



VÄLKESELVITYS

Iso-Petäjämäen Tuulivoimapuisto

10.06.2024

SISÄLLYSLUETTELO

1	YHTEENVETO.....	3
2	TAUSTA.....	5
3	VARJOVÄLKKEEN MUODOSTUMINEN.....	6
3.1	OHJE- JA RAJA-ARVOT.....	7
3.2	VARJOVÄLKKEEN LÄHTÖTIEDOT JA MENETELMÄT	7
4	VÄLKEVAIKUTUKSET	11
4.1	VAIHTOEHDON VE1 VÄLKEVAIKUTUKSET	11
4.2	VAIHTOEHDON VE2 VÄLKEVAIKUTUKSET	14
4.3	VÄLKEVAIKUTUKSET PUUSTON SUOJAAVA VAIKUTUS HUOMIOIDEN	17
4.3.1	VAIHTOEHDON VE1 VAIKUTUKSET	17
4.3.2	VAIHTOEHDON VE2 VAIKUTUKSET	19
4.4	VÄLKEVAIKUTUKSET NAAPURIPUISTOT HUOMIOIDEN.....	21
4.4.1	VAIHTOEHDON VE1 VAIKUTUKSET	21
4.4.2	VAIHTOEHDON VE2 VAIKUTUKSET	23
4.5	VAIKUTUSTEN ARVIOINNIN EPÄVARMUUSTEKIJÄT	26
4.6	HAITTOJEN EHKÄISEMINEN	26
5	LÄHTEET.....	28
	LIITE 1: SJOITUSSUUNNITELMAT	29
	LIITE 2: GRAAFISET KAAVIOT VÄLKKEEN TOOREETTISESTA MAKSIMITILANTEESTA HAVAINNOINTIPISTEISSÄ. VE1, 12 VOIMALAA.....	31
	LIITE 3: GRAAFISET KAAVIOT VÄLKKEEN TOOREETTISESTA MAKSIMITILANTEESTA HAVAINNOINTIPISTEISSÄ. VE2, 11 VOIMALAA.....	33
	LIITE 4: VAIHTOEHDON VE1 MUUTOKSEN VAIKUTUS	35

VERSIOHISTORIA

Versio	Tekijä	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
Ver 1	Ilmari Katajamäki, 20.11.2023	Alexander Ehms 21.11.2023	Alexander Ehms 21.11.2023	Iso-Petäjämäen tuulivoimapuiston välkeselvitys, naapuripuistot huomioiden.
Ver 2	Elina Sippola, 09.06.2024	Christian Granlund 10.6.2024	Christian Granlund 10.6.2024	Välkeselvityksen päivitys: Vaihtoehdon VE1 sijoitussuunnitelmasta poistettu pohjoisin voimala ja voimaloiden kokonaiskorkeutta laskettu 280 metriin.

1 YHTEENVETO

Tehtävä:

Välkeselvitys Iso-Petäjämäen tuulivoimapuiston vaikutusalueella. Selvityksessä on otettu huomioon myös viereinen suunnitteilla oleva tuulivoimapuisto Tielampi.

Työmenetelmät:

Välkeselvitykseen 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. 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). Tämän raportin välkemallinnustuloksia on verrattu edellä mainittuihin suositusarvoihin.

Tässä selvityksessä on tarkasteltu kahta eri hankevaihtoehtoa ja niiden välkevaikutuksia (VE1 ja VE2). Ruotsissa ja Saksassa annettu maksimisuositus kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ylitetään yhdessä Iso-Petäjämäen tuulivoimapuiston havainnointipisteessä vaihtoehdossa VE1 (12 voimalaa) ja vaihtoehdossa VE2 (11 voimalaa). Teoreettisen maksimitilanteen mallinnuksessa suosituksia (30 h/v ja 30 min/p) ylitetään usean lähellä sijaitsevan asunnon kohdalla. Naapuripuiston yhteisvaikutukset huomioiden maksimisuositukset ja teoreettiset suositukset ylitetään useiden asuntojen kohdalla.

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

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

Mallinnus	>10h "Todellinen tilanne"	>8h "Todellinen tilanne"	>30 h/vuosi Teoreettinen maksimi	>30 min/pv Teoreettinen maksimi
Vertailuarvon ylityksiä				
Iso-Petäjämäki VE1 ilman naapurituulipuistoja ja puustoa	0	1	4	5
Iso-Petäjämäki VE1, puusto huomioiden	0	0	1	1
Iso-Petäjämäki VE1, naapurituulipuistot huomioiden	4	5	6	7

"Todellinen tilanne" viittaa Ruotsissa ja Saksassa annettuun 8 h/v suositusarvoon ja Tanskassa annettuun 10 h/v vertailuarvoon.

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

Mallinnus	>10h "Todellinen tilanne"	>8h "Todellinen tilanne"	>30 h/vuosi Teoreettinen maksimi	>30 min/pv Teoreettinen maksimi
Vertailuarvon ylityksiä				
Iso-Petäjämäki VE2 ilman naapurituulipuistoja ja puustoa	0	1	2	4
Iso-Petäjämäki VE2, puusto huomioiden	0	0	0	1
Iso-Petäjämäki VE2, naapurituulipuistot huomioiden	4	5	7	7

"Todellinen tilanne" viittaa Ruotsissa ja Saksassa annettuun 8 h/v suositusarvoon ja Tanskassa annettuun 10 h/v vertailuarvoon.

2 TAUSTA

Tämä välkeselvitys on tehty Iso-Petäjämäen tuulivoimapuistolle Lapinlahden kunnan alueella. Tässä selvityksessä on tarkistettu kaksi eri sijoitussuunnitelman vaihtoehtoa, jotka on muodostettu ympäristövaikutusten arviointimenettelyä ja kaavoitusmenettelyä varten.

- VE1: 12 voimalaa. Roottorinhalkaisija 200 m ja napakorkeus 180 m. Kokonaiskorkeus 280 m.
- VE2: 11 voimalaa. Roottorinhalkaisija 200 m ja napakorkeus 200 m. Kokonaiskorkeus 300 m.

Tässä selvityksessä on huomioitu Iso-Petäjämäen lisäksi viereinen naapuripuisto, Tielampi, ja molempien puistojen yhteisvaikutukset. Tielammen sijoitussuunnitelmana on käytetty yhtä sijoitussuunnitelmaa.

- 17 voimalaa. Roottorinhalkaisija 170 m ja napakorkeus 165 m. Kokonaiskorkeus 250 m.

Välkeselvitys on tehty WindPRO 4.0 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 aikaisin aamulla ja myöhään illalla, 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 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 ohje-arvoja. 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 ja ne on laskennassa otettu huomioon

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. Puusto ja muu kasvillisuus huomioidaan kappaleessa 4.3, minkä takia paikoittain raportoidaan matalampia välkearvoja. Muissa kappaleissa puustoa ja muuta kasvillisuutta ei ole huomioitu, joten raportoidut välkearvot ovat paikoittain liian korkeita. 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 Jyväskylän säähavaintoja. Jyväskylän 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 3. Mallinnuksessa käytetyt asetukset

Asetus	Kuvaus
Auringonpaisteajat	Jyväskylän sääaseman havainnot, Ilmatieteen laitos (taulukko 4)
Toiminta-aika	Laskettu tuulisuustietojen perusteella (EWS22*, taulukko 5)
Asuntojen asetus	Kasvihuone-asetus
Mallinnus	Välkemallinnus vakiintuneen menetelmän mukaisesti (LAI 2002)
Lapaparametrit	Arvioidut 200 metrin roottorihalkaisijan tuulivoimalan lapaparametrit
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

**Toiminta-ajassa kuvattu "EWS22" lyhenne viittaa työmenetelmään, jossa arvioidaan projektin tuulisuustiedot ilman mittauksia. Menetelmä perustuu EMD-WRF Europe+ MesoScale tuulisuustietoihin.*

Taulukko 4. Mallinnuksessa käytetyt auringonpaisteajat

Kuukausi	Keskimääräinen auringonpaisteen tuntimäärä päivässä
Tammikuu	0,81
Helmikuu	2,25
Maaliskuu	4,39
Huhtikuu	5,97
Toukokuu	8,13
Kesäkuu	8,13
Heinäkuu	8,42
Elokuu	6,71
Syyskuu	4,10
Lokakuu	1,90
Marraskuu	0,67
Joulukuu	0,32
Keskiarvo	4,32

Taulukko 5. Tuulivoimaloiden toiminta-aika (VE1).

Tuulensuunta	Toiminta-aika (h/y)
Pohjoinen	578
Pohjoiskoillinen	441
Itäkoillinen	403
Itä	437
Itäkaakko	536
Eteläkaakko	768
Etelä	1036
Etelälounas	1103
Länsilounas	758
Länsi	666
Länsiluode	660
Pohjoisluode	634
Summa	8019

Taulukko 6. Tuulivoimaloiden toiminta-aika (VE2).

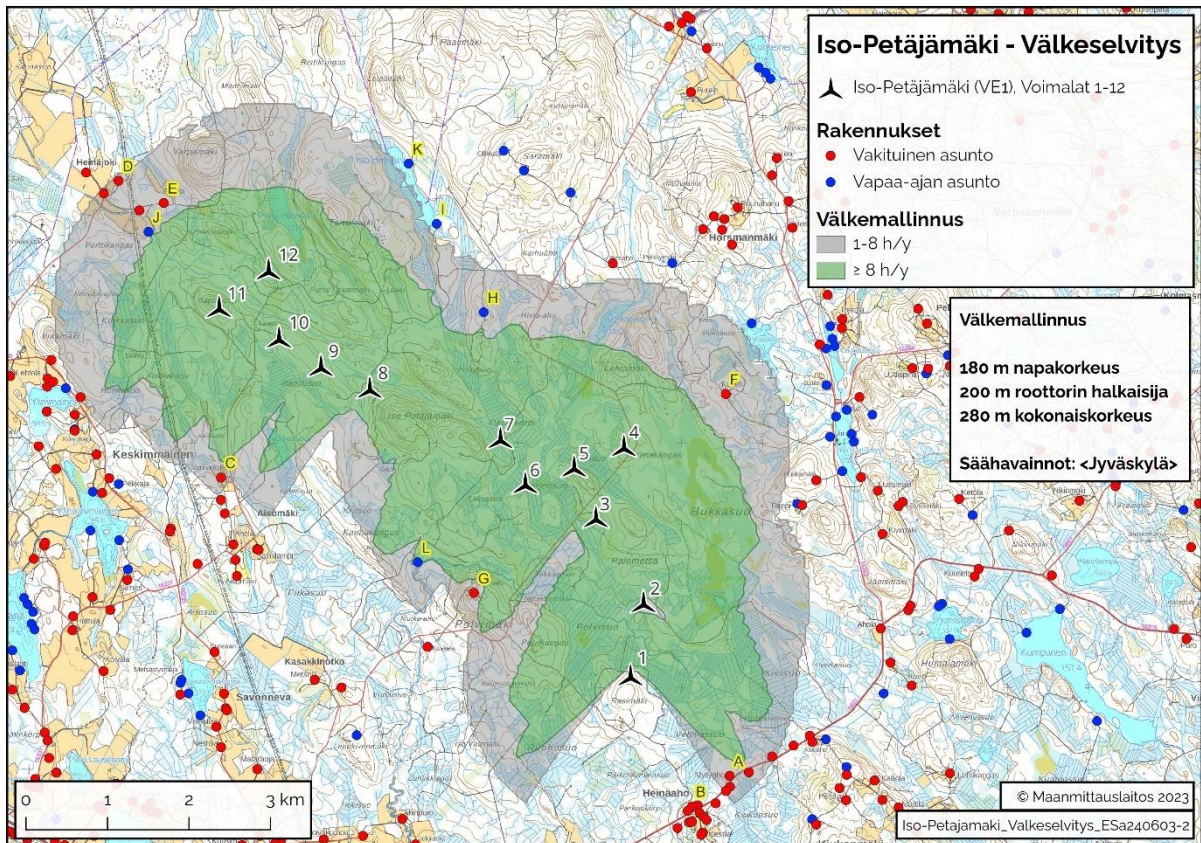
Tuulensuunta	Toiminta-aika (h/v)
Pohjoinen	579
Pohjoiskoillinen	441
Itäkoillinen	404
Itä	438
Itäkaakko	537
Eteläkaakko	769
Etelä	1038
Etelälounas	1105
Länsilounas	760
Länsi	667
Länsiluode	661
Pohjoisluode	635
Summa	8034

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.

Alla olevassa kartassa on kuvattuna Iso-Petäjämäen puiston välkevaikutukset yksinään. Iso-Petäjämäen välkemallinnus on tehty voimalamallilla, jonka napakorkeus on 180 metriä ja roottorin halkaisija 200 metriä, jolloin kokonaiskorkeus on 280 metriä.



Kuva 2. Varjovälkkeen muodostuminen Iso-Petäjämäen alueella, huomioiden yksinään Iso-Petäjämäki. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (A-L) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 7.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annettu maksimisuositus kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ylitetään yhden asunnon kohdalla. Teoreettiset maksimisuositukset ylitetään viiden asunnon kohdalla.

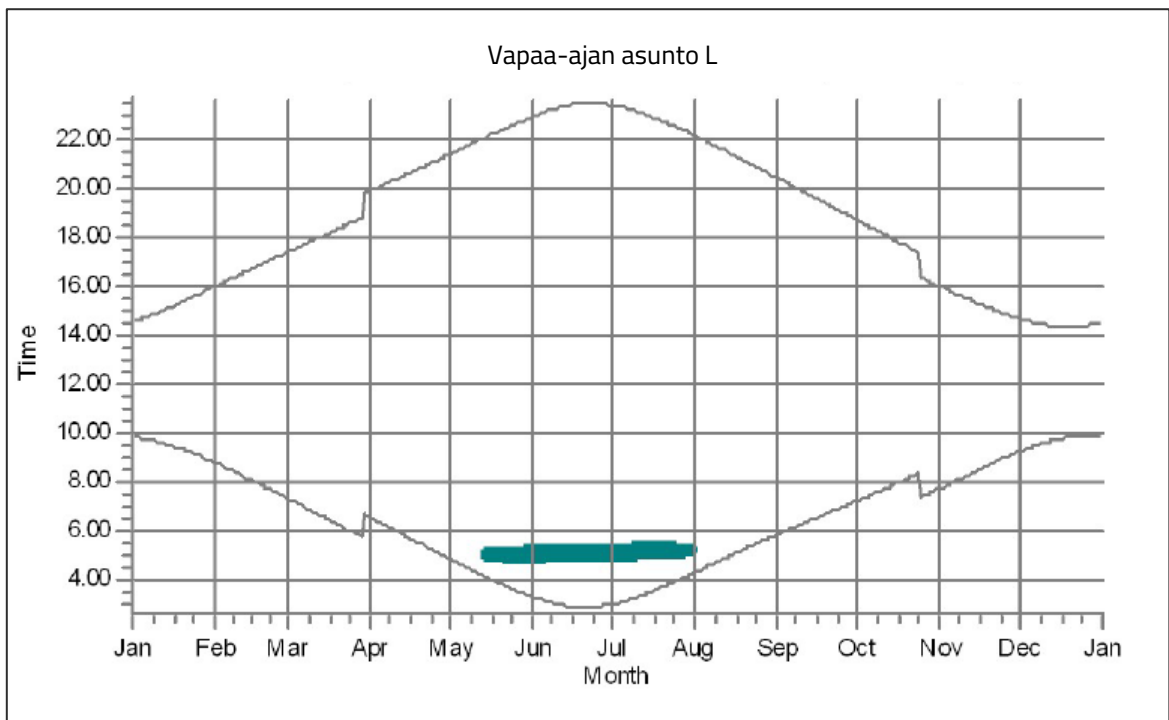
Laskennassa on tarkasteltu välkettä myös yksittäisissä havainnointipisteissä. Seuraavissa taulukoissa on laskennasta saadut tulokset havainnointipisteille.

Taulukko 7. Varjovälkelaskennan tulokset, huomioiden yksinään Iso-Petäjämäki VE1. Kasvillisuuden vaikutusta ei ole huomioitu.

Havainnointi piste	Asunnon luokka	Itäinen koord. (ETRS TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS TM35FIN)	Vilkkumisen määrä (todellinen tilanne, ei kasvillisuutta, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, ei kasvillisuutta, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, ei kasvillisuutta, h/pv)	Suositusarvon ylitys
A	Vakituinen asunto	526593	7031922	4:56	20:14	0:29	Ei
B	Vakituinen asunto	526130	7031548	0:00	0:00	0:00	Ei
C	Vakituinen asunto	520356	7035581	3:15	14:05	0:25	Ei
D	Vakituinen asunto	519099	7039222	1:23	11:48	0:25	Ei
E	Vakituinen asunto	519653	7038950	5:03	38:55	0:34	Osittain*
F	Vakituinen asunto	526545	7036606	2:56	18:24	0:34	Osittain*
G	Vakituinen asunto	523456	7034166	6:00	24:42	0:28	Ei
H	Vapaa-ajan asunto	523576	7037609	4:05	45:27	0:32	Osittain*
I	Vapaa-ajan asunto	522999	7038694	0:00	0:00	0:00	Ei
J	Vapaa-ajan asunto	519465	7038596	6:12	39:34	0:38	Osittain*
K	Vapaa-ajan asunto	522656	7039432	0:00	0:00	0:00	Ei
L	Vapaa-ajan asunto	522768	7034542	8:31	35:43	0:31	Kyllä

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

Alla oleva kuvaaja osoittaa vaihtoehto VE1 varjovälkkeen muodostumisen ajankohdan tunnit (time) ja kuukaudet (month) havainnointipisteessä L. Kuvaajat osoittavat, että varjovälke vapaa-ajan asunnon L alueelle muodostuu voimalasta numero 6. Kuvaaja havainnollistaa välkkeen teoreettista maksimitilannetta, eikä kuvasta välkkeen todellista muodostumista. Huomioitavaa on, että varjovälkkeen muodostumista häiriintyviin kohteisiin on mahdollista rajoittaa automatisoidusti (ks. kappale 4.6).



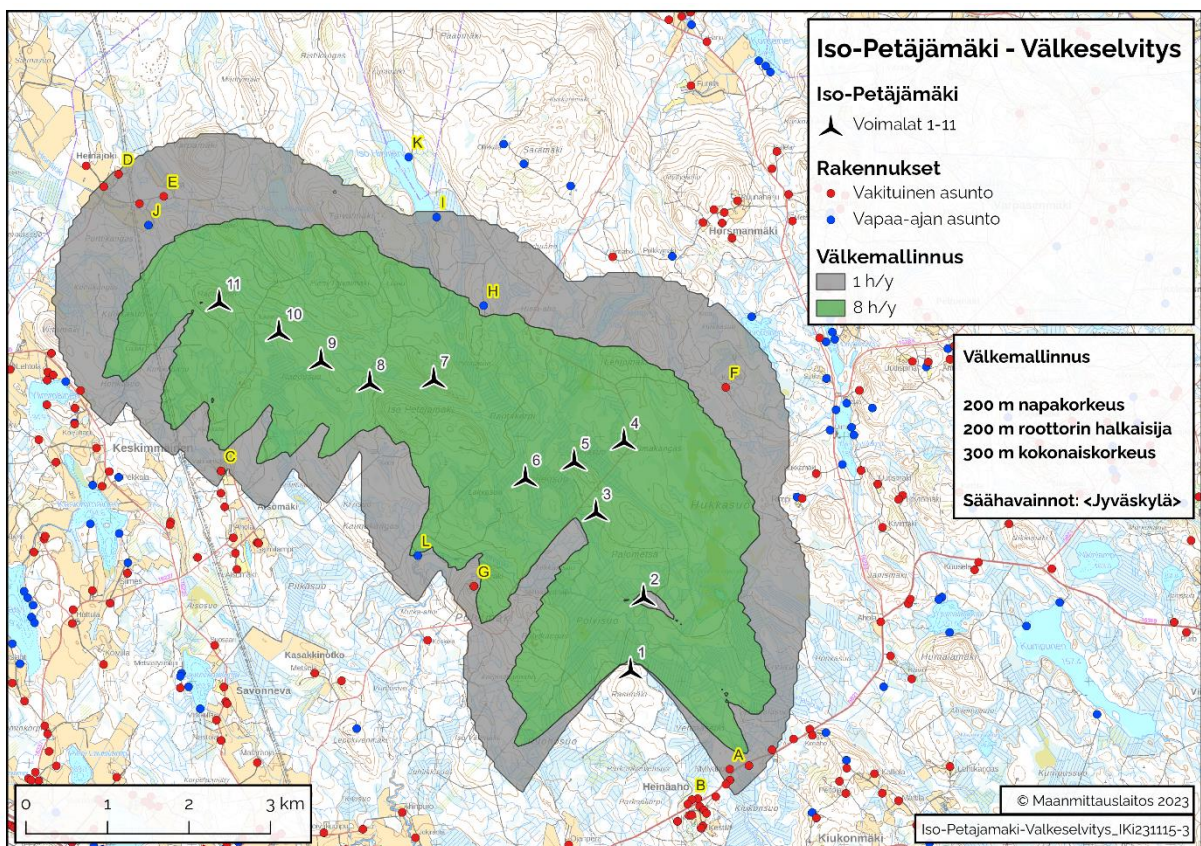
Voimala 6: Roottorinhalkaisija 200 m ja napakorkeus 180 m, kokonaiskorkeus 280 m

Kuva 3. Graafinen kuvaaja välkkeen teoreettisesta maksimitilanteesta ja merkintöjen selite vaihtoehto VE1, vapaa-ajan asunto L. Kasvillisuutta ei ole huomioitu.

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.

Alla olevassa kartassa on kuvattuna Iso-Petäjämäenn puiston välkevaikutukset yksinään. Iso-Petäjämäen välkemallinnus on tehty voimalamallilla, jonka napakorkeus on 200 metriä ja roottorin halkaisija 200 metriä, jolloin kokonaiskorkeus on 300 metriä.



Kuva 4. Varjovälkkeen muodostuminen Iso-Petäjämäen alueella, huomioiden yksinään Iso-Petäjämäki. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (A-L) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 8.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ylittyy yhdessä asunnossa. Teoreettiset maksimisuositukset ylitetään viiden asunnon kohdalla.

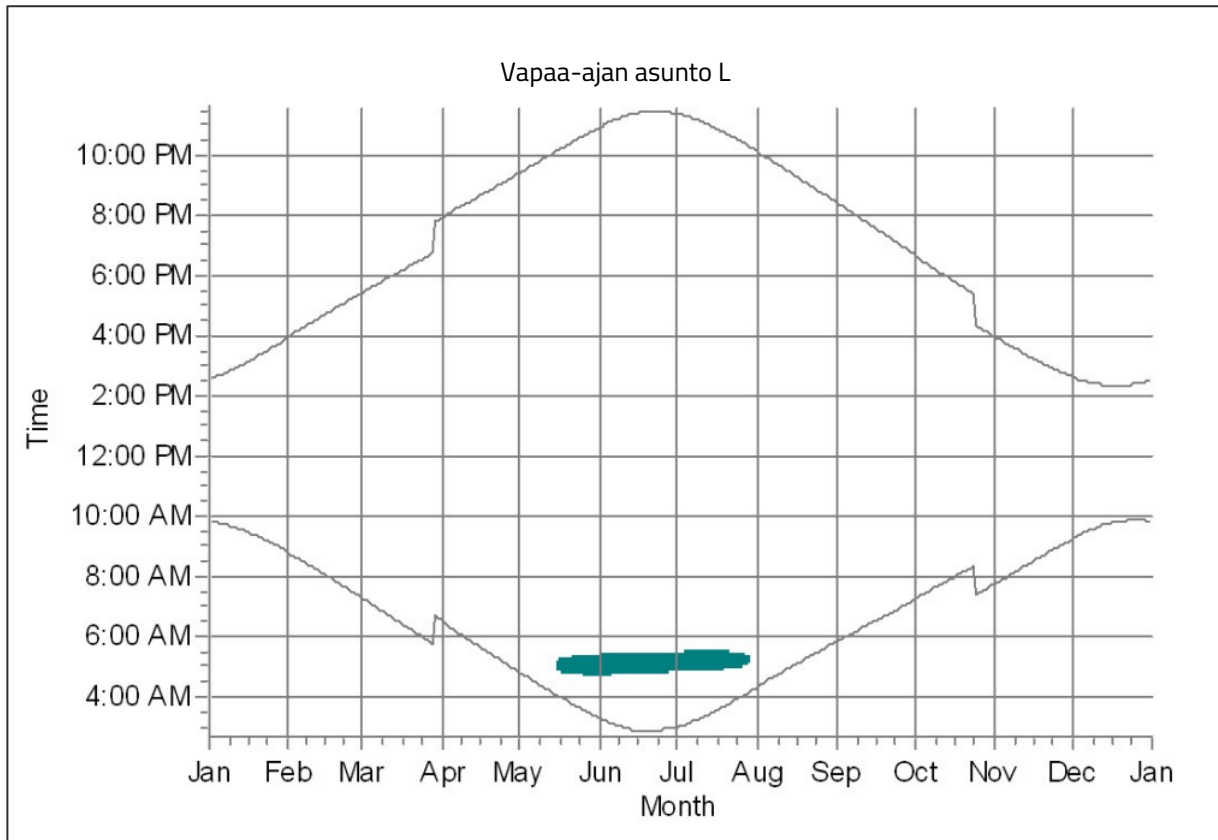
Taulukko 8. Varjovälkelaskennan tulokset, huomioiden yksinään Iso-Petäjämäki VE2. Kasvillisuuden vaikutusta ei ole huomioitu.

Havainnointi piste	Asunnon luokka	Itäinen koord. (ETRS TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS TM35FIN)	Vilkkumisen määrä (todellinen tilanne, ei kasvillisuutta, a, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, ei kasvillisuutta, a, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, ei kasvillisuutta, a, h/pv)	Suositusarvon ylitys
A	Vakituinen asunto	526593	7031922	4:00	16:30	0:27	Ei
B	Vakituinen asunto	526130	7031548	0:00	0:00	0:00	Ei
C	Vakituinen asunto	520356	7035581	2:15	9:48	0:21	Ei
D	Vakituinen asunto	519099	7039222	1:24	11:25	0:25	Ei
E	Vakituinen asunto	519653	7038950	2:36	21:41	0:34	Osittain*
F	Vakituinen asunto	526545	7036606	3:02	18:25	0:34	Osittain*
G	Vakituinen asunto	523456	7034166	6:23	26:09	0:28	Ei
H	Vapaa-ajan asunto	523576	7037609	6:25	47:54	1:09	Osittain*
I	Vapaa-ajan asunto	522999	7038694	1:30	21:23	0:25	Ei
J	Vapaa-ajan asunto	519465	7038596	3:26	23:57	0:37	Osittain*
K	Vapaa-ajan asunto	522656	7039432	0:00	0:00	0:00	Ei
L	Vapaa-ajan asunto	522768	7034542	8:03	33:51	0:31	Kyllä

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

Alla oleva kuvaaja osoittaa vaihtoehto VE2 varjovälkkeen muodostumisen ajankohdan tunnit (time) ja kuukaudet (month) havainnointipisteessä L. Kuvaajat osoittavat, että varjovälke vapaa-

ajan asunnon L alueelle muodostuu voimalasta numero 6. Kuvaaja havainnollistaa välkkeen teoreettista maksimitilannetta, eikä kuvasta välkkeen todellista muodostumista. Huomioitavaa on, että varjovälkkeen muodostumista häiriintyviin kohteisiin on mahdollista rajoittaa automatisoidusti (ks. kappale 4.6).



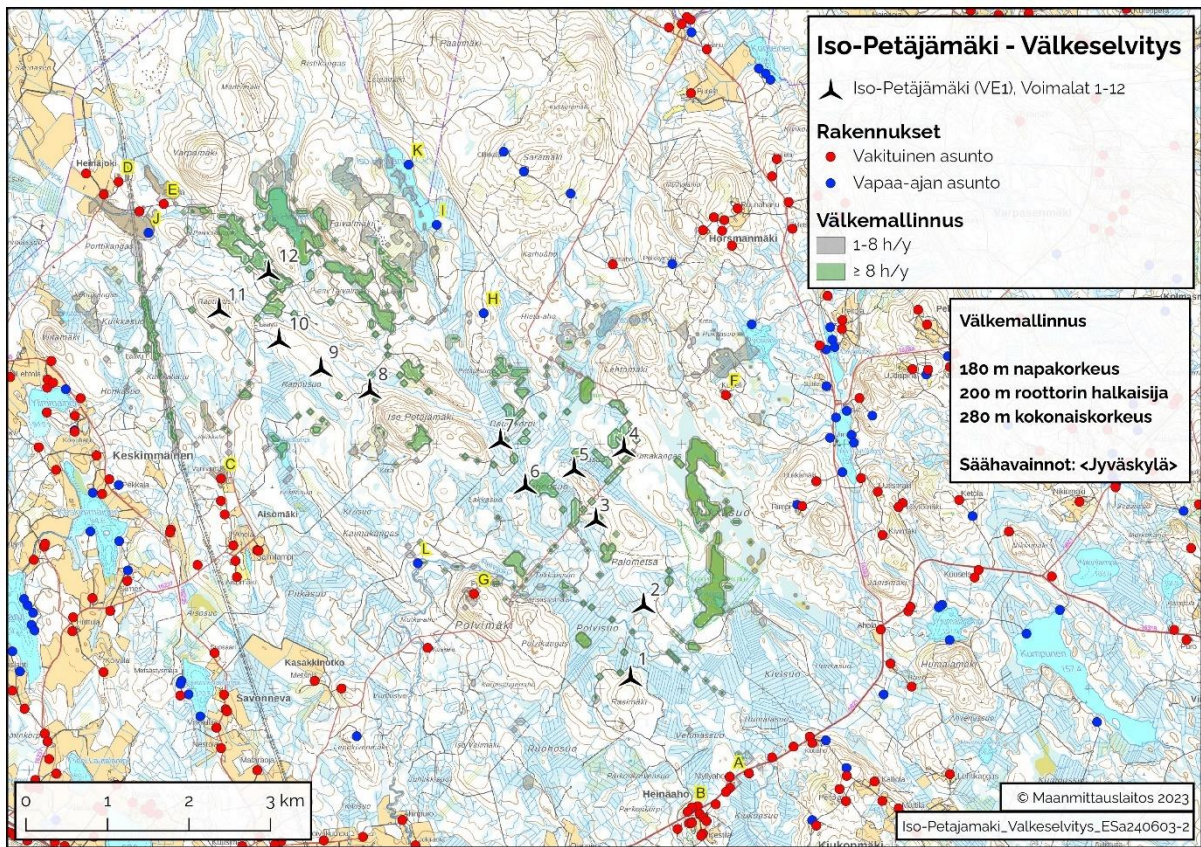
Voimala 6: Roottorinhalkaisija 200 m ja napakorkeus 200 m, kokonaiskorkeus 300 m

Kuva 5. Graafinen kuvaaja välkkeen teoreettisesta maksimitilanteesta sekä merkintöjen selite vaihtoehto VE2, vapaa-ajan asunto L. Kasvillisuutta ei ole huomioitu.

4.3 VÄLKEVAIKUTUKSET PUUSTON SUOJAAVA VAIKUTUS HUOMIOIDEN

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

4.3.1 VAIHTOEHDON VE1 VAIKUTUKSET



Kuva 6. Varjovälkkeen muodostuminen Iso-Petäjämäen alueella kasvillisuus huomioiden. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (A-L) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 9.

Kasvillisuuden suojaava vaikutus huomioitaessa välke aika on pienempi useassa havainnointipisteessä. Kahdeksan tunnin vuotuisen varjovälkkeen määrää ei ylitetä. Teoreettiset maksimisuositukset ylitetään yhdessä havainnointipisteessä.

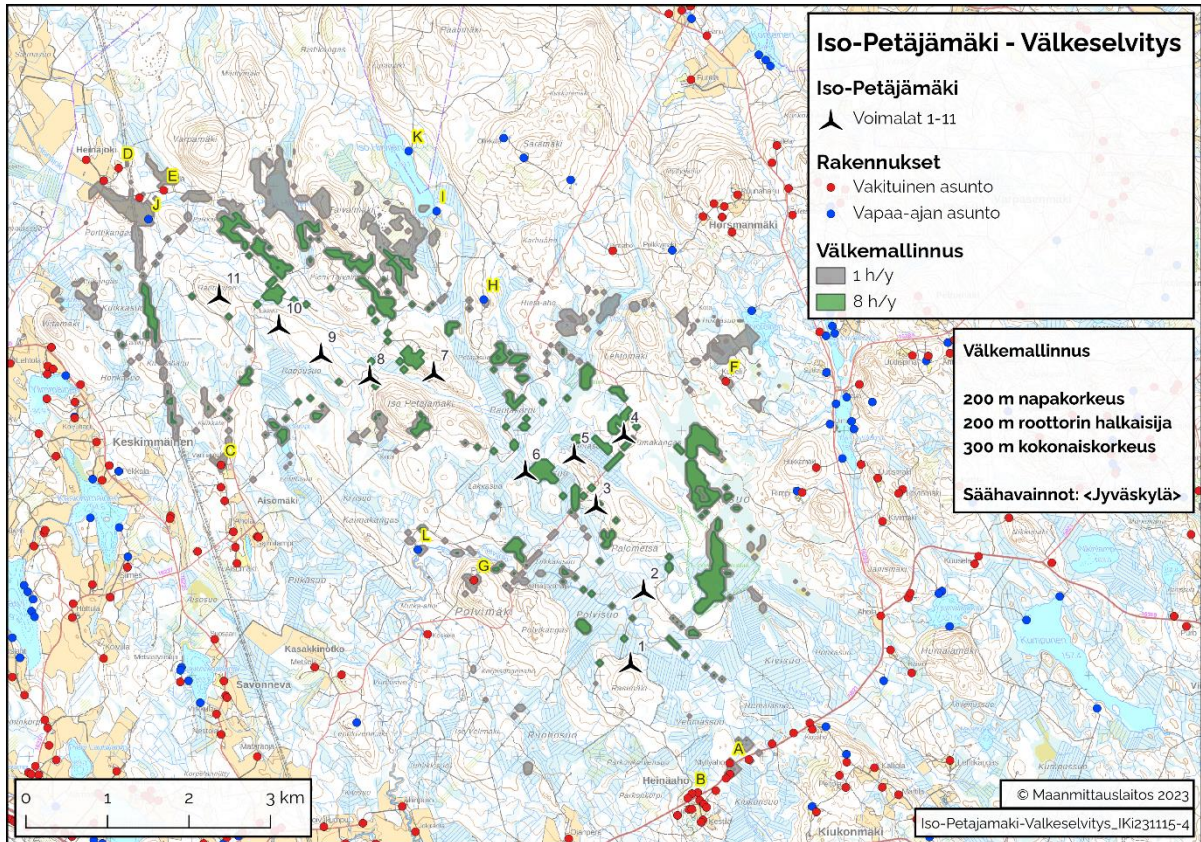
Iso-Petäjämäen väkelaskennan tulokset, kun kasvillisuus on otettu huomioon, on raportoitu taulukossa 9.

Taulukko 9. Varjoväkelaskennan tulokset kasvillisuus huomioiden, Iso-Petäjämäki 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)	Suositusarvon ylitys
A	Vakituinen asunto	526593	7031922	0:00	0:00	0:00	Ei
B	Vakituinen asunto	526130	7031548	0:00	0:00	0:00	Ei
C	Vakituinen asunto	520356	7035581	3:15	14:05	0:25	Ei
D	Vakituinen asunto	519099	7039222	0:00	0:00	0:00	Ei
E	Vakituinen asunto	519653	7038950	0:00	0:00	0:00	Ei
F	Vakituinen asunto	526545	7036606	0:00	0:00	0:00	Ei
G	Vakituinen asunto	523456	7034166	0:57	4:05	0:14	Ei
H	Vapaa-ajan asunto	523576	7037609	0:00	0:00	0:00	Ei
I	Vapaa-ajan asunto	522999	7038694	0:00	0:00	0:00	Ei
J	Vapaa-ajan asunto	519465	7038596	6:12	39:34	0:38	Osittain*
K	Vapaa-ajan asunto	522656	7039432	0:00	0:00	0:00	Ei
L	Vapaa-ajan asunto	522768	7034542	0:00	0:00	0:00	Ei

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

4.3.2 VAIHTOEHDON VE2 VAIKUTUKSET



Kuva 7. Varjovälkkeen muodostuminen Iso-Petäjämäen alueella kasvillisuus huomioiden. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (A-L) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 10.

Kasvillisuuden suojaava vaikutus huomioitaessa välkeaika on pienempi useassa havainnointipisteessä. Kahdeksan tunnin vuotuisen varjovälkkeen määrää ei ylitetä. Teoreettiset maksimisuositukset ylitetään yhdessä havainnointipisteessä.

Iso-Petäjämäen välkelaskennan tulokset, kun kasvillisuus on otettu huomioon, on raportoitu taulukossa 10.

Taulukko 10. Varjoväkelaskennan tulokset kasvillisuus huomioiden, Iso-Petäjämäki VE2.

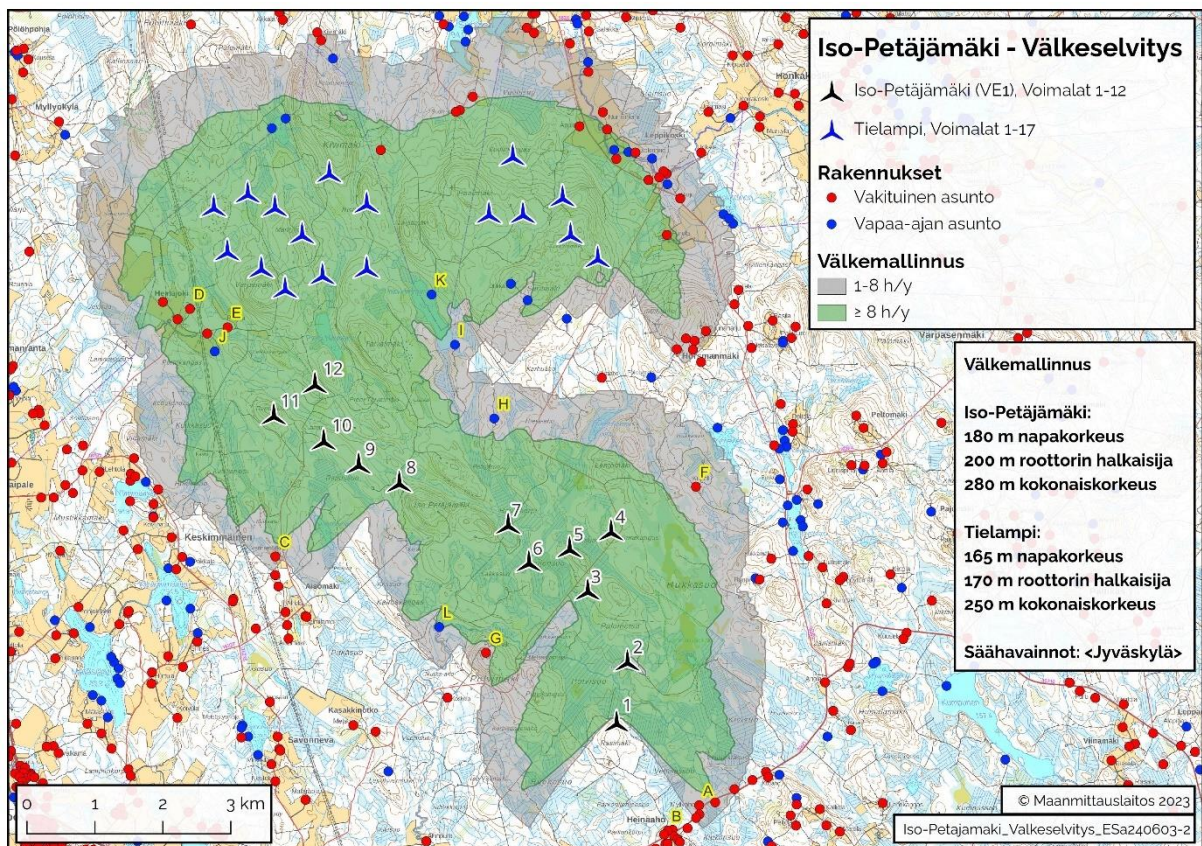
Havainnointi piste	Asunnon luokka	Itäinen koord. (ETRS TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS TM35FIN)	Vilkkumisen määrä (todellinen tilanne, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/pv)	Suositusarvon ylitys
A	Vakituinen asunto	526593	7031922	0:00	0:00	0:00	Ei
B	Vakituinen asunto	526130	7031548	0:00	0:00	0:00	Ei
C	Vakituinen asunto	520356	7035581	2:15	9:48	0:21	Ei
D	Vakituinen asunto	519099	7039222	0:00	0:00	0:00	Ei
E	Vakituinen asunto	519653	7038950	0:00	0:00	0:00	Ei
F	Vakituinen asunto	526545	7036606	0:00	0:00	0:00	Ei
G	Vakituinen asunto	523456	7034166	0:57	4:05	0:14	Ei
H	Vapaa-ajan asunto	523576	7037609	0:00	0:00	0:00	Ei
I	Vapaa-ajan asunto	522999	7038694	0:00	0:00	0:00	Ei
J	Vapaa-ajan asunto	519465	7038596	3:26	23:57	0:37	Osittain*
K	Vapaa-ajan asunto	522656	7039432	0:00	0:00	0:00	Ei
L	Vapaa-ajan asunto	522768	7034542	0:00	0:00	0:00	Ei

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

4.4 VÄLKEVAIKUTUKSET NAAPURIPUISTOT HUOMIOIDEN

4.4.1 VAIHTOEHDON VE1 VAIKUTUKSET

Alla olevassa kartassa esitellään välkevaikutukset, kun myös naapuripuiston - Tielammen - tuulivoimalat on otettu huomioon. Tielampi on mallinnettu voimalalla, jonka napakorkeus on 165 metriä ja roottorin halkaisija 170 metriä, jolloin kokonaiskorkeus on 250 metriä.



Kuva 8. Varjovälkkeen muodostuminen Iso-Petäjämäen alueella, naapuripuistot huomioiden. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (A-L) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 11.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annettu maksimisuositus kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ylitetään viidessä asunnossa. Teoreettiset maksimisuositukset ylitetään seitsemän asunnon kohdalla.

Lisäksi yli kahdeksan tunnin teoreettiset ja maksimisuositukset ylittyvät myös useille naapuripuiston läheisille rakennuksille, mutta koska nämä ylitykset aiheutuvat pääosin Tielammen tuulivoimaloista, niitä ei ole listattu tarkemmin tässä raportissa.

Laskennassa on tarkasteltu väkettä myös yksittäisissä havainnointipisteissä. Seuraavissa taulukoissa on laskennasta saadut tulokset havainnointipisteille.

Taulukko 11. Varjovälkelaskennan tulokset naapuripuistot huomioiden, Iso-Petäjämäki VE1. Kasvillisuuden vaikutusta ei ole huomioitu.

Havainnointi piste	Asunnon luokka	Itäinen koord. (ETRS TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS TM35FIN)	Vilkkumisen määrä (todellinen tilanne, ei kasvillisuutta, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, ei kasvillisuutta, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, ei kasvillisuutta, h/pv)	Suositus -arvon ylitys
A	Vakituinen asunto	526593	7031922	4:55	20:14	0:29	Ei
B	Vakituinen asunto	526130	7031548	0:00	0:00	0:00	Ei
C	Vakituinen asunto	520356	7035581	3:15	14:05	0:25	Ei
D	Vakituinen asunto	519099	7039222	20:12	91:50	0:46	Kyllä
E	Vakituinen asunto	519653	7038950	16:55	88:02	0:39	Kyllä
F	Vakituinen asunto	526545	7036606	2:56	18:24	0:34	Osittain*
G	Vakituinen asunto	523456	7034166	6:00	24:42	0:28	Ei
H	Vapaa- ajan asunto	523576	7037609	4:05	45:27	0:32	Osittain*
I	Vapaa- ajan asunto	522999	7038694	6:05	24:34	0:25	Ei
J	Vapaa- ajan asunto	519465	7038596	13:38	70:46	0:38	Kyllä
K	Vapaa- ajan asunto	522656	7039432	18:30	77:22	0:51	Kyllä
L	Vapaa- ajan asunto	522768	7034542	8:31	35:43	0:31	Kyllä

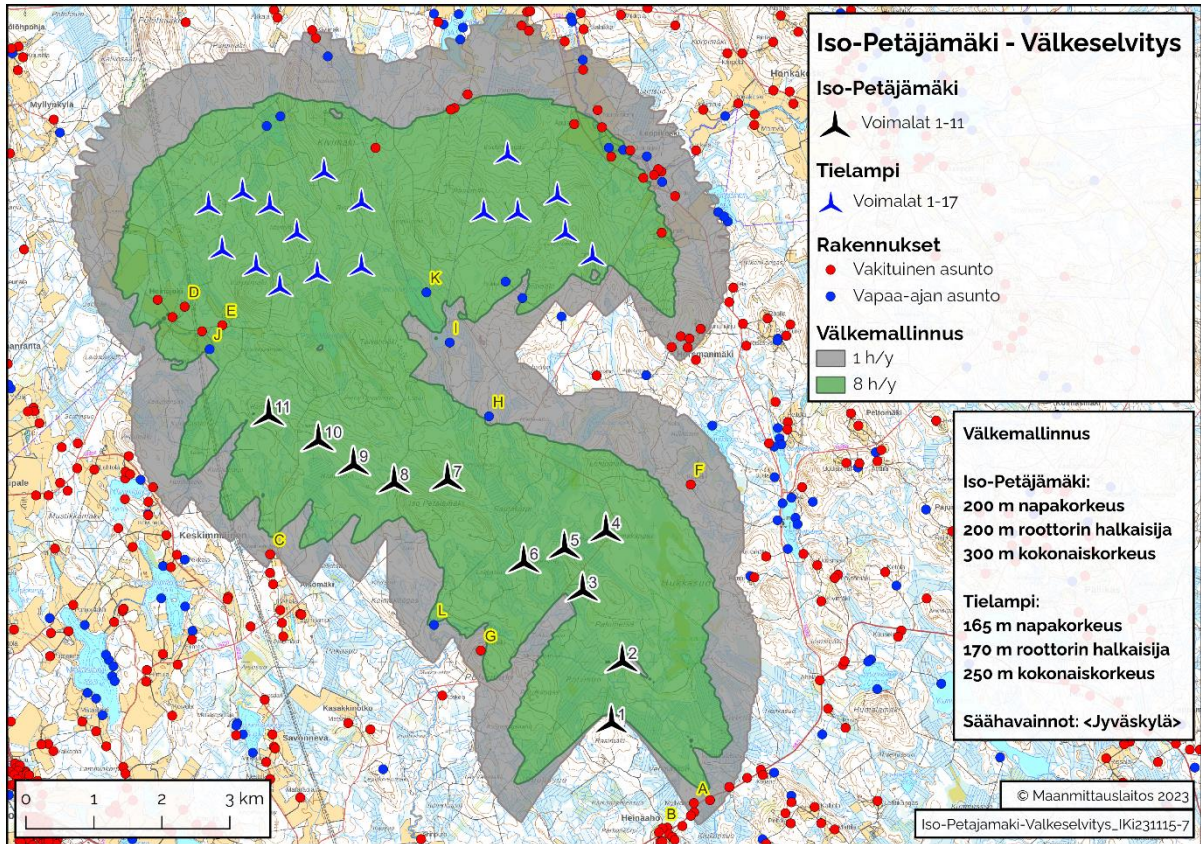
**Suosituservojen ylitys "Osittain" tarkoittaa tilannetta, jossa pelkästään teoreettisen maksimitilanteen vertailuarvoja ylitetään.*

Taulukko 12. Tielammin voimaloiden lisäämä varjovälkkeen määrä VE1. Kasvillisuuden vaikutusta ei ole huomioitu.

Havainnointi piste	Asunnon luokka	Vilkkumisen määrä, vain Iso-Petäjämäki (todellinen tilanne, ei kasvillisuutta, h/v)	Vilkkumisen määrä, Iso-Petäjämäki ja Tielampi (todellinen tilanne, ei kasvillisuutta, h/v)	Tielammin lisäämä vilkkumisen määrä (todellinen tilanne, ei kasvillisuutta, h/v)
A	Vakituinen asunto	4:56	4:55	0.00
B	Vakituinen asunto	0:00	0:00	0.00
C	Vakituinen asunto	3:15	3:15	0.00
D	Vakituinen asunto	1:23	20:12	18.49
E	Vakituinen asunto	5:03	16:55	11.52
F	Vakituinen asunto	2:56	2:56	0.00
G	Vakituinen asunto	6:00	6:00	0.00
H	Vapaa-ajan asunto	4:05	4:05	0.00
I	Vapaa-ajan asunto	0:00	6:05	6.05
J	Vapaa-ajan asunto	6:12	13:38	7.26
K	Vapaa-ajan asunto	0:00	18:30	18.30
L	Vapaa-ajan asunto	8:31	8:31	0.00

4.4.2 VAIHTOEHDON VE2 VAIKUTUKSET

Alla olevassa kartassa esitellään välkevaikutukset, kun myös naapuripuiston – Tielammen - tuulivoimalat on otettu huomioon. Tielammen on mallinnettu voimalalla, jonka napakorkeus on 165 metriä ja roottorin halkaisija 170 metriä, jolloin kokonaiskorkeus on 250 metriä.



Kuva 9. Varjovälkkeen muodostuminen Iso-Petäjämäen alueella, naapuripuistot huomioiden. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (A-L) ja niiden väketasot on esitetty taulukossa 13.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon väлкеestä ylitetään viidessä asunnossa. Teoreettiset maksimisuositukset ylitetään kahdeksan asunnon kohdalla.

Kahdeksan tunnin ylityksiä aiheutuu myös useille naapuripuiston läheisille rakennuksille, mutta koska nämä ylitykset aiheutuvat pääosin Tielammen tuulivoimaloista, niitä ei ole listattu tarkemmin tässä raportissa.

Laskennassa on tarkasteltu väkettä myös yksittäisissä havainnointipisteissä. Seuraavissa taulukoissa on laskennasta saadut tulokset havainnointipisteille.

Taulukko 13. Varjovälkelaskennan tulokset naapuripuistot huomioiden, Iso-Petäjämäki VE2. Kasvillisuuden vaikutusta ei ole huomioitu.

Havainnointi piste	Asunnon luokka	Itäinen koord. (ETRS TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS TM35FIN)	Vilkkumisen määrä (todellinen tilanne, ei kasvillisuutta, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, ei kasvillisuutta, a, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, ei kasvillisuutta, a, h/pv)	Suositusarvon ylitys
A	Vakituinen asunto	526593	7031922	4:00	16:30	0:27	Ei
B	Vakituinen asunto	526130	7031548	0:00	0:00	0:00	Ei
C	Vakituinen asunto	520356	7035581	2:15	9:48	0:21	Ei
D	Vakituinen asunto	519099	7039222	20:15	91:27	0:46	Kyllä
E	Vakituinen asunto	519653	7038950	14:31	70:48	0:39	Kyllä
F	Vakituinen asunto	526545	7036606	3:02	18:25	0:34	Osittain*
G	Vakituinen asunto	523456	7034166	6:23	26:09	0:28	Ei
H	Vapaa-ajan asunto	523576	7037609	6:25	47:54	1:09	Osittain*
I	Vapaa-ajan asunto	522999	7038694	7:43	45:57	0:25	Osittain*
J	Vapaa-ajan asunto	519465	7038596	10:56	55:09	0:37	Kyllä
K	Vapaa-ajan asunto	522656	7039432	18:33	77:22	0:51	Kyllä
L	Vapaa-ajan asunto	522768	7034542	8:03	33:51	0:31	Kyllä

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

Taulukko 14. Tielammin voimaloiden lisäämä varjovälkkeen määrä VE2. Kasvillisuuden vaikutusta ei ole huomioitu.

Havainnointi piste	Asunnon luokka	Vilkkumisen määrä, vain Iso-Petäjämäki (todellinen tilanne, ei kasvillisuutta, h/v)	Vilkkumisen määrä, Iso-Petäjämäki ja Tielampi (todellinen tilanne, ei kasvillisuutta, h/v)	Tielammin lisäämä vilkkumisen määrä (todellinen tilanne, ei kasvillisuutta, h/v)
A	Vakituinen asunto	4.00	4.00	0.00
B	Vakituinen asunto	0.00	0.00	0.00
C	Vakituinen asunto	2.15	2.15	0.00
D	Vakituinen asunto	1.24	20.15	18.51
E	Vakituinen asunto	2.36	14.31	11.55
F	Vakituinen asunto	3.02	3.02	0.00
G	Vakituinen asunto	6.23	6.23	0.00
H	Vapaa-ajan asunto	6.25	6.25	0.00
I	Vapaa-ajan asunto	1.30	7.43	6.13
J	Vapaa-ajan asunto	3.26	10.56	7.30
K	Vapaa-ajan asunto	0.00	18.33	18.33
L	Vapaa-ajan asunto	8.03	8.03	0.00

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 voimat pyörivät ja tuottavat sähköä, vaikuttaa merkittävästi välkkeen syntymiseen. Käyttöasteen pienentyessä saattaa välke yksittäisessä pisteessä vähentyä. Myös epävarmuus oletetuissa tuulensuunnissa voi vaikuttaa laskentatulokseen.

4.6 HAITTOJEN EHKÄISEMINEN

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 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: SJOITUSSUUNNITELMAT

Voimaloiden sijainnit on esitetty alla olevissa taulukoissa.

Taulukko 15. Iso-Petäjämäki VE1 voimaloiden sijaintitiedot

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus
1	525375	7033164	180m / 200 m / 280 m
2	525535	7034061	180m / 200 m / 280 m
3	524951	7035104	180m / 200 m / 280 m
4	525295	7035976	180m / 200 m / 280 m
5	524684	7035725	180m / 200 m / 280 m
6	524085	7035522	180m / 200 m / 280 m
7	523780	7036074	180m / 200 m / 280 m
8	522178	7036691	180m / 200 m / 280 m
9	521580	7036959	180m / 200 m / 280 m
10	521065	7037308	180m / 200 m / 280 m
11	520331	7037683	180m / 200 m / 280 m
12	520937	7038142	180m / 200 m / 280 m

Taulukko 16. Iso-Petäjämäki VE2 voimaloiden sijaintitiedot

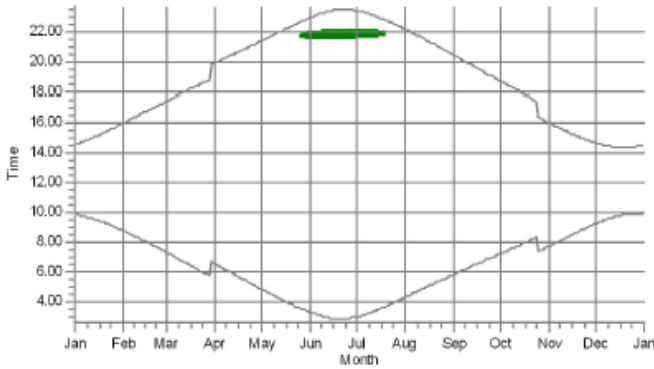
Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus
1	525375	7033164	200 m / 200 m / 300 m
2	525535	7034061	200 m / 200 m / 300 m
3	524951	7035104	200 m / 200 m / 300 m
4	525295	7035976	200 m / 200 m / 300 m
5	524684	7035725	200 m / 200 m / 300 m
6	524085	7035522	200 m / 200 m / 300 m
7	522962	7036733	200 m / 200 m / 300 m
8	522178	7036691	200 m / 200 m / 300 m
9	521580	7036959	200 m / 200 m / 300 m
10	521063	7037313	200 m / 200 m / 300 m
11	520331	7037683	200 m / 200 m / 300 m

Taulukko 17. Tielampi voimaloiden sijaintitiedot

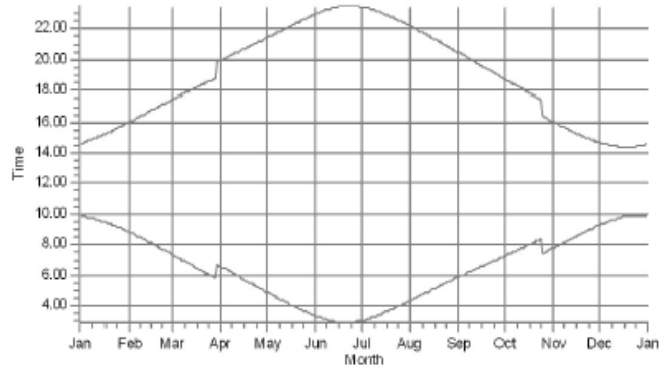
Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus
1	520497	7039544	170 m / 165 m / 250 m
2	524697	7040344	170 m / 165 m / 250 m
3	523497	7040644	170 m / 165 m / 250 m
4	520747	7040344	170 m / 165 m / 250 m
5	521147	7041244	170 m / 165 m / 250 m
6	519447	7040744	170 m / 165 m / 250 m
7	523997	7040644	170 m / 165 m / 250 m
8	521697	7040794	170 m / 165 m / 250 m
9	525097	7039994	170 m / 165 m / 250 m
10	520147	7039844	170 m / 165 m / 250 m
11	521697	7039844	170 m / 165 m / 250 m
12	523847	7041494	170 m / 165 m / 250 m
13	521047	7039744	170 m / 165 m / 250 m
14	524580	7040889	170 m / 165 m / 250 m
15	519947	7040944	170 m / 165 m / 250 m
16	519647	7040094	170 m / 165 m / 250 m
17	520347	7040744	170 m / 165 m / 250 m

LIITE 2: GRAAFISET KAAVIOT VÄLKKEEN TEOREETTISESTA MAKSIMITILANTEESTA HAVAINNOINTIPISTEISSÄ. VE1, 12 VOIMALAA

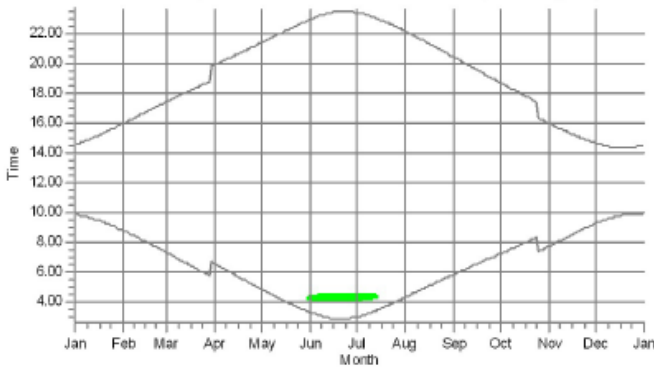
A: Shadow Receptor: 5,0 × 5,0 Azimuth: 0,0° Slope: 0,0° (558)



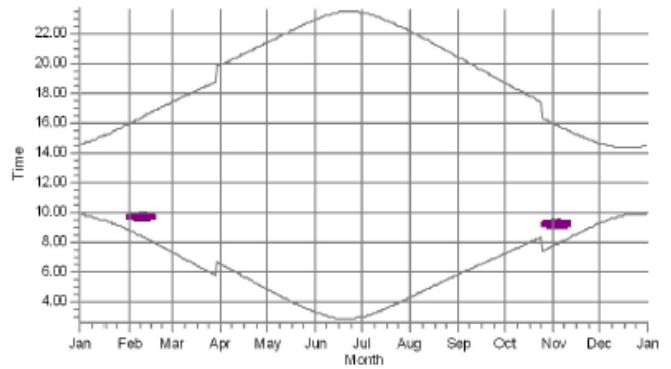
B: Shadow Receptor: 5,0 × 5,0 Azimuth: 0,0° Slope: 0,0° (559)



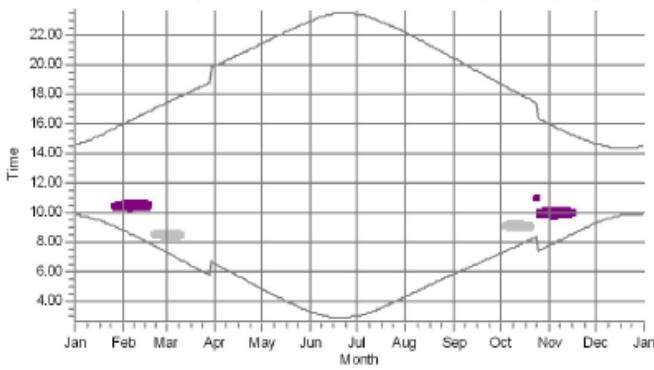
C: Shadow Receptor: 5,0 × 5,0 Azimuth: 0,0° Slope: 0,0° (560)



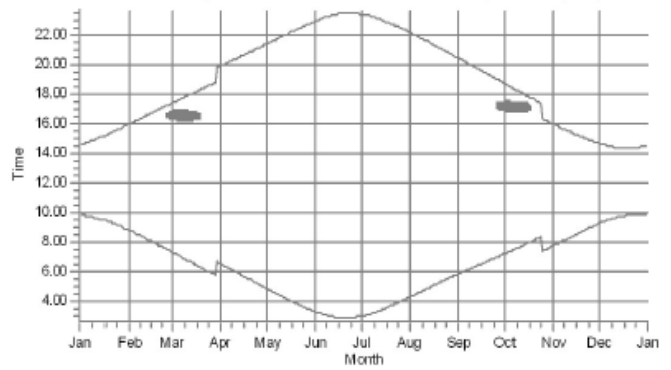
D: Shadow Receptor: 5,0 × 5,0 Azimuth: 0,0° Slope: 0,0° (561)



E: Shadow Receptor: 5,0 × 5,0 Azimuth: 0,0° Slope: 0,0° (562)



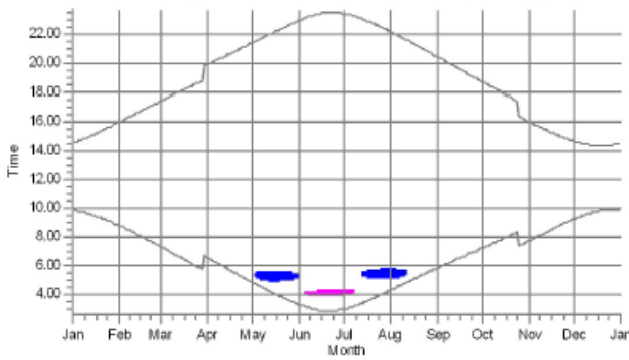
F: Shadow Receptor: 5,0 × 5,0 Azimuth: 0,0° Slope: 0,0° (563)



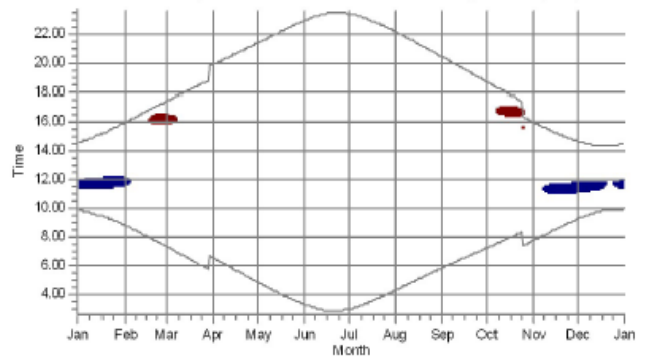
- 1: WTG WTG200-10MW_Ver_v3 10000 200.0 !0! hub: 180,0 m (TOT: 280,0 m) (240)
- 4: WTG WTG200-10MW_Ver_v3 10000 200.0 !0! hub: 180,0 m (TOT: 280,0 m) (243)
- 9: WTG WTG200-10MW_Ver_v3 10000 200.0 !0! hub: 180,0 m (TOT: 280,0 m) (248)

- 11: WTG WTG200-10MW_Ver_v3 10000 200.0 !0! hub: 180,0 m (TOT: 280,0 m) (250)
- 12: WTG WTG200-10MW_Ver_v3 10000 200.0 !0! hub: 180,0 m (TOT: 280,0 m) (251)

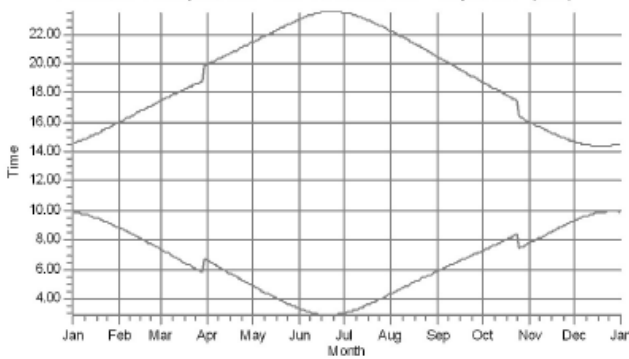
G: Shadow Receptor: 5,0 × 5,0 Azimuth: 0,0° Slope: 0,0° (564)



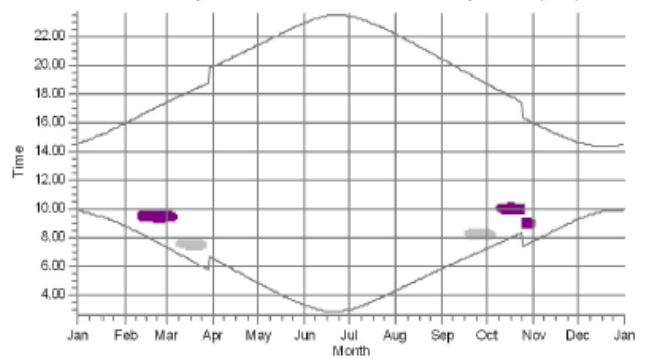
H: Shadow Receptor: 5,0 × 5,0 Azimuth: 0,0° Slope: 0,0° (565)



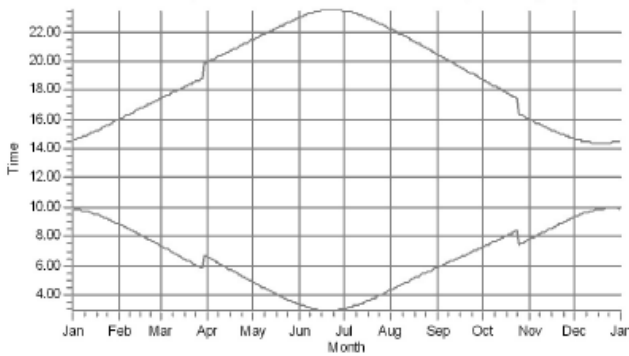
I: Shadow Receptor: 5,0 × 5,0 Azimuth: 0,0° Slope: 0,0° (566)



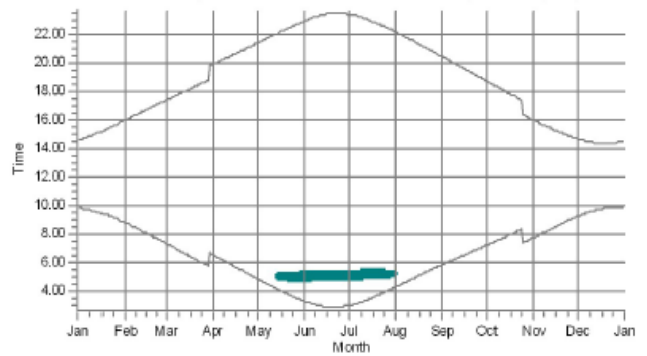
J: Shadow Receptor: 5,0 × 5,0 Azimuth: 0,0° Slope: 0,0° (567)



K: Shadow Receptor: 5,0 × 5,0 Azimuth: 0,0° Slope: 0,0° (568)



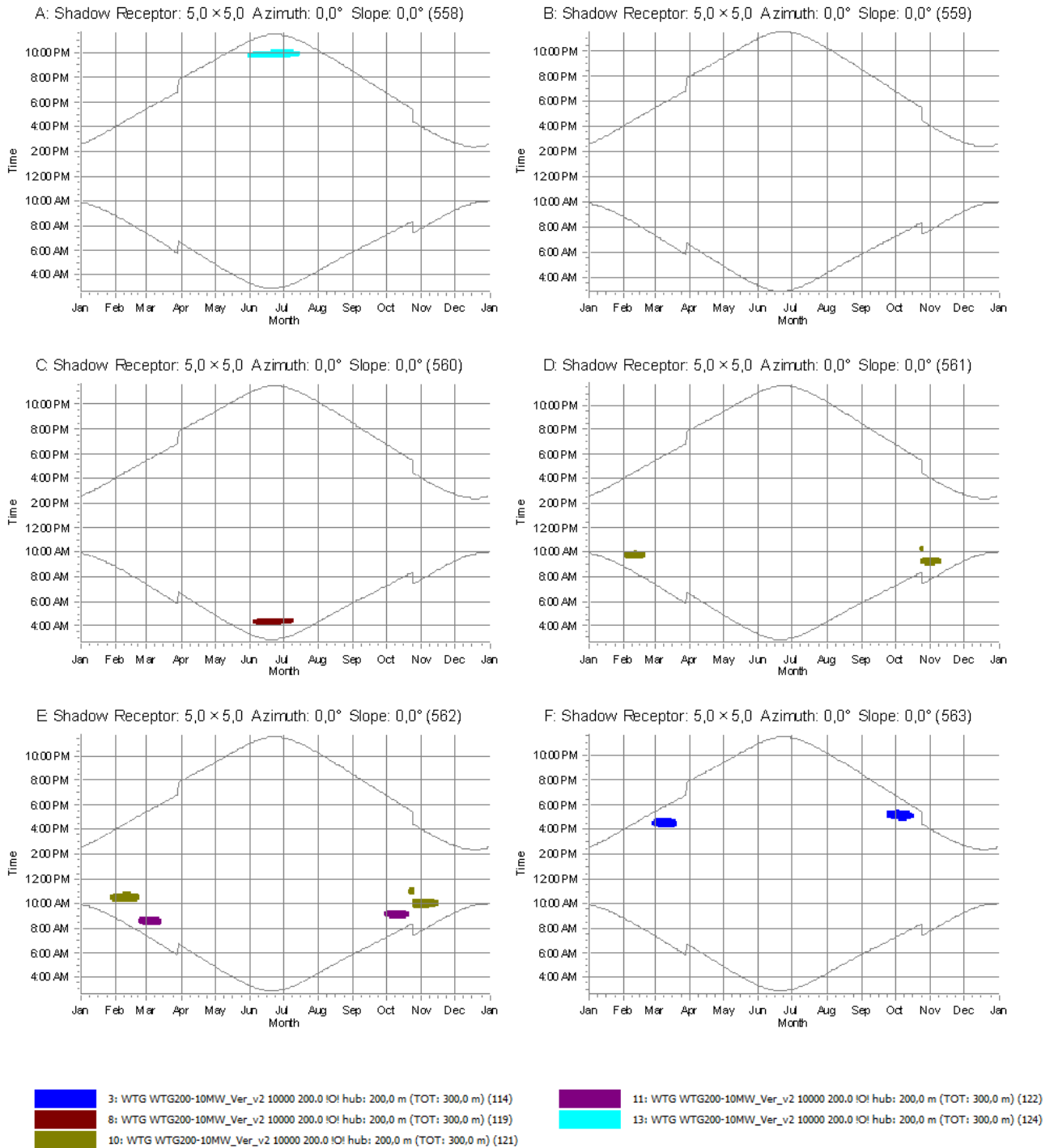
L: Shadow Receptor: 5,0 × 5,0 Azimuth: 0,0° Slope: 0,0° (569)



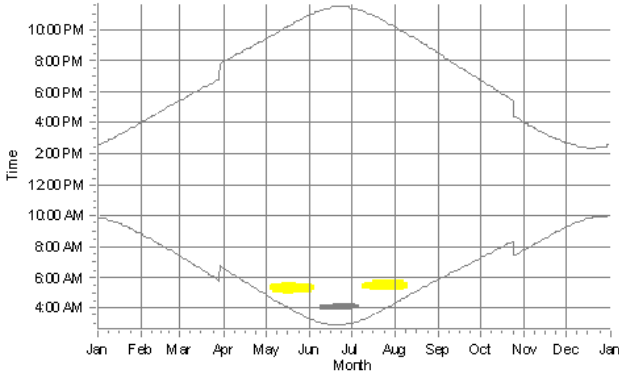
- 3: WTG WTG200-10MW_Ver_v3 10000 200.0 !0! hub: 180,0 m (TOT: 280,0 m) (242)
- 5: WTG WTG200-10MW_Ver_v3 10000 200.0 !0! hub: 180,0 m (TOT: 280,0 m) (244)
- 6: WTG WTG200-10MW_Ver_v3 10000 200.0 !0! hub: 180,0 m (TOT: 280,0 m) (245)
- 7: WTG WTG200-10MW_Ver_v3 10000 200.0 !0! hub: 180,0 m (TOT: 280,0 m) (246)

- 8: WTG WTG200-10MW_Ver_v3 10000 200.0 !0! hub: 180,0 m (TOT: 280,0 m) (247)
- 11: WTG WTG200-10MW_Ver_v3 10000 200.0 !0! hub: 180,0 m (TOT: 280,0 m) (250)
- 12: WTG WTG200-10MW_Ver_v3 10000 200.0 !0! hub: 180,0 m (TOT: 280,0 m) (251)

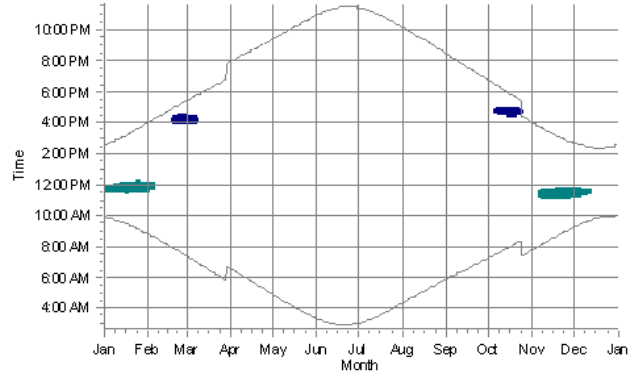
LIITE 3: GRAAFISET KAAVIOT VÄLKKEEN TEOREETTISESTA MAKSIMITILANTEESTA HAVAINNOINTIPISTEISSÄ. VE2, 11 VOIMALAA



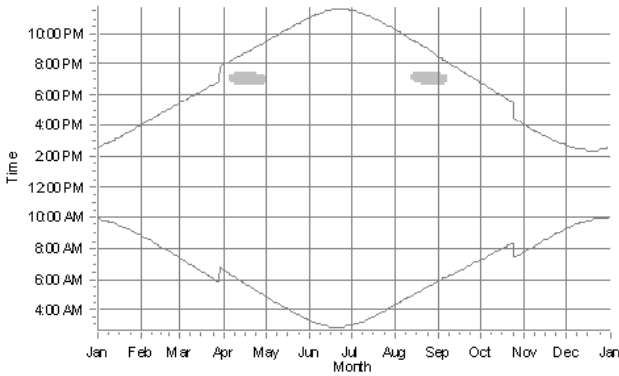
G: Shadow Receptor: 5,0 x 5,0 Azimuth: 0,0° Slope: 0,0° (564)



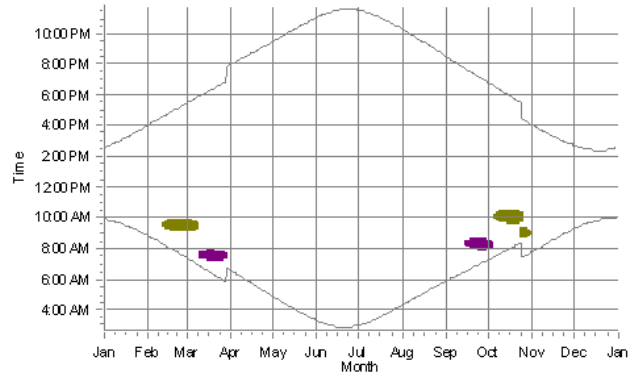
H: Shadow Receptor: 5,0 x 5,0 Azimuth: 0,0° Slope: 0,0° (565)



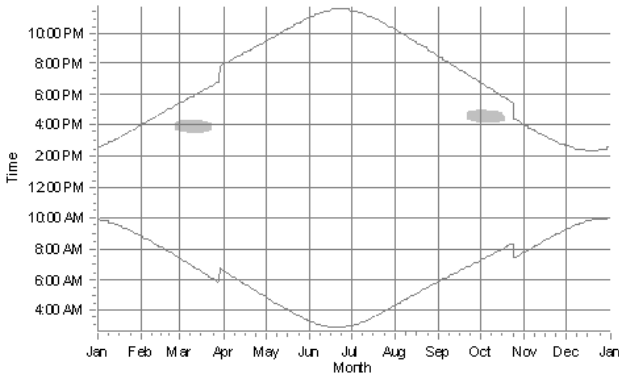
I: Shadow Receptor: 5,0 x 5,0 Azimuth: 0,0° Slope: 0,0° (566)



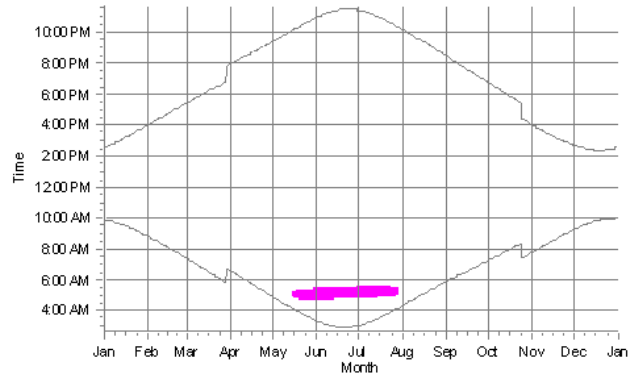
J: Shadow Receptor: 5,0 x 5,0 Azimuth: 0,0° Slope: 0,0° (567)



K: Shadow Receptor: 5,0 x 5,0 Azimuth: 0,0° Slope: 0,0° (568)



L: Shadow Receptor: 5,0 x 5,0 Azimuth: 0,0° Slope: 0,0° (569)

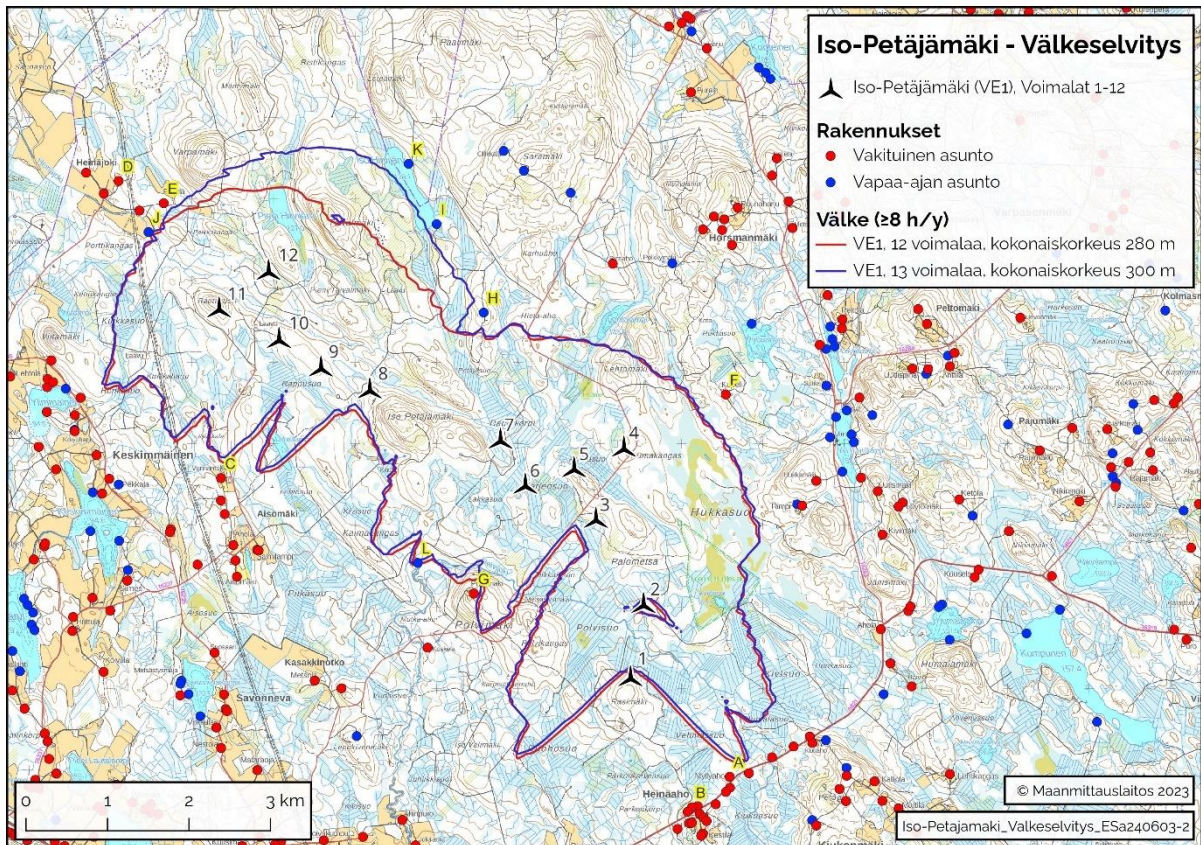


- 2: WTG WTG200-10MW_Ver_v2 10000 200.0 IOI hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (113)
- 4: WTG WTG200-10MW_Ver_v2 10000 200.0 IOI hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (115)
- 5: WTG WTG200-10MW_Ver_v2 10000 200.0 IOI hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (116)
- 6: WTG WTG200-10MW_Ver_v2 10000 200.0 IOI hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (117)

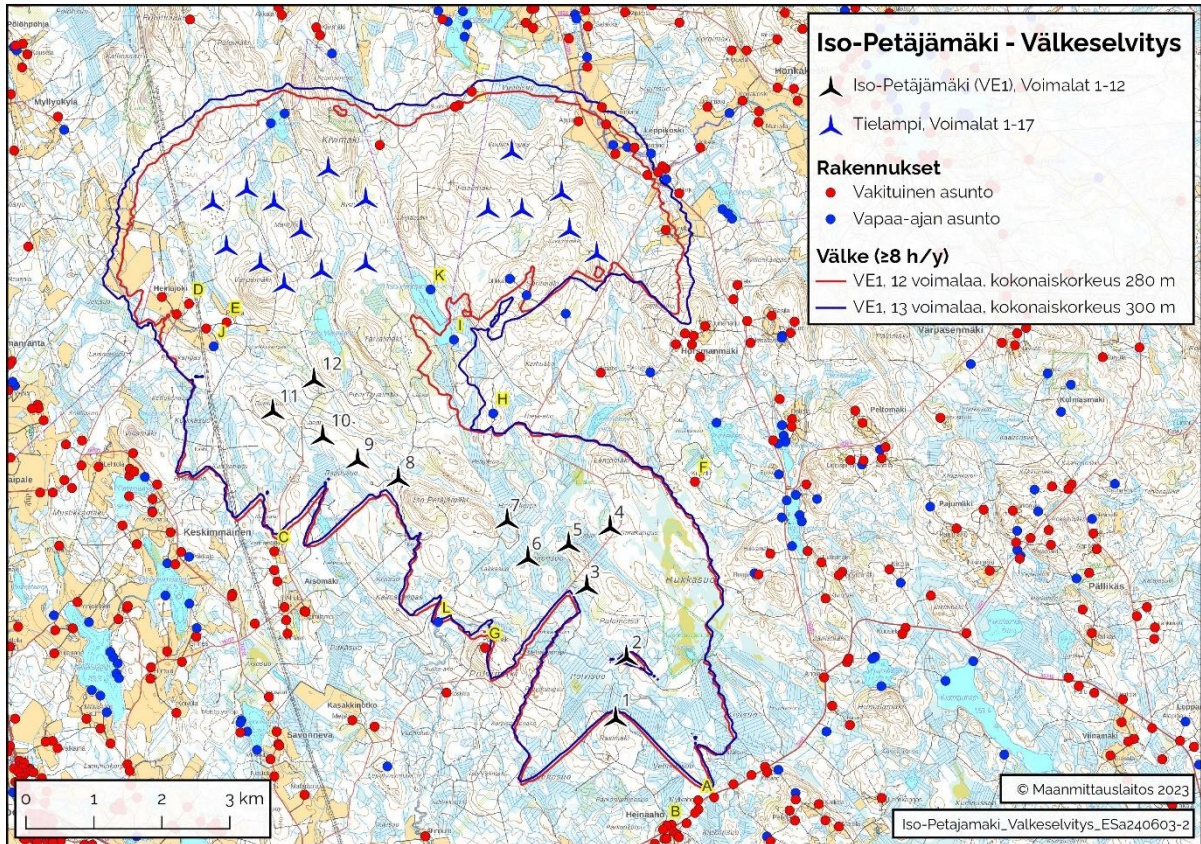
- 7: WTG WTG200-10MW_Ver_v2 10000 200.0 IOI hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (118)
- 10: WTG WTG200-10MW_Ver_v2 10000 200.0 IOI hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (121)
- 11: WTG WTG200-10MW_Ver_v2 10000 200.0 IOI hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (122)
- 12: WTG WTG200-10MW_Ver_v2 10000 200.0 IOI hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (123)

LIITE 4: VAIHTOEHDON VE1 MUUTOKSEN VAIKUTUS

Alla olevassa kartassa on kuvattu, miten vaihtoehdon VE1 välkevaikutukset muuttuivat, kun alueen pohjoispuolelta Taivalmäestä poistettiin voimala numero 13, ja voimaloiden kokonaiskorkeutta laskettiin 300 metristä 280 metriin.



Kuva 10. Varjovälkkeen muodostuminen Iso-Petäjämäen alueella, huomioiden yksinään Iso-Petäjämäki. Kuvassa on esitetty rajat, joiden sisäpuolella ylitetään maksimisuositus kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä.



Kuva 11. Varjovälkkeen muodostuminen Iso-Petäjämäen alueella, naapuripuisto huomioiden. Kuvassa on esitetty rajat, joiden sisäpuolella ylitetään maksimisuositus kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä.

Välkearvot pienenevät useissa havainnointipisteissä Iso-Petäjämäen alueen pohjoispuolella, josta poistettiin yksi voimala. Alueen länsi- ja eteläpuolella välkearvot kasvoivat hieman kolmessa havainnointipisteessä.