



VÄLKESELVITYS

Kivinevan Tuulipuisto

26.8.2024

SISÄLLYSLUETTELO

1	YHTEENVETO	2
2	TAUSTA	4
3	VARJOVÄLKKEEN MUODOSTUMINEN	4
3.1	Ohje- ja raja-arvot.....	5
3.2	Varjovälkkeen lähtötiedot ja menetelmät	5
4	VÄLKEVAIKUTUKSET	9
4.1	Vaihtoehdon VE1 välkevaikutukset	9
4.2	Vaihtoehdon VE2 välkevaikutukset	11
4.3	Vaihtoehdon VE3 välkevaikutukset	13
4.4	Yhteisvaikutusten mallinnus.....	15
4.4.1	Vaihtoehdon VE1 välkevaikutukset.....	15
4.4.2	Vaihtoehdon VE2 välkevaikutukset.....	17
4.4.3	Vaihtoehdon VE3 välkevaikutukset.....	19
4.5	Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät	21
4.6	Haittojen ehkäiseminen ja seuranta	21
	LÄHTEET	22
	Liite 1: Sijoitussuunnitelma	23

VERSIONHISTORIA

Versio	Tekijä, Päivämäärä	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
Ver 1	Afonso Lugo, 2024-08-26	Christian Granlund, 2024-08-26	Christian Granlund, 2024- 08-26	Kivinevan tuulivoimapuiston välkeselvitys.

1 YHTEENVETO

Tehtävä:

Välkeselvitys Kivinevan tuulivoimapuiston vaikutusalueella. Selvityksessä on tarkistettu kolme eri sijoitussuunnitelman vaihtoehtoa. Selvityksessä on otettu huomioon myös viereiset suunnitteilla olevat tuulivoimapuistot, Leuvanneva ja Taikkoneva.

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 annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitetä yhdessäkään Kivinevan tuulivoimapuiston havainnointipisteessä. Teoreettiset maksimisuositukset ylitetään muutamassa havainnointipisteessä vaihtoehdossa VE1 (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. Yhteenveto vertailuarvojen ylityksistä, Kivineva. Taulukko kertoo kuinka monessa rakennuksessa (vakituinen tai vapaa-ajan asunto) kyseinen vertailuarvo ylitetään.

Vertailuarvo	Vertailuarvon ylityksiä, VE1	Vertailuarvon ylityksiä, VE2	Vertailuarvon ylityksiä, VE3
> 10 h/v, todellinen tilanne	0	0	0
> 8 h/v, todellinen tilanne	0	0	0
> 30 h/v, teoreettinen maksimi	2	0	0
> 30 min/pv, teoreettinen maksimi	3	0	0

Taulukko 2. Yhteenveto vertailuarvojen ylityksistä, yhteisvaikutukset. Taulukko kertoo kuinka monessa rakennuksessa (vakituinen tai vapaa-ajan asunto) kyseinen vertailuarvo ylitetään.

Vertailuarvo	Vertailuarvon ylityksiä, VE1	Vertailuarvon ylityksiä, VE2	Vertailuarvon ylityksiä, VE3
> 10 h/v, todellinen tilanne	0	0	0
> 8 h/v, todellinen tilanne	0	0	0
> 30 h/v, teoreettinen maksimi	2	0	0
> 30 min/pv, teoreettinen maksimi	3	0	0

2 TAUSTA

Tämä välkeselvitys on tehty Kivinevan tuulivoimapuistolle Siikalatvan kunnan alueella. Tässä selvityksessä on tarkistettu kolme eri sijoitussuunnitelman vaihtoehtoa, jotka on muodostettu ympäristövaikutusten arviointimenettelyä ja kaavoitusmenettelyä varten:

- VE1: 28 voimalaa. Roottorihalkaisija 200 m ja napakorkeus 200 m. Kokonaiskorkeus on 300 m.
- VE2: 20 voimalaa. Roottorihalkaisija 200 m ja napakorkeus 200 m. Kokonaiskorkeus on 300 m.
- VE3: 9 voimalaa. Roottorihalkaisija 200 m ja napakorkeus 200 m. Kokonaiskorkeus on 300 m.

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 ohjearvoja. 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 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 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, 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 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 havainnointipisteeseen muodostu häiritsevään voimakkaita liikkuvia varjoja.

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

Maastotietokantana käytettiin Maanmittauslaitoksen kahden metrin korkeusmallia ja säähavaintotietoina käytettiin Oulun säähavaintoja. Oulun havaintoasema sijaitsee noin 75 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 3. Mallinnuksessa käytetyt asetukset

Asetus	Kuvaus
Auringonpaisteajat	Oulun 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	Arvioidut 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 4. 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

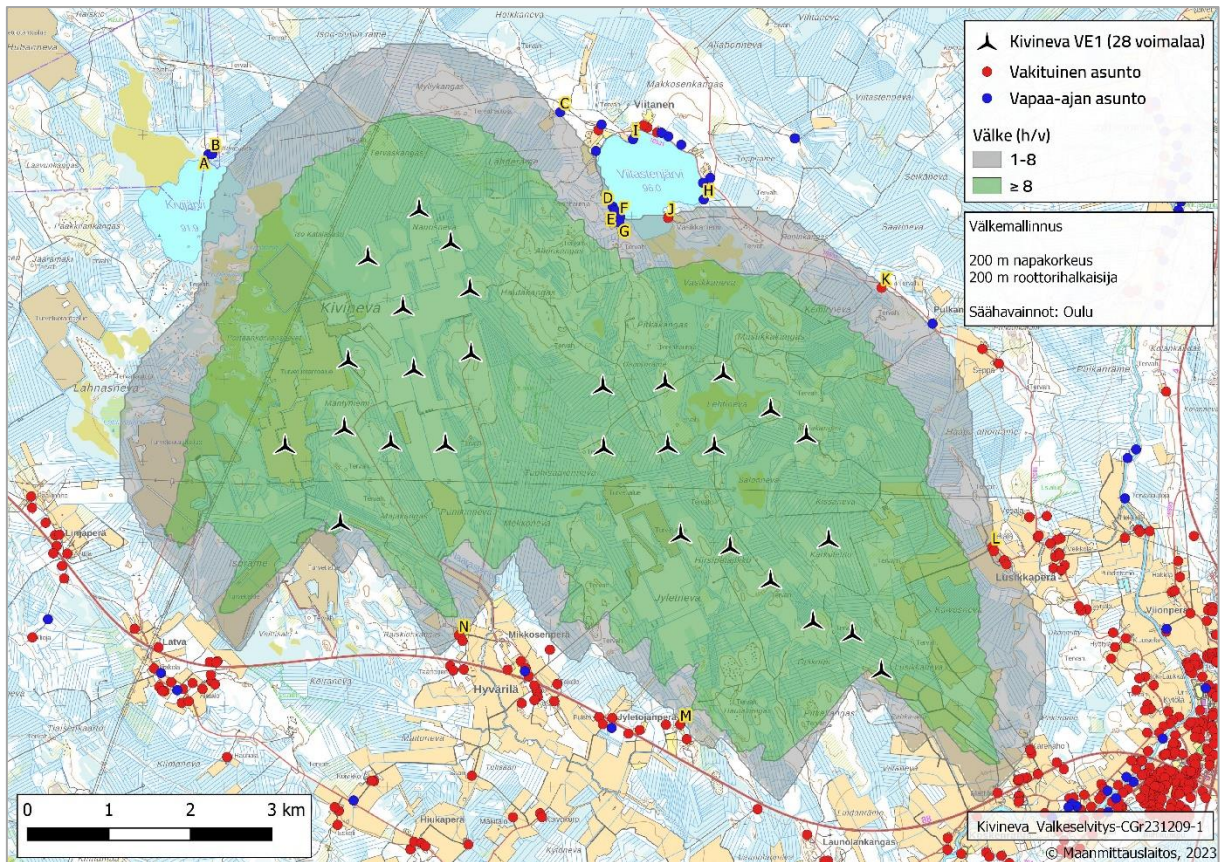
Taulukko 5. Tuulivoimaloiden toiminta-aika

Tuulensuunta	Toiminta-aika (h/v)
Pohjoinen	588
Pohjoiskoillinen	426
Itäkoillinen	357
Itä	439
Itäkaakko	480
Eteläkaakko	742
Etelä	993
Etelälounas	1029
Länsilounas	937
Länsi	789
Länsiluode	588
Pohjoisluode	601
Summa	7969

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 Kivinevan alueella, VE1. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (A-N) 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 ylitetä yhdessäkään Kivinevan tuulivoimapuiston havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen

suositus 30 h/v ylitetään kahdessa havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 min/pv ylitetään kolmessa havainnointipisteessä.

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

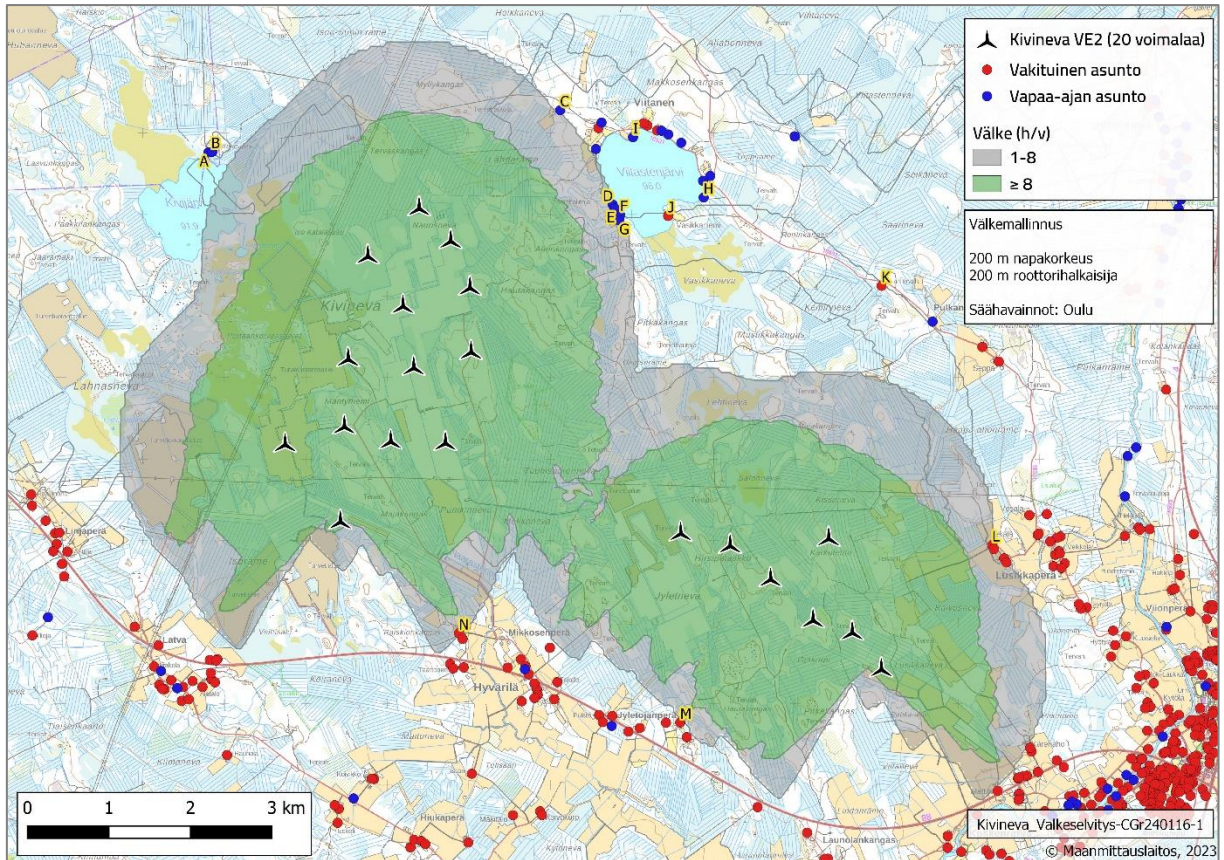
Taulukko 6. Varjovälkelaskennan tulokset, Kivineva VE1

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	432807	7134762	0:00	0:00	0:00	Ei
B	Vapaa-ajan asunto	432854	7134769	0:00	0:00	0:00	Ei
C	Vapaa-ajan asunto	437121	7135280	0:00	0:00	0:00	Ei
D	Vapaa-ajan asunto	437765	7134120	3:03	17:17	0:24	Ei
E	Vapaa-ajan asunto	437789	7134074	1:27	8:59	0:24	Ei
F	Vapaa-ajan asunto	437855	7133996	0:00	0:00	0:00	Ei
G	Vapaa-ajan asunto	437847	7133928	4:24	41:42	0:48	Osittain
H	Vapaa-ajan asunto	438880	7134208	0:00	0:00	0:00	Ei
I	Vapaa-ajan asunto	438013	7134947	0:00	0:00	0:00	Ei
J	Vakituinen asunto	438444	7133982	2:52	32:07	0:48	Osittain
K	Vakituinen asunto	441061	7133124	2:56	23:51	0:36	Osittain
L	Vakituinen asunto	442419	7129945	5:00	29:10	0:24	Ei
M	Vakituinen asunto	438592	7127768	0:00	0:00	0:00	Ei
N	Vakituinen asunto	435879	7128863	6:44	25:11	0:25	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 Kivinevan alueella, VE2. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (A-N) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 7.

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

yhdessäkään Kivinevan tuulivoimapuiston havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositusarvot (30 h/v ja 30 min/pv) ei myöskään ylitetä.

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

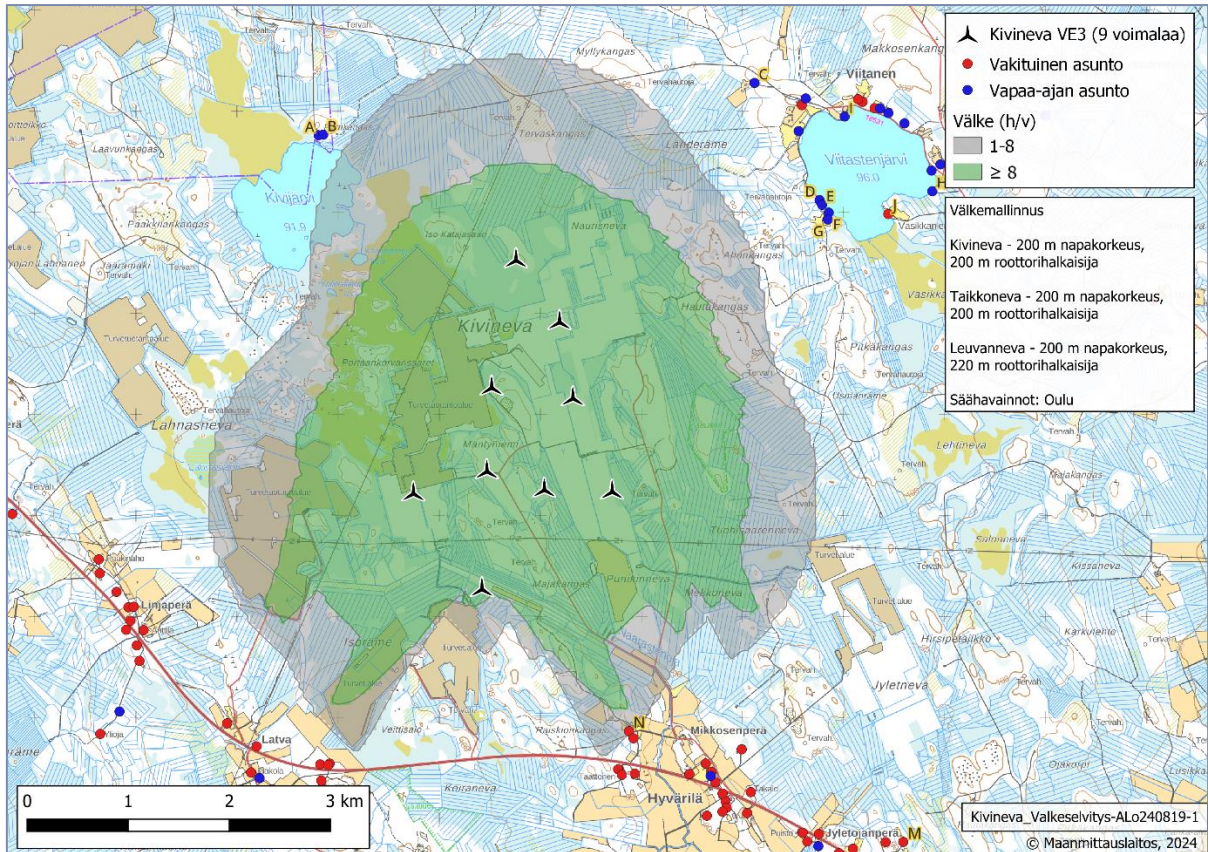
Taulukko 7. Varjoväkelaskennan tulokset, Kivineva VE2

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	432807	7134762	0:00	0:00	0:00	Ei
B	Vapaa-ajan asunto	432854	7134769	0:00	0:00	0:00	Ei
C	Vapaa-ajan asunto	437121	7135280	0:00	0:00	0:00	Ei
D	Vapaa-ajan asunto	437765	7134120	3:03	17:17	0:24	Ei
E	Vapaa-ajan asunto	437789	7134074	1:27	8:59	0:24	Ei
F	Vapaa-ajan asunto	437855	7133996	0:00	0:00	0:00	Ei
G	Vapaa-ajan asunto	437847	7133928	1:30	8:56	0:24	Ei
H	Vapaa-ajan asunto	438880	7134208	0:00	0:00	0:00	Ei
I	Vapaa-ajan asunto	438013	7134947	0:00	0:00	0:00	Ei
J	Vakituinen asunto	438444	7133982	0:00	0:00	0:00	Ei
K	Vakituinen asunto	441061	7133124	0:00	0:00	0:00	Ei
L	Vakituinen asunto	442419	7129945	5:00	29:10	0:24	Ei
M	Vakituinen asunto	438592	7127768	0:00	0:00	0:00	Ei
N	Vakituinen asunto	435879	7128863	6:44	25:11	0:25	Ei

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

4.3 VAIHTOEHDON VE3 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 4. Varjovälkkeen muodostuminen Kivinevan alueella, VE3. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (A-N) ja niiden väketasot on esitetty taulukossa 8.

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

yhdessäkään Kivinevan tuulivoimapuiston havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositusarvot (30 h/v ja 30 min/pv) ei myöskään ylitetä.

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

Taulukko 8. Varjovälkelaskennan tulokset, Kivineva VE3

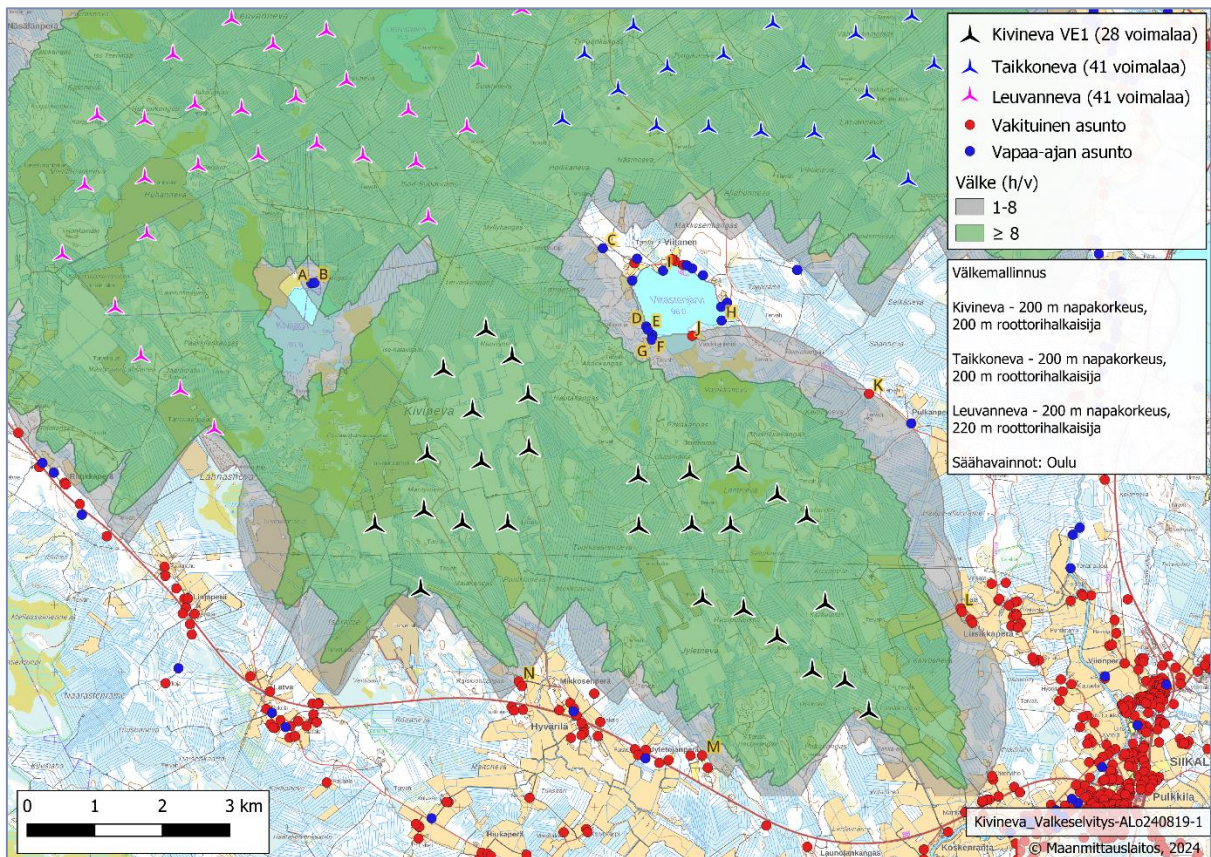
Havainnointi piste	Asunnon luokka	Itäinen koord. (ETRS TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS TM35FIN)	Vilkkumisen määrä (todellinen tilanne, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/pv)	Suositus-arvon ylitys
A	Vapaa-ajan asunto	432807	7134762	0:00	0:00	0:00	Ei
B	Vapaa-ajan asunto	432854	7134769	0:00	0:00	0:00	Ei
C	Vapaa-ajan asunto	437121	7135280	0:00	0:00	0:00	Ei
D	Vapaa-ajan asunto	437765	7134120	0:00	0:00	0:00	Ei
E	Vapaa-ajan asunto	437789	7134074	0:00	0:00	0:00	Ei
F	Vapaa-ajan asunto	437855	7133996	0:00	0:00	0:00	Ei
G	Vapaa-ajan asunto	437847	7133928	0:00	0:00	0:00	Ei
H	Vapaa-ajan asunto	438880	7134208	0:00	0:00	0:00	Ei
I	Vapaa-ajan asunto	438013	7134947	0:00	0:00	0:00	Ei
J	Vakituinen asunto	438444	7133982	0:00	0:00	0:00	Ei
K	Vakituinen asunto	441061	7133124	0:00	0:00	0:00	Ei
L	Vakituinen asunto	442419	7129945	0:00	0:00	0:00	Ei
M	Vakituinen asunto	438592	7127768	0:00	0:00	0:00	Ei
N	Vakituinen asunto	435879	7128863	6:44	25:11	0:25	Ei

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

4.4 YHTEISVAIKUTUSTEN MALLINNUS

4.4.1 VAIHTOEHDON VE1 VÄLKEVAIKUTUKSET

Seuraavassa kuvassa on esitetty Kivinevan ja naapuripuistojen yhteisvaikutusten tulokset. Välkemallinnuksessa on käytetty Kivinevan 28 voimalan sijoitussuunnitelmaa (VE1). Kivinevan mallinnus on toteutettu voimalalla, jonka napakorkeus on 200 metriä ja roottorihalkaisija 200 metriä. Naapurihankkeiden tiedot löytyvät liitteestä 1.



Kuva 5. Varjovälkkeen muodostuminen Kivinevan alueella, VE1. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (A-N) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 9.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy mallinnuksen mukaan alle kahdeksan tuntia vuodessa ja harmaan viivan ulkopuolella välkettä esiintyy alle tunti vuodessa. Laskennan perusteella Kivinevan ja naapurihankkeiden yhteisvaikutukset ovat hyvin pienet. Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitetä yhdessäkään Kivinevan tuulivoimapuiston havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 h/v ylitetään kahdessa havainnointipisteessä (G ja J). Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 min/pv ylitetään kolmessa havainnointipisteessä (G, J ja K).

Varjoväkelaskennan tulokset naapuripuistot huomioiden on raportoitu 14 havainnointipisteen osalta taulukossa 9.

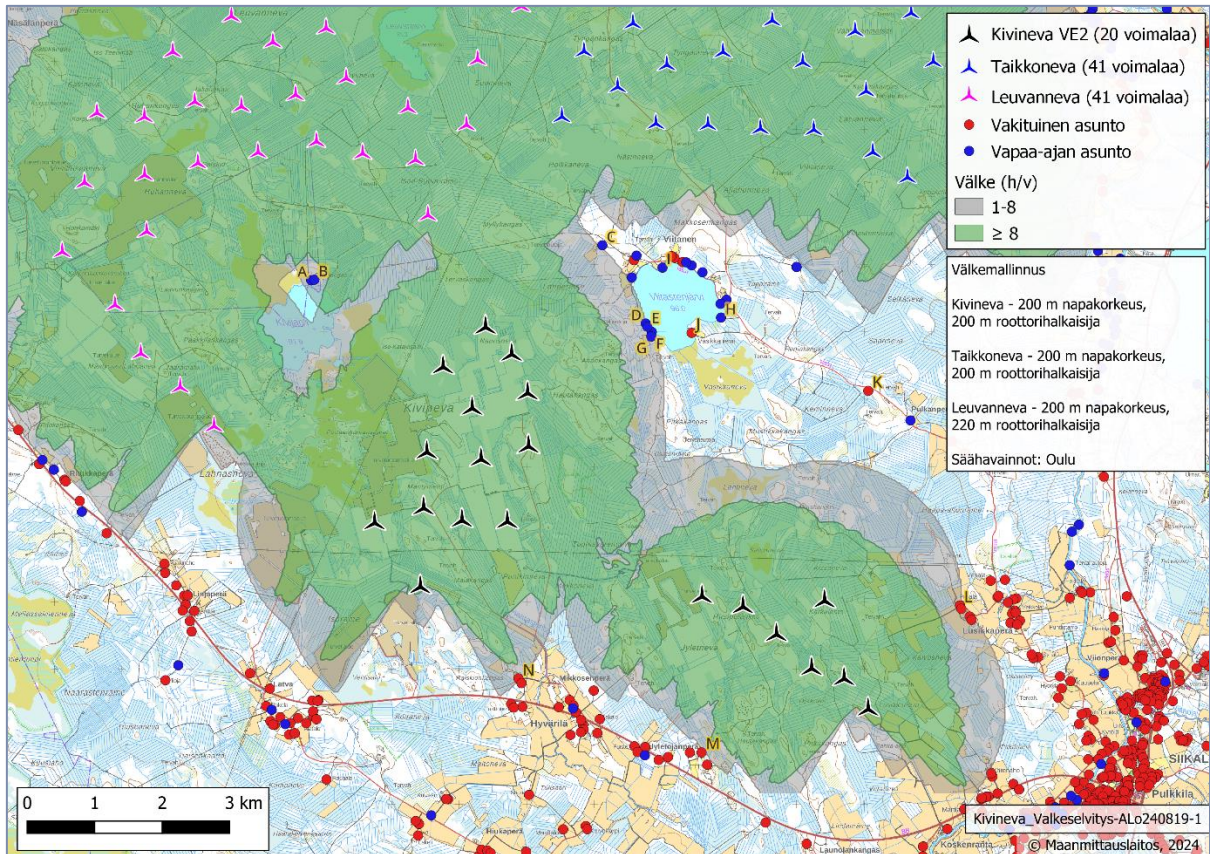
Taulukko 9. Varjoväkelaskennan tulokset, yhteisvaikutukset VE1

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	432807	7134762	4:27	17:12	0:28	Ei
B	Vapaa-ajan asunto	432854	7134769	4:52	18:41	0:28	Ei
C	Vapaa-ajan asunto	437121	7135280	0:00	0:00	0:00	Ei
D	Vapaa-ajan asunto	437765	7134120	3:03	17:17	0:24	Ei
E	Vapaa-ajan asunto	437789	7134074	1:27	8:59	0:24	Ei
F	Vapaa-ajan asunto	437855	7133996	0:00	0:00	0:00	Ei
G	Vapaa-ajan asunto	437847	7133928	4:24	41:42	0:48	Osittain
H	Vapaa-ajan asunto	438880	7134208	0:00	0:00	0:00	Ei
I	Vapaa-ajan asunto	438013	7134947	0:00	0:00	0:00	Ei
J	Vakituinen asunto	438444	7133982	2:52	32:07	0:48	Osittain
K	Vakituinen asunto	441061	7133124	2:56	23:51	0:36	Osittain
L	Vakituinen asunto	442419	7129945	5:00	29:10	0:24	Ei
M	Vakituinen asunto	438592	7127768	0:00	0:00	0:00	Ei
N	Vakituinen asunto	435879	7128863	6:44	25:11	0:25	Ei

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

4.4.2 VAIHTOEHDON VE2 VÄLKEVAIKUTUKSET

Seuraavassa kuvassa on esitetty Kivinevan ja naapuripuistojen yhteisvaikutusten tulokset. Välkemallinnuksessa on käytetty Kivinevan 20 voimalan sijoitussuunnitelmaa (VE2). Kivinevan mallinnus on toteutettu voimalalla, jonka napakorkeus on 200 metriä ja roottorihalkaisija 200 metriä. Naapurihankkeiden tiedot löytyvät liitteestä 1.



Kuva 6. Varjovälkkeen muodostuminen Kivinevan alueella, VE2. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (A-N) ja niiden väketasot on esitetty taulukossa 10.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy mallinnuksen mukaan alle kahdeksan tuntia vuodessa ja harmaan viivan ulkopuolella väkettä esiintyy alle tunti vuodessa. Laskennan perusteella Kivinevan ja naapurihankkeiden yhteisvaikutukset ovat hyvin pienet. Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitetä yhdessäkään Kivinevan tuulivoimapuiston havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositusarvot (30 h/v ja 30 min/pv) ei myöskään ylitetä.

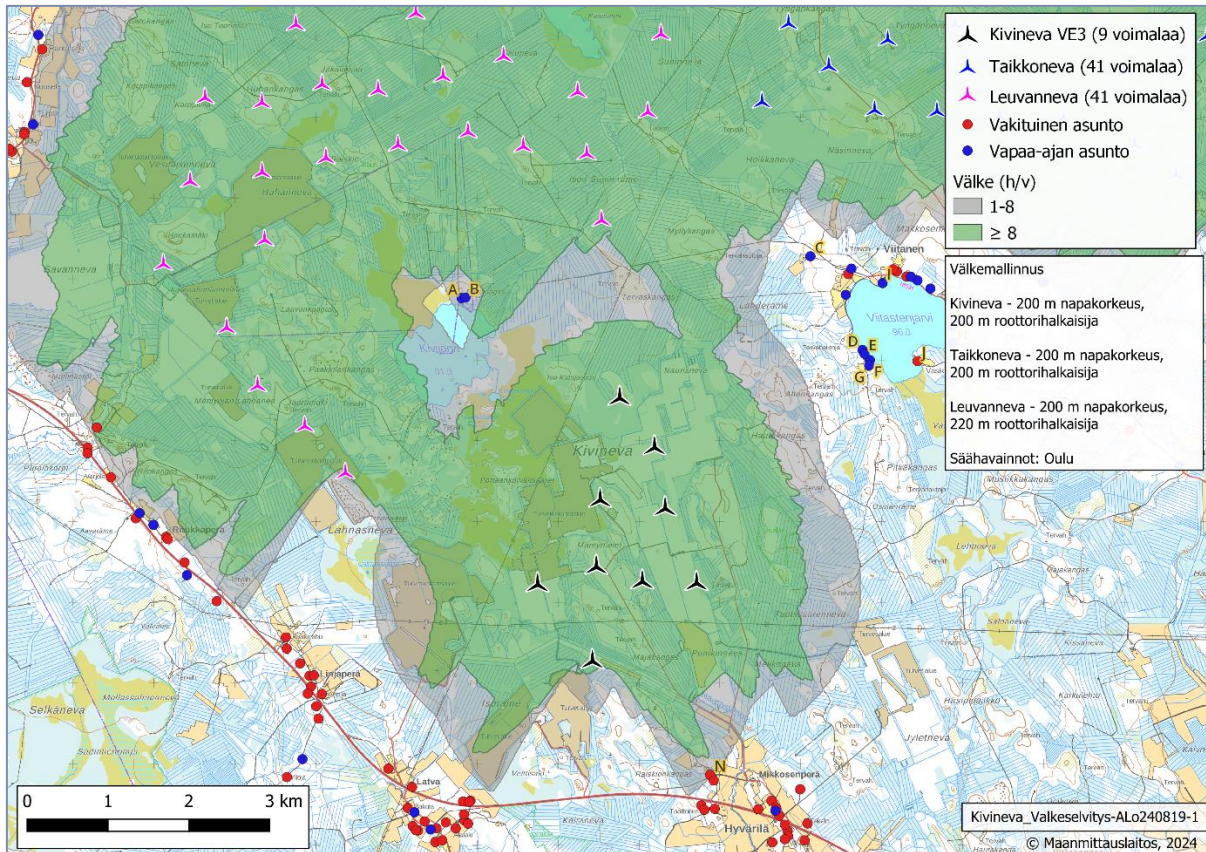
Varjovälkelaskennan tulokset naapuripuistot huomioiden on raportoitu 14 havainnointipisteen osalta taulukossa 10.

Taulukko 10. Varjoväkelaskennan tulokset, yhteisvaikutukset 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	432807	7134762	4:27	17:12	0:28	Ei
B	Vapaa-ajan asunto	432854	7134769	4:52	18:41	0:28	Ei
C	Vapaa-ajan asunto	437121	7135280	0:00	0:00	0:00	Ei
D	Vapaa-ajan asunto	437765	7134120	3:03	17:17	0:24	Ei
E	Vapaa-ajan asunto	437789	7134074	1:27	8:59	0:24	Ei
F	Vapaa-ajan asunto	437855	7133996	0:00	0:00	0:00	Ei
G	Vapaa-ajan asunto	437847	7133928	1:30	8:56	0:24	Ei
H	Vapaa-ajan asunto	438880	7134208	0:00	0:00	0:00	Ei
I	Vapaa-ajan asunto	438013	7134947	0:00	0:00	0:00	Ei
J	Vakituinen asunto	438444	7133982	0:00	0:00	0:00	Ei
K	Vakituinen asunto	441061	7133124	0:00	0:00	0:00	Ei
L	Vakituinen asunto	442419	7129945	5:00	29:10	0:24	Ei
M	Vakituinen asunto	438592	7127768	0:00	0:00	0:00	Ei
N	Vakituinen asunto	435879	7128863	6:44	25:11	0:25	Ei

4.4.3 VAIHTOEHDON VE3 VÄLKEVAIKUTUKSET

Seuraavassa kuvassa on esitetty Kivinevan ja naapuripuistojen yhteisvaikutusten tulokset. Välkemallinnuksessa on käytetty Kivinevan 9 voimalan sijoitussuunnitelmaa (VE3). Kivinevan mallinnus on toteutettu voimalalla, jonka napakorkeus on 200 metriä ja roottorihalkaisija 200 metriä. Naapurihankkeiden tiedot löytyvät liitteestä 1.



Kuva 6. Varjovälkkeen muodostuminen Kivinevan alueella, VE3. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (A-N) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 11.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy mallinnuksen mukaan alle kahdeksan tuntia vuodessa ja harmaan viivan ulkopuolella välkettä esiintyy alle tunti vuodessa. Laskennan perusteella Kivinevan ja naapurihankkeiden yhteisvaikutukset ovat hyvin pienet. Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitetä yhdessäkään Kivinevan tuulivoimapuiston havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositusarvot (30 h/v ja 30 min/pv) ei myöskään ylitetä.

Varjovälkelaskennan tulokset naapuripuistot huomioiden on raportoitu 14 havainnointipisteiden osalta taulukossa 11.

Taulukko 11. Varjoväkelaskennan tulokset, yhteisvaikutukset VE3

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	432807	7134762	4:27	17:12	0:28	Ei
B	Vapaa-ajan asunto	432854	7134769	4:52	18:41	0:28	Ei
C	Vapaa-ajan asunto	437121	7135280	0:00	0:00	0:00	Ei
D	Vapaa-ajan asunto	437765	7134120	0:00	0:00	0:00	Ei
E	Vapaa-ajan asunto	437789	7134074	0:00	0:00	0:00	Ei
F	Vapaa-ajan asunto	437855	7133996	0:00	0:00	0:00	Ei
G	Vapaa-ajan asunto	437847	7133928	0:00	0:00	0:00	Ei
H	Vapaa-ajan asunto	438880	7134208	0:00	0:00	0:00	Ei
I	Vapaa-ajan asunto	438013	7134947	0:00	0:00	0:00	Ei
J	Vakituinen asunto	438444	7133982	0:00	0:00	0:00	Ei
K	Vakituinen asunto	441061	7133124	0:00	0:00	0:00	Ei
L	Vakituinen asunto	442419	7129945	0:00	0:00	0:00	Ei
M	Vakituinen asunto	438592	7127768	0:00	0:00	0:00	Ei
N	Vakituinen asunto	435879	7128863	6:44	25:11	0:25	Ei

4.5 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.

4.6 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).

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: SJOITUSSUUNNITELMA

Voimaloiden sijainnit on esitetty alla olevissa taulukoissa.

Taulukko 8. Kivineva, voimaloiden sijaintitiedot, VE1 (28 voimalaa)

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	436025	7132344	200 / 200 / 300
2	435040	7131246	200 / 200 / 300
3	439009	7131201	200 / 200 / 300
4	441057	7128450	200 / 200 / 300
5	435389	7134106	200 / 200 / 300
6	435776	7133705	200 / 200 / 300
7	434519	7132257	200 / 200 / 300
8	435711	7131227	200 / 200 / 300
9	434760	7133518	200 / 200 / 300
10	436012	7133132	200 / 200 / 300
11	435191	7132906	200 / 200 / 300
12	434472	7131429	200 / 200 / 300
13	433745	7131209	200 / 200 / 300
14	435323	7132151	200 / 200 / 300
15	434423	7130262	200 / 200 / 300
16	437642	7131939	200 / 200 / 300
17	438405	7131983	200 / 200 / 300
18	439119	7132094	200 / 200 / 300
19	440137	7131336	200 / 200 / 300
20	437652	7131188	200 / 200 / 300
21	438438	7131211	200 / 200 / 300
22	438596	7130119	200 / 200 / 300
23	439203	7129967	200 / 200 / 300
24	440411	7130055	200 / 200 / 300
25	440220	7129053	200 / 200 / 300
26	439699	7129556	200 / 200 / 300
27	439700	7131657	200 / 200 / 300
28	440700	7128902	200 / 200 / 300

Taulukko 9. Kivineva, voimaloiden sijaintitiedot, VE2 (20 voimalaa)

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	436025	7132344	200 / 200 / 300
2	435040	7131246	200 / 200 / 300
4	441057	7128450	200 / 200 / 300
5	435389	7134106	200 / 200 / 300
6	435776	7133705	200 / 200 / 300
7	434519	7132257	200 / 200 / 300
8	435711	7131227	200 / 200 / 300
9	434760	7133518	200 / 200 / 300
10	436012	7133132	200 / 200 / 300
11	435191	7132906	200 / 200 / 300
12	434472	7131429	200 / 200 / 300
13	433745	7131209	200 / 200 / 300
14	435323	7132151	200 / 200 / 300
15	434423	7130262	200 / 200 / 300
22	438596	7130119	200 / 200 / 300
23	439203	7129967	200 / 200 / 300
24	440411	7130055	200 / 200 / 300
25	440220	7129053	200 / 200 / 300
26	439699	7129556	200 / 200 / 300
28	440700	7128902	200 / 200 / 300

Taulukko 10. Kivineva, voimaloiden sijaintitiedot, VE3 (9 voimalaa)

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
2	435040	7131246	200 / 200 / 300
7	434519	7132257	200 / 200 / 300
8	435711	7131227	200 / 200 / 300
9	434760	7133518	200 / 200 / 300
11	435191	7132906	200 / 200 / 300
12	434472	7131429	200 / 200 / 300
13	433745	7131209	200 / 200 / 300
14	435323	7132151	200 / 200 / 300
15	434423	7130262	200 / 200 / 300

Taulukko 11. Leuvanneva, voimaloiden sijaintitiedot (41 voimalaa)

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	437600	7142900	200 / 220 / 310
2	436732	7142156	200 / 220 / 310
3	437088	7141464	200 / 220 / 310
4	433617	7139631	200 / 220 / 310
5	432701	7139256	200 / 220 / 310
6	434127	7139189	200 / 220 / 310
7	435194	7138902	200 / 220 / 310
8	435921	7138818	200 / 220 / 310
9	431625	7138667	200 / 220 / 310
10	433028	7138490	200 / 220 / 310
11	432240	7138284	200 / 220 / 310
12	430756	7138142	200 / 220 / 310
13	435273	7138024	200 / 220 / 310
14	433326	7137749	200 / 220 / 310
15	432576	7137503	200 / 220 / 310
16	431082	7137402	200 / 220 / 310
17	431774	7137332	200 / 220 / 310
18	434241	7137309	200 / 220 / 310
19	429634	7137237	200 / 220 / 310
20	430337	7137177	200 / 220 / 310
21	435108	7137058	200 / 220 / 310
22	432885	7136813	200 / 220 / 310
23	432020	7136652	200 / 220 / 310
24	433569	7136635	200 / 220 / 310
25	434353	7136542	200 / 220 / 310
26	431129	7136493	200 / 220 / 310
27	430340	7136315	200 / 220 / 310
28	429450	7136203	200 / 220 / 310
29	434537	7135721	200 / 220 / 310
30	430370	7135478	200 / 220 / 310
31	429119	7135178	200 / 220 / 310
32	429901	7134391	200 / 220 / 310
33	430283	7133673	200 / 220 / 310
34	430867	7133175	200 / 220 / 310
35	431369	7132596	200 / 220 / 310
36	435938	7141569	200 / 220 / 310
37	436286	7140993	200 / 220 / 310
38	436586	7140322	200 / 220 / 310

39	434358	7140314	200 / 220 / 310
40	435701	7139851	200 / 220 / 310
41	434943	7139681	200 / 220 / 310

Taulukko 12. Taikkoneva, voimaloiden sijaintitiedot (41 voimalaa)

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	436520	7137216	200 / 200 / 300
2	436848	7138187	200 / 200 / 300
3	437912	7137117	200 / 200 / 300
4	437346	7137659	200 / 200 / 300
5	437573	7138602	200 / 200 / 300
6	437439	7139774	200 / 200 / 300
7	440251	7137025	200 / 200 / 300
8	438684	7137100	200 / 200 / 300
9	438906	7138176	200 / 200 / 300
10	438363	7138980	200 / 200 / 300
11	438244	7140236	200 / 200 / 300
12	437921	7140875	200 / 200 / 300
13	442378	7135872	200 / 200 / 300
14	441639	7136318	200 / 200 / 300
15	441126	7136692	200 / 200 / 300
16	441027	7137597	200 / 200 / 300
17	440088	7138024	200 / 200 / 300
18	439637	7138642	200 / 200 / 300
19	439107	7139364	200 / 200 / 300
20	442485	7136701	200 / 200 / 300
21	442533	7137525	200 / 200 / 300
22	442024	7138032	200 / 200 / 300
23	440864	7138485	200 / 200 / 300
24	440330	7139308	200 / 200 / 300
25	439108	7140379	200 / 200 / 300
26	438836	7141140	200 / 200 / 300
27	438367	7141689	200 / 200 / 300
28	441693	7138754	200 / 200 / 300
29	441148	7139582	200 / 200 / 300
30	440474	7140188	200 / 200 / 300
31	440026	7140760	200 / 200 / 300
32	439704	7141504	200 / 200 / 300
33	439224	7142168	200 / 200 / 300

34	438800	7142753	200 / 200 / 300
35	441281	7140438	200 / 200 / 300
36	441008	7141347	200 / 200 / 300
37	440547	7141935	200 / 200 / 300
38	440204	7142611	200 / 200 / 300
39	439866	7143309	200 / 200 / 300
41	438075	7137985	200 / 200 / 300
42	439460	7137041	200 / 200 / 300