



VÄLKESELVITYS

Kiiskinevan Tuulivoimapuisto

27.05.2025

SISÄLLYSLUETTELO

1	YHTEENVETO	2
2	TAUSTA	4
3	VARJOVÄLKKEEN MUODOSTUMINEN	5
3.1	Ohje- ja raja-arvot.....	6
3.2	Varjovälkkeen lähtötiedot ja menetelmät.....	6
4	VÄLKEVAIKUTUKSET	9
4.1	Kiiskineva välkevaikutukset	9
4.2	Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät.....	11
4.3	Haittojen ehkäiseminen ja seuranta	11
5	LÄHTEET	12
	Liite 1: Sijoitussuunnitelmat	13

VERSIOHISTORIA

Versio	Tekijä, Päivämäärä	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
Ver 3	Afonso Lugo, 2024-01-30	Christian Granlund 2024-01-30	Christian Granlund 2024-01-30	Kiiskinevan tuulivoimapuiston välkeselvitys.
Ver 4	Ilona Rämä 2025-05-27	Elina Sippola, 2025-05-28	Elina Sippola, 2025-05-28	Kiiskinevan tuulivoimapuiston välkeselvitys, 11 voimalan sijoittelusuunnitelma.

1 YHTEENVETO

Tehtävä:

Välkeselvitys Kiiskinevan tuulivoimapuiston vaikutusalueella.

Työmenetelmät:

Välkeselvitykseen on kerätty ajantasaista tietoa tuulivoimaloiden varjon välkkeen ominaispiirteistä, välkkeen ohjearvoista, paikallisista olosuhteista sekä mallinnusmenetelmistä. Pääasiallisena laskentatyökaluna on käytetty WindPRO Ver4.1 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 annettu maksimisuositus kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ylitetään kahdessa Kiiskinevan tuulivoimapuiston havainnointipisteessä. Teoreettiset maksimisuositukset ylitetään muutamassa havainnointipisteessä (taulukko 1).

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

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

Vertailuarvo	Vertailuarvon ylityksiä
> 10 h/v, todellinen tilanne	1
> 8 h/v, todellinen tilanne	2
> 30 h/v, teoreettinen maksimi	2
> 30 min/pv, teoreettinen maksimi	6

2 TAUSTA

Tämä välkeselvitys on tehty Kiiskinevan tuulivoimapuistolle Reisjärven kunnan alueella. Suunniteltu hanke koostuu 11 voimalasta, jonka roottorihalkaisija on 210 m ja napakorkeus 215 m. Kokonaiskorkeus on 320 m.

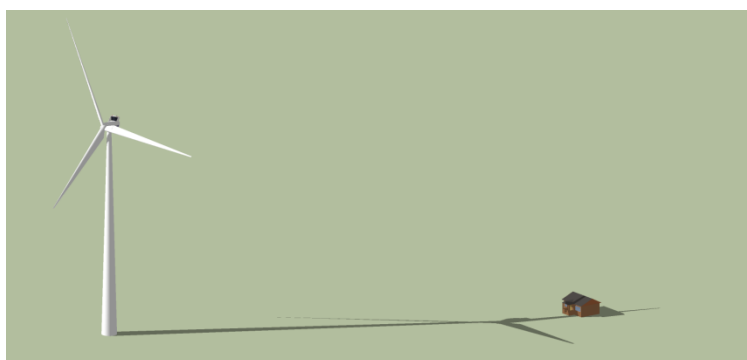
Välkeselvitys on tehty WindPRO 4.1 ohjelmiston SHADOW-moduulia käyttäen. Ympäristöhallinnon ohjeen OH 5/2016 mukaan Suomessa vaikutuksia arvioitaessa on suositeltavaa käyttää apuna muiden maiden ohjearvoja. Tuloksia on verrattu Saksan, Ruotsin ja Tanskan suositusarvoihin (LAI, 2002; Boverket, 2009; Miljøministeriet, 2015). Etha Oy on tarkistanut lähtötietojen oikeellisuuden ja vastaa siitä, että laskenta on oikein suoritettu.

3 VARJOVÄLKKEEN MUODOSTUMINEN

Tuulivoimaloiden roottorin pyörimisestä aiheutuu säännöllisesti välkkyvää varjovaikutusta, kun voimala pyörii tarkastelupisteen ja auringon välissä. Välkkeen määrä riippuu sääolosuhteista siten, että esimerkiksi pilvisellä säällä välkettä ei esiinny. Kesällä välkevaikutukset ovat laajimmillaan aamuisin ja iltaisin, kun aurinko on matalalla. Talvisin välkettä voidaan havaita laajemmalla alueella myös päivällä. Etäisyyden kasvaessa tuulivoimalan ja tarkastelupisteen välissä, välkkeen vaikutus pienenee. Kun tuulivoimala ei pyöri, välkettä ei esiinny. Välkevaikutus riippuu myös tuulen suunnasta eli roottorin kulmasta havainnointipisteeseen nähden.

Havaintopaikkaan kohdistuva varjovälke ei ole jatkuvaa, vaan välkkeen ajankohta ja kesto aika vaihtelevat vuorokauden ja vuodenajan mukaan. Yhtäjaksoista välkettä esiintyy yleensä 0-30 minuuttia päivässä riippuen havainnointipaikan suhteesta väkelähteeseen.

Ihmiset kokevat välkevaikutukset, kuten muutkin vaikutukset, hyvin eri tavoin. Suositusarvot ylittävä määrä varjovälkettä asuinalueella voi vaikuttaa asukkaiden viihtyvyyteen. Se havaitaanko varjovälkettä asuinalueella, loma-asunnolla tai työmaa-alueella, vaikuttaa ilmiön häiritsevyyteen. Myös eri hankkeiden varjovälkkeen kumuloituminen voi vaikuttaa lähialueen asuinvihtyvyyteen sekä virkistyskäyttöön.



Kuva 1. Varjovälkettä muodostuu, kun tuulivoimala pyörii tarkastelupisteen ja auringon välissä, aurinkoisella ja pilvettömällä säällä.

3.1 OHJE- JA RAJA-ARVOT

Suomen lainsäädännössä ei ole määritelty välkevaikutukselle raja-arvoja tai suosituksia. Ympäristöhallinnon ohjeen OH 5/2016 mukaan Suomessa vaikutuksia arvioitaessa on suositeltavaa käyttää apuna muiden maiden ohjearvoja. Saksassa ja Ruotsissa on tuulivoimapuistojen viereiselle asutukselle annettu suositusarvo maksimissaan kahdeksan tuntia välkettä vuodessa (nk. "real case" eli todellinen tilanne, jossa huomioidaan auringonpaisteajat ja tuuliolosuhteet). Lisäksi Saksassa ja Ruotsissa on annettu suositusarvo 30 minuuttia päivässä sekä 30 tuntia vuodessa niin kutsutussa "worst-case" -eli teoreettisessa maksimitilanteessa. Tanskassa sovelletaan yleensä kymmenen tunnin vuotuisen välkkeen raja-arvoa todellisessa tilanteessa.

Teoreettinen maksimitilanne tarkoittaa tilannetta, jossa kaikkien voimaloiden oletetaan olevan toiminnassa keskeytyksettä, ja taivaan oletetaan aina olevan pilvetön. Aurinkoisina ajanjaksoina teoreettisen maksimitilanne voi toteutua päivätasolla, mutta käytännössä ei vuositasolla. Tämän raportin välkemallinnustuloksia on verrattu edellä mainittuihin suositusarvoihin.

3.2 VARJOVÄLKKEEN LÄHTÖTIEDOT JA MENETELMÄT

Välkkeen muodostumiseen vaikuttavat oleellisesti sääolosuhteiden lisäksi voimaloiden käyttöaika, korkeus ja roottorin halkaisija. Myös kasvillisuus ja puusto vaikuttavat oleellisesti välkevaikutuksen muodostumiseen, mutta niitä ei ole laskennassa otettu huomioon eli todellisuudessa välkettä on paikoittain vähemmän kuin mallinnuksessa.

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 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 häiritsevään voimakkaita liikkuvia varjoja.

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

Maastotietokantana käytettiin Maanmittauslaitoksen kymmenen 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
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	WTG 210 lapaparametrit käytössä
Puuston vaikutus	Ei huomioitu
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

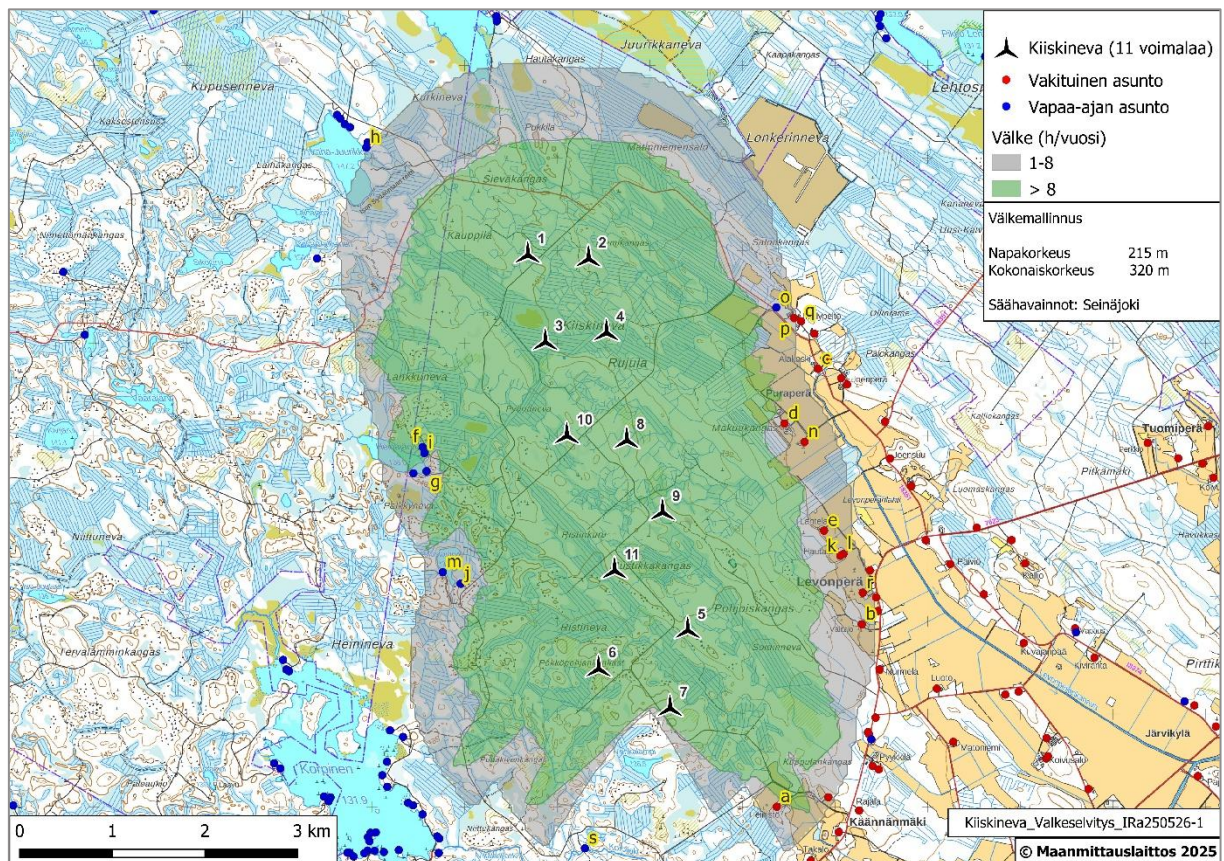
Tuulensuunta	Toiminta-aika (h/v)
Pohjoinen	526
Pohjoiskoillinen	371
Itäkoillinen	208
Itä	354
Itäkaakko	343
Eteläkaakko	671
Etelä	1022
Etelälounas	1048
Länsilounas	1102
Länsi	984
Länsiluode	627
Pohjoisluode	679
Summa	7935

4 VÄLKEVAIKUTUKSET

4.1 KIISKINEVA 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.

Alla olevassa kartassa on kuvattuna Kiiskinevan 11 voimalan välkevaikutukset. Kiiskineva välkemallinnus on tehty WTG 210-voimalalla, jonka napakorkeus on 215 metriä ja roottorin halkaisija 210 metriä, jolloin kokonaiskorkeus on 320 metriä.



Kuva 2. Varjovälkkeen muodostuminen Kiiskinevan alueella (11 voimalaa). Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-s) ja niiden välketasot on esitetty Taulukko 5.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ylitetään kahdessa pisteessä (vapaa-ajan asunto f ja i). Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 h/v

ylitetään kahdessa havainnointipisteessä (vapaa-ajan asunto f ja i). Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 min/pv ylitetään kuudessa havainnointipisteessä.

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

Taulukko 5. Varjovälkelaskennan tulokset.

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	402371	7062999	6:04	23:59	0:32	Osittain
b	Vakituinen asunto	403290	7064968	2:27	11:26	0:26	Ei
c	Vakituinen asunto	402816	7067727	0:00	0:00	0:00	Ei
d	Vakituinen asunto	402455	7067135	5:38	29:20	0:31	Osittain
e	Vakituinen asunto	402882	7065980	5:20	26:52	0:28	Ei
f	Vapaa-ajan asunto	398549	7066882	10:25	42:46	0:32	Kyllä
g	Vapaa-ajan asunto	398591	7066622	6:46	28:32	0:32	Osittain
h	Vapaa-ajan asunto	397942	7070117	0:00	0:00	0:00	Ei
i	Vapaa-ajan asunto	398568	7066817	9:13	38:12	0:32	Kyllä
j	Vapaa-ajan asunto	398959	7065407	6:03	29:26	0:30	Osittain
k	Vakituinen asunto	403056	7065702	4:57	23:56	0:27	Ei
l	Vakituinen asunto	403090	7065728	4:43	22:50	0:27	Ei
m	Vapaa-ajan asunto	398767	7065530	5:42	27:05	0:26	Ei
n	Vakituinen asunto	402670	7066936	5:03	24:49	0:29	Ei
o	Vapaa-ajan asunto	402366	7068389	2:25	11:34	0:27	Ei
p	Vapaa-ajan asunto	402558	7068274	2:03	9:41	0:24	Ei
q	Vapaa-ajan asunto	402634	7068240	0:00	0:00	0:00	Ei
r	Vapaa-ajan asunto	403300	7065309	2:09	10:28	0:26	Ei
s	Vapaa-ajan asunto	400301	7062551	0:00	0:00	0:00	Ei

4.2 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. Avomilla alueilla sijaitseville rakennuksille välkemäärät ovat tässä mallinnuksessa samanlaiset, kuin mallinnettaessa kasvillisuuden kanssa. Rakennuksissa, jotka sijaitsevat lähellä metsäalueita, kokevat todellisuudessa vähemmän välkettä kuin raportoidussa mallinnuksessa, koska metsä rajoittaa välkkeen syntymistä.

4.3 HAITTOJEN EHKÄISEMINEN JA SEURANTA

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

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

5 LÄHTEET

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

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

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

Boverket (2009). *Vindkraftshandboken – planering och prövning av vindkraft på land och i kustnära vattenområden*.

Etha Wind Oy (2022). *02_Flicker_Checklist_ArM220711-1*. Internal work description.

LIITE 1: SJOITUSSUUNNITELMAT

Voimaloiden sijainnit on esitetty alla olevissa taulukoissa.

Taulukko 6. Kiiskinevan voimaloiden sijaintitiedot, 11 voimalaa.

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	399683	7068990	215 / 210 / 320
2	400339	7068949	215 / 210 / 320
3	399871	7068050	215 / 210 / 320
4	400532	7068151	215 / 210 / 320
5	401408	7064939	215 / 210 / 320
6	400447	7064523	215 / 210 / 320
7	401218	7064097	215 / 210 / 320
8	400751	7066989	215 / 210 / 320
9	401137	7066213	215 / 210 / 320
10	400104	7067039	215 / 210 / 320
11	400619	7065583	215 / 210 / 320