



ETHA WIND



## VÄLKESELVITYS

Pitkälänvuoren Tuulipuisto, 30.09.2021

## SISÄLLYSLUETTELO

1	YHTEENVETO .....	2
2	TAUSTA.....	4
3	VARJOVÄLKKEEN MUODOSTUMINEN .....	4
3.1	Ohje- ja raja-arvot.....	5
3.2	Varjovälkkeen lähtötiedot ja menetelmät .....	5
4	VÄLKEVAIKUTUKSET .....	9
4.1	Pitkälänvuoren välkevaikutukset.....	9
4.2	Välkevaikutukset puuston suojaava vaikutus huomioiden .....	11
4.3	Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät .....	14
4.4	Haittojen ehkäiseminen ja seuranta .....	14
4.5	Välkevaikutuksen hallintasuunnitelma .....	14
5	LÄHTEET .....	17
	Liite 1: Sijoitussuunnitelma .....	18

## VERSIOHISTORIA

Versio, Päivämäärä	Tekijä,	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
Ver 1	Arina Makarova, 2021-09-30	Christian Granlund	Christian Granlund	Pitkälänvuoren tuulipuiston välkeselvitys.

# 1 YHTEENVETO

## **Tehtävä:**

Välkeselvitys Pitkälänvuoren tuulivoimapuiston vaikutusalueella.

## **Työmenetelmät:**

Välkeselvitykseen on kerätty ajantasaista tietoa tuulivoimaloiden varjon välkkeen ominaispiirteistä, välkkeen ohjearvoista, paikallisista olosuhteista sekä mallinnusmenetelmistä. Pääasiallisena laskentatyökaluna on käytetty WindPRO Ver3.4 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 21 vakituisen tai vapaa-ajan asunnon kohdalla. Kun puuston suojaava vaikutus huomioidaan, on suositusten ylityksiä vähemmän, mutta kahdeksan tunnin raja ylittyy edelleen 6 asunnon kohdalla. Teoreettisen maksimitilanteen mallinnuksessa suosituksia (30 h/v ja 30 min/p) ylitetään usean lähellä sijaitsevien asunnon kohdalla.

Kohtuuton haitta varjovälkkeestä pystytään ehkäisemään pysäyttämällä välkettä aiheuttavat voimat kriittiseksi ajaksi. Voimat voidaan ohjelmoida pysähtymään automaattisesti vallitsevien sääolosuhteiden mukaisesti, kun välkettä muodostuisi herkälle alueelle (flicker control). Pitkälänvuoren tuulivoimahankkeessa suosittelemme välkkeenhallintajärjestelmän käyttöä kaikille suunnitelluille voimaloille.

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

Vertailuarvo	Vertailuarvon ylityksiä	Vertailuarvon ylityksiä (puusto huomioiden)	Vertailuarvon ylityksiä (hallintajärjestelmä, ilman puustoa)
> 10 h/v, todellinen tilanne	14	5	0
> 8 h/v, todellinen tilanne	21	6	0
> 30 h/v, teoreettinen maksimi	23	7	0
> 30 min/pv, teoreettinen maksimi	11	7	0

## 2 TAUSTA

Tämä välkeselvitys on tehty Pitkälänvuoren tuulivoimapuistolle Petäjäveden kunnan alueella. Suunniteltu tuulivoimapuisto on kokonaisuudessaan 11 voimalan laajuinen. Välkeselvitys on osa hankkeen vaikutusten arviointia kaavoitusvaiheessa. Välkemallinnus on tehty voimalalla, jonka napakorkeus on 175 metriä ja roottorin halkaisija 190 metriä, jolloin kokonaiskorkeus on 270 metriä.

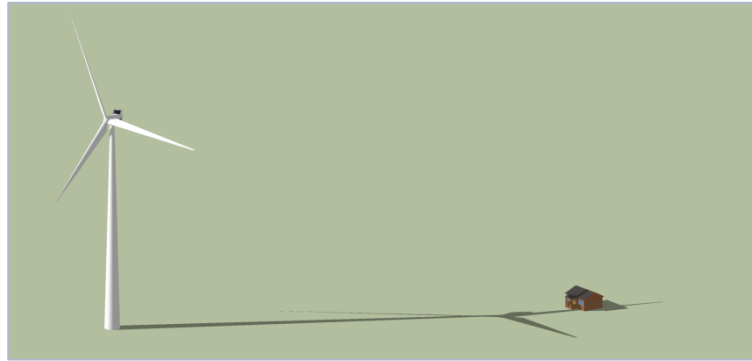
Välkeselvitys on tehty WindPRO 3.4 ohjelmiston SHADOW-moduulia käyttäen. Ympäristöhallinnon ohjeen OH 5/2016 mukaan Suomessa vaikutuksia arvioitaessa on suositeltavaa käyttää apuna muiden maiden ohjearvoja. Tuloksia on verrattu Saksan, Ruotsin ja Tanskan suositusarvoihin (LAI, 2002; Boverket, 2009; Miljöministeriet, 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 asuinviihtyvyyteen 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 Tuuliatlaksen tietoja.

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 säähavaintoja. Seinäjoen 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 2. Mallinnuksessa käytetyt asetukset

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

Taulukko 3. Mallinnuksessa käytetyt auringonpaisteajat

Kuukausi	Keskimääräinen auringonpaisteen tuntimäärä päivässä
Tammikuu	1,00
Helmikuu	2,82
Maaliskuu	4,23
Huhtikuu	6,60
Toukokuu	8,78
Kesäkuu	9,10
Heinäkuu	8,87
Elokuu	6,81
Syyskuu	4,67
Lokakuu	2,52
Marraskuu	1,17
Joulukuu	0,58
<b>Keskiarvo</b>	<b>4,76</b>



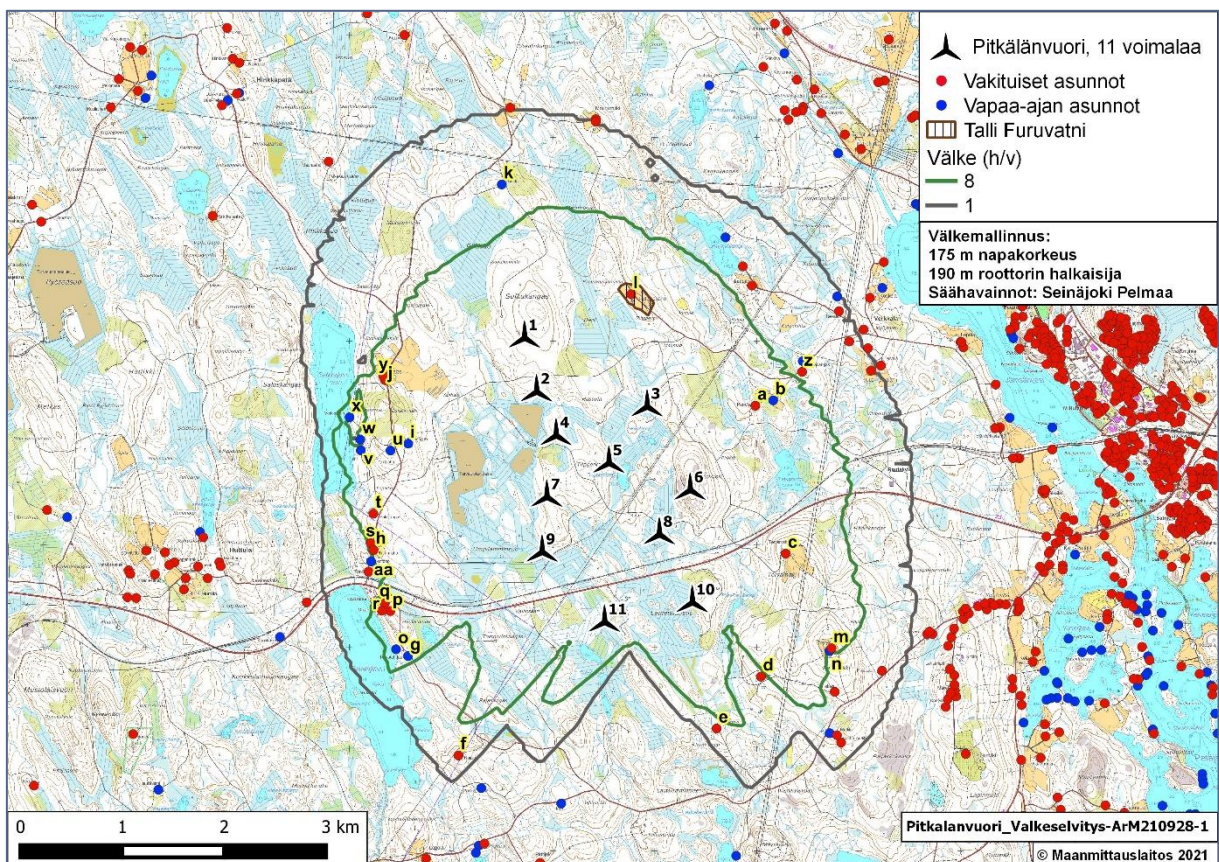
Taulukko 4. Tuulivoimaloiden toiminta-aika

Tuulensuunta	Toiminta-aika (h/v)
Pohjoinen	587
Pohjoiskoillinen	526
Itäkoillinen	486
Itä	462
Itäkaakko	554
Eteläkaakko	584
Etelä	819
Etelälounas	962
Länsilounas	927
Länsi	766
Länsiluode	655
Pohjoisluode	593
<b>Summa</b>	<b>7921</b>

## 4 VÄLKEVAIKUTUKSET

### 4.1 PITKÄLÄNVUOREN 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 Pitkälänvuoren alueella. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-aa) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 5.*

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annetut maksimisuositukset kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ylitetään 21 havainnointipisteissä. Teoreettisen maksimitilanteen mallinnuksessa suositukset (30 h/v ja 30 min/p) ylitetään myös useassa havainnointipisteessä. Ylitukset ovat merkittävää ja vertailuarvo 8 h/v ylitetään 0:08 – 22:34 tuntia, 21 mainitussa havainnointipisteessä. Varjovälkettä esiintyy yli 10 h/v neljätoista asunnon kohdalla.

Hevostilan (Furuvatni) alueella laskennallinen välkemäärä on yli 20 tuntia vuodessa. Väлкеvaikutuksia voidaan vähentää käyttämällä väлкеenhallintajärjestelmää.

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

*Taulukko 5. Varjoväлкеkelaskennan tulokset, Pitkälänvuori*

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	Vakituinen asunto	401984	6904367	22:06	126:15	0:49	Kyllä
b	Vapaa-ajan asunto	402159	6904419	15:46	92:03	0:41	Kyllä
c	Vakituinen asunto	402283	6902916	30:34	129:53	1:06	Kyllä
d	Vakituinen asunto	402039	6901711	5:14	21:02	0:28	Ei
e	Vakituinen asunto	401604	6901202	5:48	22:35	0:30	Ei
f	Vakituinen asunto	399071	6900939	4:29	16:34	0:25	Ei
g	Vapaa-ajan asunto	398577	6901912	9:34	35:47	0:29	Kyllä
h	Vakituinen asunto	398238	6902953	9:36	37:53	0:27	Kyllä
i	Vapaa-ajan asunto	398578	6903995	21:30	92:56	0:34	Kyllä
j	Vakituinen asunto	398352	6904618	11:44	53:48	0:32	Kyllä
k	Vapaa-ajan asunto	399497	6906536	3:31	40:19	0:32	Osittain
l	Vakituinen asunto	400766	6905459	22:25	189:15	2:19	Kyllä
m	Vakituinen asunto	402731	6901989	8:31	33:39	0:32	Kyllä
n	Vakituinen asunto	402711	6901962	8:08	31:57	0:32	Kyllä
o	Vapaa-ajan asunto	398459	6901979	12:09	44:54	0:39	Kyllä
p	Vakituinen asunto	398403	6902354	13:11	49:51	0:29	Kyllä
q	Vakituinen asunto	398348	6902430	11:44	44:59	0:28	Kyllä
r	Vakituinen asunto	398321	6902357	11:58	45:24	0:28	Kyllä

s	Vakituinen asunto	398210	6903020	8:43	35:12	0:27	Kyllä
t	Vakituinen asunto	398237	6903309	14:32	57:52	0:27	Kyllä
u	Vakituinen asunto	398405	6903927	18:59	80:25	0:30	Kyllä
v	Vapaa-ajan asunto	398114	6903929	15:30	64:05	0:25	Kyllä
w	Vapaa-ajan asunto	398108	6904034	9:20	39:10	0:25	Kyllä
x	Vapaa-ajan asunto	398003	6904254	9:30	40:30	0:25	Kyllä
y	Vakituinen asunto	398334	6904655	11:01	51:19	0:32	Kyllä
z	Vakituinen asunto	402443	6904699	7:22	42:44	0:29	Osittain
aa	Vapaa-ajan asunto	398214	6902840	5:58	24:16	0:27	Ei

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

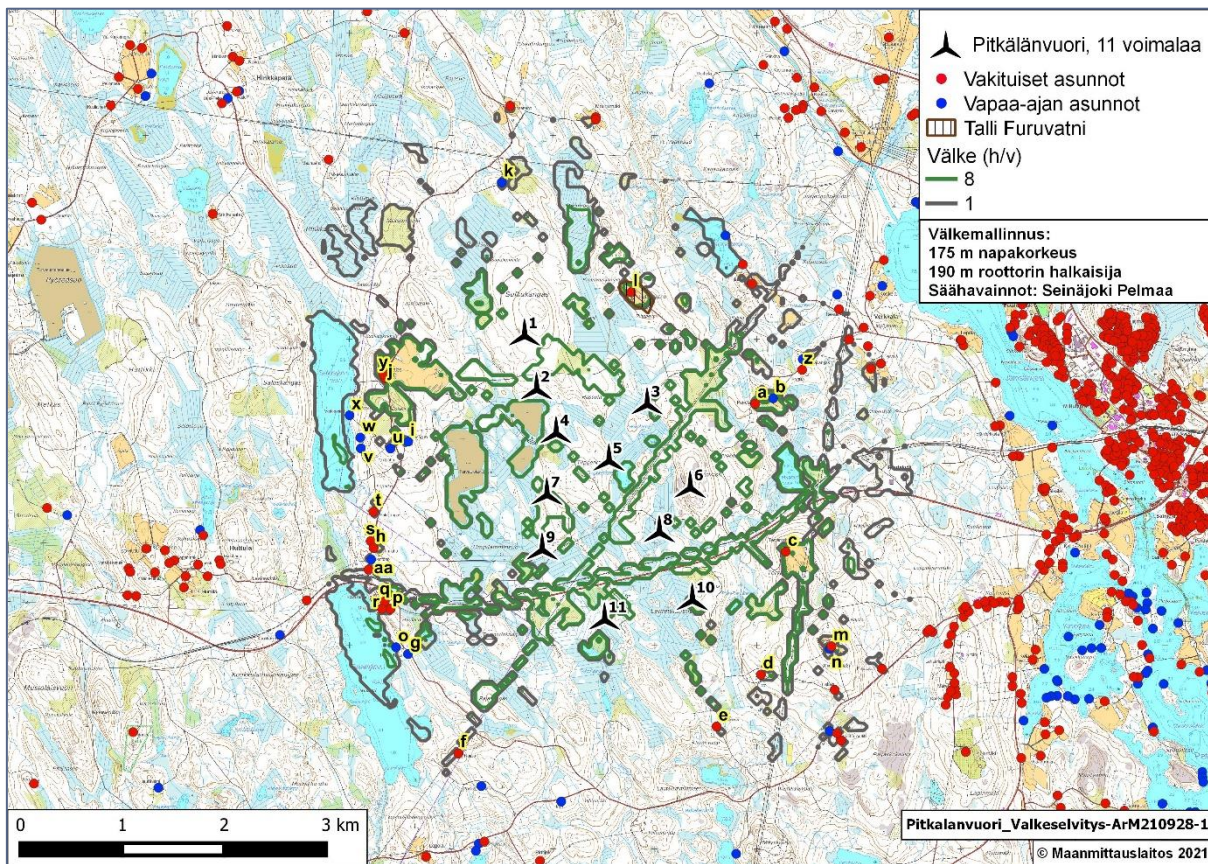
## 4.2 VÄLKEVAIKUTUKSET PUUSTON SUOJAAVA VAIKUTUS HUOMIOIDEN

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, 2019).

Seuraavassa kuvassa on esitetty välkemallinnuksen tulokset kasvillisuuden korkeus huomioon ottaen ja jäljempänä tulokset on kuvailtu sanallisesti.





Kuva 3. Varjovälkkeen muodostuminen Pitkälänvuoren alueella puuston suojaava vaikutus huomioiden. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-aa) ja niiden vältketasot on esitetty taulukossa 6.

Kartasta näkyy, että välkkeen vaikutusalue on huomattavasti pienempi, kun puusto huomioidaan (vrt. kuva 3). Vuotuisen välkkeen kahdeksan tunnin ylityksiä on 6 kpl, verrattuna 21 ylitykseen mallinnuksessa ilman puustoa. Pitkälänvuoren väkelaskennan tulokset, kun kasvillisuus on otettu huomioon, on raportoitu 27 havainnointipisteen osalta taulukossa 6.

Taulukko 6. Varjoväkelaskennan tulokset, puuston vaikutus huomioiden

Havainnointi piste	Asunnon luokka	Itäinen koord. (ETRS TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS TM35FIN)	Viikkumisen määrä (todellinen tilanne, h/v)	Viikkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/v)	Viikkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/pv)	Suositusarvon ylitys
a	Vakituinen asunto	401984	6904367	18:36	91:03	0:49	Kyllä
b	Vapaa-ajan asunto	402159	6904419	15:52	92:03	0:41	Kyllä
c	Vakituinen asunto	402283	6902916	0:00	0:00	0:00	Ei

d	Vakituinen asunto	402039	6901711	5:20	21:02	0:28	Ei
e	Vakituinen asunto	401604	6901202	0:00	0:00	0:00	Ei
f	Vakituinen asunto	399071	6900939	4:30	16:34	0:25	Ei
g	Vapaa-ajan asunto	398577	6901912	0:00	0:00	0:00	Ei
h	Vakituinen asunto	398238	6902953	0:00	0:00	0:00	Ei
i	Vapaa-ajan asunto	398578	6903995	0:00	0:00	0:00	Ei
j	Vakituinen asunto	398352	6904618	11:54	53:48	0:32	Kyllä
k	Vapaa-ajan asunto	399497	6906536	3:11	35:10	0:32	Osittain
l	Vakituinen asunto	400766	6905459	16:33	144:40	1:56	Kyllä
m	Vakituinen asunto	402731	6901989	8:41	33:39	0:32	Kyllä
n	Vakituinen asunto	402711	6901962	0:00	0:00	0:00	Ei
o	Vapaa-ajan asunto	398459	6901979	0:00	0:00	0:00	Ei
p	Vakituinen asunto	398403	6902354	0:00	0:00	0:00	Ei
q	Vakituinen asunto	398348	6902430	0:00	0:00	0:00	Ei
r	Vakituinen asunto	398321	6902357	0:00	0:00	0:00	Ei
s	Vakituinen asunto	398210	6903020	0:00	0:00	0:00	Ei
t	Vakituinen asunto	398237	6903309	0:00	0:00	0:00	Ei
u	Vakituinen asunto	398405	6903927	0:00	0:00	0:00	Ei
v	Vapaa-ajan asunto	398114	6903929	0:00	0:00	0:00	Ei
w	Vapaa-ajan asunto	398108	6904034	0:00	0:00	0:00	Ei
x	Vapaa-ajan asunto	398003	6904254	0:00	0:00	0:00	Ei
y	Vakituinen asunto	398334	6904655	11:11	51:19	0:32	Kyllä
z	Vakituinen asunto	402443	6904699	2:41	13:15	0:28	Ei
aa	Vapaa-ajan asunto	398214	6902840	2:46	11:42	0:27	Ei

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

### 4.3 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.

### 4.4 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.

### 4.5 VÄLKEVAIKUTUKSEN HALLINTASUUNNITELMA

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

Varjovälkemallinnuksen mukaan, Pitkälänvuoren alueella vertailuarvot ylitetään muutamassa lähellä sijaitsevien asuntojen kohdissa. Siksi välkevaikutuksen hallintajärjestelmän käyttöä suositellaan varmistamaan, että välkettä pysyy alle 8 h/v, 30 h/y ja 30 min/pv. Laskentatulokset mallinnuksesta, jossa käytettiin välkkeenhallintajärjestelmää kaikille voimaloille,

esitetään alla olevassa taulukossa. Mallinnus tehtiin ilman puuston suojaava vaikutusta, jolla varmistettiin, että hallintajärjestelmän vaikutus on riittävä metsän hakkuun tapauksessa. Välkkeenhallintastrategia määriteltiin siten, että maksimisuositusarvot alitetaan.

*Taulukko 7. Tulokset varjovälkemallinnuksesta, jossa käytössä oli välkkeenhallintajärjestelmä, Pitkälänvuori*

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	Vakituinen asunto	401984	6904367	1:57	22:55	0:25	Ei
b	Vapaa-ajan asunto	402159	6904419	3:10	24:07	0:27	Ei
c	Vakituinen asunto	402283	6902916	6:25	24:49	0:24	Ei
d	Vakituinen asunto	402039	6901711	5:14	21:02	0:28	Ei
e	Vakituinen asunto	401604	6901202	0:00	0:00	0:00	Ei
f	Vapaa-ajan asunto	400080	6900467	4:29	16:34	0:25	Ei
g	Vakituinen asunto	399071	6900939	4:51	17:38	0:20	Ei
h	Vapaa-ajan asunto	398577	6901912	6:55	25:58	0:26	Ei
i	Vakituinen asunto	398238	6902953	6:33	29:19	0:27	Ei
j	Vapaa-ajan asunto	398578	6903995	1:15	7:51	0:23	Ei
k	Vapaa-ajan asunto	399497	6906536	1:46	22:24	0:24	Ei
l	Vakituinen asunto	400766	6905459	0:00	0:00	0:00	Ei
m	Vakituinen asunto	402731	6901989	3:03	11:58	0:20	Ei
n	Vakituinen asunto	402711	6901962	2:12	8:22	0:16	Ei
o	Vapaa-ajan asunto	398459	6901979	2:44	10:36	0:18	Ei
p	Vakituinen asunto	398403	6902354	7:06	25:35	0:25	Ei
q	Vakituinen asunto	398348	6902430	6:31	23:18	0:25	Ei



r	Vakituinen asunto	398321	6902357	6:40	23:56	0:24	Ei
s	Vakituinen asunto	398210	6903020	7:13	28:23	0:26	Ei
t	Vakituinen asunto	398237	6903309	6:32	23:36	0:24	Ei
u	Vakituinen asunto	398405	6903927	6:42	24:54	0:28	Ei
v	Vapaa-ajan asunto	398114	6903929	7:10	25:50	0:25	Ei
w	Vapaa-ajan asunto	398108	6904034	6:42	23:58	0:25	Ei
x	Vapaa-ajan asunto	398003	6904254	6:43	26:03	0:25	Ei
y	Vakituinen asunto	398352	6904618	3:19	16:57	0:23	Ei
z	Vakituinen asunto	398334	6904655	4:22	23:51	0:28	Ei
aa	Vakituinen asunto	402443	6904699	5:05	20:24	0:25	Ei

## 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 (2019). *02-Flicker and ZVI-CGYK150227-1-Rev12.* Internal work description.

## LIITE 1: SIOITUSSUUNNITELMA

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	399718	6905074	175 / 190 / 270
2	399836	6904546	175 / 190 / 270
3	400921	6904400	175 / 190 / 270
4	400028	6904117	175 / 190 / 270
5	400546	6903847	175 / 190 / 270
6	401343	6903582	175 / 190 / 270
7	399937	6903514	175 / 190 / 270
8	401041	6903146	175 / 190 / 270
9	399891	6902975	175 / 190 / 270
10	401364	6902480	175 / 190 / 270
11	400503	6902288	175 / 190 / 270