ETHA WIND

VÄLKESELVITYS

Tuulikaarron Tuulipuisto, 09.04.2022

Etha Wind | Vaasanpuistikko 14 B 11, 65100, Vaasa, Finland | +358 2900 20440 | firstname.lastname@ethawind.com

SISÄLLYSLUETTELO

1 YHTEENVETO 3
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 Tuulikaarron ja Piipsannevan yhteisvaikutukset 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
5 LÄHTEET 17
Liite 1: Sijoitussuunnitelma 18

VERSIOHISTORIA

Versio, Päivämäärä	Tekijä,	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
Ver 1	Sai Varun, 2022-04-09	Christian Granlund	Christian Granlund	Tuulikaarron tuulivoimapuiston välkeselvitys

1 YHTEENVETO

Tehtävä:

Välkeselvitys Tuulikaarron 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. Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitetä yhdessäkään Tuulikaarron tuulivoimapuiston havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen mallinnuksessa välkemäärä 30 h/v ylitetään yhdessä havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen mallinnuksessa välkemäärä 30 min/pv ylitetään yhdessä havainnointipisteessä. Erot hankevaihtoehtojen välkevaikutuksissa ovat hyvin pienet.

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

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	0	0
> 8 h/v, todellinen tilanne	0	0
> 30 h/v, teoreettinen maksimi	1	1
> 30 min/pv, teoreettinen maksimi	1	1

2 TAUSTA

Tämä välkeselvitys on tehty Tuulikaarron tuulivoimapuistolle Siikalatvan ja Kärsämäen kuntien alueella. Tässä selvityksessä on tarkistettu kaksi hankevaihtoehtoa, jotka on muodostettu ympäristövaikutusten arviointimenettelyä varten:

- VE1: 50 voimalaa. Roottorihalkaisija 236 m ja napakorkeus 182 m. Kokonaiskorkeus on 300 m.
- VE2: 43 voimalaa. Roottorihalkaisija 236 m ja napakorkeus 182 m. Kokonaiskorkeus on 300 m.

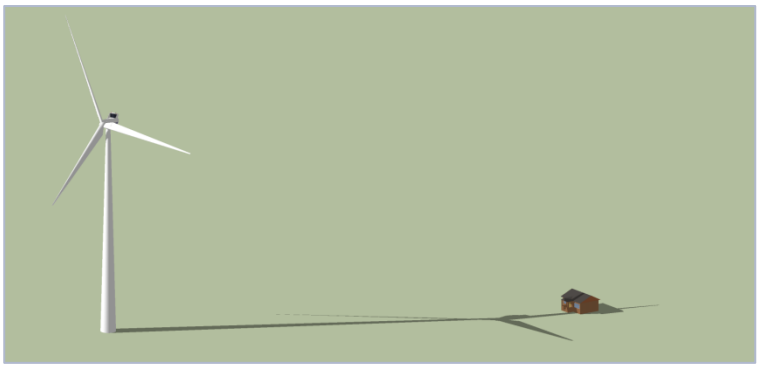
Välkeselvitys on tehty WindPRO 3.5 ohjelmiston SHADOW-moduulia käyttäen. Tulosten arvioinnissa on käytetty Saksan ja Ruotsin suositusarvoja (LAI, 2002; Boverket, 2009). Etha Wind Oy on tarkistanut lähtötietojen oikeellisuuden ja vastaa siitä, että laskenta on oikein suoritettu.

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 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 ilman puuston suojaavan vaikutuksen huomiointia.

Tuulivoimaloiden aiheuttaman varjovälkkeen vaikutusalue ja –määrä mallinnetaan tuulivoimamallinnukseen käytettävällä WindPRO-ohjelmalla, jossa pohjatietona käytettiin paikallisia olosuhteita vastaavia tilastollisia tietoja. Ohjelmalla voidaan laskea sekä tiettyyn pisteeseen kohdistuva varjovälke, että koko tuulivoima-alueen varjovälkkeen muodostuminen.

Laskennat tehdään todellisten olosuhteiden mukaisesti, jolloin otetaan huomioon tuulivoimaloiden korkeus, sijainti ja roottorin halkaisija sekä paikalliset, tilastolliset sääolosuhteet. Puustoa ja muuta kasvillisuutta ei kuitenkaan huomioida, mistä johtuen paikoittain raportoidaan liian korkeat välkearvot. Käyttöaste ja tuulensuunnat lasketaan käyttäen alueella mitattuja mastomittaustietoja.

Välkemallinnukset on suoritettu alalla vakiintuneen käytännön mukaisesti, ottaen huomioon voimalan lapojen keskimääräiset leveydet, joiden avulla lasketaan maksimitarkasteluetäisyys voimaloista (LAI 2002). Maksimitarkasteluetäisyys 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. Maksimivaikutusten arvioimiseksi Tuulikaarron mallinnuksissa on käytetty nykyistä suurempaa voimalamallia, jonka lapojen paksuus on arvioitu nykyisten voimalamallien perusteella.

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

Maastotietokantana käytettiin Maanmittauslaitoksen kahden metrin korkeusmallia ja säähavaintotietoina käytettiin Rovaniemen säähavaintoja. Oulun havaintoasema sijaitsee noin 106 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	Oulun sääaseman havainnot, Ilmatieteen laitos (taulukko 3)
Toiminta-aika	Tuuliatlaksen perusteella (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	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**

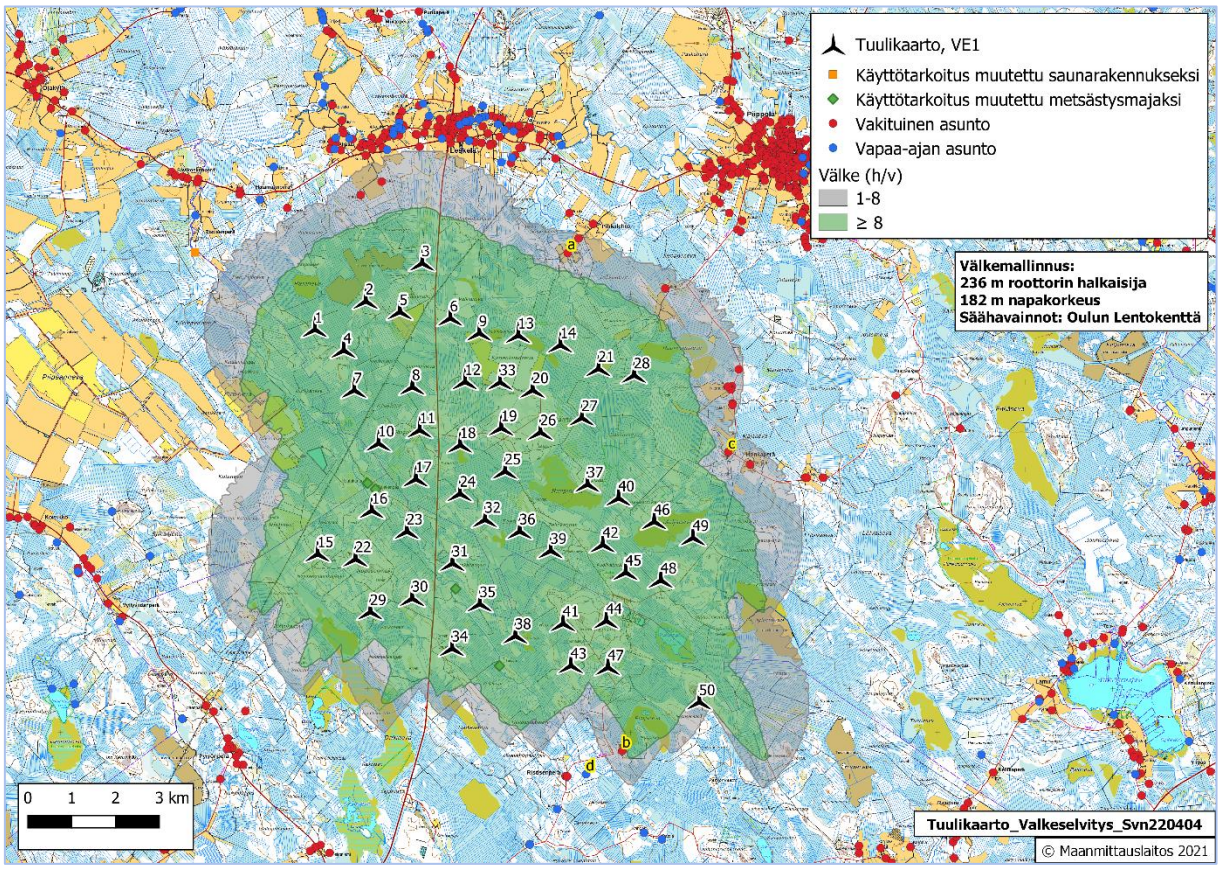
Taulukko 4. Tuulivoimaloiden toiminta-aika

Tuulensuunta	Toiminta-aika (h/v)
Pohjoinen	604
Pohjoiskoillinen	444
Itäkoillinen	392
Itä	399
Itäkaakko	495
Eteläkaakko	846
Etelä	1028
Etelälounas	1039
Länsilounas	944
Länsi	789
Länsiluode	543
Pohjoisluode	539
Summa	**8062**

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.



Kuva 2. Varjovälkkeen muodostuminen Tuulikaarron alueella. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-d) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 5.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylity

yhdessäkään havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositusarvot (30 h/v ja 30 min/p) ylitetään yhdessä havainnointipisteessä.

Tuulikaarron hankealueella sijaitsee neljä rakennusta, joiden käyttötarkoitus on vahvistettu kunnan rakennusvalvonnasta metsästysmajoiksi. Nämä metsästysmajat on merkitty karttoihin vihreillä symboleilla.

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

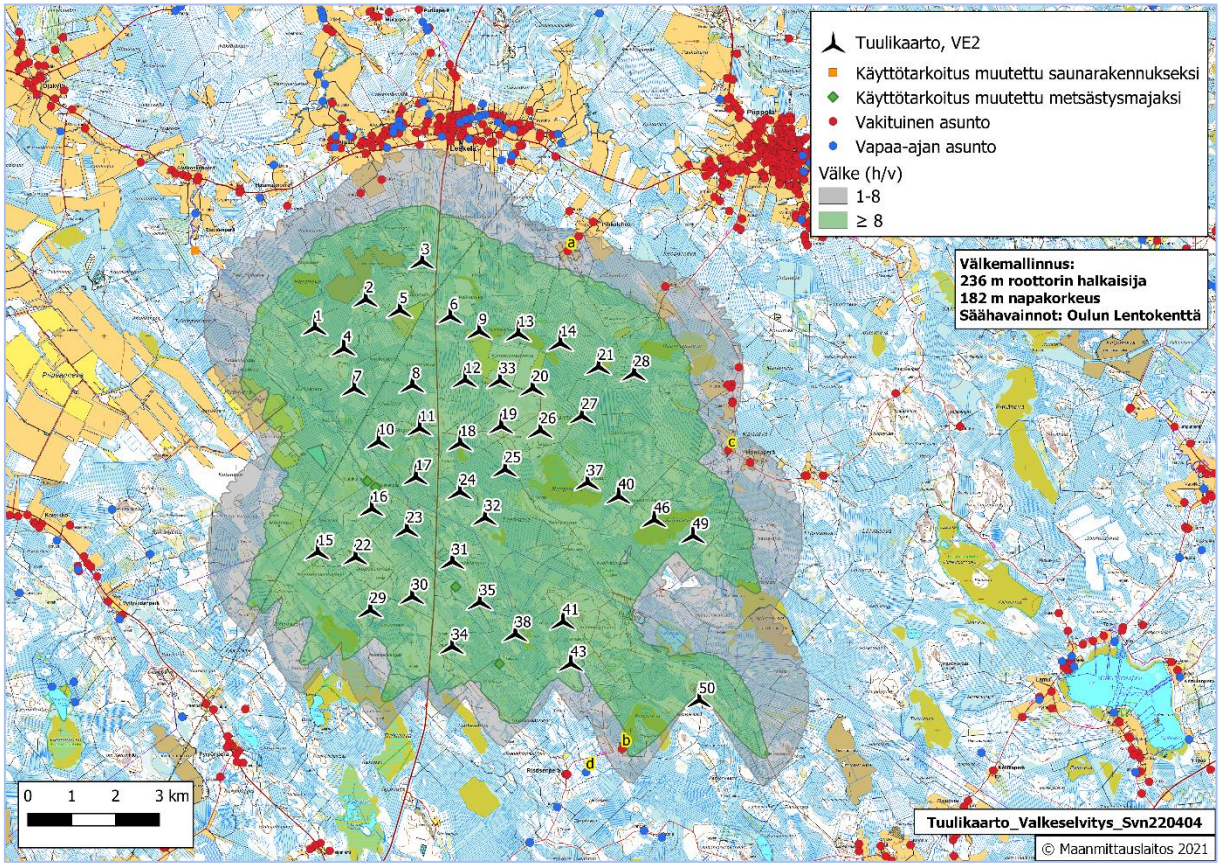
Taulukko 5. Varjovälkelaskennan tulokset, Tuulikaarto VE1

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	Vakituinen asunto	444 569	7 114 941	3:24	36:46	0:46	Osittain
b	Vakituinen asunto	445 814	7 103 581	5:25	20:06	0:28	Ei
c	Vakituinen asunto	448 234	7 110 399	3:10	27:25	0:28	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	444 569	7 114 941	0:00	0:00	0:00	Ei

Suositusarvojen ylitys "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 Tuulikaarron alueella. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-d) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 6.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylity yhdessäkään havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositusarvot (30 h/v ja 30 min/p) ylitetään yhdessä havainnointipisteessä.

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

Taulukko 6. Varjovälkelaskennan tulokset, Tuulikaarto VE2

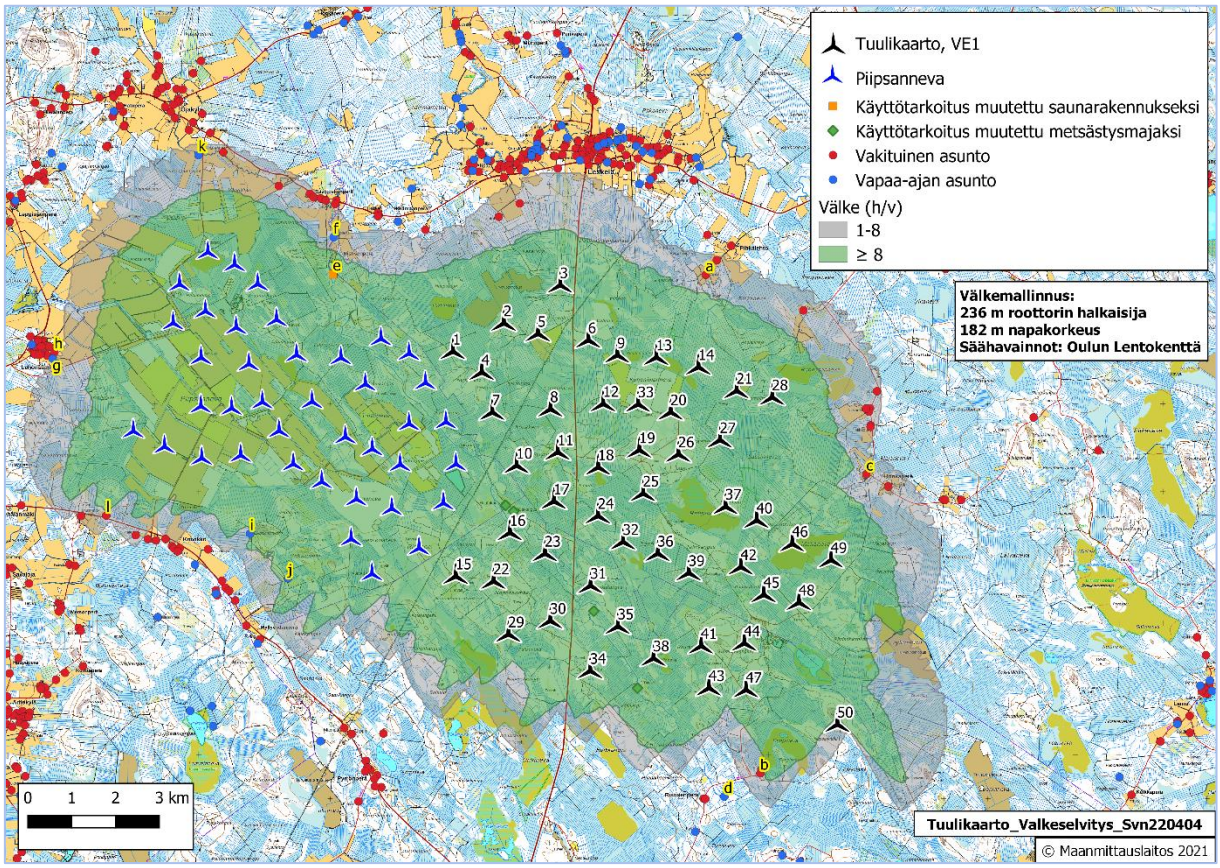
Havainnoinnti piste	Asunnon luokka	Itäinen koord. (ETRS TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS TM35FIN)	Vilkkumisen määrä (todellinen tilanne, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/pv)	Suositus-arvon ylitys
a	Vakituinen asunto	444 569	7 114 941	3:24	36:46	0:46	Osittain
b	Vakituinen asunto	445 814	7 103 581	5:25	20:06	0:28	Ei
c	Vakituinen asunto	448 234	7 110 399	3:10	27:25	0:28	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	444 569	7 114 941	0:00	0:00	0:00	Ei

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

4.3 TUULIKAARRON JA PIIPSANNEVAN YHTEISVAIKUTUKSET

4.3.1 VAIHTOEHDON VE1 VÄLKEVAIKUTUKSET

Seuraavassa kuvassa on esitetty Tuulikaarron ja Piipsannevan yhteisvaikutusten tulokset. Välkemallinnuksessa on käytetty Tuulikaarron 50 voimalan sijoitussuunnitelmaa (VE1). Sekä Tuulikaarron että Piipsannevan mallinnus on toteutettu voimalalla, jonka napakorkeus on 182 metriä ja roottorinhalkaisija 236 metriä.



Kuva 4. Tuulikaarron (VE1) ja Piipsannevan yhteisvaikutukset. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-l) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 12.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy mallinnuksen mukaan alle kahdeksan tuntia vuodessa ja harmaan viivan ulkopuolella välkettä esiintyy alle tunti vuodessa. Laskennan perusteella Tuulikaarron ja Piipsannevan yhteisvaikutukset ovat vähäiset. Yhteisvaikutusten

laskentatuloksista (taulukko 7) on havaittavissa, että varjovälkkeen määrä ei lisäänny yhdessäkään havainnointipisteessä Tuulikaarron alueella.

Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ylitetään kahdessa havainnointipisteessä Piipsannevan alueella (e ja j). Tuulikaarron voimalat eivät vaikuta edellä mainittuihin ylityksiin. Välkelaskennan tulokset on raportoitu 12 havainnointipisteen osalta taulukossa 7.

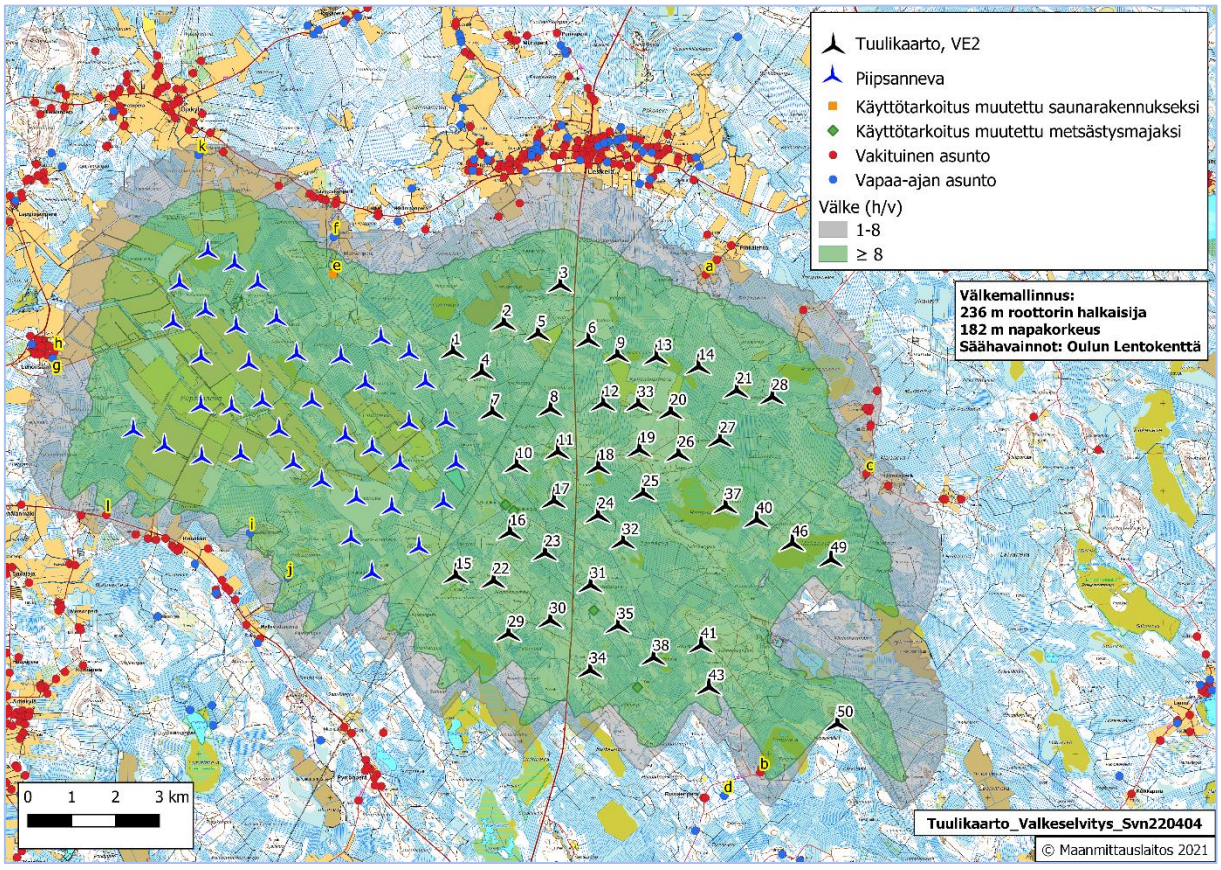
Taulukko 7. Varjovälkelaskennan tulokset, yhteisvaikutukset

Havainnointi piste	Asunnon luokka	Itäinen koord. (ETRS TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS TM35FIN)	Vilkkumisen määrä (todellinen tilanne, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/pv)	Suositus-arvon ylitys
a	Vakituinen asunto	444 569	7 114 941	3.24	36.46	0.46	Osittain
b	Vakituinen asunto	445 814	7 103 581	5.25	20.06	0.28	Ei
c	Vakituinen asunto	448 234	7 110 399	3.10	27.25	0.28	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	444 992	7 103 050	0.00	0.00	0.00	Ei
e	Saunarakennus	436 066	7 114 957	13.52	100.22	0.57	Kyllä
f	Vapaa-ajan asunto	436 081	7 115 798	4.18	29.23	0.28	Ei
g	Vapaa-ajan asunto	429 673	7 113 032	1.02	7.00	0.23	Ei
h	Vakituinen asunto	429 716	7 113 178	0.00	0.00	0.00	Ei
i	Vapaa-ajan asunto	434 177	7 109 044	7.38	30.07	0.29	Osittain
j	Vapaa-ajan asunto	435 040	7 108 024	14.51	57.21	0.35	Kyllä
k	Vapaa-ajan asunto	432 999	7 117 673	1.26	17.51	0.27	Osittain
l	Vakituinen asunto	430 895	7 109 455	4.16	15.29	0.29	Osittain

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

4.3.2 VAIHTOEHDON VE2 VÄLKEVAIKUTUKSET

Seuraavassa kuvassa on esitetty Tuulikaarron ja Piipsannevan yhteisvaikutusten tulokset. Välkemallinnuksessa on käytetty Tuulikaarron 43 voimalan sijoitussuunnitelmaa (VE2). Sekä Tuulikaarron että Piipsannevan mallinnus on toteutettu voimalalla, jonka napakorkeus on 182 metriä ja roottorinhalkaisija 236 metriä.



Kuva 5. Tuulikaarron (VE2) ja Piipsannevan yhteisvaikutukset. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-l) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 8.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy mallinnuksen mukaan alle kahdeksan tuntia vuodessa ja harmaan viivan ulkopuolella välkettä esiintyy alle tunti vuodessa. Laskennan perusteella Tuulikaarron ja Piipsannevan yhteisvaikutukset ovat vähäiset. Yhteisvaikutusten

laskentatuloksista (taulukko 8) on havaittavissa, että varjovälkkeen määrä ei lisäänny yhdessäkään havainnointipisteessä Tuulikaarron alueella.

Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ylitetään kahdessa havainnointipisteessä Piipsannevan alueella (e ja j). Tuulikaarron voimalat eivät vaikuta edellä mainittuihin ylityksiin. Välkelaskennan tulokset on raportoitu 12 havainnointipisteen osalta taulukossa 8.

Taulukko 8. Varjovälkelaskennan tulokset, yhteisvaikutukset

Havainnointi piste	Asunnon luokka	Itäinen koord. (ETRS TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS TM35FIN)	Vilkkumisen määrä (todellinen tilanne, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/pv)	Suositus-arvon ylitys
a	Vakituinen asunto	444 569	7 114 941	3.24	36.46	0.46	Osittain
b	Vakituinen asunto	445 814	7 103 581	5.25	20.06	0.28	Ei
c	Vakituinen asunto	448 234	7 110 399	3.10	27.25	0.28	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	444 992	7 103 050	0.00	0.00	0.00	Ei
e	Saunarakennus	436 066	7 114 957	13.52	100.22	0.57	Kyllä
f	Vapaa-ajan asunto	436 081	7 115 798	4.18	29.23	0.28	Ei
g	Vapaa-ajan asunto	429 673	7 113 032	1.02	7.00	0.23	Ei
h	Vakituinen asunto	429 716	7 113 178	0.00	0.00	0.00	Ei
i	Vapaa-ajan asunto	434 177	7 109 044	7.38	30.07	0.29	Osittain
j	Vapaa-ajan asunto	435 040	7 108 024	14.51	57.21	0.35	Kyllä
k	Vapaa-ajan asunto	432 999	7 117 673	1.26	17.51	0.27	Osittain
l	Vakituinen asunto	430 895	7 109 455	4.16	15.29	0.29	Osittain

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.

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.

4.5 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.

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

LIITE 1: SIJOITUSSUUNNITELMA

Voimaloiden sijainnit on esitetty alla olevissa taulukoissa.

Taulukko 9. Tuulikaarron voimaloiden sijaintitiedot, VE1 (50 voimalaa)

Voimalan ID	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	438799	7113271	182/236/300
2	439959	7113915	182/236/300
3	441245	7114783	182/236/300
4	439456	7112796	182/236/300
5	440737	7113674	182/236/300
6	441887	7113530	182/236/300
7	439695	7111885	182/236/300
8	441022	7111959	182/236/300
9	442548	7113188	182/236/300
10	440250	7110672	182/236/300
11	441188	7110976	182/236/300
12	442224	7112078	182/236/300
13	443437	7113137	182/236/300
14	444397	7112916	182/236/300
15	441101	7109859	182/236/300
16	443049	7111025	182/236/300
17	443766	7111887	182/236/300
18	442106	7109525	182/236/300
19	443136	7110035	182/236/300
20	443941	7110927	182/236/300
21	444888	7111253	182/236/300
22	445268	7112376	182/236/300
23	442678	7108933	182/236/300
24	443022	7112069	182/236/300
25	443469	7108667	182/236/300
26	445016	7109738	182/236/300
27	446080	7112226	182/236/300
28	445726	7109423	182/236/300
29	445366	7108359	182/236/300
30	445887	7107727	182/236/300
31	446538	7108887	182/236/300
32	446690	7107549	182/236/300
33	447422	7108519	182/236/300
34	440097	7109140	182/236/300

35	440897	7108664	182/236/300
36	438862	7108147	182/236/300
37	439724	7108033	182/236/300
38	440064	7106827	182/236/300
39	441017	7107134	182/236/300
40	442112	7110634	182/236/300
41	441936	7107935	182/236/300
42	444177	7108225	182/236/300
43	441928	7105994	182/236/300
44	442560	7107007	182/236/300
45	443371	7106279	182/236/300
46	444459	7106559	182/236/300
47	445444	7106622	182/236/300
48	444637	7105602	182/236/300
49	445483	7105561	182/236/300
50	447567	7104772	182/236/300

Taulukko 10. Tuulikaarron voimaloiden sijaintitiedot, VE2 (43 voimalaa)

Voimalan ID	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	438799	7113271	182/236/300
2	439959	7113915	182/236/300
3	441245	7114783	182/236/300
4	439456	7112796	182/236/300
5	440737	7113674	182/236/300
6	441887	7113530	182/236/300
7	439695	7111885	182/236/300
8	441022	7111959	182/236/300
9	442548	7113188	182/236/300
10	440250	7110672	182/236/300
11	441188	7110976	182/236/300
14	442224	7112078	182/236/300
15	443437	7113137	182/236/300
16	444397	7112916	182/236/300
17	438862	7108147	182/236/300
19	440097	7109140	182/236/300
20	441101	7109859	182/236/300
22	442112	7110634	182/236/300
23	443049	7111025	182/236/300
24	443766	7111887	182/236/300

25	445268	7112376	182/236/300
26	439724	7108033	182/236/300
27	440897	7108664	182/236/300
28	442106	7109525	182/236/300
29	443136	7110035	182/236/300
30	443941	7110927	182/236/300
31	444888	7111253	182/236/300
32	446080	7112226	182/236/300
33	440064	7106827	182/236/300
34	441017	7107134	182/236/300
35	441936	7107935	182/236/300
36	442678	7108933	182/236/300
37	443022	7112069	182/236/300
38	441928	7105994	182/236/300
39	442560	7107007	182/236/300
40	445016	7109738	182/236/300
41	443371	7106279	182/236/300
42	445726	7109423	182/236/300
43	444459	7106559	182/236/300

Taulukko 11. Piipsannevan voimaloiden sijaintitiedot

Voimalan ID	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
2	432435	7113815	182/236/300
4	433072	7113024	182/236/300
5	433227	7115428	182/236/300
7	434163	7112880	182/236/300
8	434851	7111359	182/236/300
10	432581	7114698	182/236/300
11	436614	7109804	182/236/300
12	433837	7115146	182/236/300
13	433171	7114086	182/236/300
14	434363	7114703	182/236/300
15	434793	7113891	182/236/300
16	435250	7113088	182/236/300
17	433976	7110800	182/236/300
18	437175	7113456	182/236/300
19	437815	7113121	182/236/300
20	438657	7111560	182/236/300
21	436262	7113022	182/236/300

22	433769	7111872	182/236/300
23	438190	7112453	182/236/300
24	437612	7110589	182/236/300
25	436971	7108098	182/236/300
26	435825	7110197	182/236/300
27	436495	7108892	182/236/300
28	431527	7111352	182/236/300
29	438600	7109711	182/236/300
30	438885	7110599	182/236/300
31	434470	7112014	182/236/300
32	435176	7110603	182/236/300
33	433068	7111919	182/236/300
34	436363	7111219	182/236/300
35	436976	7110945	182/236/300
36	435602	7112023	182/236/300
37	437423	7109587	182/236/300
38	437816	7111519	182/236/300
39	436819	7112422	182/236/300
40	433872	7113713	182/236/300
41	433087	7110735	182/236/300
42	432239	7110998	182/236/300
43	438044	7108685	182/236/300