



ETHA WIND



VÄLKESELVITYS

Takakangas-Pihlajaharjun Tuulipuisto, 13.9.2022

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	8
4.1	Vaihtoehdon VE1 välkevaikutukset	8
4.2	Vaihtoehdon VE2 välkevaikutukset	10
4.3	Välkevaikutukset puuston suojaava vaikutus huomioiden	12
4.3.1	VAIHTOEHDON VE1 VÄLKEVAIKUTUKSET	12
4.3.2	VAIHTOEHDON VE2 VÄLKEVAIKUTUKSET	14
4.4	Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät	16
4.5	Haittojen ehkäiseminen ja seuranta	16
4.6	Välkevaikutuksen hallintasuunnitelma	16
5	LÄHTEET	20
	Liite 1. Sijoitussuunnitelma	21

VERSIONHISTORIA

Versio, Päivämäärä	Tekijä,	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
Ver 1	Arina Makarova, 2022-05-30	Christian Granlund, 2022-06-01	Christian Granlund, 2022-06-01	Takakangas-Pihlajaharjun tuulivoimapuiston välkeselvitys.
Rev1	Arina Makarova, 2022-09-13	Jukka Rönnlund, 2022-09-13	Jukka Rönnlund, 2022-09-13	Mallinnuskartat päivitetty. Rakennuksen tila muutettu (rakennus o).

1 YHTEENVETO

Tehtävä:

Välkeselvitys Takakangas-Pihlajaharjun tuulivoimapuiston vaikutusalueella.

Työmenetelmät:

Välkeselvitykseen on kerätty ajantasaista tietoa tuulivoimaloiden varjon välkkeen ominaispiirteistä, välkkeen ohjearvoista, paikallisista olosuhteista sekä mallinnusmenetelmistä. Pääasiallisena laskentatyökaluna on käytetty WindPRO Ver3.5 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.

Tässä selvityksessä on tarkasteltu kahta eri hankevaihtoehtoa ja niiden välkevaikutuksia (VE1 ja VE2). Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ylitetään viiden vakituisen tai vapaa-ajan asunnon kohdalla (VE1) ja yhden vakituisen asunnon kohdalla (VE2).

Kun puuston suojaava vaikutus huomioidaan, on suositusten ylityksiä vähemmän. VE1:ssä kahdeksan tunnin raja ylittyy yhden asunnon kohdalla; VE2:ssä kahdeksan tunnin raja ei ylitä yhtenkään 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 voimalat kriittiseksi ajaksi. Voimalat voidaan ohjelmoida pysähtymään automaattisesti vallitsevien sääolosuhteiden mukaisesti, kun välkettä muodostuisi herkälle alueelle (flicker control).

Takakangas-Pihlajaharjun 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	VE1	VE2
> 10 h/v, todellinen tilanne	2	1
> 8 h/v, todellinen tilanne	5	1
> 30 h/v, teoreettinen maksimi	23	11
> 30 min/pv, teoreettinen maksimi	14	14

2 TAUSTA

Tämä välkeselvitys on tehty Takakangas-Pihlajaharjun tuulivoimapuistolle Parkanon kunnan alueella. Tässä selvityksessä on tarkistettu kaksi eri sijoitussuunnitelman vaihtoehtoa, jotka on muodostettu ympäristövaikutusten arviointimenettelyä ja kaavoitusmenettelyä varten.

- VE1: 12 voimalaa. Roottorinhalkaisija 200 m ja napakorkeus 200 m. Kokonaiskorkeus on 300 m.
- VE2: 10 voimalaa. Roottorinhalkaisija 200 m ja napakorkeus 200 m. Kokonaiskorkeus on 300 m.

Välkeselvitys on tehty WindPRO 3.5 ohjelmiston SHADOW-moduulia käyttäen. Tulosten arvioinnissa on käytetty Saksan ja Ruotsin suositusarvoja (LAI, 2002; Boverket, 2009). Etha Wind Oy on tarkistanut lähtötietojen oikeellisuuden ja vastaa siitä, että laskenta on oikein suoritettu.

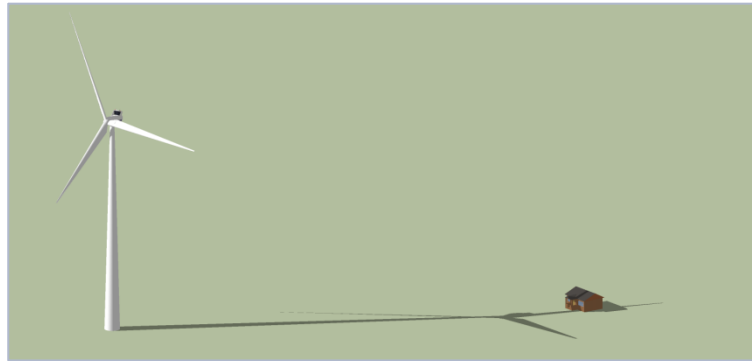
3 VARJOVÄLKKEEN MUODOSTUMINEN

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 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 ohje-arvoja. 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 väkemmaallinnustuloksia 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.

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 häiritsevän voimakkaita liikkuvia varjoja. Maksimivaikutusten arvioimiseksi Takakangas-Pihlajaharjun mallinuksissa on käytetty nykyistä suurempaa voimalamallia, jonka lapojen paksuus on arvioitu nykyisten voimalamallien perusteella.

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

Maastotietokantana käytettiin Maanmittauslaitoksen kahden metrin korkeusmallia ja säähavaintotietoina käytettiin Seinäjoen säähavaintoja. Seinäjoen havaintoasema sijaitsee noin 90 kilometrin päässä suunnitellusta tuulivoimapuistoalueesta. Laskelmissa oletetaan, että tuulivoimaloiden roottorit pyörivät vain tuulennopeuden ollessa sopiva. Varjovälkettä tarkasteltiin 2 metrin korkeudelta eli suunnilleen ihmisen havainnointikorkeudelta. Mallinnuksessa käytetyt auringonpaisteajat sekä tuulivoimaloiden toiminta-aika on esitetty alla olevissa taulukoissa.

Taulukko 2. Mallinnuksessa käytetyt asetukset

Asetus	Kuvaus
Auringonpaisteajat	Seinäjoen 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	Voimalavalmistajien lapaparametrejä käytössä
Vertailuarvot	10 h/v todellinen tilanne
	8 h/v todellinen tilanne
	30 h/v teoreettinen tilanne
	30 min/pv teoreettinen tilanne

Taulukko 3. Mallinnuksessa käytetyt auringonpaisteajat

Kuukausi	Keskimääräinen auringonpaisteen tuntimäärä päivässä
Tammikuu	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
Keskiarvo	4,76

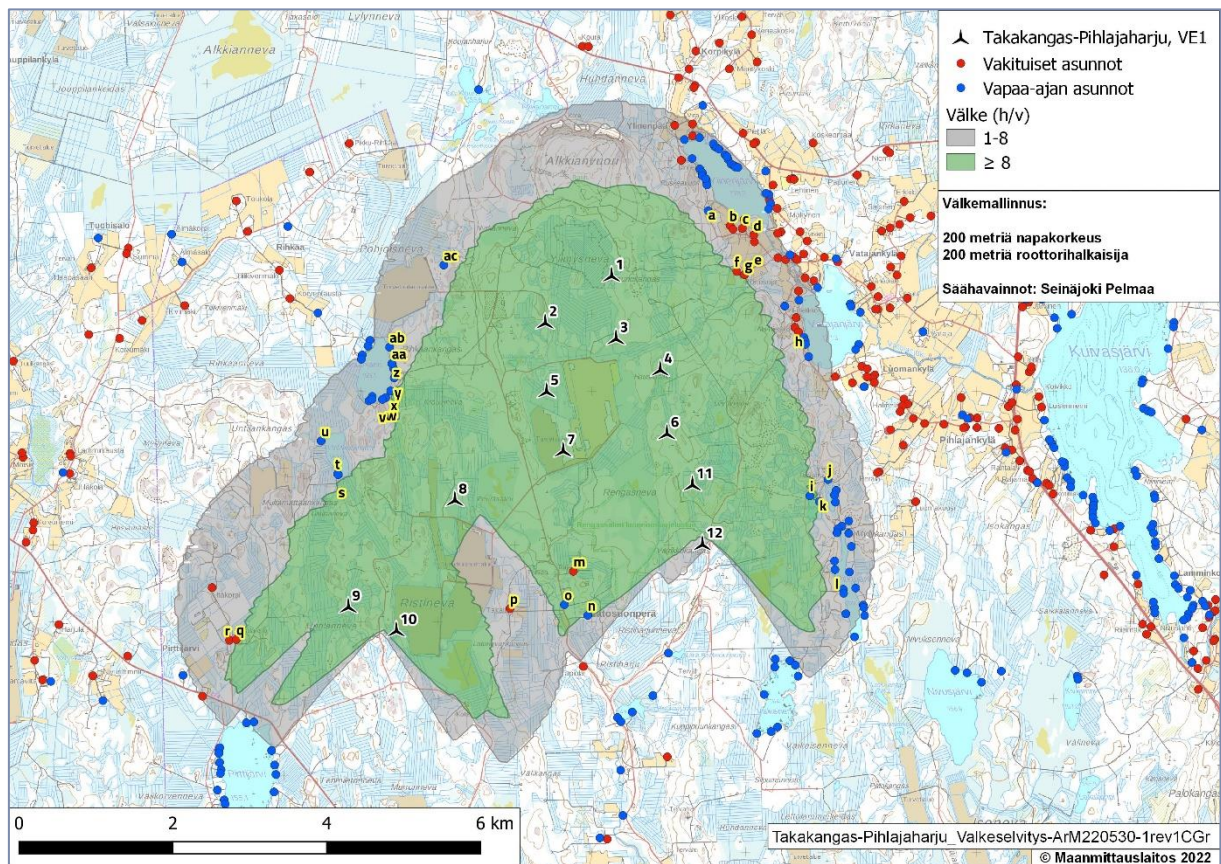
Taulukko 4. Tuulivoimaloiden toiminta-aika

Tuulensuunta	Toiminta-aika (h/v)
Pohjoinen	650
Pohjoiskoillinen	501
Itäkoillinen	421
Itä	422
Itäkaakko	494
Eteläkaakko	718
Etelä	859
Etelälounas	1136
Länsilounas	938
Länsi	682
Länsiluode	641
Pohjoisluode	568
Summa	8030

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 Takakangas-Pihlajaharjun alueella. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-ac) ja niiden väketasot on esitetty taulukossa 5.

Ruotsissa ja Saksassa annetut maksimisuositukset kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ylitetään 5 havainnointipisteessä. Näissä kohteissa laskettu väkemäärä on 8.16-14.57 h/v. Varjovälkettä esiintyy yli 10 h/v kahden asunnon kohdalla. Teoreettisen maksimitilanteen mallinnuksessa suositukset (30 h/v ja 30 min/pv) ylitetään myös useassa havainnointipisteessä.

Väkelaskennan tulokset on raportoitu yhdeksän havainnointipisteen osalta taulukossa 5.

Taulukko 5. Varjoväkelaskennan tulokset, Takakangas-Pihlajaharju VE1

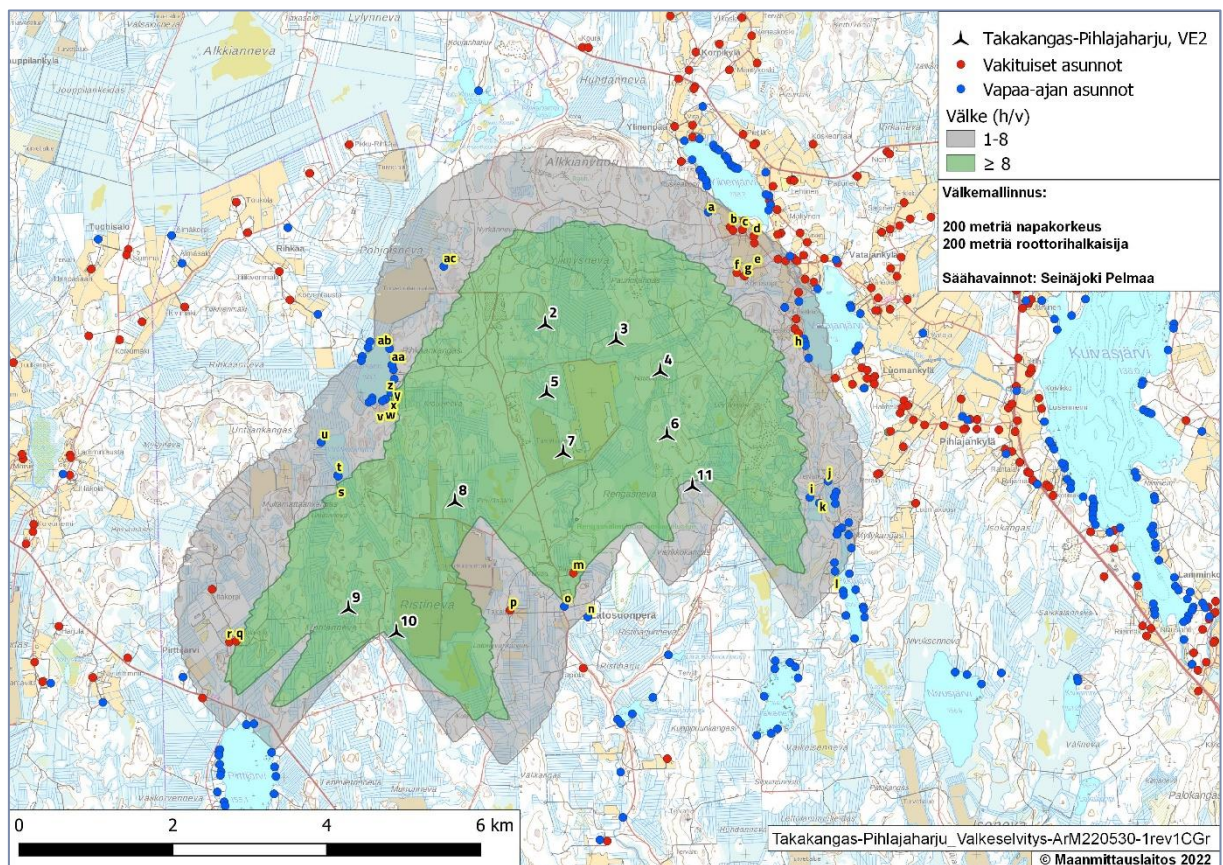
Havainnointi piste	Asunnon luokka	Itäinen koord. (ETRS TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS TM35FIN)	Vilkkumisen määrä (todellinen tilanne, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/pv)	Suositusarvon ylitys
a	Vapaa-ajan asunto	286516	6898343	6.26	52.19	0.32	Osittain
b	Vakituinen asunto	286802	6898148	5.37	39.20	0.28	Osittain
c	Vakituinen asunto	286960	6898114	5.00	34.07	0.26	Osittain
d	Vakituinen asunto	287105	6898024	4.42	30.21	0.25	Osittain
e	Vakituinen asunto	287116	6897938	4.54	30.49	0.25	Osittain
f	Vakituinen asunto	286889	6897552	7.40	43.37	0.31	Osittain
g	Vakituinen asunto	286989	6897512	7.08	39.43	0.30	Osittain
h	Vakituinen asunto	287642	6896827	3.28	19.56	0.26	Ei
i	Vapaa-ajan asunto	287837	6894636	9.25	43.32	0.31	Kyllä
j	Vapaa-ajan asunto	288073	6894847	6.25	31.37	0.27	Osittain
k	Vapaa-ajan asunto	287960	6894561	8.16	37.55	0.29	Kyllä
l	Vapaa-ajan asunto	288164	6893676	6.15	25.11	0.27	Ei
m	Vakituinen asunto	284763	6893654	14.57	56.52	0.36	Kyllä
n	Vapaa-ajan asunto	284950	6893082	8.28	30.42	0.29	Kyllä
o	Vapaa-ajan asunto	284647	6893220	11.46	45.38	0.26	Kyllä
p	Vakituinen asunto	283939	6893170	4.43	23.49	0.47	Osittain
q	Vakituinen asunto	280381	6892767	7.58	31.41	0.32	Osittain
r	Vakituinen asunto	280293	6892759	6.52	27.41	0.30	Osittain
s	Vapaa-ajan asunto	281707	6894911	7.34	62.41	0.52	Osittain
t	Vapaa-ajan asunto	281697	6894923	7.24	61.40	0.52	Osittain
u	Vapaa-ajan asunto	281484	6895350	3.43	32.37	0.25	Osittain
v	Vapaa-ajan asunto	282281	6895890	4.37	26.09	0.30	Osittain
w	Vapaa-ajan asunto	282322	6895912	4.41	26.55	0.31	Osittain
x	Vapaa-ajan asunto	282387	6896000	7.53	39.40	0.30	Osittain
y	Vapaa-ajan asunto	282434	6896171	7.17	38.51	0.28	Osittain
z	Vapaa-ajan asunto	282423	6896297	6.38	36.48	0.27	Osittain
aa	Vapaa-ajan asunto	282403	6896356	6.15	35.13	0.26	Osittain

ab	Vapaa-ajan asunto	282374	6896569	5.27	32.03	0.24	Osittain
ac	Vapaa-ajan asunto	283079	6897637	5.58	33.53	0.31	Osittain

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

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 Takakangas-Pihlajaharjun alueella. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-ac) ja niiden väketasot on esitetty taulukossa 6.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annetut maksimisuositukset kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ylitetään yhdessä havainnointipisteessä, missä laskettu väkემäärä on 11:12 h/v. Teoreettisen maksimitilanteen mallinnuksessa suositukset (30 h/v ja 30 min/p) ylitetään useassa havainnointipisteessä.

Välkelaskennan tulokset on raportoitu yhdeksän havainnointipisteen osalta taulukossa 6.

Taulukko 6. Varjovälkelaskennan tulokset, Takakangas-Pihlajaharju 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	286516	6898343	3:32	35:37	0:32	Osittain
b	Vakituinen asunto	286802	6898148	3:14	26:20	0:24	Ei
c	Vakituinen asunto	286960	6898114	2:57	23:01	0:24	Ei
d	Vakituinen asunto	287105	6898024	2:49	20:32	0:24	Ei
e	Vakituinen asunto	287116	6897938	2:59	21:00	0:24	Ei
f	Vakituinen asunto	286889	6897552	4:43	29:55	0:31	Osittain
g	Vakituinen asunto	286989	6897512	4:29	27:29	0:30	Osittain
h	Vakituinen asunto	287642	6896827	3:28	19:56	0:26	Ei
i	Vapaa-ajan asunto	287837	6894636	6:36	27:57	0:30	Osittain
j	Vapaa-ajan asunto	288073	6894847	4:28	20:23	0:27	Ei
k	Vapaa-ajan asunto	287960	6894561	5:41	24:03	0:29	Ei
l	Vapaa-ajan asunto	288164	6893676	3:13	12:13	0:23	Ei
m	Vakituinen asunto	284763	6893654	11:12	41:26	0:32	Kyllä
n	Vapaa-ajan asunto	284950	6893082	0:00	0:00	0:00	Ei
o	Vapaa-ajan asunto	284647	6893220	7:25	29:44	0:26	Ei
p	Vakituinen asunto	283939	6893170	4:43	23:49	0:47	Osittain
q	Vakituinen asunto	280381	6892767	7:58	31:41	0:32	Osittain
r	Vakituinen asunto	280293	6892759	6:52	27:41	0:30	Osittain
s	Vapaa-ajan asunto	281707	6894911	7:34	62:41	0:52	Osittain
t	Vapaa-ajan asunto	281697	6894923	7:24	61:40	0:52	Osittain
u	Vapaa-ajan asunto	281484	6895350	3:43	32:37	0:25	Osittain
v	Vapaa-ajan asunto	282281	6895890	4:37	26:09	0:30	Osittain
w	Vapaa-ajan asunto	282322	6895912	4:41	26:55	0:31	Osittain
x	Vapaa-ajan asunto	282387	6896000	7:53	39:40	0:30	Osittain
y	Vapaa-ajan asunto	282434	6896171	7:17	38:51	0:28	Osittain
z	Vapaa-ajan asunto	282423	6896297	6:38	36:48	0:27	Osittain

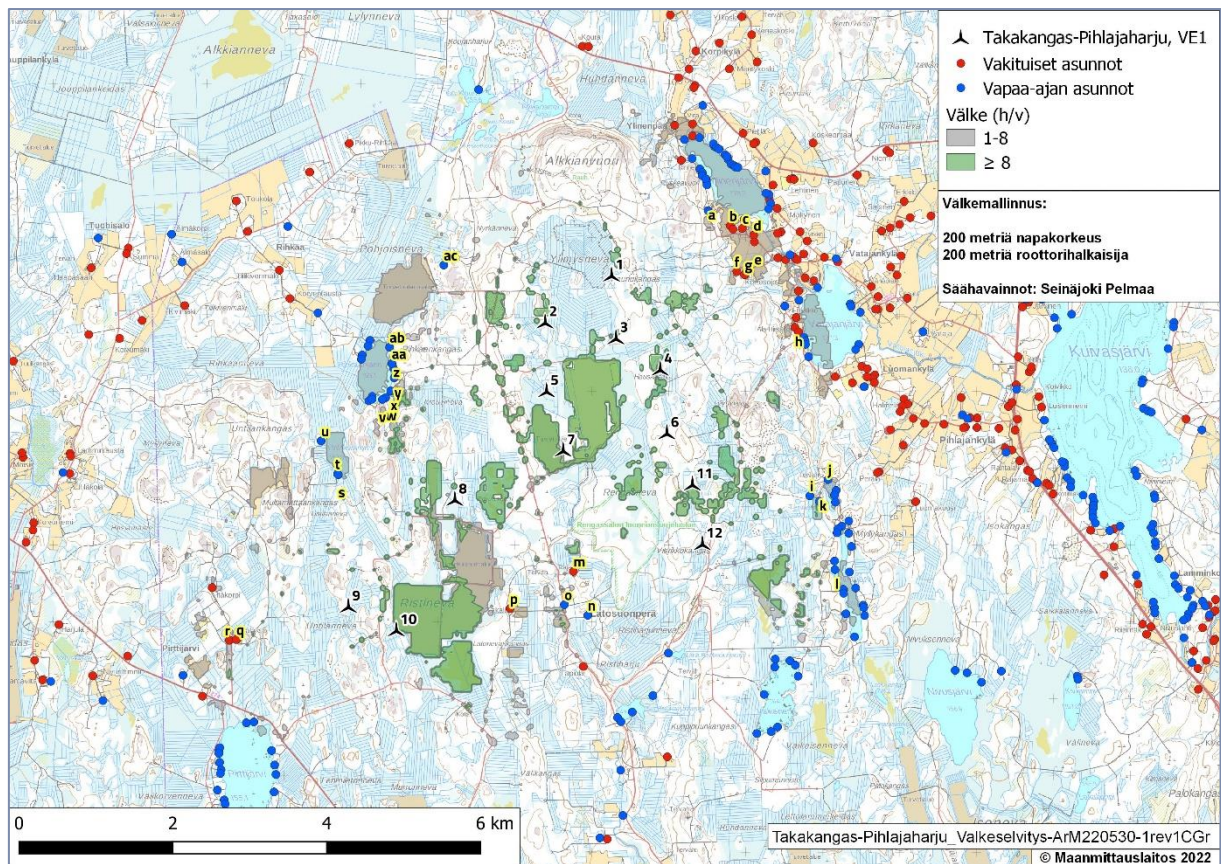
aa	Vapaa-ajan asunto	282403	6896356	6:15	35:13	0:26	Osittain
ab	Vapaa-ajan asunto	282374	6896569	5:27	32:03	0:24	Osittain
ac	Vapaa-ajan asunto	283079	6897637	4:18	26:11	0:31	Osittain

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

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, 2019). 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 Takakangas-Pihlajaharjun alueella puuston suojaava vaikutus huomioiden. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-ac) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 7.

Huomioitaessa kasvillisuuden suojaavan vaikutuksen välikeika on pienempi useassa havainnointipisteessä ja näistä 19 pisteeseen väkettä ei kohdistu lainkaan. Kahdeksan tunnin vuotuisen varjovälkkeen määrä ylitetään yhdessä havainnointipisteessä. Teoreettiset maksimisuositukset ylitetään kahdeksassa havainnointipisteessä. Takakangas-Pihlajaharjun väkelaskennan tulokset, kun kasvillisuus on otettu huomioon, on raportoitu taulukossa 7.

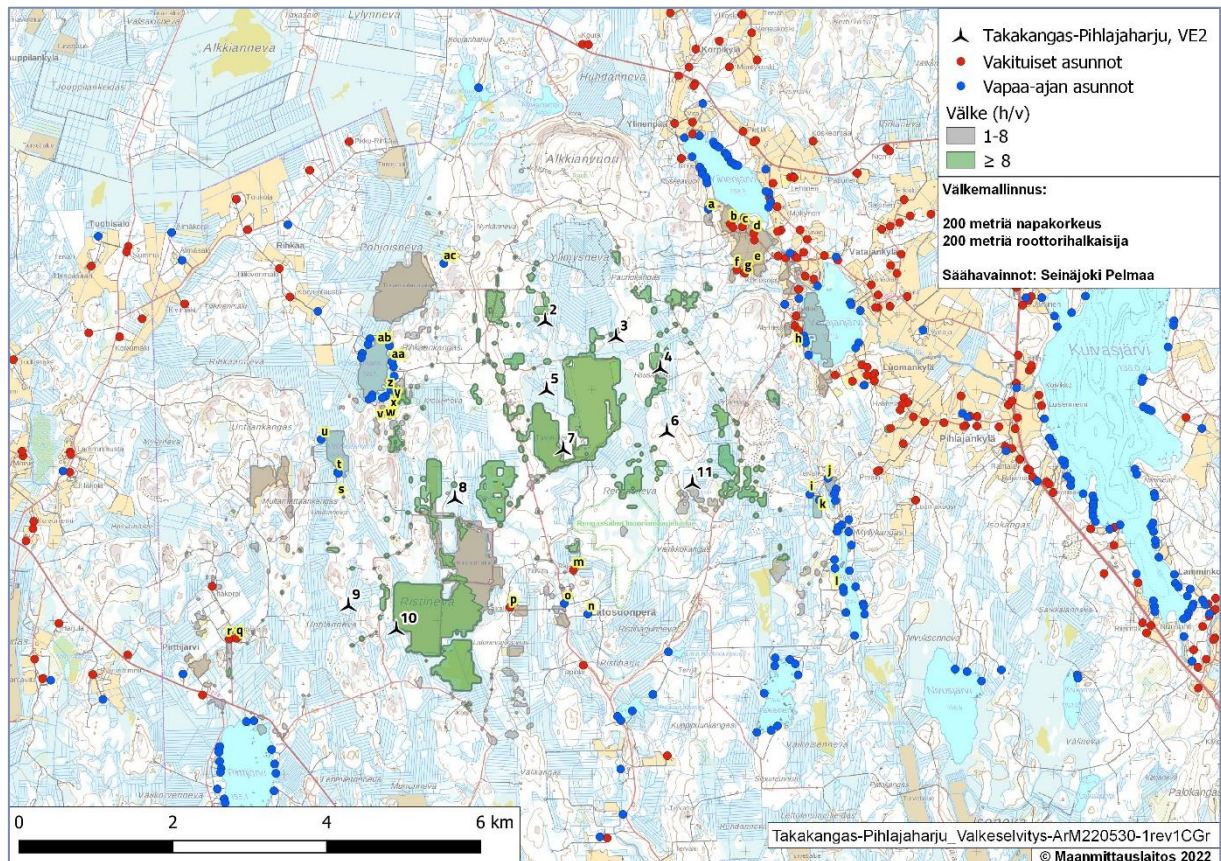
Taulukko 7. Varjoväkelaskennan tulokset, kun puuston vaikutus huomioidaan, Takakangas-Pihlajaharju VE1

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	286516	6898343	0:00	0:00	0:00	Ei
b	Vakituinen asunto	286802	6898148	5:37	39:20	0:28	Osittain
c	Vakituinen asunto	286960	6898114	0:00	0:00	0:00	Ei
d	Vakituinen asunto	287105	6898024	4:42	30:21	0:25	Osittain
e	Vakituinen asunto	287116	6897938	4:54	30:49	0:25	Osittain
f	Vakituinen asunto	286889	6897552	0:00	0:00	0:00	Ei
g	Vakituinen asunto	286989	6897512	4:29	27:29	0:30	Osittain
h	Vakituinen asunto	287642	6896827	0:00	0:00	0:00	Ei
i	Vapaa-ajan asunto	287837	6894636	0:00	0:00	0:00	Ei
j	Vapaa-ajan asunto	288073	6894847	0:00	0:00	0:00	Ei
k	Vapaa-ajan asunto	287960	6894561	8:16	37:55	0:29	Kyllä
l	Vapaa-ajan asunto	288164	6893676	0:00	0:00	0:00	Ei
m	Vakituinen asunto	284763	6893654	3:46	15:26	0:28	Ei
n	Vapaa-ajan asunto	284950	6893082	0:00	0:00	0:00	Ei
o	Vapaa-ajan asunto	284647	6893220	0:00	0:00	0:00	Ei
p	Vakituinen asunto	283939	6893170	0:00	0:00	0:00	Ei
q	Vakituinen asunto	280381	6892767	7:58	31:41	0:32	Osittain
r	Vakituinen asunto	280293	6892759	6:52	27:41	0:30	Osittain
s	Vapaa-ajan asunto	281707	6894911	3:04	15:08	0:30	Osittain
t	Vapaa-ajan asunto	281697	6894923	2:59	14:46	0:30	Osittain
u	Vapaa-ajan asunto	281484	6895350	0:00	0:00	0:00	Ei

v	Vapaa-ajan asunto	282281	6895890	0:00	0:00	0:00	Ei
w	Vapaa-ajan asunto	282322	6895912	0:00	0:00	0:00	Ei
x	Vapaa-ajan asunto	282387	6896000	0:00	0:00	0:00	Ei
y	Vapaa-ajan asunto	282434	6896171	0:00	0:00	0:00	Ei
z	Vapaa-ajan asunto	282423	6896297	0:00	0:00	0:00	Ei
aa	Vapaa-ajan asunto	282403	6896356	0:00	0:00	0:00	Ei
ab	Vapaa-ajan asunto	282374	6896569	0:00	0:00	0:00	Ei
ac	Vapaa-ajan asunto	283079	6897637	0:00	0:00	0:00	Ei

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

4.3.2 VAIHTOEHDON VE2 VÄLKEVAIKUTUKSET



Kuva 5. Varjovälkkeen muodostuminen Takakangas-Pihlajaharjun alueella puuston suojaava vaikutus huomioiden. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-ac) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 8.

Kasvillisuuden suojaava vaikutus huomioitaessa välke aika on pienempi useassa havainnointipisteessä ja näistä 20 pisteeseen välkettä ei kohdistu lainkaan. Kahdeksan tunnin

vuotuisen varjovälkkeen määrä ei ylitetä. Teoreettiset maksimisuositukset ylitetään viidessä havainnointipisteessä. Takakangas-Pihlajaharjun väkelaskennan tulokset, kun kasvillisuus on otettu huomioon, on raportoitu taulukossa 8.

Taulukko 8. Varjoväkelaskennan tulokset, kun puuston vaikutus huomioidaan, Takakangas-Pihlajaharju 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	286516	6898343	0:00	0:00	0:00	Ei
b	Vakituinen asunto	286802	6898148	3:14	26:20	0:24	Ei
c	Vakituinen asunto	286960	6898114	0:00	0:00	0:00	Ei
d	Vakituinen asunto	287105	6898024	2:49	20:32	0:24	Ei
e	Vakituinen asunto	287116	6897938	2:59	21:00	0:24	Ei
f	Vakituinen asunto	286889	6897552	0:00	0:00	0:00	Ei
g	Vakituinen asunto	286989	6897512	4:29	27:29	0:30	Osittain
h	Vakituinen asunto	287642	6896827	0:00	0:00	0:00	Ei
i	Vapaa-ajan asunto	287837	6894636	0:00	0:00	0:00	Ei
j	Vapaa-ajan asunto	288073	6894847	0:00	0:00	0:00	Ei
k	Vapaa-ajan asunto	287960	6894561	5:41	24:03	0:29	Ei
l	Vapaa-ajan asunto	288164	6893676	0:00	0:00	0:00	Ei
m	Vakituinen asunto	284763	6893654	0:00	0:00	0:00	Ei
n	Vapaa-ajan asunto	284950	6893082	0:00	0:00	0:00	Ei
o	Vapaa-ajan asunto	284647	6893220	0:00	0:00	0:00	Ei
p	Vakituinen asunto	283939	6893170	0:00	0:00	0:00	Ei
q	Vakituinen asunto	280381	6892767	7:58	31:41	0:32	Osittain
r	Vakituinen asunto	280293	6892759	6:52	27:41	0:30	Osittain
s	Vapaa-ajan asunto	281707	6894911	3:04	15:08	0:30	Osittain
t	Vapaa-ajan asunto	281697	6894923	2:59	14:46	0:30	Osittain
u	Vapaa-ajan asunto	281484	6895350	0:00	0:00	0:00	Ei
v	Vapaa-ajan asunto	282281	6895890	0:00	0:00	0:00	Ei
w	Vapaa-ajan asunto	282322	6895912	0:00	0:00	0:00	Ei

x	Vapaa-ajan asunto	282387	6896000	0:00	0:00	0:00	Ei
y	Vapaa-ajan asunto	282434	6896171	0:00	0:00	0:00	Ei
z	Vapaa-ajan asunto	282423	6896297	0:00	0:00	0:00	Ei
aa	Vapaa-ajan asunto	282403	6896356	0:00	0:00	0:00	Ei
ab	Vapaa-ajan asunto	282374	6896569	0:00	0:00	0:00	Ei
ac	Vapaa-ajan asunto	283079	6897637	0:00	0:00	0:00	Ei

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

4.4 VAIKUTUSTEN ARVIOINNIN EPÄVARMUUSTEKIJÄT

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

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

4.5 HAITTOJEN EHKÄISEMINEN JA SEURANTA

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

4.6 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).

Varjovälkemallinnuksien mukaan Takakangas-Pihlajaharjun alueella vertailuarvot ylitetään muutaman lähellä sijaitsevan asunnon kohdalla. Välkevaikutuksen hallintajärjestelmän käyttöä

suositellaan, jotta voidaan varmistaa, että välke pysyy alle suositusarvojen 8 h/v (todellinen tilanne), 30 h/y (teoreettinen tilanne) ja 30 min/pv (teoreettinen tilanne). Laskentatulokset mallinnuksesta, jossa käytettiin välkkeenhallintajärjestelmää, esitetään alla olevassa taulukossa.

VE1:ssä välkkeenhallintajärjestelmää on käytetty mallinnuksessa kaikkiin paitsi voimala numero seitsemään. VE2:ssa välkkeenhallintajärjestelmää on käytetty mallinnuksessa kaikkiin paitsi voimala numero kuuteen ja seitsemään.

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

Taulukko 9. Tulokset varjovälkemallinnuksesta, jossa käytössä oli välkkeenhallintajärjestelmä, Takakangas-Pihlajaharju 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	286516	6898343	1:57	22:39	0:24	Ei
b	Vakituinen asunto	286802	6898148	3:59	28:50	0:28	Ei
c	Vakituinen asunto	286960	6898114	3:32	24:51	0:26	Ei
d	Vakituinen asunto	287105	6898024	3:20	22:03	0:25	Ei
e	Vakituinen asunto	287116	6897938	4:01	25:22	0:25	Ei
f	Vakituinen asunto	286889	6897552	4:34	24:59	0:29	Ei
g	Vakituinen asunto	286989	6897512	3:30	17:18	0:27	Ei
h	Vakituinen asunto	287642	6896827	3:28	19:56	0:26	Ei
i	Vapaa-ajan asunto	287837	6894636	0:34	2:20	0:10	Ei
j	Vapaa-ajan asunto	288073	6894847	5:27	26:07	0:27	Ei
k	Vapaa-ajan asunto	287960	6894561	2:47	13:42	0:23	Ei
l	Vapaa-ajan asunto	288164	6893676	6:15	25:11	0:27	Ei
m	Vakituinen asunto	284763	6893654	5:57	21:48	0:27	Ei
n	Vapaa-ajan asunto	284950	6893082	0:00	0:00	0:00	Ei
o	Vapaa-ajan asunto	284647	6893220	6:29	24:51	0:26	Ei
p	Vakituinen asunto	283939	6893170	1:39	8:00	0:23	Ei

q	Vakituinen asunto	280381	6892767	2:03	8:55	0:23	Ei
r	Vakituinen asunto	280293	6892759	2:11	9:27	0:22	Ei
s	Vapaa-ajan asunto	281707	6894911	1:28	15:19	0:24	Ei
t	Vapaa-ajan asunto	281697	6894923	1:44	17:21	0:25	Ei
u	Vapaa-ajan asunto	281484	6895350	1:42	20:44	0:21	Ei
v	Vapaa-ajan asunto	282281	6895890	1:10	5:05	0:16	Ei
w	Vapaa-ajan asunto	282322	6895912	1:44	9:41	0:14	Ei
x	Vapaa-ajan asunto	282387	6896000	5:19	27:24	0:27	Ei
y	Vapaa-ajan asunto	282434	6896171	5:16	29:30	0:28	Ei
z	Vapaa-ajan asunto	282423	6896297	5:00	28:53	0:27	Ei
aa	Vapaa-ajan asunto	282403	6896356	4:30	26:34	0:26	Ei
ab	Vapaa-ajan asunto	282374	6896569	3:53	24:04	0:24	Ei
ac	Vapaa-ajan asunto	283079	6897637	3:09	17:58	0:23	Ei

Taulukko 10. Tulokset varjovälkemallinnuksesta, jossa käytössä oli välkkeenhallintajärjestelmä, Takakangas-Pihlajaharju 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	286516	6898343	1:57	22:39	0:24	Ei
b	Vakituinen asunto	286802	6898148	3:14	26:20	0:24	Ei
c	Vakituinen asunto	286960	6898114	2:57	23:01	0:24	Ei
d	Vakituinen asunto	287105	6898024	2:49	20:32	0:24	Ei
e	Vakituinen asunto	287116	6897938	2:50	20:03	0:24	Ei
f	Vakituinen asunto	286889	0.00	3:38	23:01	0:27	Ei
g	Vakituinen asunto	286989	6897512	1:52	10:48	0:26	Ei
h	Vakituinen asunto	287642	6896827	3:28	19:56	0:26	Ei
i	Vapaa-ajan asunto	287837	6894636	4:40	19:34	0:24	Ei
j	Vapaa-ajan asunto	288073	6894847	4:28	20:23	0:27	Ei
k	Vapaa-ajan asunto	287960	6894561	3:29	14:26	0:23	Ei
l	Vapaa-ajan asunto	288164	6893676	3:13	12:13	0:23	Ei

m	Vakituinen asunto	284763	6893654	5:57	21:48	0:27	Ei
n	Vapaa-ajan asunto	284950	6893082	0:00	0:00	0:00	Ei
o	Vapaa-ajan asunto	284647	6893220	6:29	24:51	0:26	Ei
p	Vakituinen asunto	283939	6893170	1:39	8:00	0:23	Ei
q	Vakituinen asunto	280381	6892767	2:03	8:55	0:23	Ei
r	Vakituinen asunto	280293	6892759	2:11	9:27	0:22	Ei
s	Vapaa-ajan asunto	281707	6894911	1:28	15:19	0:24	Ei
t	Vapaa-ajan asunto	281697	6894923	1:44	17:21	0:25	Ei
u	Vapaa-ajan asunto	281484	6895350	1:42	20:44	0:21	Ei
v	Vapaa-ajan asunto	282281	6895890	1:10	5:05	0:16	Ei
w	Vapaa-ajan asunto	282322	6895912	1:44	9:41	0:14	Ei
x	Vapaa-ajan asunto	282387	6896000	5:19	27:24	0:27	Ei
y	Vapaa-ajan asunto	282434	6896171	5:16	29:30	0:28	Ei
z	Vapaa-ajan asunto	282423	6896297	5:00	28:53	0:27	Ei
aa	Vapaa-ajan asunto	282403	6896356	4:30	26:34	0:26	Ei
ab	Vapaa-ajan asunto	282374	6896569	3:53	24:04	0:24	Ei
ac	Vapaa-ajan asunto	283079	6897637	1:29	10:16	0:23	Ei

5 LÄHTEET

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.

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

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

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

LIITE 1. SJOITUSSUUNNITELMA

Voimaloiden sijainnit on esitetty alla olevissa taulukoissa.

Taulukko 11. Takakangas-Pihlajaharjun voimaloiden sijaintitiedot, VE1

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	285258	6897523	200/200/300
2	284395	6896913	200/200/300
3	285316	6896707	200/200/300
4	285890	6896300	200/200/300
5	284413	6896018	200/200/300
6	285977	6895471	200/200/300
7	284629	6895246	200/200/300
8	283221	6894606	200/200/300
9	281836	6893216	200/200/300
10	282460	6892908	200/200/300
11	286309	6894805	200/200/300
12	286439	6894030	200/200/300

Taulukko 12. Takakangas-Pihlajaharjun voimaloiden sijaintitiedot, VE2

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
2	284395	6896913	200/200/300
3	285316	6896707	200/200/300
4	285890	6896300	200/200/300
5	284413	6896018	200/200/300
6	285977	6895471	200/200/300
7	284629	6895246	200/200/300
8	283221	6894606	200/200/300
9	281836	6893216	200/200/300
10	282460	6892908	200/200/300
11	286309	6894805	200/200/300