



ETHA WIND



VÄLKESELVITYS

Tevaniemen Tuulipuisto, 16.02.2023

SISÄLLYSLUETTELO

1	YHTEENVETO	2
2	TAUSTA.....	3
3	VARJOVÄLKKEEN MUODOSTUMINEN	3
3.1	Ohje- ja raja-arvot.....	4
3.2	Varjovälkkeen lähtötiedot ja menetelmät	5
4	VÄLKEVAIKUTUKSET	8
4.1	Tevaniemen välkevaikutukset	8
4.2	Välkevaikutukset puuston suojaava vaikutus huomioiden	10
4.3	Arvioinnin epävarmuustekijät.....	12
4.4	Haittojen ehkäiseminen ja seuranta	12
4.5	Välkevaikutuksen hallintasuunnitelma	12
5	LÄHTEET	15
	Liite 1: Sijoitussuunnitelma	16

VERSIOHISTORIA

Versio, Päivämäärä	Tekijä,	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
Ver 1	Arina Makarova 2022-01-11	Christian Granlund 2022-01-11	Christian Granlund 2022-01-11	Tevaniemen tuulivoimapuiston välkeselvitys (VE1/VE2).
Ver 2	Arina Makarova 2023-02-16	Christian Granlund 2023-02-16	Christian Granlund 2023-02-16	Tevaniemen tuulivoimapuiston välkeselvitys (9 voimalaa).

1 YHTEENVETO

Tehtävä:

Välkeselvitys Tevaniemen tuulivoimapuiston vaikutusalueella.

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 annetut maksimisuositukset kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ylitetään kahdessa havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen mallinnuksessa suosituksia (30 h/v ja 30 min/p) ylitetään usean lähellä sijaitsevan asunnon kohdalla.

Suosituksen ylityksiä on vähemmän, kun puuston suojaava vaikutus huomioidaan. Tällöin Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitetä yhdessäkään Tevaniemen tuulivoimapuiston havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen vuotuinen suositusarvo 30 h/v ylitetään yhdessä havainnointipisteessä.

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

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

Vertailuarvo	Vertailuarvon ylityksiä, mallinnus ilman puustoa
> 10 h/v, todellinen tilanne	0
> 8 h/v, todellinen tilanne	2
> 30 h/v, teoreettinen maksimi	8
> 30 min/pv, teoreettinen maksimi	5

2 TAUSTA

Tämä välkeselvitys on tehty Tevaniemen tuulivoimapuistolle Ikaalisten kunnan alueella. Suunniteltu tuulivoimapuisto on kokonaisuudessaan 9 voimalan laajuinen. Välkeselvitys on osa hankkeen vaikutusten arviointia kaavoitusmenettelyssä. Välkemallinnus on tehty voimalalla, jonka napakorkeus on 190 metriä ja roottorin halkaisija 180 metriä, jolloin voimalan kokonaiskorkeus on 280 metriä.

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.

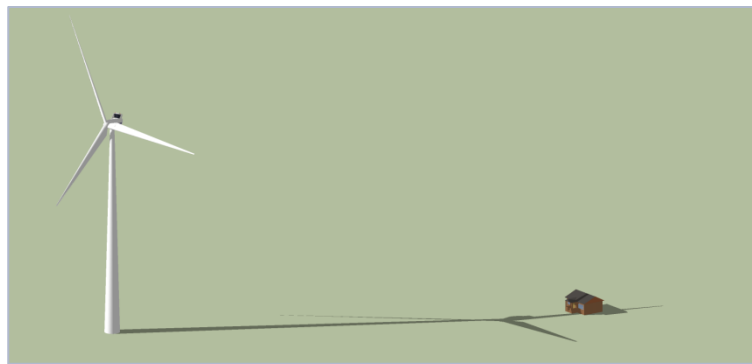
3 VARJOVÄLKKEEN MUODOSTUMINEN

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 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 mallinetaan 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 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 havainnointipisteeseen muodostu häiritsevän voimakkaita liikkuvia varjoja. Maksimivaikutusten

arvioimiseksi Tevaniemen mallinuksissa on käytetty nykyistä suurempaa voimalamallia, jonka lapojen paksuus on arvioitu nykyisten voimalamallien perusteella.

Välkemallinuksessa 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 120 kilometrin päässä suunnitellusta tuulivoimapuistoalueesta. Laskelmissa oletetaan, että tuulivoimaloiden roottorit pyörivät vain tuulennopeuden ollessa sopiva. Varjovälkettä tarkasteltiin 2 metrin korkeudelta eli suunnilleen ihmisen havainnointikorkeudelta. Mallinuksessa käytetyt auringonpaisteajat sekä tuulivoimaloiden toiminta-aika on esitetty alla olevissa taulukoissa.

Taulukko 2. Mallinuksessa 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)
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	0,97
Helmikuu	2,54
Maaliskuu	4,68
Huhtikuu	6,30
Toukokuu	8,61
Kesäkuu	9,20
Heinäkuu	8,65
Elokuu	6,68
Syyskuu	4,67
Lokakuu	2,58
Marraskuu	1,03
Joulukuu	0,55
Keskiarvo	4,71

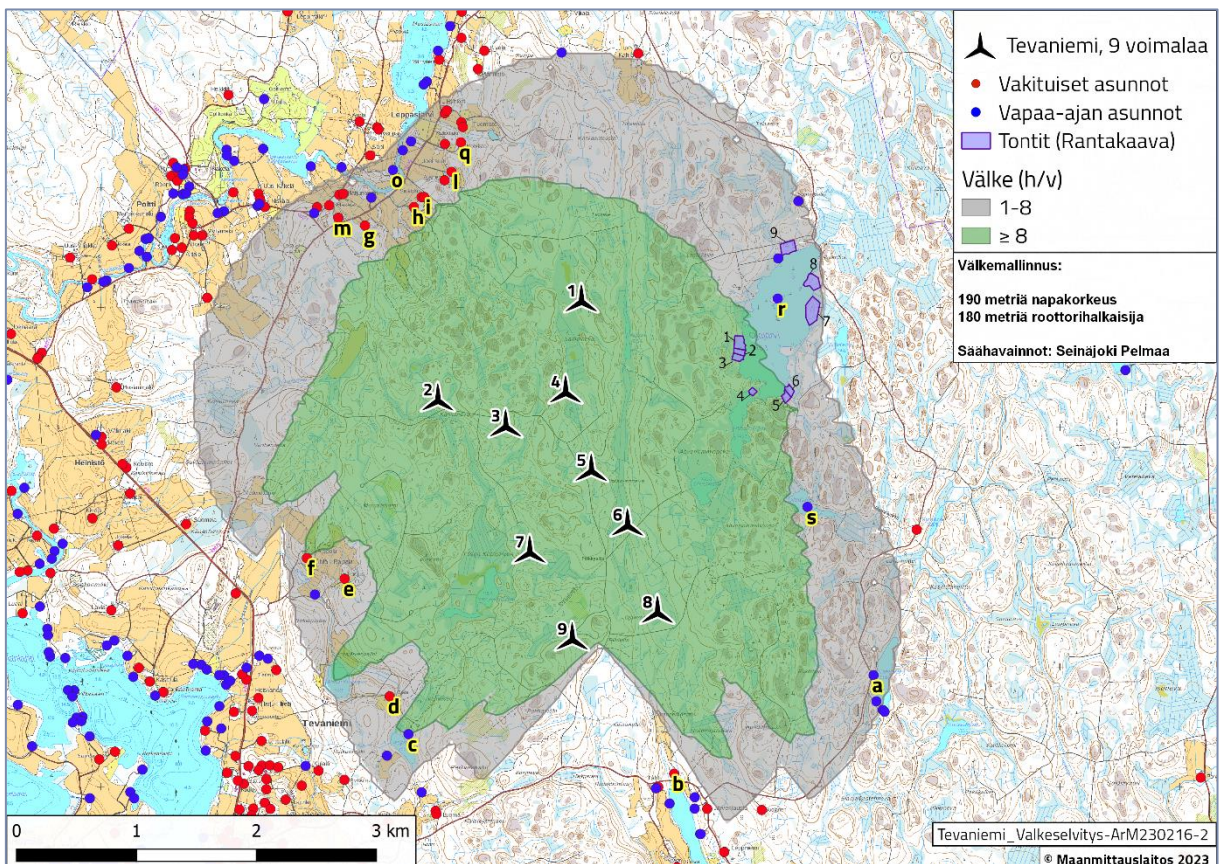
Taulukko 4. Tuulivoimaloiden toiminta-aika

Tuulensuunta	Toiminta-aika (h/v)
Pohjoinen	610
Pohjoiskoillinen	478
Itäkoillinen	399
Itä	447
Itäkaakko	542
Eteläkaakko	729
Etelä	883
Etelälounas	1089
Länsilounas	902
Länsi	714
Länsiluode	640
Pohjoisluode	588
Summa	8021

4 VÄLKEVAIKUTUKSET

4.1 TEVANIEMEN VÄLKEVAIKUTUKSET

Välkemallinnuksen tuloksia kuvataan visuaalisesti kartoilla, ja lisäksi tuloksia on kuvattu yksityiskohtaisesti sanallisesti. Kartoilla tulokset on esitetty soveltaen todellisen tilanteen vertailuarvoa 8 h/v. Tässä mallinnuksessa puuston suojaavaa vaikutusta ei ole huomioitu.



Kuva 2. Varjovälkkeen muodostuminen Tevaniemen alueella. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-t) 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 kahdessa havainnointipisteessä, joissa laskettu välkemäärä on 8:00 ja 8:06 h/v. Teoreettisen maksimitilanteen vuotuinen 30 h/v ylitetään kahdeksassa havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 minuuttia päivässä ylitetään viidessä havainnointipisteessä.

Välkelaskennan tulokset on raportoitu yhdeksän havainnointipisteen osalta taulukossa 5.

Rantakaavassa vapaa-ajan asunnoille osoitetuilla rakentamattomilla tonteilla (Rantakaavalla muodostetut tontit) vilkkumisen määrä todellisessa tilanteessa on 2–14 h/v. Kahdeksan tunnin vuotuinen varjovälke ylittyy viidellä rantakaavan rakentamattomalla tontilla (tontit 1-5).

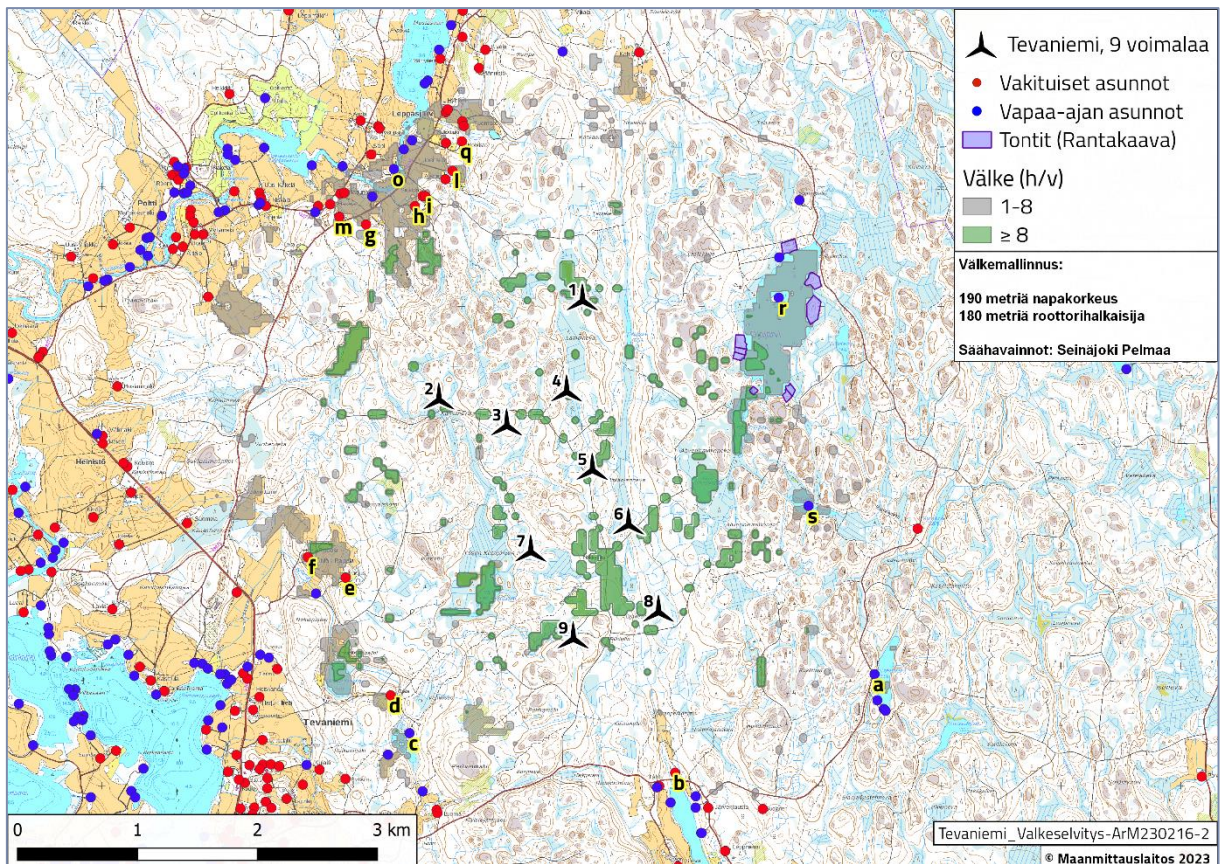
Taulukko 5. Varjovälkelaskennan tulokset, Tevaniemi

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	297445	6864932	2:08	9:15	0:23	Ei
b	Vakituinen asunto	295781	6864110	0:00	0:00	0:00	Ei
c	Vapaa-ajan asunto	293566	6864440	8:00	29:17	0:29	Kyllä
d	Vakituinen asunto	293409	6864755	4:30	17:20	0:28	Ei
e	Vakituinen asunto	293034	6865737	4:56	22:05	0:28	Ei
f	Vakituinen asunto	292720	6865909	8:06	31:21	0:23	Kyllä
g	Vakituinen asunto	293204	6868683	4:49	35:50	0:49	Osittain
h	Vakituinen asunto	293612	6868837	6:57	58:42	0:50	Osittain
i	Vakituinen asunto	293697	6868921	6:58	62:17	0:49	Osittain
j	Vakituinen asunto	293675	6868920	6:49	60:36	0:49	Osittain
k	Vakituinen asunto	293867	6869061	5:30	49:47	0:33	Osittain
l	Vakituinen asunto	293926	6869130	4:11	38:03	0:29	Osittain
m	Vakituinen asunto	292982	6868747	1:37	14:17	0:26	Ei
n	Vapaa-ajan asunto	293257	6868916	3:05	24:23	0:26	Ei
o	Vapaa-ajan asunto	293437	6869146	3:01	26:42	0:24	Ei
p	Vakituinen asunto	293871	6869363	1:44	11:46	0:26	Ei
q	Vakituinen asunto	294004	6869377	1:53	13:15	0:27	Ei
r	Vapaa-ajan asunto	296645	6868073	3:48	19:06	0:26	Ei
s	Vapaa-ajan asunto	296893	6866336	6:59	36:01	0:28	Osittain
t	Vakituinen asunto	292752	6865861	7:36	29:36	0:24	Ei

Suositusarvojen ylitys "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 Tevaniemen alueella puuston suojaava vaikutus huomioiden. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-t) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 6.

Kasvillisuuden suojaava vaikutus huomioitaessa välke aika on pienempi useassa havainnointipisteessä. Viiteentoista havainnointipisteeseen välkettä ei kohdistu lainkaan. Kahdeksan tunnin vuotuisen varjovälkkeen määrä ei ylitä. Teoreettisen maksimitilanteen vuotuinen 30 h/v ylitetään yhdessä havainnointipisteessä. Tevaniemen väkelaskennan tulokset, kun kasvillisuus on otettu huomioon, on raportoitu taulukossa 6.

Taulukko 6. Varjovälkelaskennan tulokset, puuston vaikutus huomioiden, Tevaniemi

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	297445	6864932	0:00	0:00	0:00	Ei
b	Vakituinen asunto	295781	6864110	0:00	0:00	0:00	Ei
c	Vapaa-ajan asunto	293566	6864440	0:00	0:00	0:00	Ei
d	Vakituinen asunto	293409	6864755	0:00	0:00	0:00	Ei
e	Vakituinen asunto	293034	6865737	3:19	14:24	0:28	Ei
f	Vakituinen asunto	292720	6865909	6:03	22:13	0:23	Ei
g	Vakituinen asunto	293204	6868683	0:00	0:00	0:00	Ei
h	Vakituinen asunto	293612	6868837	0:00	0:00	0:00	Ei
i	Vakituinen asunto	293697	6868921	0:00	0:00	0:00	Ei
j	Vakituinen asunto	293675	6868920	0:00	0:00	0:00	Ei
k	Vakituinen asunto	293867	6869061	0:00	0:00	0:00	Ei
l	Vakituinen asunto	293926	6869130	4:11	38:03	0:29	Osittain
m	Vakituinen asunto	292982	6868747	0:00	0:00	0:00	Ei
n	Vapaa-ajan asunto	293257	6868916	3:05	24:23	0:26	Ei
o	Vapaa-ajan asunto	293437	6869146	0:00	0:00	0:00	Ei
p	Vakituinen asunto	293871	6869363	0:00	0:00	0:00	Ei
q	Vakituinen asunto	294004	6869377	0:00	0:00	0:00	Ei
r	Vapaa-ajan asunto	296645	6868073	0:00	0:00	0:00	Ei
s	Vapaa-ajan asunto	296893	6866336	0:00	0:00	0:00	Ei
t	Vakituinen asunto	292752	6865861	7:36	29:36	0:24	Ei

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

Välkeylyksiä ei kohdistu rantakaavan rakentamattomille rantatonteille (Ojajärvi).

4.3 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.

Ensimmäisessä välkemallinnuksessa (kappale 4.1) ei ole 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.

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).

4.5 VÄLKEVAIKUTUKSEN HALLINTASUUNNITELMA

Tevaniemen varjovälkemallinnuksien mukaan vertailuarvoja ylitetään muutamana lähellä sijaitsevan asunnon ja rantakaavan tontin kohdalla (Kuva 2). Välkevaikutuksen hallintajärjestelmän käyttöönotolla voidaan varmistaa, että välke pysyy alle suositusarvojen 8 h/v (todellinen tilanne), 30 h/y (teoreettinen tilanne) ja 30 min/pv (teoreettinen tilanne).

Välkkeenhallintastrategia määriteltiin siten, että suositusarvot alitetaan. Välkkeenhallintajärjestelmän mallinnus on tehty pääasiallisesti sillä varustettavien voimaloiden selvittämiseen. Välkkeenhallintajärjestelmää on käytetty mallinnuksessa kaikkiin voimaloihin. Mallinnus tehtiin ilman puuston suojaava vaikutusta, jolla varmistettiin, että hallintajärjestelmän vaikutus on riittävä myös siinä tapauksessa, että metsä hakataan.

Järjestelmän käyttöä voidaan myöhemmin optimoida siten, että todellinen välkkeen määrä alittaa kohtalaisesti suositusarvot 8 h/v (todellinen tilanne), 30 h/v (teoreettinen tilanne) ja 30 min/pv (teoreettinen tilanne). Alla esitetyt tulokset ovat siten alustavia ja lopullinen välkkeen määrä optimoidulla järjestelmällä voi olla hieman esitettyä korkeampaa, kunhan se ei ylitä suositusarvoja. Optimoinnilla varmistetaan, että välkkeenhallintajärjestelmän aiheuttamat tuotantohäviöt ovat mahdollisimman pienet.

Taulukko 7. Tulokset varjovälkemallinnuksesta, jossa käytössä oli välkkeenhallintajärjestelmä, Tevaniemi

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	297445	6864932	2:08	9:15	0:23	Ei
b	Vakituinen asunto	295781	6864110	0:00	0:00	0:00	Ei
c	Vapaa-ajan asunto	293566	6864440	0:00	0:00	0:00	Ei
d	Vakituinen asunto	293409	6864755	4:30	17:20	0:28	Ei
e	Vakituinen asunto	293034	6865737	4:56	22:05	0:28	Ei
f	Vakituinen asunto	292720	6865909	6:03	22:13	0:23	Ei
g	Vakituinen asunto	293204	6868683	3:37	26:05	0:29	Ei
h	Vakituinen asunto	293612	6868837	3:36	27:03	0:27	Ei
i	Vakituinen asunto	293697	6868921	3:08	22:10	0:27	Ei
j	Vakituinen asunto	293675	6868920	3:15	23:50	0:27	Ei
k	Vakituinen asunto	293867	6869061	2:32	18:59	0:22	Ei
l	Vakituinen asunto	293926	6869130	0:37	8:06	0:09	Ei
m	Vakituinen asunto	292982	6868747	1:37	14:17	0:26	Ei
n	Vapaa-ajan asunto	293257	6868916	3:05	24:23	0:26	Ei
o	Vapaa-ajan asunto	293437	6869146	3:01	26:42	0:24	Ei

p	Vakituinen asunto	293871	6869363	1:17	8:51	0:23	Ei
q	Vakituinen asunto	294004	6869377	1:53	13:15	0:27	Ei
r	Vapaa-ajan asunto	296645	6868073	3:48	19:06	0:26	Ei
s	Vapaa-ajan asunto	296893	6866336	4:56	27:00	0:28	Ei
t	Vakituinen asunto	292752	6865861	6:11	23:21	0:23	Ei

Taulukko 8. Tulokset varjovälkemallinnuksesta, jossa käytössä oli välkkeenhallintajärjestelmä, Rantakaavan tontit (Ojajärvi).

Tontti	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
1	296335	6867690	1:19	10:36	0:19	Ei
2	296339	6867624	3:20	15:30	0:21	Ei
3	296320	6867582	6:08	28:23	0:27	Ei
4	296433	6867297	4:14	16:55	0:27	Ei
5	296710	6867255	3:59	23:23	0:26	Ei
6	296750	6867299	3:50	22:05	0:25	Ei
7	296930	6867960	1:40	7:44	0:22	Ei
8	296935	6868219	1:35	7:35	0:22	Ei
9	296736	6868488	1:48	9:10	0:24	Ei

5 LÄHTEET

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.

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 9. Tevaniemen voimaloiden sijaintitiedot, 9 voimalaa

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	295007	6868082	190/180/280
2	293810	6867256	190/180/280
3	294375	6867039	190/180/280
4	294875	6867322	190/180/280
5	295089	6866669	190/180/280
6	295391	6866213	190/180/280
7	294576	6865987	190/180/280
8	295641	6865485	190/180/280
9	294930	6865262	190/180/280