



VÄLKESELVITYS

Niinimäen Tuulivoimahanke

13.11.2024

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 VE1 Välkevaikutukset, Yhdistetty	11
4.3	Vaihtoehdon VE2 Välkevaikutukset.....	13
4.4	Vaihtoehdon VE2 Välkevaikutukset, Yhdistetty	15
4.5	Välkevaikutukset puuston suojaava vaikutus huomioiden	17
4.5.1	Vaihtoehdon VE1 Välkevaikutukset	17
4.5.2	Vaihtoehdon VE2 Välkevaikutukset	19
4.6	Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät	20
4.7	Haittojen ehkäiseminen ja seuranta	21
5	LÄHTEET	21
	Liite 1: Sijoitussuunnitelma	22

VERSIONHISTORIA

Versio	Tekijä	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
Ver 1	Afonso Lugo 13-11-2024	Ilmari Katajamäki 14-11-2024	Ilmari Katajamäki 14-11-2024	Niinimäen tuulivoimahankkeen välkeselvitys.

1 YHTEENVETO

Tehtävä:

Niinimäen tuulivoimahankkeen väikeselvitys.

Työmenetelmät:

Väikeselvitykseen on kerätty ajantasaista tietoa tuulivoimaloiden varjon välkkeen ominaispiirteistä, välkkeen ohjearvoista, paikallisista olosuhteista sekä mallinnusmenetelmistä. Pääasiallisena laskentatyökaluna on käytetty windPRO Ver4.0 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 vaihtoehdossa VE1 (12 voimalaa) yhdeksän asunnon kohdalla (asunnot A, B, C D, E, I, J, K ja I). Teoreettisen maksimitilanteen suositukset 30 h/v ylitetään 8 havainnointipisteessä ja 30 min/pv ylitetään 8 havainnointipisteessä. Vaihtoehdossa VE2 (9 voimalaa) viiden asunnon kohdalla (asunnot A, B, G ja H). Teoreettisen maksimitilanteen suositukset 30 h/v ylitetään 8 havainnointipisteessä ja 30 min/pv ylitetään 6 havainnointipisteessä.

Puuston suojaava vaikutus huomioiden välkevaikutukset pienenevät. Vaihtoehdossa VE1 maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitetä yhdenkään asunnon kohdalla. Teoreettisen maksimitilanteen suosituksia 30 h/v ja 30 min/pv ei ylitetä yhdenkään asunnon kohdalla. Vaihtoehdossa VE2 maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitetä yhdessäkään havainnointipisteessä, kun huomioidaan puuston suojaava vaikutus. Teoreettisen maksimitilanteen suositukset 30 h/v ja 30 min/pv ei ylitetä yhdenkään asunnon kohdalla.

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

Taulukko 1. Yhteenveto vertailuarvojen ylityksistä, mallinnus ilman puustoa. Taulukko kertoo kuinka monessa rakennuksessa (vakituinen tai vapaa-ajan asunto) kyseinen vertailuarvo ylitetään, kun puuston suojaavaa vaikutusta ei ole huomioitu.

Vertailuarvo	VE1	VE2
> 10 h/v, todellinen tilanne	1	0
> 8 h/v, todellinen tilanne	9	5
> 30 h/v, teoreettinen maksimi	8	8
> 30 min/pv, teoreettinen maksimi	7	6

Taulukko 2. Yhteenveto vertailuarvojen ylityksistä, yhteisvaikutukset, mallinnus ilman puustoa. Taulukko kertoo kuinka monessa rakennuksessa (vakituinen tai vapaa-ajan asunto) kyseinen vertailuarvo ylitetään, kun puuston suojaavaa vaikutusta ei ole huomioitu.

Vertailuarvo	VE1	VE2
> 10 h/v, todellinen tilanne	1	1
> 8 h/v, todellinen tilanne	10	5
> 30 h/v, teoreettinen maksimi	9	8
> 30 min/pv, teoreettinen maksimi	7	7

2 TAUSTA

Tämä välkeselvitys on tehty Niinimäen tuulivoimahankkeelle Hattulan kunnan alueella. Tässä selvityksessä on tarkistettu kaksi eri sijoitussuunnitelman vaihtoehtoa, jotka on muodostettu ympäristövaikutusten arviointimenettelyä ja kaavoitusmenettelyä varten:

- VE1: 12 voimalaa. Roottorihalkaisija 200 m ja napakorkeus 200 m. Kokonaiskorkeus on 300 m.
- VE2: 9 voimalaa. Roottorihalkaisija 200 m ja napakorkeus 200 m. Kokonaiskorkeus on 300 m.

Välkeselvitys on tehty windPRO 4.0 ohjelmiston SHADOW-moduulia käyttäen. Tulosten arvioinnissa on käytetty Saksan ja Ruotsin suositusarvoja (LAI, 2002; Boverket, 2009). 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 tuulivoimahankkeiden 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 teoreettinen 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 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. 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. Maksimivaikutusten arvioimiseksi Niinimäen mallinuksissa 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 kymmenen metrin korkeusmallia ja säähavaintotietoina käytettiin Jokioisten säähavaintoja. Jokioisten havaintoasema sijaitsee noin 40 kilometrin päässä suunnitellusta tuulivoima-alueesta. Laskelmissa oletetaan, että tuulivoimaloiden roottorit pyörivät vain tuulennopeuden ollessa sopiva. Varjovälkettä tarkasteltiin kahden metrin korkeudelta eli suunnilleen ihmisen havainnointikorkeudelta. Mallinnuksessa käytetyt auringonpaisteajat sekä tuulivoimaloiden toiminta-aika on esitetty alla olevissa taulukoissa.

Taulukko 3. Mallinnuksessa käytetyt asetukset.

Asetus	Kuvaus
Auringonpaisteajat	Jokioisten sääaseman havainnot, Ilmatieteen laitos (taulukko 4)
Toiminta-aika	EMD WRF Europe+ datan perusteella (taulukko 5)
Asuntojen asetus	Kasvihuone-asetus
Mallinnus	Välkemmaallinnus 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 4. Mallinnuksessa käytetyt auringonpaisteajat.

Kuukausi	Keskimääräinen auringonpaisteen tuntimäärä päivässä
Tammikuu	1,16
Helmikuu	2,43
Maaliskuu	4,65
Huhtikuu	6,33
Toukokuu	8,35
Kesäkuu	8,63
Heinäkuu	8,52
Elokuu	6,90
Syyskuu	4,67
Lokakuu	2,48
Marraskuu	0,93
Joulukuu	0,71
Keskiarvo	4,65

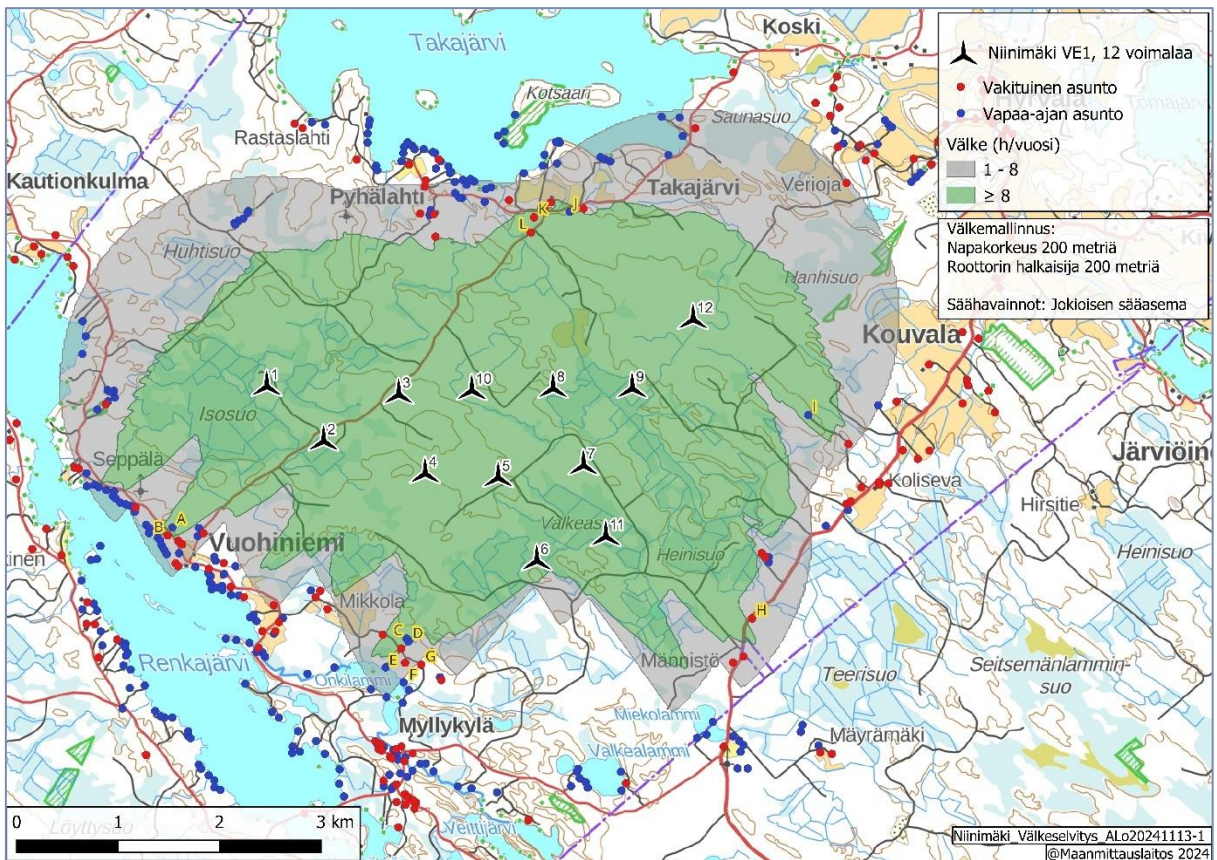
Taulukko 5. Tuulivoimaloiden toiminta-aika.

Tuulensuunta	Toiminta-aika (h/v)
Pohjoinen	538
Pohjoiskoillinen	628
Itäkoillinen	484
Itä	500
Itäkaakko	594
Eteläkaakko	777
Etelä	717
Etelälounas	895
Länsilounas	1036
Länsi	662
Länsiluode	634
Pohjoisluode	596
Summa	8061

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 Niinimäen alueella. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (A-L) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 6.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annettu maksimisuositus kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ylitetään yhdeksän asunnon kohdalla (asunnot A, B, C, D, E, I, J, K ja L). Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 h/v ylitetään kahdeksassa havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 min/pv ylitetään kahdeksassa havainnointipisteessä.

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

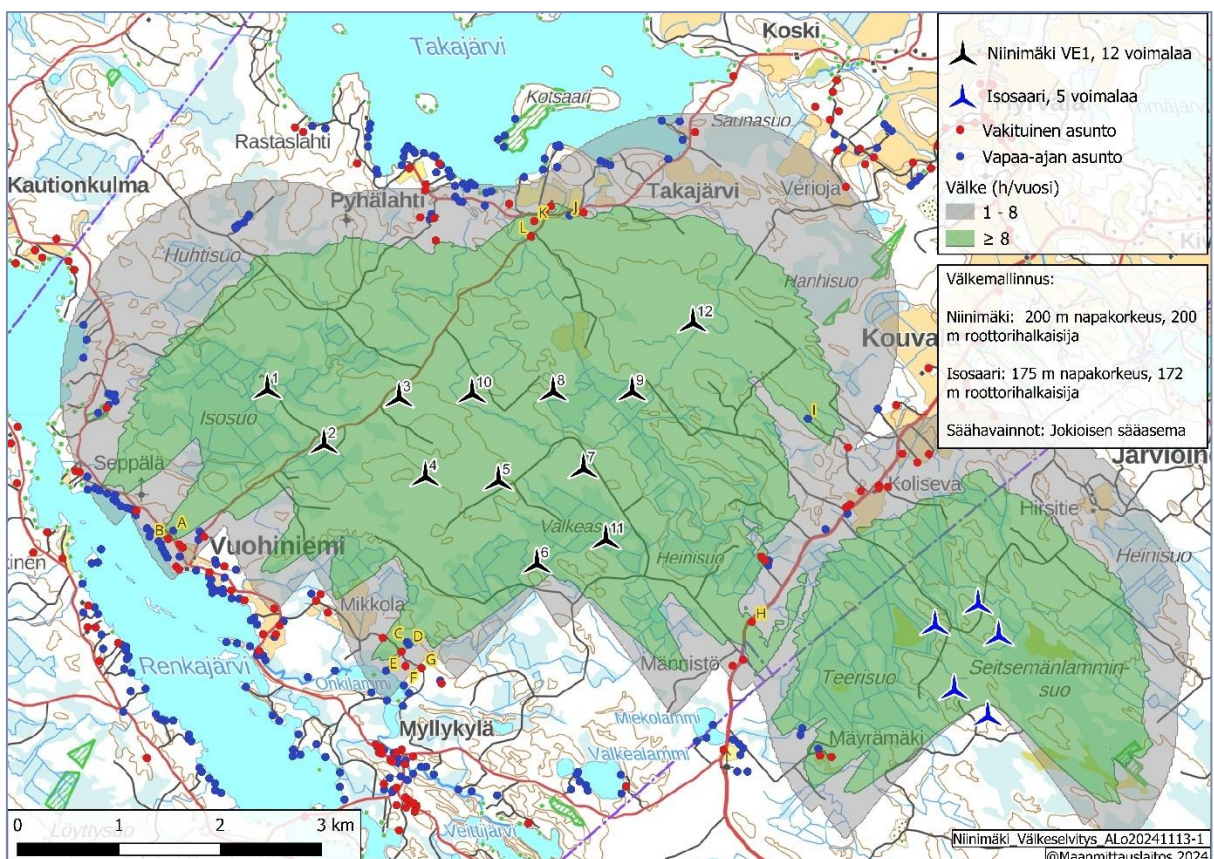
Taulukko 6. Varjoväkelaskennan tulokset, Niinimäki VE1.

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	343698	6760852	9:10	33:11	0:29	Kyllä
B	Vapaa-ajan asunto	343647	6760772	8:20	30:15	0:28	Kyllä
C	Vapaa-ajan asunto	346004	6759755	9:46	35:28	0:34	Kyllä
D	Vakituinen asunto	346023	6759726	8:51	32:14	0:34	Kyllä
E	Vakituinen asunto	345950	6759658	8:12	29:54	0:32	Kyllä
F	Vakituinen asunto	345989	6759517	4:11	15:32	0:26	Ei
G	Vakituinen asunto	346147	6759498	0:00	0:00	0:00	Ei
H	Vapaa-ajan asunto	349407	6759952	6:34	24:31	0:30	Ei
I	Vapaa-ajan asunto	349961	6761959	10:22	41:06	0:34	Kyllä
J	Vakituinen asunto	347610	6763964	8:56	90:25	1:17	Kyllä
K	Vakituinen asunto	347260	6763908	8:49	89:43	1:15	Kyllä
L	Vakituinen asunto	347227	6763759	9:54	97:56	1:19	Kyllä

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

4.2 VAIHTOEHDON VE1 VÄLKEVAIKUTUKSET, YHDISTETTY

Seuraavassa kuvassa on esitetty Niinimäen ja läheisten tuulivoimahankkeiden yhteisvaikutusten tulokset. Välkemallinnuksessa on käytetty Niinimäen 12 voimalan sijoitussuunnitelmaa (VE1). Niinimäen mallinnus on toteutettu voimalalla, jonka napakorkeus on 200 metriä ja roottorihalkaisija 200 metriä. Läheisten tuulivoimahankkeiden tiedot löytyvät liitteestä 1.



Kuva 3. Varjovälkkeen muodostuminen Niinimäen alueella, VE1. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (A-L) ja niiden välfektasot on esitetty taulukossa 7.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annettu maksimisuositus kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ylitetään kymmenessä havainnointipisteessä (vakituiset asunnot A, B, C, D, E, H, I, J, K ja L). Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 h/v ylitetään yhdeksässä havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 min/pv ylitetään seitsemässä havainnointipisteessä.

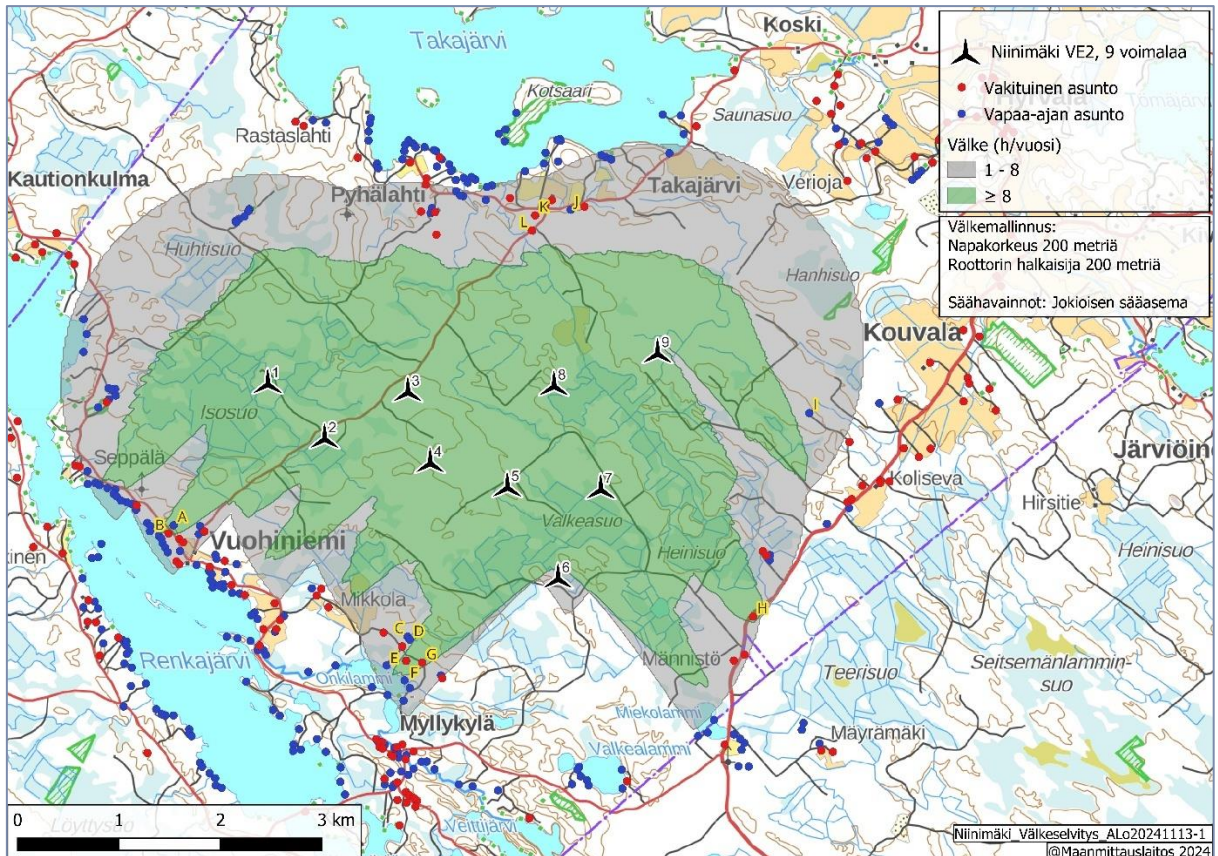
Varjoväkelaskennan tulokset läheiset tuulivoimahankkeet huomioiden on raportoitu 12 havainnointipisteen osalta taulukossa Taulukko 7.

Taulukko 7. Varjovälkelaskennan 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	343698	6760852	9:10	33:11	0:29	Kyllä
B	Vapaa-ajan asunto	343647	6760772	8:20	30:15	0:28	Kyllä
C	Vapaa-ajan asunto	346004	6759755	9:46	35:28	0:34	Kyllä
D	Vakituinen asunto	346023	6759726	8:51	32:14	0:34	Kyllä
E	Vakituinen asunto	345950	6759658	8:12	29:54	0:32	Kyllä
F	Vakituinen asunto	345989	6759517	4:11	15:32	0:26	Ei
G	Vakituinen asunto	346147	6759498	0:00	0:00	0:00	Ei
H	Vapaa-ajan asunto	349407	6759952	8:34	33:10	0:30	Kyllä
I	Vapaa-ajan asunto	349961	6761959	10:22	41:06	0:34	Kyllä
J	Vakituinen asunto	347610	6763964	8:56	90:25	1:17	Kyllä
K	Vakituinen asunto	347260	6763908	8:49	89:43	1:15	Kyllä
L	Vakituinen asunto	347227	6763759	9:54	97:56	1:19	Kyllä

4.3 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 4. Varjovälkkeen muodostuminen Niinimäen alueella. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (A-L) ja niiden väketasot on esitetty taulukossa 8.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annettu maksimisuositus kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ylitetään viiden asunnon kohdalla (asunnot A, B, F, G ja H). Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 h/v ylitetään kahdessa havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 min/pv ylitetään kuudessa havainnointipisteessä.

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

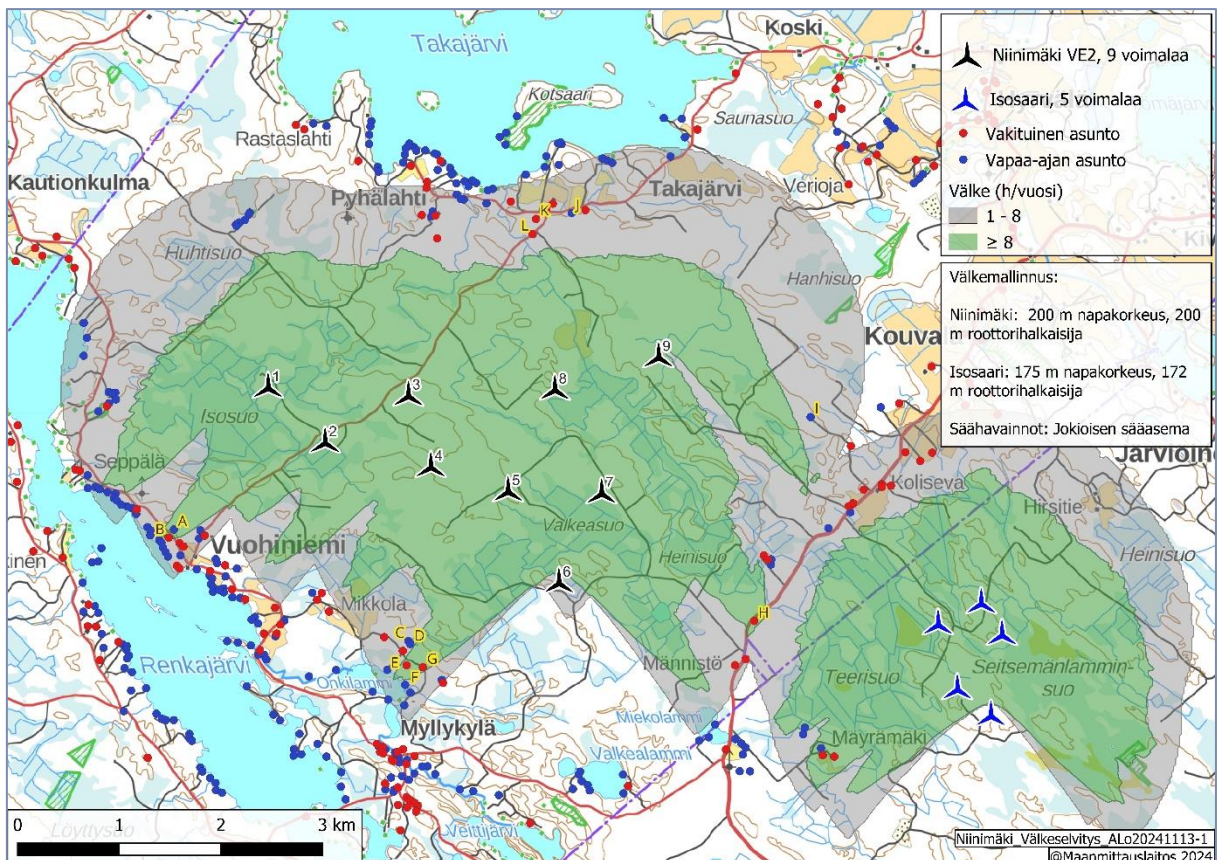
Taulukko 8. Varjoväkelaskennan tulokset, Niinimäki VE2.

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	343698	6760852	9:10	33:11	0:29	Kyllä
B	Vapaa-ajan asunto	343647	6760772	8:20	30:15	0:28	Kyllä
C	Vapaa-ajan asunto	346004	6759755	6:34	24:02	0:31	Osittain
D	Vakituinen asunto	346023	6759726	7:09	25:56	0:31	Osittain
E	Vakituinen asunto	345950	6759658	6:32	23:37	0:29	Ei
F	Vakituinen asunto	345989	6759517	9:22	33:53	0:29	Kyllä
G	Vakituinen asunto	346147	6759498	9:08	33:14	0:32	Kyllä
H	Vapaa-ajan asunto	349407	6759952	8:59	35:24	0:26	Kyllä
I	Vapaa-ajan asunto	349961	6761959	4:52	19:05	0:30	Ei
J	Vakituinen asunto	347610	6763964	4:43	49:41	0:34	Osittain
K	Vakituinen asunto	347260	6763908	4:40	46:51	0:31	Osittain
L	Vakituinen asunto	347227	6763759	6:43	66:16	0:48	Osittain

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

4.4 VAIHTOEHDON VE2 VÄLKEVAIKUTUKSET, YHDISTETTY

Seuraavassa kuvassa on esitetty Niinimäen ja läheisten tuulivoimahankkeiden yhteisvaikutusten tulokset. Välkemallinnuksessa on käytetty Niinimäen 9 voimalan sijoitussuunnitelmaa (VE2). Niinimäen mallinnus on toteutettu voimalalla, jonka napakorkeus on 200 metriä ja roottorihalkaisija 200 metriä. Läheisten tuulivoimahankkeiden tiedot löytyvät liitteestä 1.



Kuva 5. Varjovälkkeen muodostuminen Niinimäen alueella, VE2. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (A-L) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 9.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annettu maksimisuositus kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ylitetään viidessä havainnointipisteessä (vakituiset asunnot A, B, F, G, ja H). Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 h/v ylitetään seitsemässä havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 min/pv ylitetään seitsemässä havainnointipisteessä.

Varjovälkelaskennan tulokset läheiset tuulivoimahankkeet huomioiden on raportoitu 12 havainnointipisteen osalta taulukossa Taulukko 9.

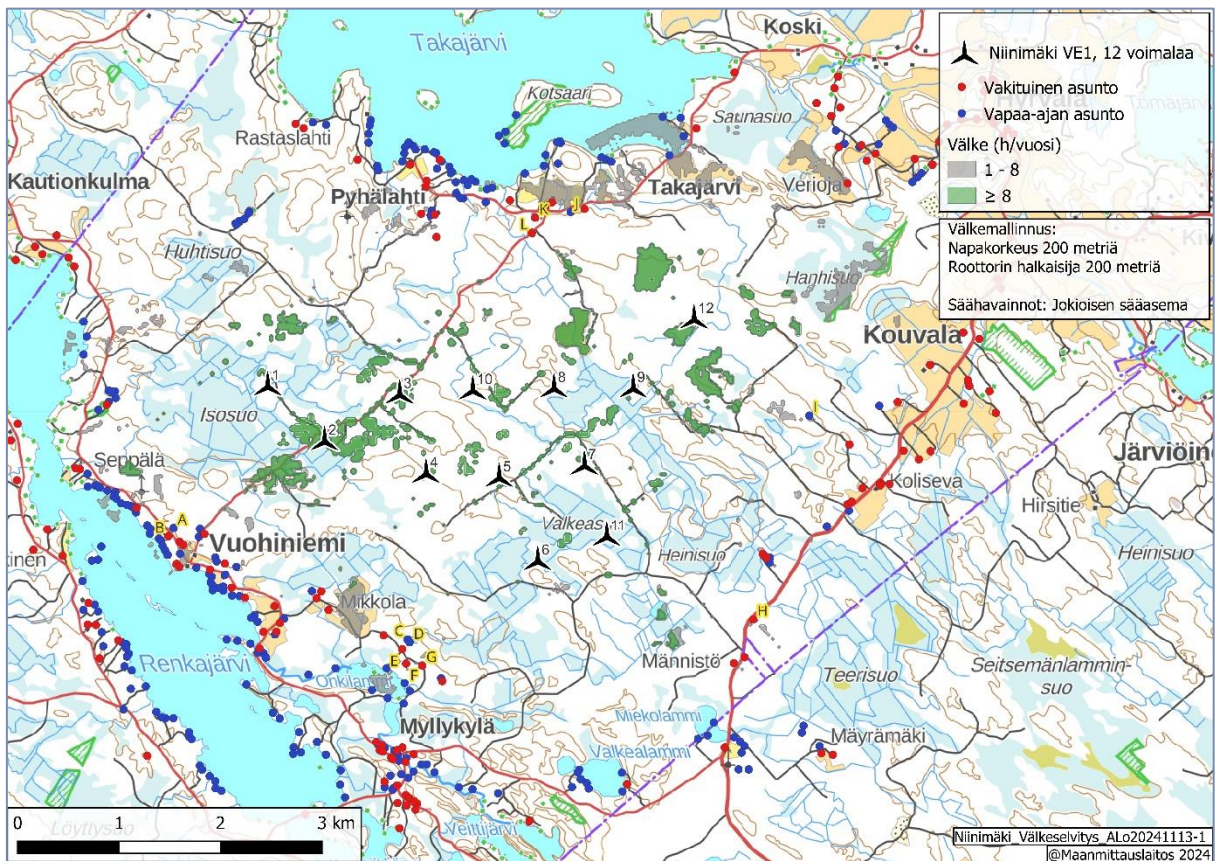
Taulukko 9. Varjoväkelaskennan tulokset, yhteisvaikutukset VE2.

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	343698	6760852	9:10	33:11	0:29	Kyllä
B	Vapaa-ajan asunto	343647	6760772	8:20	30:15	0:28	Kyllä
C	Vapaa-ajan asunto	346004	6759755	6:34	24:02	0:31	Osittain
D	Vakituinen asunto	346023	6759726	7:09	25:56	0:31	Osittain
E	Vakituinen asunto	345950	6759658	6:32	23:37	0:29	Ei
F	Vakituinen asunto	345989	6759517	9:22	33:53	0:29	Kyllä
G	Vakituinen asunto	346147	6759498	9:08	33:14	0:32	Kyllä
H	Vapaa-ajan asunto	349407	6759952	10:59	44:03	0:40	Kyllä
I	Vapaa-ajan asunto	349961	6761959	4:52	19:05	0:30	Ei
J	Vakituinen asunto	347610	6763964	4:43	49:41	0:34	Osittain
K	Vakituinen asunto	347260	6763908	4:40	46:51	0:31	Osittain
L	Vakituinen asunto	347227	6763759	6:43	66:16	0:48	Osittain

4.5 VÄLKEVAIKUTUKSET PUUSTON SUOJAAVA VAIKUTUS HUOMIOIDEN

Korkean puuston peittäessä tuulivoimalat, moneen havainnointipisteeseen ei muodostu lainkaan varjovälkettä. Kasvillisuuden peittäessä tietyt tuulivoimalat, havainnointipisteeseen muodostuva varjovälkkeen kokonaismäärä vähenee. Seuraavassa kuvassa on esitetty välkemallinnuksen tulokset kasvillisuuden korkeus huomioon ottaen ja jäljempänä tulokset on kuvailtu sanallisesti. Puuston korkeustiedot on poimittu Luonnonvarakeskuksen latauspalvelusta (Luke, 2021).

4.5.1 VAIHTOEHDON VE1 VÄLKEVAIKUTUKSET



Kuva 6. Varjovälkkeen muodostuminen Niinimäen alueella puuston suojaava vaikutus huomioiden. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (A-L) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 10.

Kasvillisuuden suojaava vaikutus huomioitaessa välke aika on pienempi useassa havainnointipisteessä ja näistä kolmeen välkettä ei kohdistu lainkaan. Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitetä yhdessäkään havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen vuotuista 30 h/v ei ylitetä

yhdessäkään havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositusta 30 minuuttia päivässä ei ylitetä yhdessäkään havainnointipisteessä.

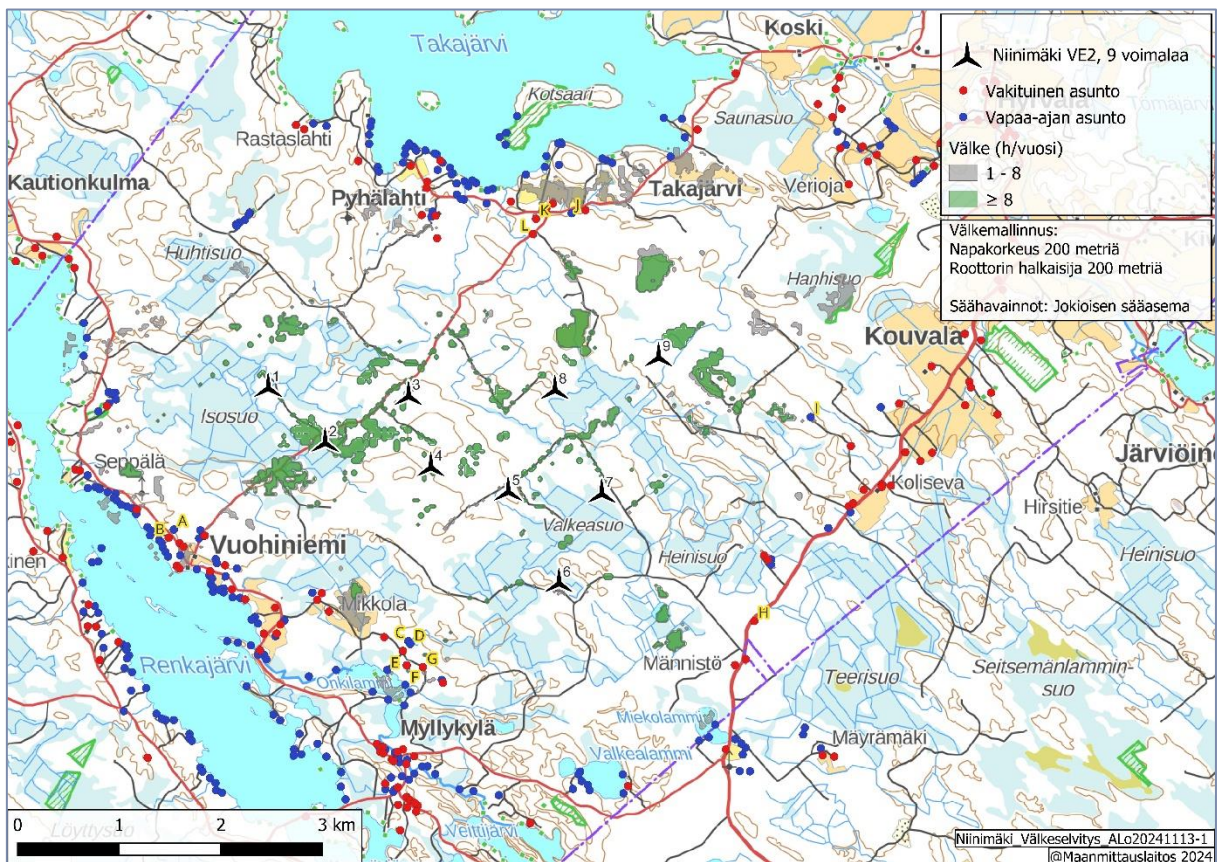
Niinimäen väkelaskennan tulokset, kun kasvillisuus on otettu huomioon, on raportoitu kahdentoista havainnointipisteen osalta taulukossa [Taulukko 10](#).

Taulukko 10. Varjoväkelaskennan tulokset, puuston vaikutus huomioiden.

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	343698	6760852	0:00	0:00	0:00	Ei
B	Vapaa-ajan asunto	343647	6760772	0:00	0:00	0:00	Ei
C	Vapaa-ajan asunto	346004	6759755	0:00	0:00	0:00	Ei
D	Vakituinen asunto	346023	6759726	0:00	0:00	0:00	Ei
E	Vakituinen asunto	345950	6759658	0:00	0:00	0:00	Ei
F	Vakituinen asunto	345989	6759517	0:00	0:00	0:00	Ei
G	Vakituinen asunto	346147	6759498	0:00	0:00	0:00	Ei
H	Vapaa-ajan asunto	349407	6759952	0:00	0:00	0:00	Ei
I	Vapaa-ajan asunto	349961	6761959	0:00	0:00	0:00	Ei
J	Vakituinen asunto	347610	6763964	0:00	0:00	0:00	Ei
K	Vakituinen asunto	347260	6763908	0:00	0:00	0:00	Ei
L	Vakituinen asunto	347227	6763759	0:00	0:00	0:00	Ei

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

4.5.2 VAIHTOEHDON VE2 VÄLKEVAIKUTUKSET



Kuva 7. Varjovälkkeen muodostuminen Niinimäen alueella puuston suojaava vaikutus huomioiden. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (A-L) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 11.

Kasvillisuuden suojaava vaikutus huomioitaessa välke aika on pienempi useassa havainnointipisteessä. Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitetä. Teoreettisen maksimitilanteen vuotuista 30 h/v ei ylitetä yhdessäkään havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositusta 30 minuuttia päivässä ei ylitetä yhdessäkään havainnointipisteessä. Niinimäen välkelaskennan tulokset, kun kasvillisuus on otettu huomioon, on raportoitu neljäntoista havainnointipisteen osalta taulukossa **Taulukko 11**.

Taulukko 11. Varjoväkelaskennan tulokset, puuston vaikutus huomioiden.

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	343698	6760852	0:00	0:00	0:00	Ei
B	Vapaa-ajan asunto	343647	6760772	0:00	0:00	0:00	Ei
C	Vapaa-ajan asunto	346004	6759755	0:00	0:00	0:00	Ei
D	Vakituinen asunto	346023	6759726	0:00	0:00	0:00	Ei
E	Vakituinen asunto	345950	6759658	0:00	0:00	0:00	Ei
F	Vakituinen asunto	345989	6759517	0:00	0:00	0:00	Ei
G	Vakituinen asunto	346147	6759498	0:00	0:00	0:00	Ei
H	Vapaa-ajan asunto	349407	6759952	2:26	10:15	0:24	Ei
I	Vapaa-ajan asunto	349961	6761959	0:00	0:00	0:00	Ei
J	Vakituinen asunto	347610	6763964	0:00	0:00	0:00	Ei
K	Vakituinen asunto	347260	6763908	0:00	0:00	0:00	Ei
L	Vakituinen asunto	347227	6763759	0:00	0:00	0:00	Ei

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

4.6 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.

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.

4.7 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

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

Etha Wind (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 12. Niinimäen voimaloiden sijaintitiedot, VE1 (12 voimalaa).

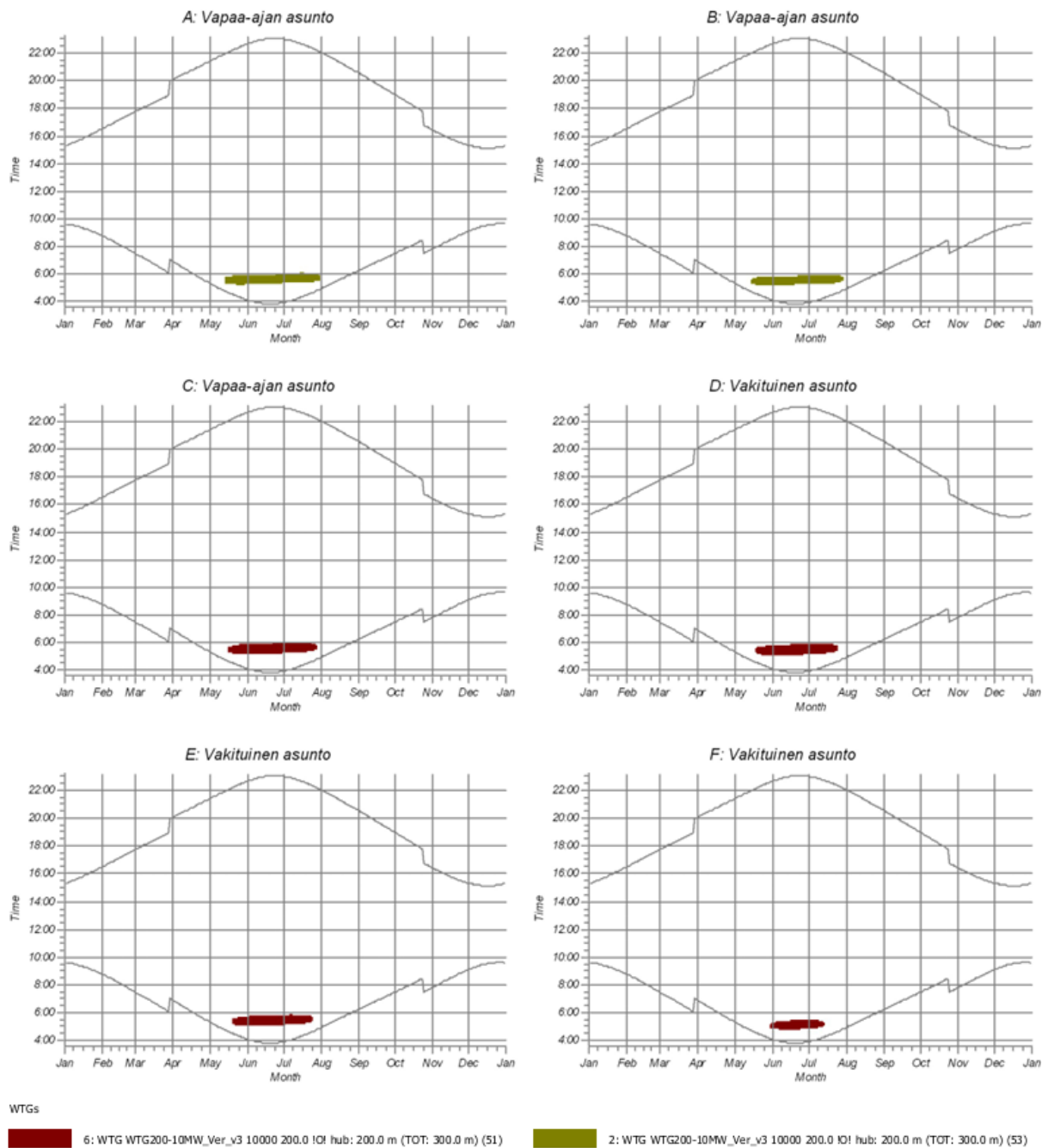
Voimalan ID	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	344624	6762278	200/200/300
2	345184	6761738	200/200/300
3	345924	6762198	200/200/300
4	346184	6761418	200/200/300
5	346904	6761378	200/200/300
6	347284	6760558	200/200/300
7	347744	6761498	200/200/300
8	347444	6762258	200/200/300
9	348224	6762258	200/200/300
10	346644	6762238	200/200/300
11	347964	6760798	200/200/300
12	348824	6762938	200/200/300

Taulukko 13. Niinimäen voimaloiden sijaintitiedot, VE2 (9 voimalaa).

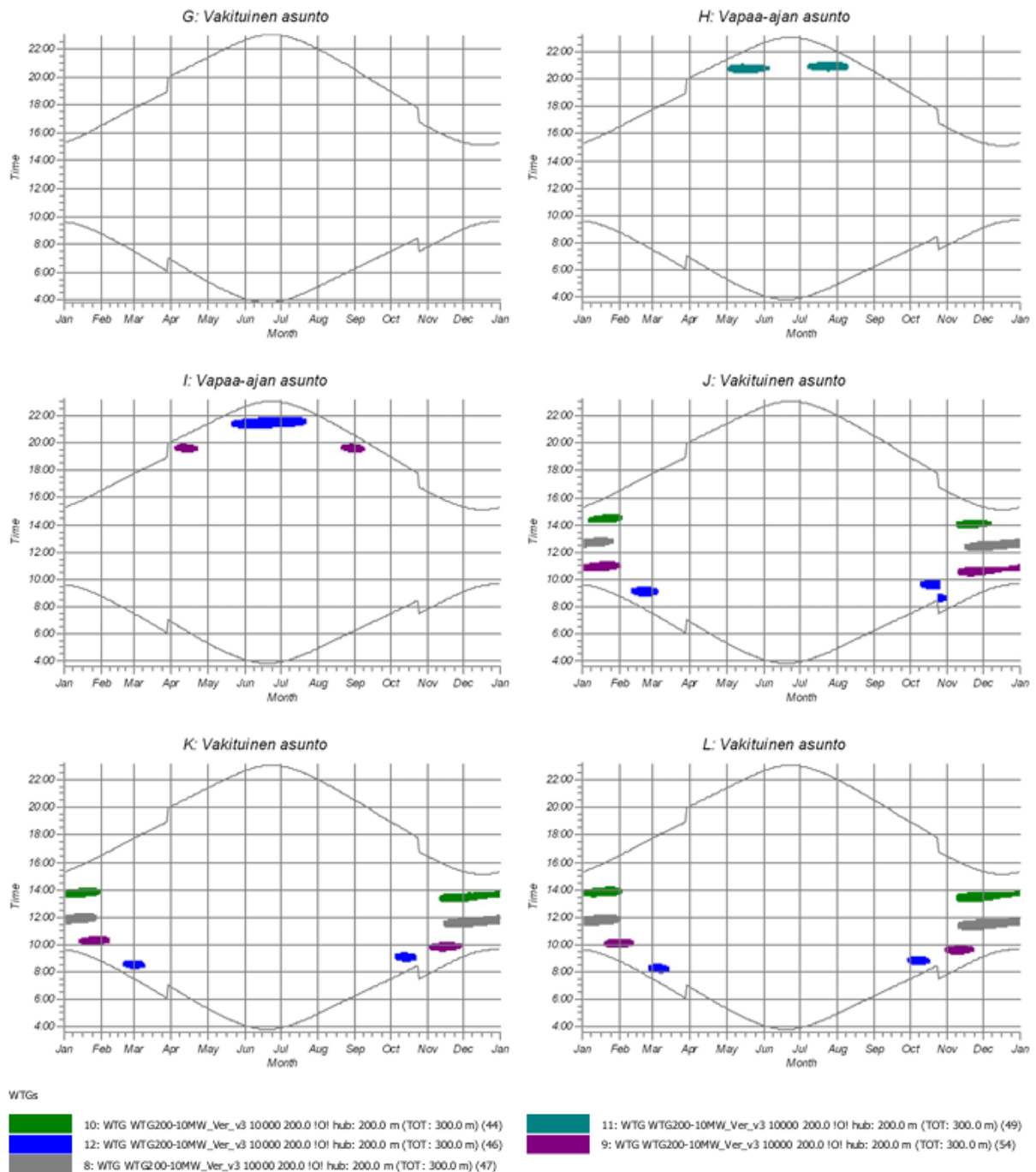
Voimalan ID	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	344624	6762278	200/200/300
2	345184	6761738	200/200/300
3	346004	6762198	200/200/300
4	346224	6761498	200/200/300
5	346984	6761258	200/200/300
6	347484	6760358	200/200/300
7	347904	6761238	200/200/300
8	347444	6762258	200/200/300
9	348464	6762578	200/200/300

Taulukko 14. Isosaari, voimaloiden sijaintitiedot (5 voimalaa)

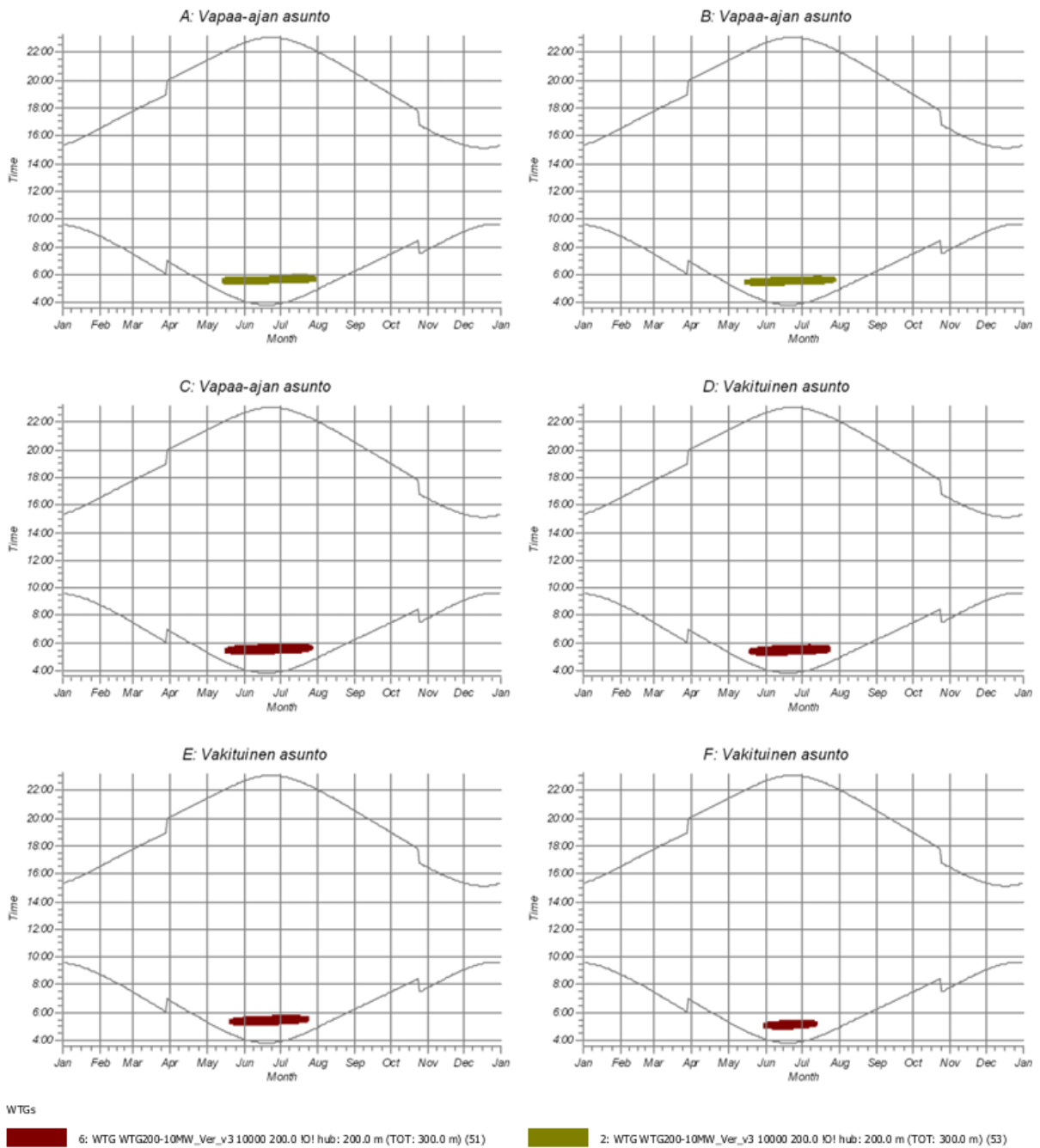
Voimalan ID	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	351213	6759950	174/172/261
2	351402	6759313	174/172/261
3	351733	6759052	174/172/261
4	351841	6759847	174/172/261
5	351637	6760157	174/172/261



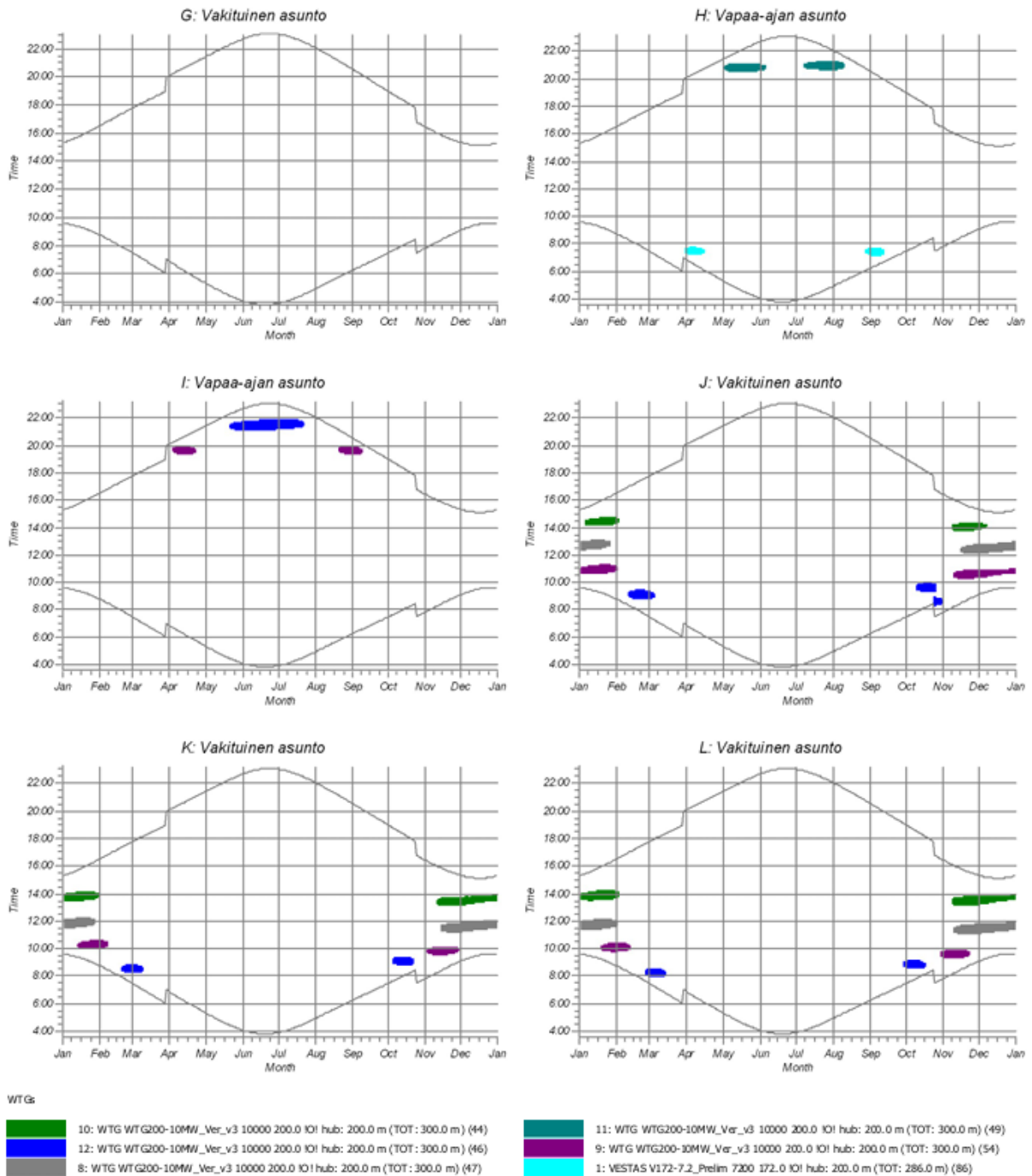
Kuva 8. Varjovälkkeen ajankohdat Niinimäen VE1 havainnointipisteissä A-F.



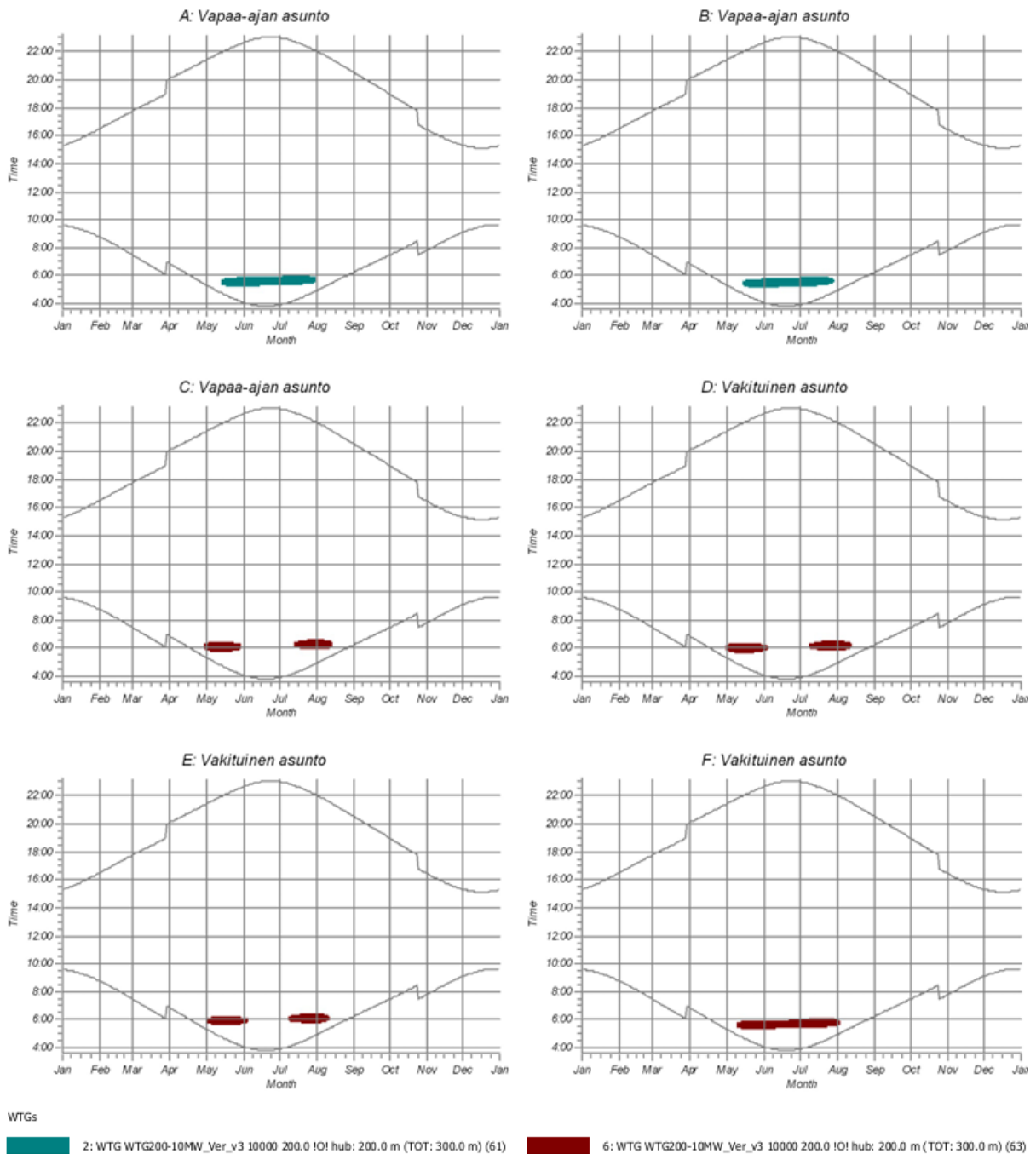
Kuva 9. Varjovälkkeen ajankohdat Niinimäen VE1 havainnointipisteissä G-L.



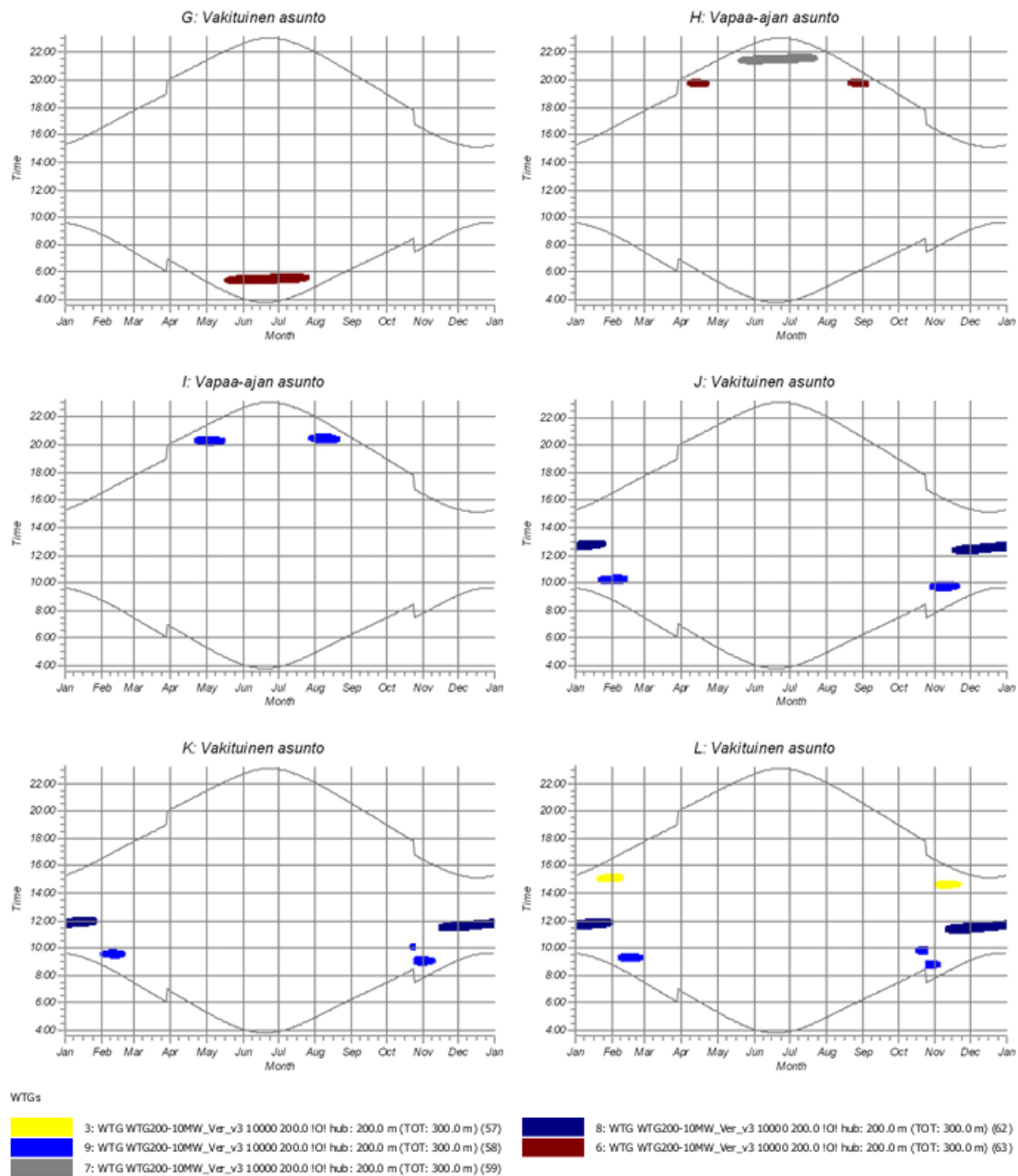
Kuva 10. Varjovälkkeen yhteisvaikutusten ajankohdat Niinimäen VE1 ja Isosaaren läheisen tuulivoimahankkeen havainnointipisteissä A-F.



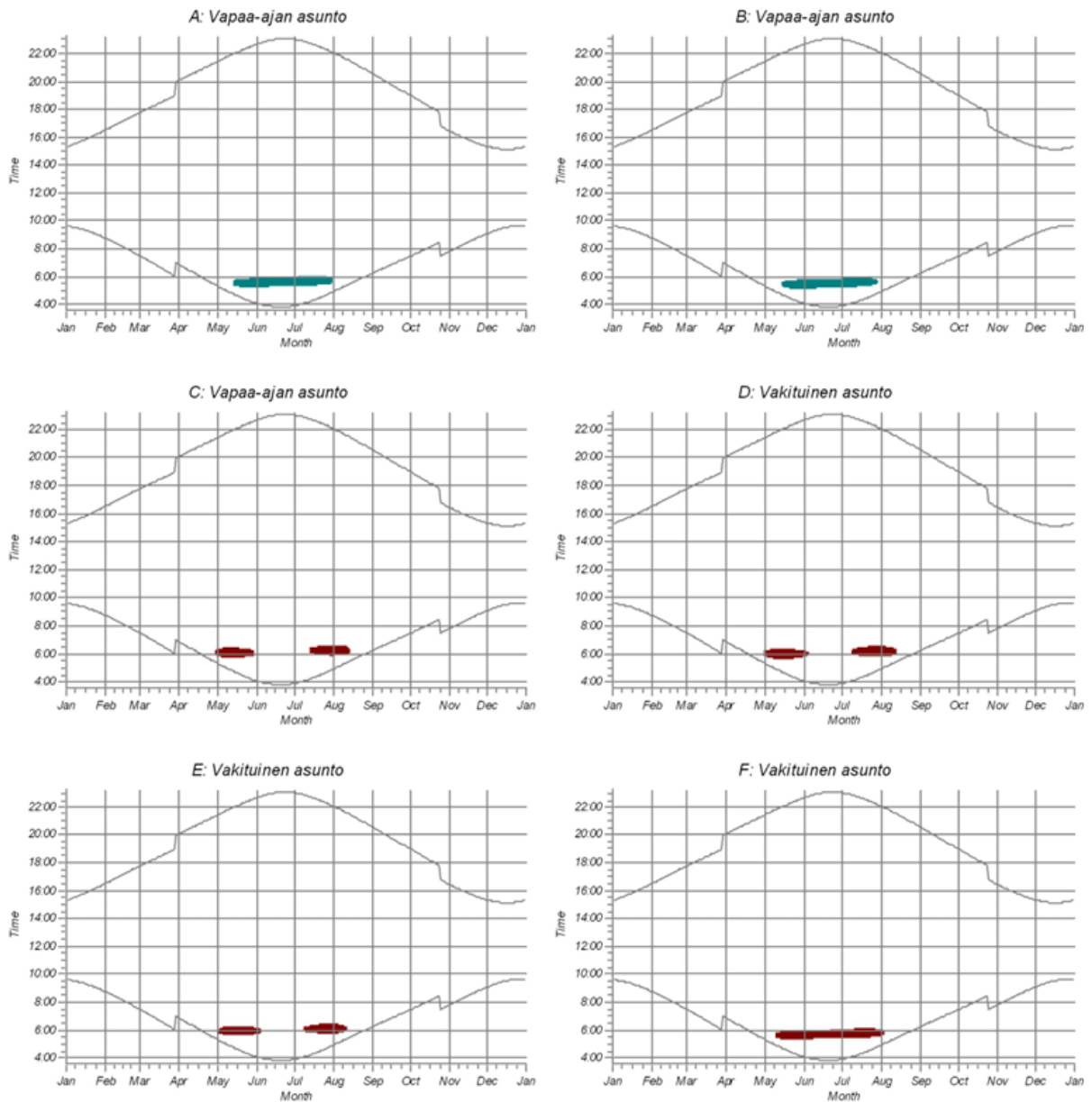
Kuva 11. Varjovälkkeen yhteisvaikutusten ajankohdat Niinimäen VE1 ja Isosaaren läheisen tuulivoimahankkeen havainnointipisteissä G-L.



Kuva 12. Varjovälkkeen ajankohdat Niinimäen VE2 havainnointipisteissä A-F.



Kuva 13. Varjovälkkeen ajankohdat Niinimäen VE2 havainnointipisteissä G-L.

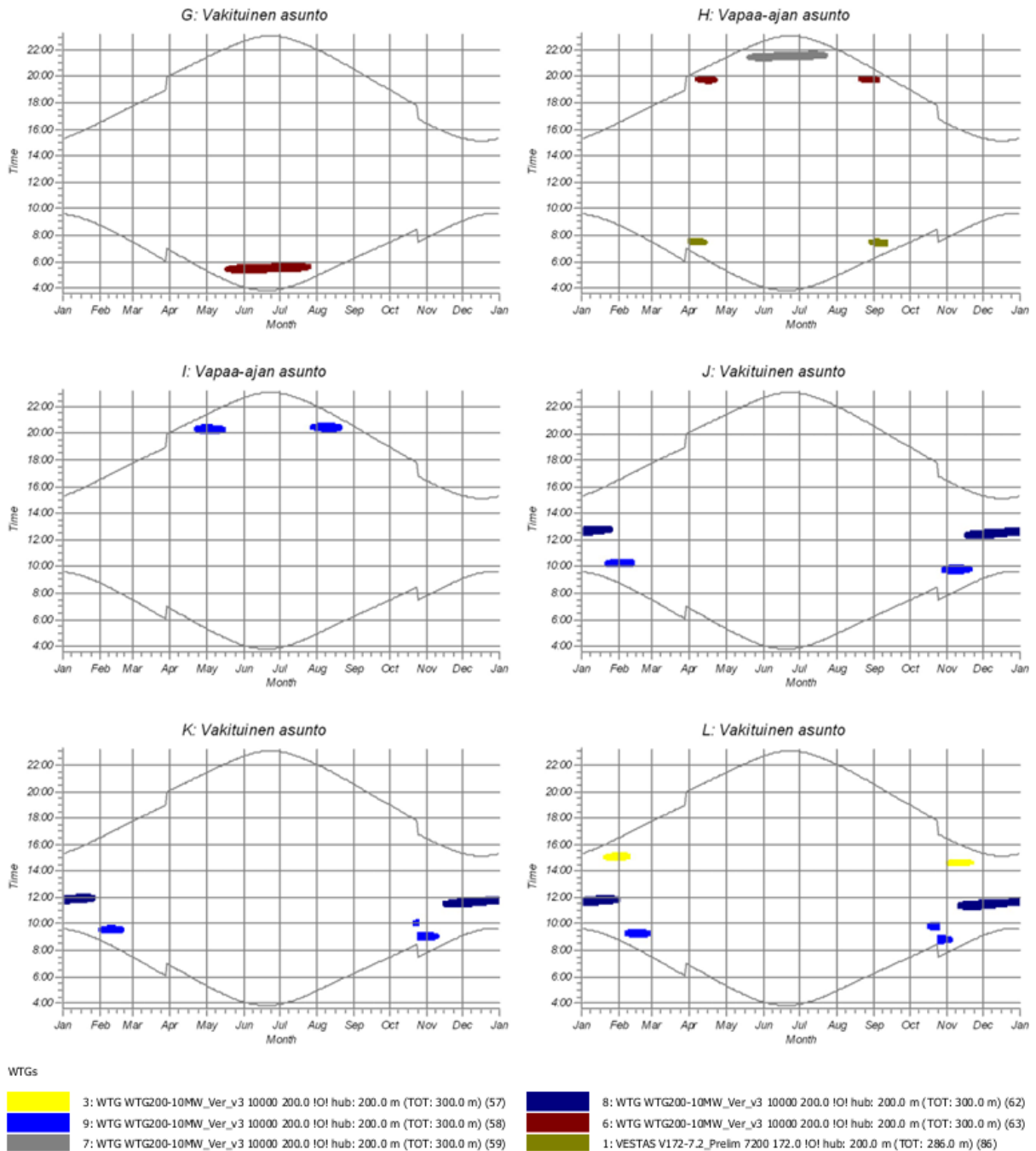


WTGs

2: WTG WTG200-10MW_Ver_v3 10000 200.0 m (TOT: 300.0 m) (61)

6: WTG WTG200-10MW_Ver_v3 10000 200.0 m (TOT: 300.0 m) (63)

Kuva 14. Varjovälkkeen yhteisvaikutusten ajankohdat Niinimäen VE2 ja Isosaaren läheisen tuulivoimahankkeen havainnointipisteissä A-F.



Kuva 15. Varjovälkkeen yhteisvaikutusten ajankohdat Niinimäen VE2 ja Isosaaren läheisen tuulivoimahankkeen havainnointipisteissä G-L.