 0:00 | 0:00 | Ei |
| i | Vakituinen asunto | 358094 | 7082994 | 1:38 | 9:01 | 0:24 | Ei |

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.

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 voimalat kriittiseksi ajaksi. Voimalat voidaan ohjelmoida pysähtymään automaattisesti vallitsevien sääolosuhteiden mukaisesti, kun välkettä muodostuisi herkälle alueelle (flicker control).

5 LÄHTEET

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

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

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

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.

LIITE 1: SJOITUSSUUNNITELMAT

Voimaloiden sijainnit on esitetty alla olevissa taulukoissa.

Taulukko 10. Pitkälehdon voimaloiden sijaintitiedot, VE1 (18 voimalaa)

| Voimala | Itäinen (ETRS-TM35-FIN) | Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN) | Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m) |
|---------|----------------------------|------------------------------|---|
| 1 | 356198 | 7082380 | 200 / 200 / 300 |
| 2 | 356345 | 7081862 | 200 / 200 / 300 |
| 3 | 355519 | 7081733 | 200 / 200 / 300 |
| 4 | 355842 | 7081302 | 200 / 200 / 300 |
| 5 | 356298 | 7080938 | 200 / 200 / 300 |
| 6 | 356610 | 7080436 | 200 / 200 / 300 |
| 7 | 356809 | 7079908 | 200 / 200 / 300 |
| 8 | 354706 | 7080840 | 200 / 200 / 300 |
| 9 | 355167 | 7080484 | 200 / 200 / 300 |
| 10 | 355601 | 7080048 | 200 / 200 / 300 |
| 11 | 355896 | 7079592 | 200 / 200 / 300 |
| 12 | 356282 | 7079166 | 200 / 200 / 300 |
| 13 | 356724 | 7078730 | 200 / 200 / 300 |
| 14 | 353981 | 7080318 | 200 / 200 / 300 |
| 15 | 354275 | 7079807 | 200 / 200 / 300 |
| 16 | 354861 | 7079759 | 200 / 200 / 300 |
| 17 | 354989 | 7079224 | 200 / 200 / 300 |
| 18 | 355238 | 7078746 | 200 / 200 / 300 |

Taulukko 11. Pitkälehdon voimaloiden sijaintitiedot, VE2 (16 voimalaa)

| Voimala | Itäinen (ETRS-TM35-FIN) | Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN) | Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m) |
|---------|----------------------------|------------------------------|---|
| 1 | 354861 | 7079758 | 200 / 200 / 300 |
| 2 | 354989 | 7079224 | 200 / 200 / 300 |
| 3 | 354275 | 7079807 | 200 / 200 / 300 |
| 5 | 355601 | 7080048 | 200 / 200 / 300 |
| 6 | 355896 | 7079592 | 200 / 200 / 300 |
| 7 | 354706 | 7080840 | 200 / 200 / 300 |
| 8 | 356345 | 7081862 | 200 / 200 / 300 |
| 9 | 356298 | 7080938 | 200 / 200 / 300 |
| 10 | 356610 | 7080436 | 200 / 200 / 300 |
| 11 | 355519 | 7081733 | 200 / 200 / 300 |
| 12 | 356198 | 7082380 | 200 / 200 / 300 |
| 13 | 355842 | 7081302 | 200 / 200 / 300 |
| 14 | 356282 | 7079166 | 200 / 200 / 300 |
| 15 | 356809 | 7079908 | 200 / 200 / 300 |
| 17 | 353981 | 7080318 | 200 / 200 / 300 |
| 18 | 355167 | 7080484 | 200 / 200 / 300 |

Taulukko 12. Kuuronkallion voimaloiden sijaintitiedot

| Voimala | Itäinen (ETRS-TM35-FIN) | Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN) | Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m) |
|---------|----------------------------|------------------------------|---|
| 1 | 348081 | 7085743 | 155 / 150 / 230 |
| 2 | 350193 | 7082420 | 155 / 150 / 230 |
| 3 | 350668 | 7081730 | 155 / 150 / 230 |
| 4 | 350979 | 7081234 | 155 / 150 / 230 |
| 5 | 348075 | 7085125 | 155 / 150 / 230 |
| 6 | 349417 | 7085100 | 155 / 150 / 230 |
| 7 | 348465 | 7084894 | 155 / 150 / 230 |
| 8 | 348823 | 7084496 | 155 / 150 / 230 |
| 9 | 349365 | 7084402 | 155 / 150 / 230 |
| 10 | 348251 | 7084194 | 155 / 150 / 230 |
| 11 | 350095 | 7084025 | 155 / 150 / 230 |
| 12 | 350541 | 7083910 | 155 / 150 / 230 |
| 13 | 351476 | 7081303 | 155 / 150 / 230 |
| 14 | 349942 | 7084541 | 155 / 150 / 230 |