



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

VERSIONHISTORIA

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.

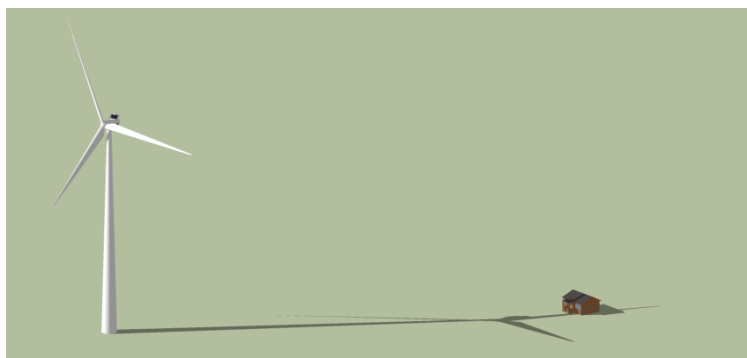
Välkeselvitys on tehty WindPRO 3.6 ohjelmiston SHADOW-moduulia käyttäen. Ympäristöhallinnon ohjeen OH 5/2016 mukaan Suomessa vaikutuksia arvioitaessa on suositeltavaa käyttää apuna muiden maiden ohjeistoja. Tuloksia on verrattu Saksan, Ruotsin ja Tanskan suositusarvoihin (LAI, 2002; Boverket, 2009; Miljøministeriet, 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 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, 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

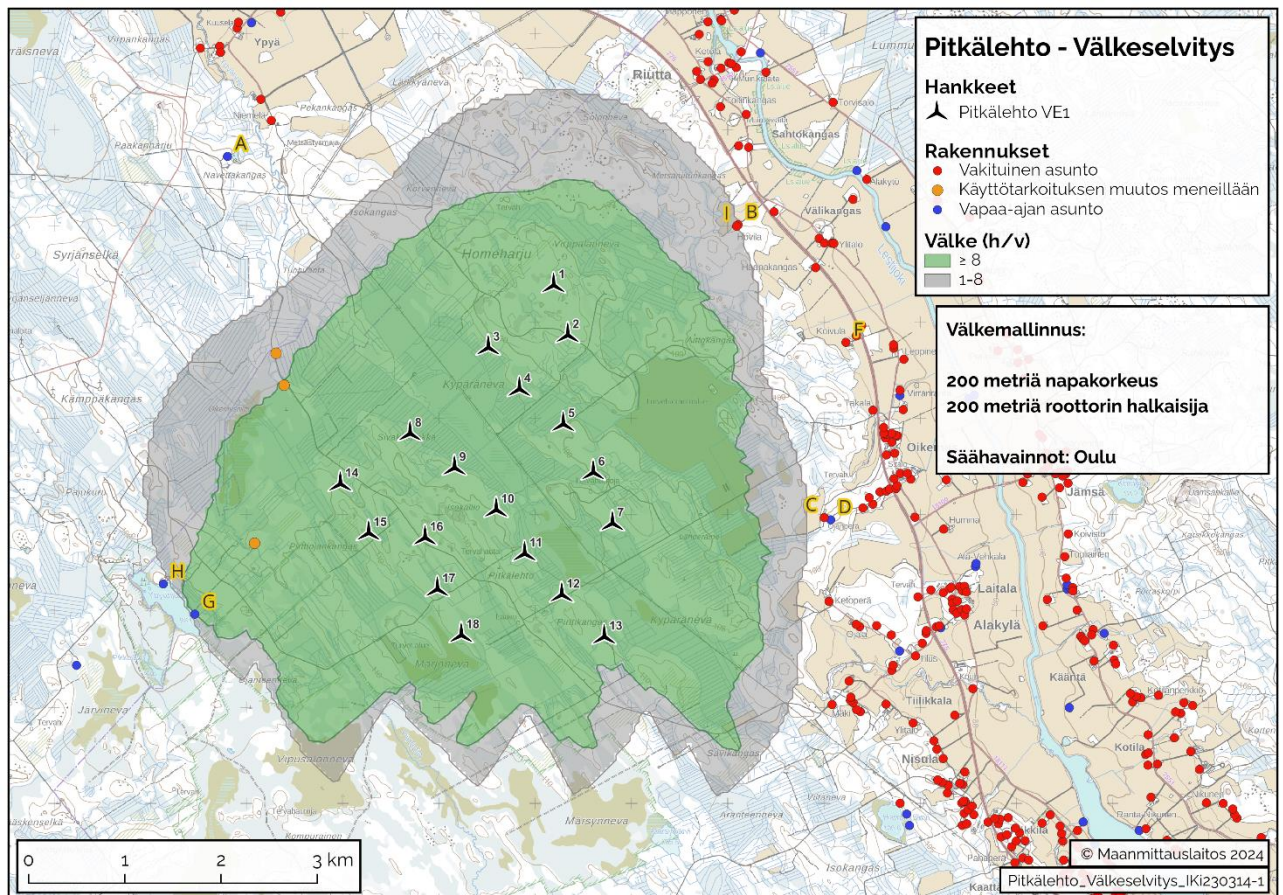
Taulukko 5. Tuulivoimaloiden toiminta-aika

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

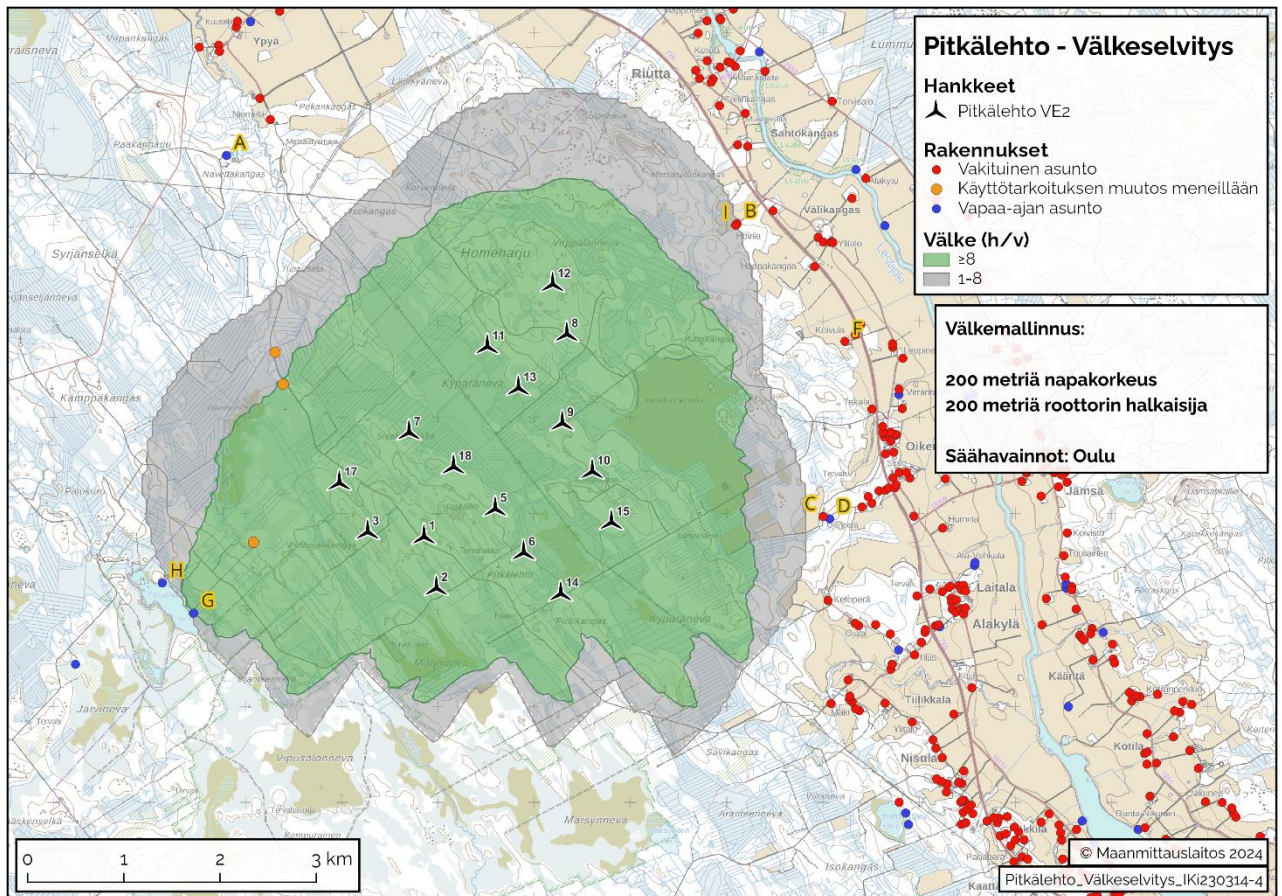
myös samassa havainnointipisteessä. Vertailuarvo 8 h/v ylitetään 1:52 tunnin verran mainitussa havainnointipisteessä.

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)	Suositus- arvon 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 väiketaset 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.

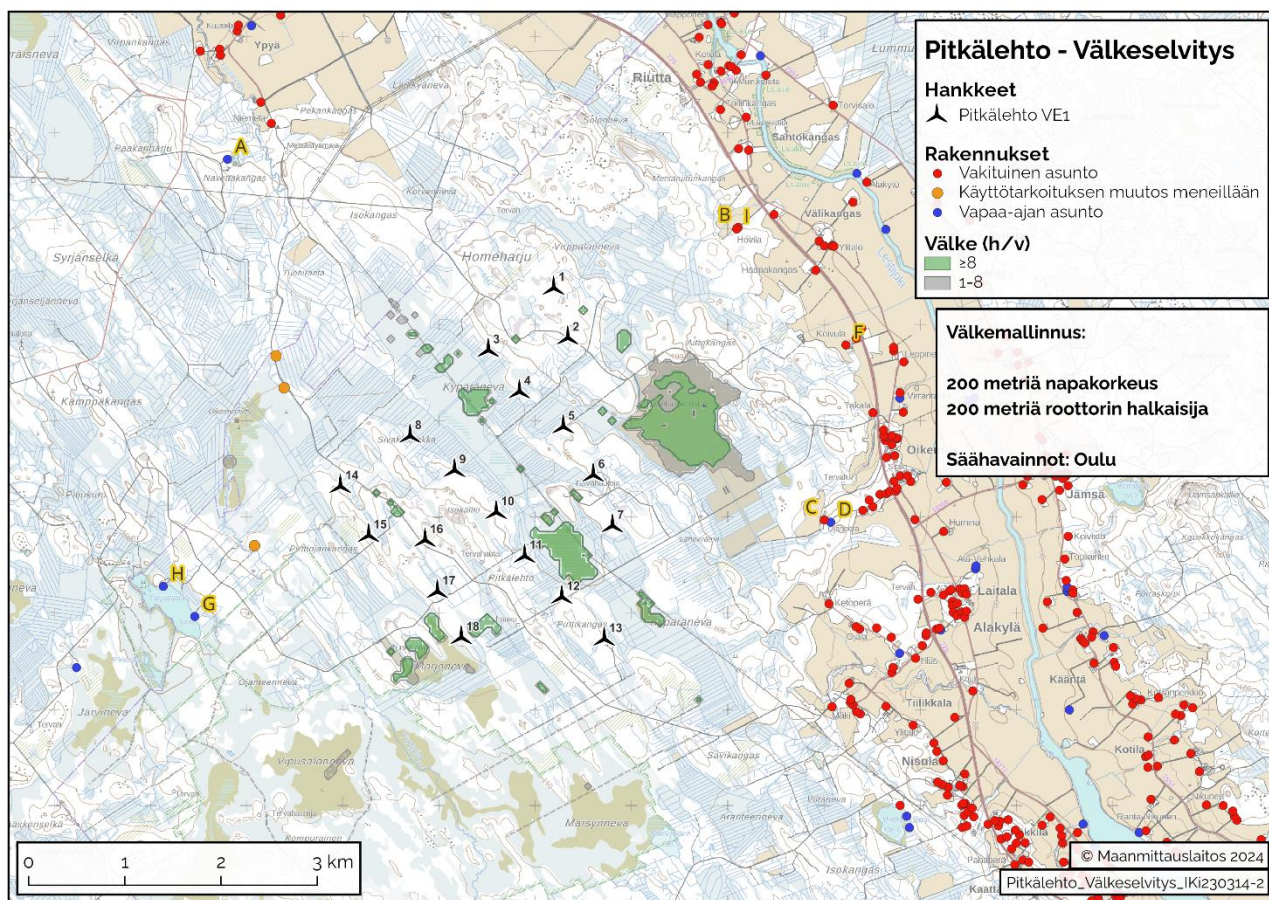
Taulukko 6. Varjoväkelaskennan tulokset, Pitkälehto VE2

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)	Suositus-arvon 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 Pitkälähdon alueella puuston suojaava vaikutus huomioiden. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (A-H) ja niiden vältketasot on esitetty taulukossa 7.

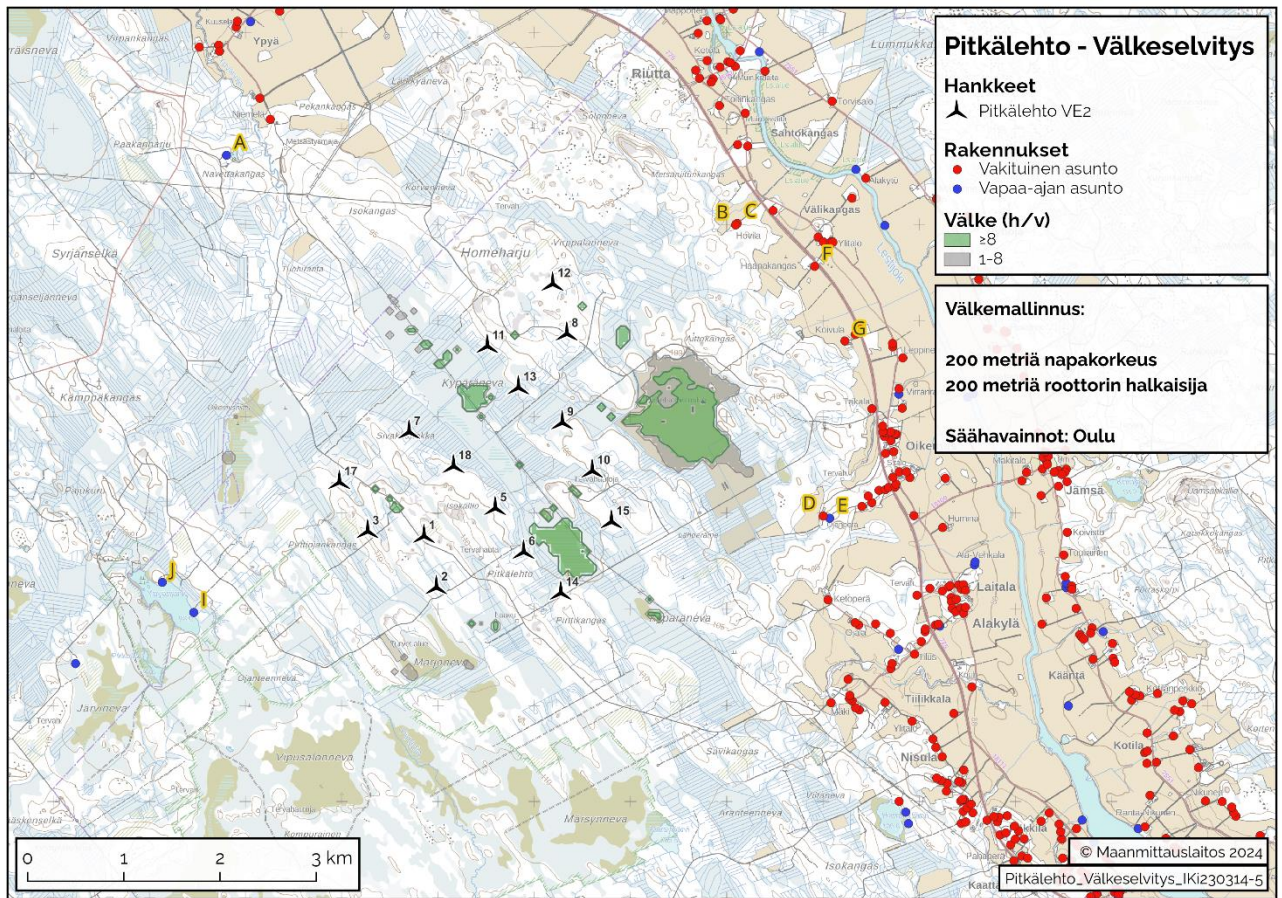
Ruotsissa ja Saksassa annettu maksimisuositus kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitetä yhdessäkään havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suosituksia (30 h/v ja 30 min/pv) ei myöskään ylitetä.

Pitkälähdon väлкelaskennan 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)	Suositus- arvon 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 väketasot 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.

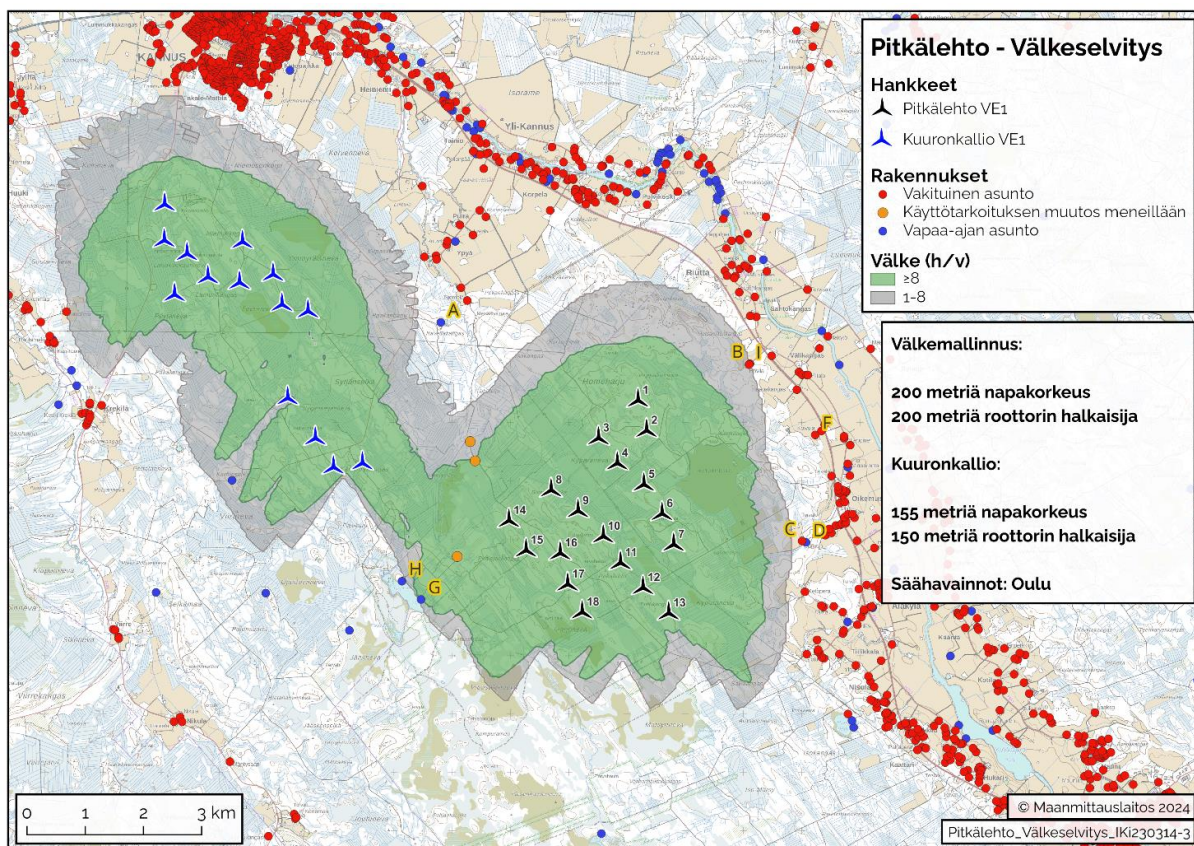
Taulukko 7. Varjoväkelaskennan tulokset kasvillisuus huomioiden, Pitkälehto VE2

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 MALLINNUS

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.

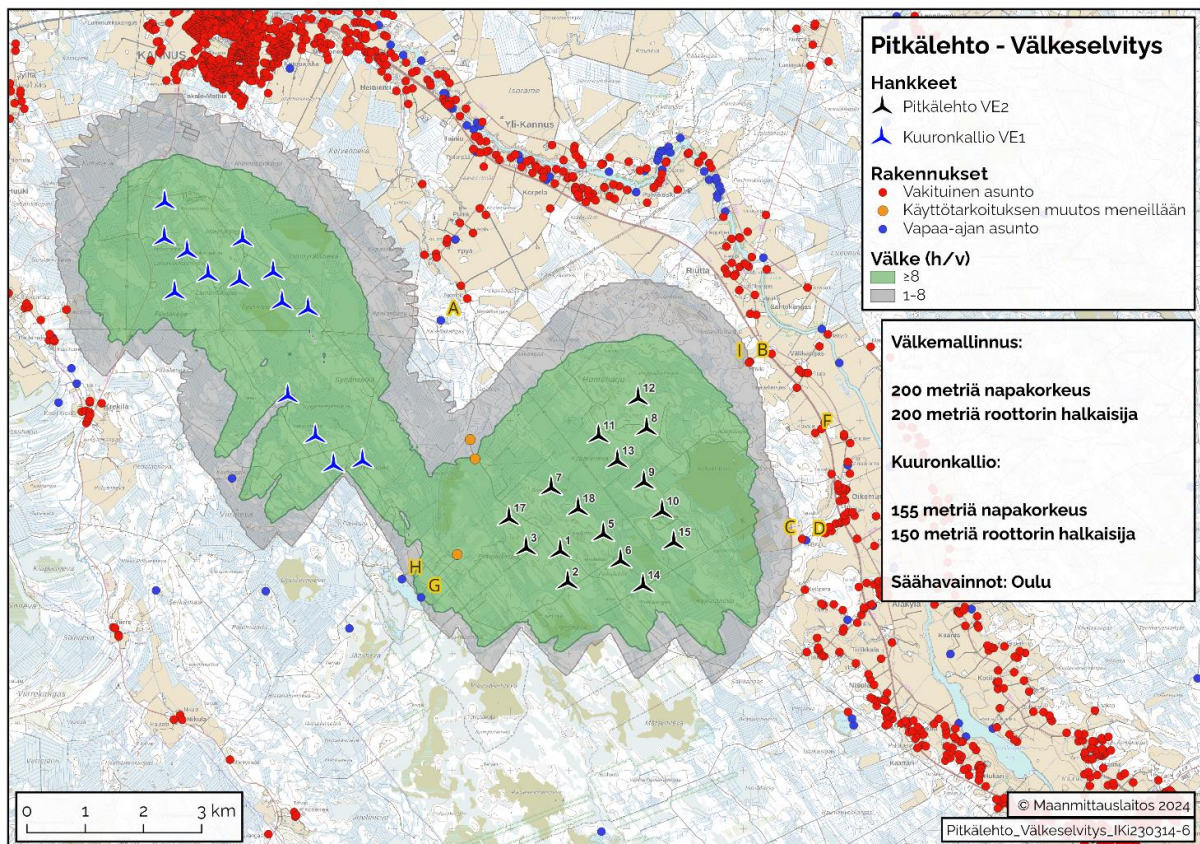
Varjovälkelaskennan tulokset naapuripuistot huomioiden on raportoitu taulukossa 8.

Taulukko 8. Varjoväkelaskennan 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)	Suositus-arvon 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 roottorinhalkaisija 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 välketasot 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)	Suositus-arvon 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