



VÄLKESELVITYS

Iso-Petäjämäen Tuulivoimapuisto

20.02.2025

SISÄLLYSLUETTELO

1	YHTEENVETO	3
2	TAUSTA	5
3	VARJOVÄLKKEEN MUODOSTUMINEN	5
3.1	OHJE- JA RAJA-ARVOT	6
3.2	VARJOVÄLKKEEN LÄHTÖTIEDOT JA MENETELMÄT.....	7
4	VÄLKEVAIKUTUKSET	10
4.1	ISO-PETÄJÄMÄEN VÄLKEVAIKUTUKSET	10
4.2	VÄLKEVAIKUTUKSET PUUSTON SUOJAAVA VAIKUTUS HUOMIOIDEN	11
4.3	YHTEISVAIKUTUSTEN MALLINNUS	13
4.4	VAIKUTUSTEN ARVIOINNIN EPÄVARMUUSTEKIJÄT	16
4.5	HAITTOJEN EHKÄISEMINEN.....	16
5	LÄHTEET	16
	LIITE 1: SIIJOITUSSUUNNITELMAT	17
	LIITE 2: GRAAFISET KAAVIOT VÄLKKEEN TEOREETTISESTA MAKSIMITILANTEESTA HAVAINNOINTIPISTEISSÄ (10 VOIMALAA).....	18
	LIITE 4: VAIHTOEHDON VE1 MUUTOKSEN VAIKUTUS.....	20

VERSIONHISTORIA

Versio	Tekijä	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
Ver 1	Ilmari Katajamäki, 2023-11-20	Alexander Ehms 2023-11-21	Alexander Ehms 2023-11-21	Iso-Petäjämäen tuulivoimapuiston välkeselvitys, naapuripuistot huomioiden.
Ver 2	Elina Sippola, 2024-06-09	Christian Granlund 2024-06-10	Christian Granlund 2024-06-10	Välkeselvityksen päivitys: Vaihtoehtoon VE1 sijoitussuunnitelmasta poistettu pohjoisin voimala ja voimaloiden kokonaiskorkeutta laskettu 280 metriin.
Ver 3	Arina Makarova, 2025-02-20	Ilmari Katajamäki, 2025-02-21	Ilmari Katajamäki, 2025-02-21	Iso-Petäjämäen tuulivoimapuiston välkeselvitys (Kaavaehdotus, 10 voimalaa).

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 Ver4.1 ohjelmiston SHADOW-moduulia. Mallinnuksessa ja raportoinnissa on käytetty ympäristöministeriön vuonna 2016 julkaisemia ohjeita raportista Tuulivoimarakentamisen suunnittelu (Ympäristöministeriö, 2016). Vaikutusten arvioinnissa käytetyt laskentaparametrit on taulukoitu tässä raportissa.

Tulokset:

Suomen lainsäädännössä ei ole määritelty välkevaikutukselle raja-arvoja tai suosituksia. Ympäristöhallinnon ohjeen OH 5/2016 mukaan Suomessa vaikutuksia arvioitaessa on suositeltavaa käyttää apuna muiden maiden ohjearvoja. 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.

Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitetä Iso-Petäjämäen tuulivoimapuiston havainnointipisteissä. Teoreettisen maksimitilanteen mallinnuksessa suosituksia (30 h/v ja 30 min/p) ylitetään neljän lähellä sijaitsevan asunnon kohdalla. Naapuripuiston yhteisvaikutukset huomioiden maksimisuositukset ja teoreettiset suositukset ylitetään useiden asuntojen kohdalla.

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

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

Vertailuarvo	Mallinnus ilman puustoa	Mallinnus puusto huomioiden	Yhteisvaikutukset, mallinnus ilman puustoa
> 10 h/v, todellinen tilanne	0	0	4
> 8 h/v, todellinen tilanne	0	0	5
> 30 h/v, teoreettinen maksimi	3	1	6
> 30 min/pv, teoreettinen maksimi	3	1	6

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

2 TAUSTA

Tämä valkeselvitys on tehty Iso-Petäjämäen tuulivoimapuistolle Lapinlahden kunnan alueella. Suunniteltu tuulivoimapuisto on kokonaisuudessaan 10 voimalan laajuinen. Valkeselvitys on osa hankkeen vaikutusten arviointia kaavoitusmenettelyssä. Välkemallinnus on tehty voimalalla, jonka napakorkeus on 180 metriä ja roottorin halkaisija 180 metriä, jolloin voimalan kokonaiskorkeus on 270 metriä.

Tässä selvityksessä on huomioitu Iso-Petäjämäen lisäksi viereinen naapuripuisto, Tielampi, ja molempien puistojen yhteisvaikutukset Tielammen välkemallinnus on tehty voimalalla, jonka napakorkeus on 173 metriä ja roottorin halkaisija 155 metriä, jolloin voimalan kokonaiskorkeus on 250 metriä.

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

3 VARJOVÄLKKEEN MUODOSTUMINEN

Tuulivoimaloiden roottorin pyörimisestä aiheutuu säännöllisesti välkkyvää varjovaikutusta, kun voimala pyörii tarkastelupisteen ja auringon välissä. Välkkeen määrä riippuu sääolosuhteista siten, että esimerkiksi pilvisellä säällä välkettä ei esiinny. Kesällä välkevaikutukset ovat laajimmillaan 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 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 asuinviihtyvyyteen sekä virkistyskäyttöön.



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

3.1 OHJE- JA RAJA-ARVOT

Suomen lainsäädännössä ei ole määritelty välkevaikutukselle raja-arvoja tai suosituksia. Ympäristöhallinnon ohjeen OH 5/2016 mukaan Suomessa vaikutuksia arvioitaessa on suositeltavaa käyttää apuna muiden maiden 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 4.2, 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 havainnointi pisteeseen 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 Kuopion säähavaintoja. Kuopion havaintoasema (Kuopion lentoasema, Siilinjärvi) sijaitsee noin 50 kilometrin päässä suunnitellusta tuulivoimapuistoalueesta. Laskelmissa oletetaan, että tuulivoimaloiden roottorit pyörivät vain tuulennopeuden ollessa sopiva. Varjovälkettä tarkasteltiin kahden metrin korkeudelta eli suunnilleen ihmisen

havainnointikorkeudelta. Mallinnuksessa käytetyt asetukset, auringonpaisteajat sekä tuulivoimaloiden toiminta-aika on esitetty alla olevissa taulukoissa.

Taulukko 2. Mallinnuksessa käytetyt asetukset

Asetus	Kuvaus
Auringonpaisteajat	Kuopion sääaseman havainnot, Ilmatieteen laitos (taulukko 3)
Toiminta-aika	EMD WRF Europe+ datan perusteella (taulukko 4)
Asuntojen asetus	Kasvihuone-asetus
Mallinnus	Välkemallinnus vakiintuneen menetelmän mukaisesti (LAI 2002)
Lapaparametrit	Arvioidut lapaparametrit käytössä / 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 3. Mallinnuksessa käytetyt auringonpaisteajat

Kuukausi	Keskimääräinen auringonpaisteen tuntimäärä päivässä
Tammikuu	0,90
Helmikuu	2,32
Maaliskuu	3,90
Huhtikuu	6,47
Toukokuu	8,19
Kesäkuu	8,60
Heinäkuu	8,74
Elokuu	6,55
Syyskuu	3,87
Lokakuu	1,84
Marraskuu	0,73
Joulukuu	0,39
Keskiarvo	4,38

Taulukko 4. Tuulivoimaloiden toiminta-aika

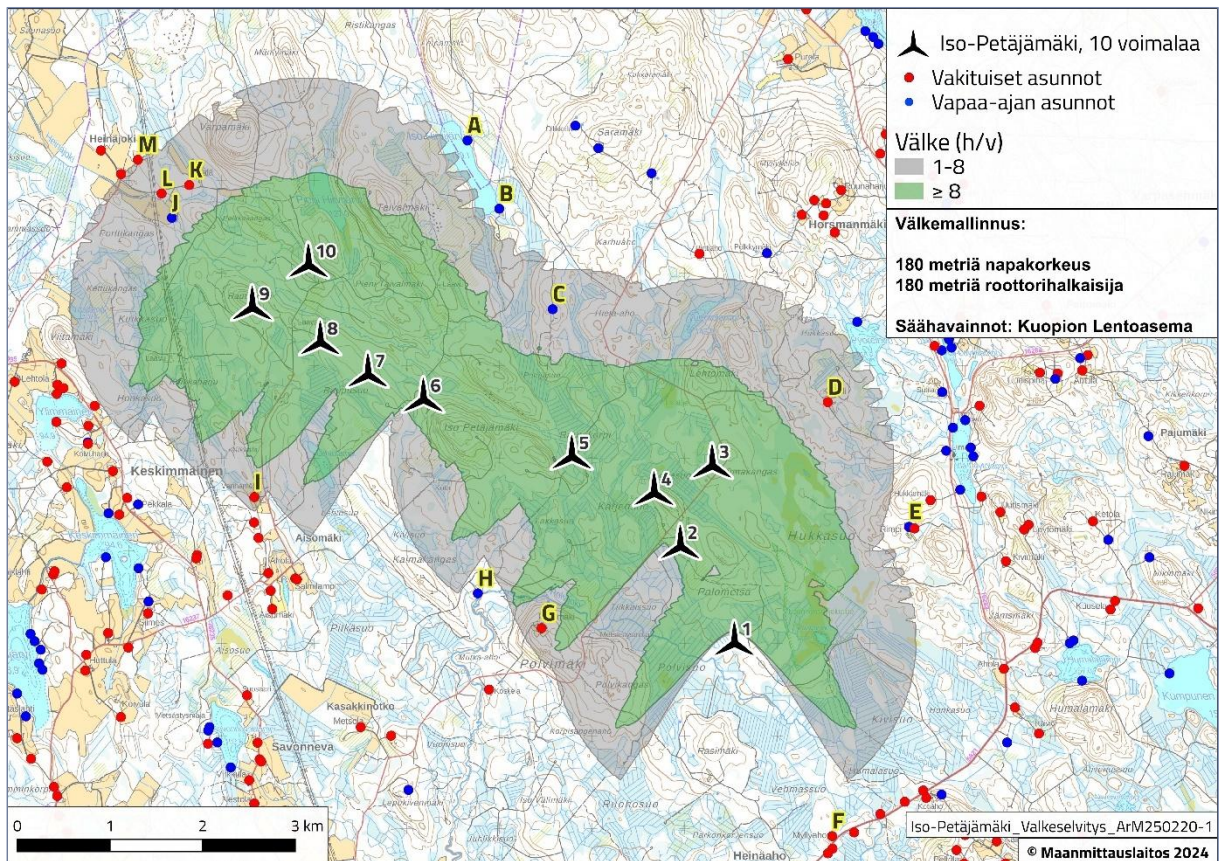
Tuulensuunta	Toiminta-aika (h/y)
Pohjoinen	587
Pohjoiskoillinen	451
Itäkoillinen	399
Itä	421
Itäkaakko	509
Eteläkaakko	731
Etelä	988
Etelälounas	1094
Länsilounas	831
Länsi	700
Länsiluode	678
Pohjoisluode	626
Summa	8015

4 VÄLKEVAIKUTUKSET

4.1 ISO-PETÄJÄMÄEN VÄLKEVAIKUTUKSET

Välkemallinnuksen tuloksia kuvataan visuaalisesti kartoilla, ja lisäksi tuloksia on kuvattu yksityiskohtaisesti sanallisesti. Kartalla tulokset on esitetty soveltaen todellisen tilanteen vertailuarvoa 8 h/v.

Alla olevassa kartassa on kuvattuna Iso-Petäjämäen puiston välkevaikutukset yksinään. Iso-Petäjämäen välkemallinnus on tehty voimalamallilla, jonka napakorkeus on 180 metriä ja roottorin halkaisija 180 metriä, jolloin kokonaiskorkeus on 270 metriä.



Kuva 2. Varjovälkkeen muodostuminen Iso-Petäjämäen alueella, huomioiden yksinään Iso-Petäjämäki. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (A-M) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 5.

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

yhdessäkään havainnointipisteessä. Teoreettiset maksimisuositukset ylitetään neljän asunnon kohdalla.

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

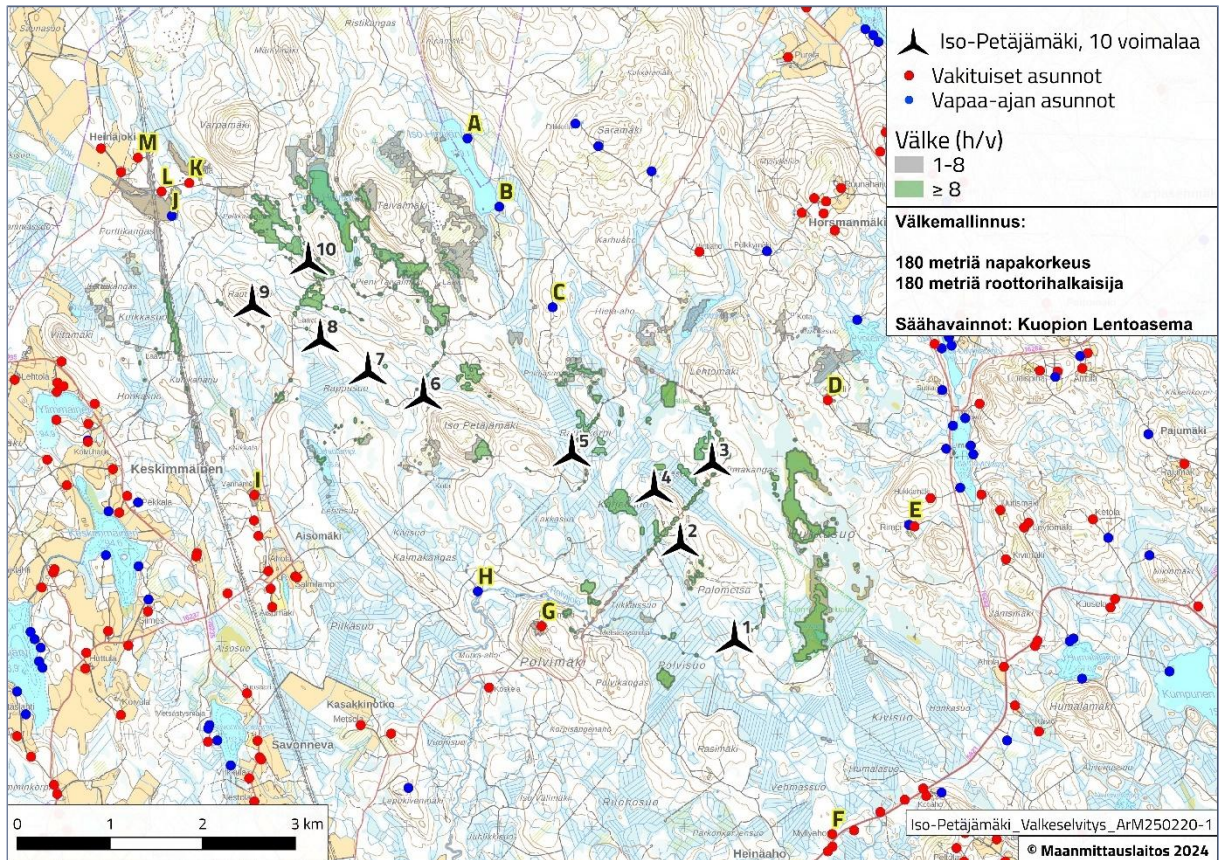
Taulukko 5. Varjovälkelaskennan tulokset, huomioiden yksinään Iso-Petäjämäki (10 voimalaa). Kasvillisuuden vaikutusta ei ole huomioitu.

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	522656	7039432	0:00	0:00	0:00	Ei
B	Vakituinen asunto	522999	7038694	0:00	0:00	0:00	Ei
C	Vakituinen asunto	523576	7037609	3:31	37:54	0:29	Osittain*
D	Vakituinen asunto	526545	7036606	2:13	15:07	0:31	Osittain*
E	Vakituinen asunto	527421	7035260	0:00	0:00	0:00	Ei
F	Vakituinen asunto	526592	7031922	0:00	0:00	0:00	Ei
G	Vakituinen asunto	523456	7034166	5:17	21:04	0:25	Ei
H	Vapaa-ajan asunto	522768	7034542	0:00	0:00	0:00	Ei
I	Vapaa-ajan asunto	520356	7035581	2:48	11:24	0:21	Ei
J	Vapaa-ajan asunto	519465	7038596	4:43	31:44	0:34	Osittain*
K	Vapaa-ajan asunto	519653	7038950	4:03	31:24	0:31	Osittain*
L	Vapaa-ajan asunto	519354	7038859	3:23	24:18	0:28	Ei
M	Vakituinen asunto	519099	7039222	0:00	0:00	0:00	Ei

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

4.2 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.



Kuva 3. Varjovälkkeen muodostuminen Iso-Petäjämäen alueella kasvillisuus huomioiden. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (A-M) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 6.

Kasvillisuuden suojaava vaikutus huomioitaessa välke aika 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 6.

Taulukko 6. Varjovälkelaskennan tulokset kasvillisuus huomioiden, Iso-Petäjämäki (10 voimalaa).

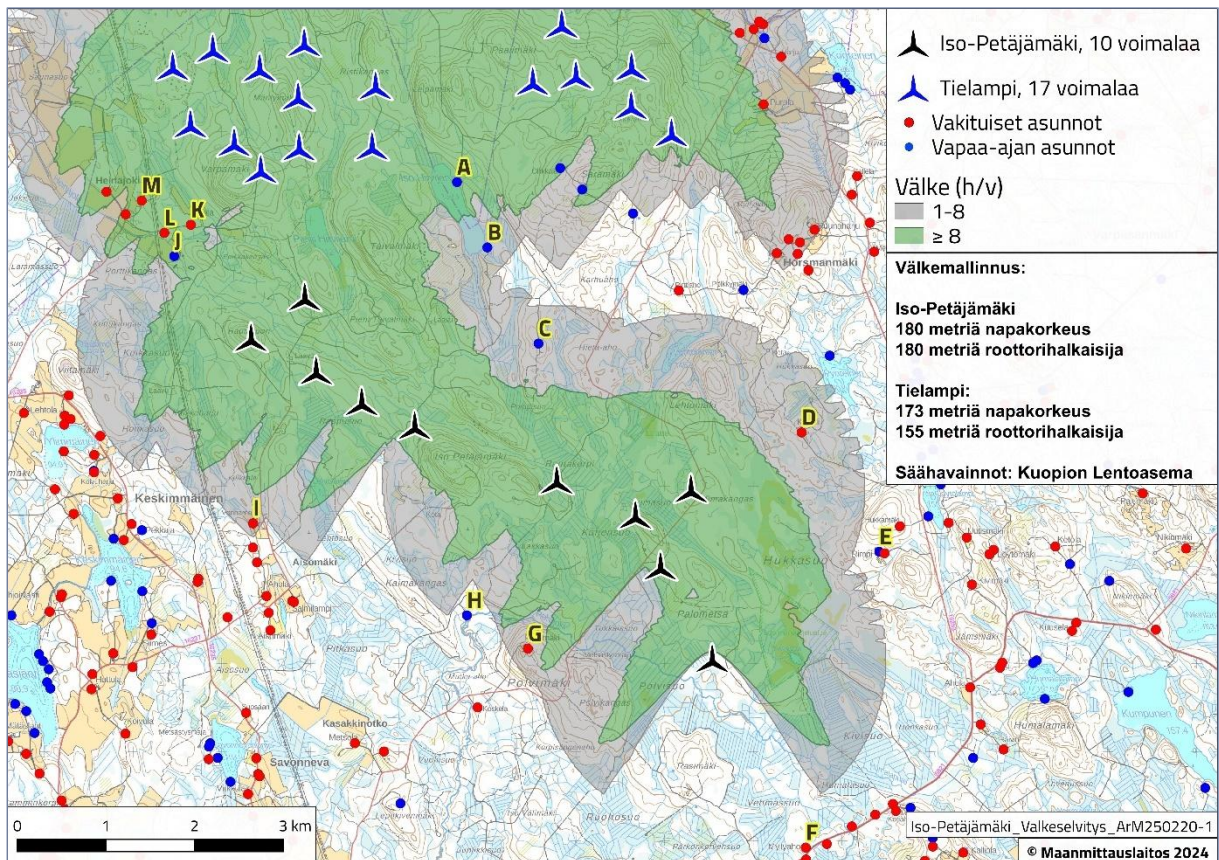
Havainnointi piste	Asunnon luokka	Itäinen koord. (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS-TM35FIN)	Vilkkumisen määrä (todellinen tilanne, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/pv)	Suositus -arvon ylitys
A	Vakituinen asunto	522656	7039432	0:00	0:00	0:00	Ei
B	Vakituinen asunto	522999	7038694	0:00	0:00	0:00	Ei
C	Vakituinen asunto	523576	7037609	0:00	0:00	0:00	Ei
D	Vakituinen asunto	526545	7036606	0:00	0:00	0:00	Ei

E	Vakituinen asunto	527421	7035260	0:00	0:00	0:00	Ei
F	Vakituinen asunto	526592	7031922	0:00	0:00	0:00	Ei
G	Vakituinen asunto	523456	7034166	1:24	5:39	0:16	Ei
H	Vapaa-ajan asunto	522768	7034542	0:00	0:00	0:00	Ei
I	Vapaa-ajan asunto	520356	7035581	2:48	11:24	0:21	Ei
J	Vapaa-ajan asunto	519465	7038596	4:43	31:44	0:34	Osittain*
K	Vapaa-ajan asunto	519653	7038950	0:00	0:00	0:00	Ei
L	Vapaa-ajan asunto	519354	7038859	0:00	0:00	0:00	Ei
M	Vakituinen asunto	519099	7039222	0:00	0:00	0:00	Ei

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

4.3 YHTEISVAIKUTUSTEN MALLINNUS

Seuraavassa kuvassa on esitetty Iso-Petäjämäen ja naapuripuisto Tielammen yhteisvaikutusten tulokset. Välkemallinnuksessa on käytetty Iso-Petäjämäen 10 voimalan sijoitus suunnitelmaa. Iso-Petäjämäen mallinnus on toteutettu voimalalla, jonka napakorkeus on 180 metriä ja roottorihalkaisija 180 metriä. Tielammen (17 voimalaa) on mallinnettu voimalalla, jonka napakorkeus on 173 metriä ja roottorihalkaisija 155 metriä. Naapurihankkeen tiedot löytyvät liitteestä 1.



Kuva 4. Varjovälkkeen muodostuminen Iso-Petäjämäen alueella, naapuripuistot huomioiden. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (A-M) ja niiden vältketasot on esitetty taulukossa 7.

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

Taulukko 7. Varjoväkelaskennan tulokset naapuripuistot huomioiden, Iso-Petäjämäki (10 voimalaa). 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	522656	7039432	16:00	64:35	0:46	Kyllä
B	Vakituinen asunto	522999	7038694	5:30	21:16	0:23	Ei
C	Vakituinen asunto	523576	7037609	3:32	37:54	0:29	Osittain*
D	Vakituinen asunto	526545	7036606	2:12	15:07	0:31	Osittain*
E	Vakituinen asunto	527421	7035260	0:00	0:00	0:00	Ei
F	Vakituinen asunto	526592	7031922	0:00	0:00	0:00	Ei
G	Vakituinen asunto	523456	7034166	5:14	21:04	0:25	Ei
H	Vapaa-ajan asunto	522768	7034542	0:00	0:00	0:00	Ei
I	Vapaa-ajan asunto	520356	7035581	2:47	11:24	0:21	Ei
J	Vapaa-ajan asunto	519465	7038596	9:14	49:47	0:34	Kyllä
K	Vapaa-ajan asunto	519653	7038950	11:09	59:16	0:31	Kyllä
L	Vapaa-ajan asunto	519354	7038859	12:29	60:27	0:30	Kyllä
M	Vakituinen asunto	519099	7039222	14:02	58:40	0:43	Kyllä

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

Taulukko 8. Tielammin voimaloiden lisäämä varjovälikkeen määrä (17 voimalaa). 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	0:00	16:00	16:00
B	Vakituinen asunto	0:00	5:30	5:30
C	Vakituinen asunto	3:31	3:32	0:00
D	Vakituinen asunto	2:13	2:12	0:00
E	Vakituinen asunto	0:00	0:00	0:00
F	Vakituinen asunto	0:00	0:00	0:00
G	Vakituinen asunto	5:17	5:14	0:00
H	Vapaa-ajan asunto	0:00	0:00	0:00
I	Vapaa-ajan asunto	2:48	2:47	0:00
J	Vapaa-ajan asunto	4:43	9:14	4:31
K	Vapaa-ajan asunto	4:03	11:09	7:06
L	Vapaa-ajan asunto	3:23	12:29	9:06
M	Vakituinen asunto	0:00	14:02	14:02

4.4 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.

4.5 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

AFRY Finland Oy (2024). *Tielammen tuulivoimapuiston välkeselvitys (VE1)*. Projektinumero 101023002-001. 20.03.2024

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.

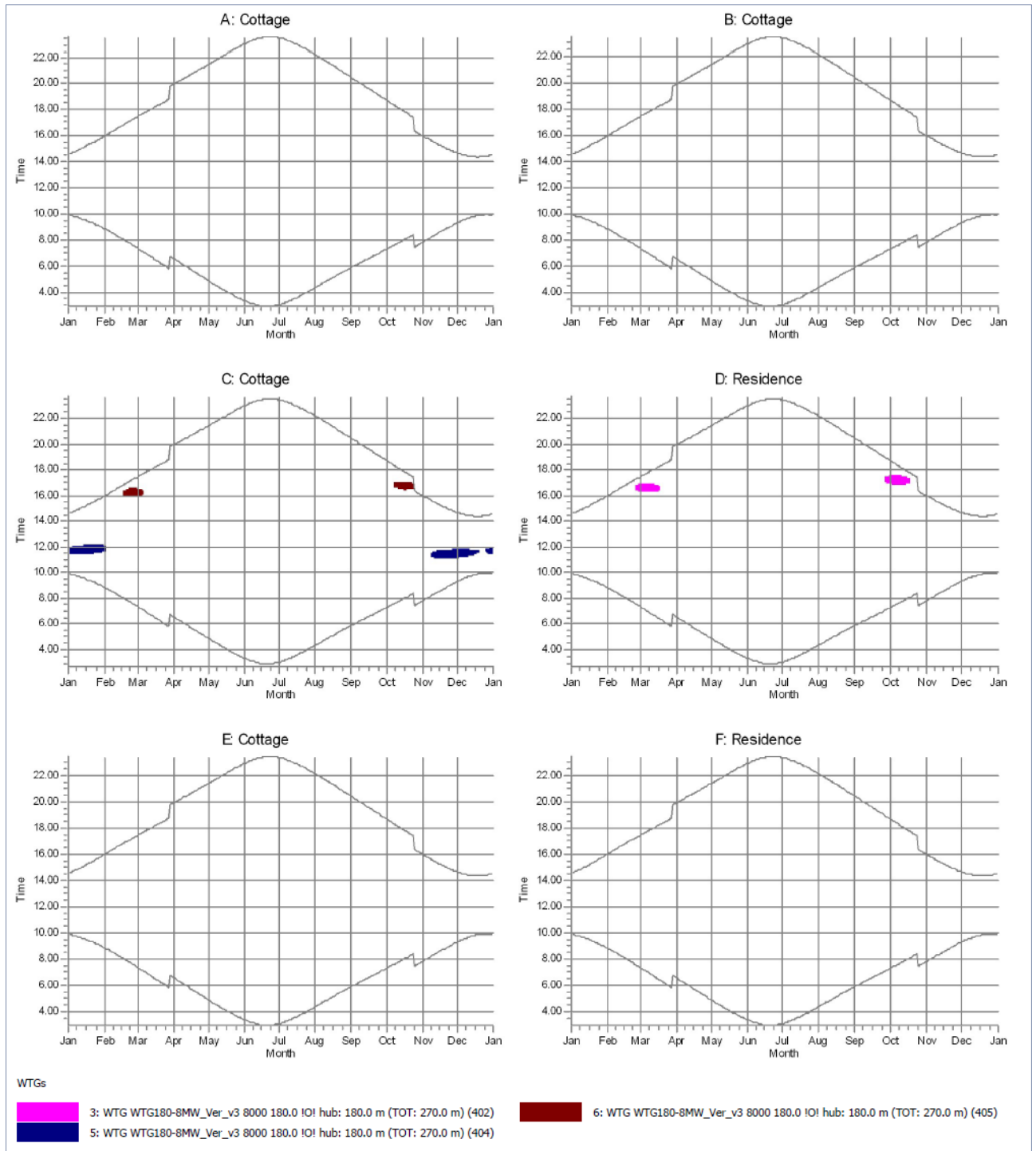
Taulukko 15. Iso-Petäjämäen voimaloiden sijaintitiedot (10 voimalaa)

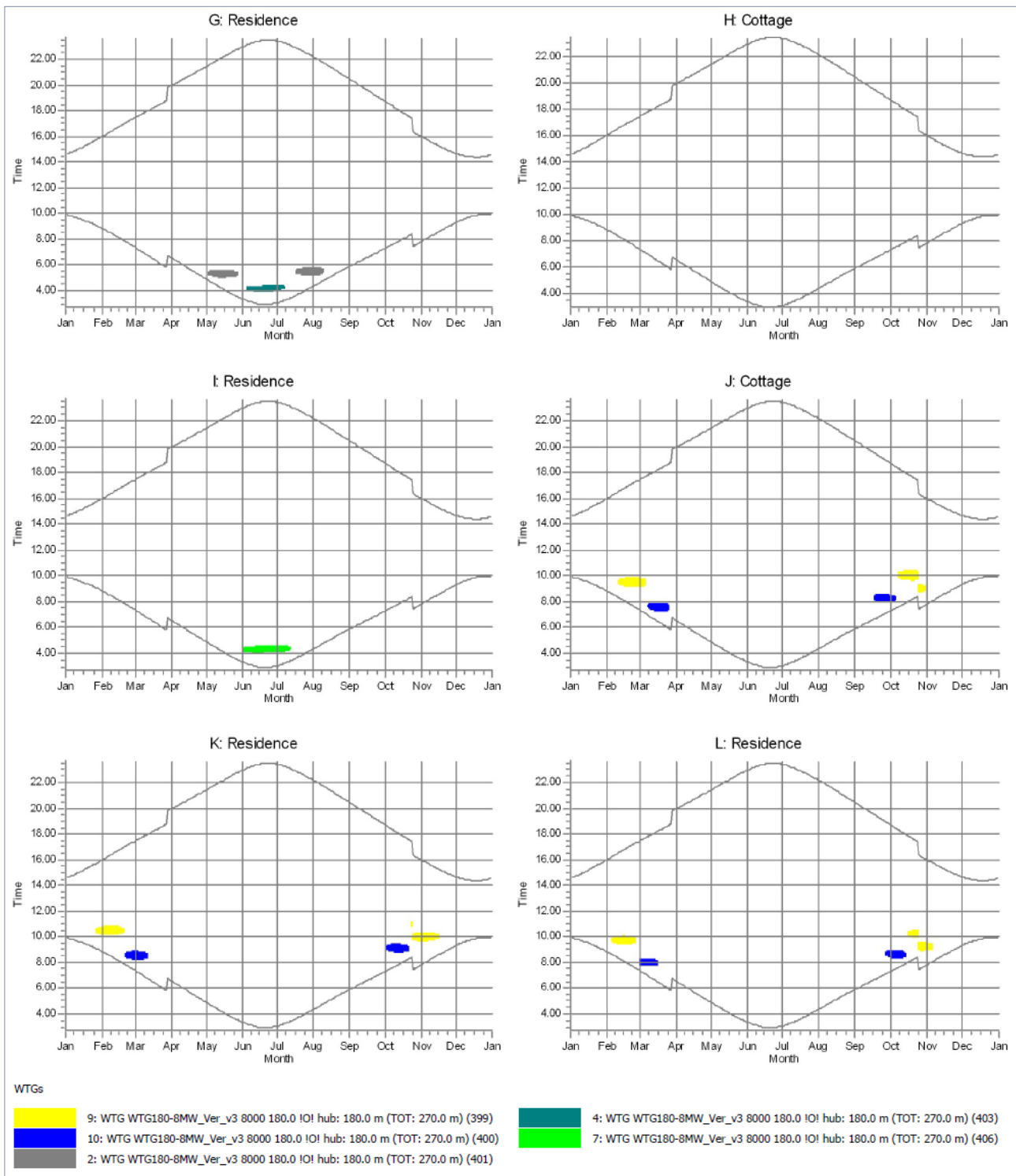
Voimala	Itäinen (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus
1	525535	7034061	180 m / 180 m / 270 m
2	524951	7035104	180 m / 180 m / 270 m
3	525295	7035976	180 m / 180 m / 270 m
4	524668	7035681	180 m / 180 m / 270 m
5	523780	7036074	180 m / 180 m / 270 m
6	522178	7036691	180 m / 180 m / 270 m
7	521580	7036959	180 m / 180 m / 270 m
8	521065	7037308	180 m / 180 m / 270 m
9	520331	7037683	180 m / 180 m / 270 m
10	520937	7038142	180 m / 180 m / 270 m

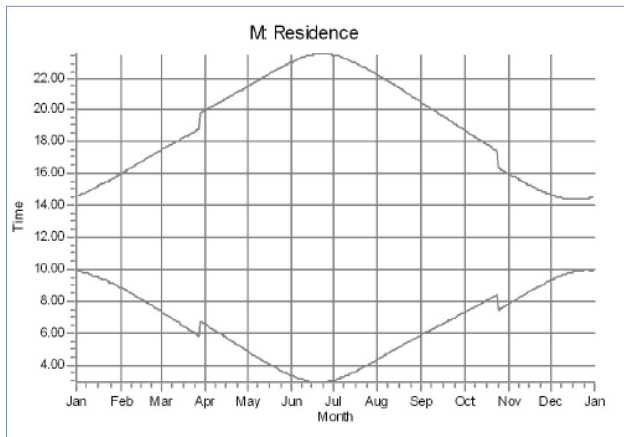
Taulukko 17. Tielammin voimaloiden sijaintitiedot (17 voimalaa)

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus
1	520440	7039582	173 m / 155 m / 250 m
2	520141	7039885	173 m / 155 m / 250 m
3	519647	7040094	173 m / 155 m / 250 m
4	519447	7040744	173 m / 155 m / 250 m
5	519899	7040943	173 m / 155 m / 250 m
6	520428	7040727	173 m / 155 m / 250 m
7	520873	7039834	173 m / 155 m / 250 m
8	520862	7040405	173 m / 155 m / 250 m
9	520931	7041012	173 m / 155 m / 250 m
10	521736	7040527	173 m / 155 m / 250 m
11	521697	7039844	173 m / 155 m / 250 m
12	523510	7040575	173 m / 155 m / 250 m
13	523997	7040644	173 m / 155 m / 250 m
14	523836	7041220	173 m / 155 m / 250 m
15	524624	7040739	173 m / 155 m / 250 m
16	524620	7040302	173 m / 155 m / 250 m
17	525075	7039994	173 m / 155 m / 250 m

LIITE 2: GRAAFISET KAAVIOT VÄLKKEEN TEOREETTISESTA MAKSIMITILANTEESTA HAVAINNOINTIPISTEISSÄ (10 VOIMALAA).

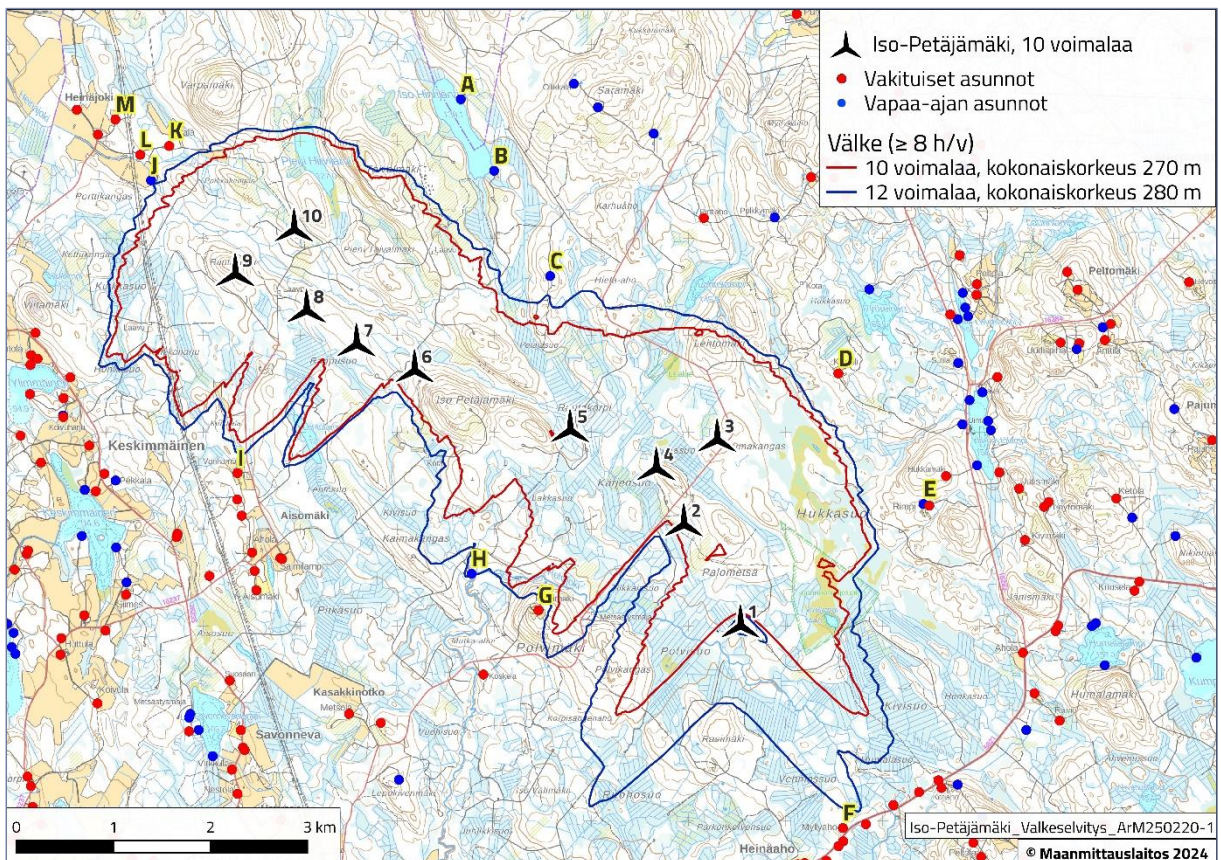




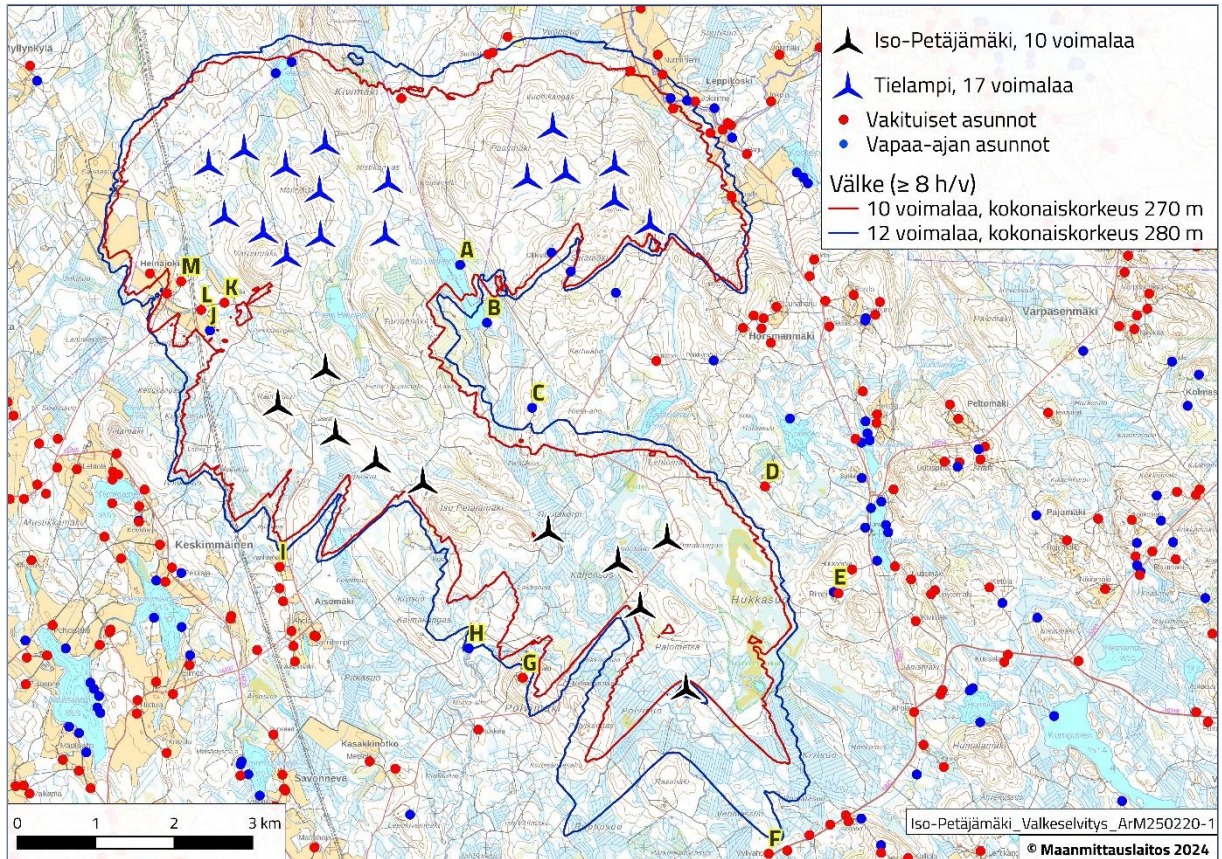


LIITE 4: VAIHTOEHDON VE1 MUUTOKSEN VAIKUTUS

Alla olevassa kartassa on kuvattu, miten Iso-Petäjämäen kaavaehdotuksen (10 voimalaa) meluvaikutukset muuttuivat, kun sitä verrataan kaavaluonnoksen (12 voimalaa) voimalasuunnitelmaan. Alueen keski- ja eteläpuolelta Kärjensuolta ja Rasimäeltä poistettiin 2 voimalaa ja voimaloiden kokonaiskorkeutta laskettiin 280 metristä 270 metriin.



Kuva 5. Varjovälkkeen muodostuminen Iso-Petäjämäen alueella, huomioiden yksinään Iso-Petäjämäki. Kuvassa on esitetty rajat, joiden sisäpuolella ylitetään maksimisuositus kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä.



Kuva 6. Varjovälkkeen muodostuminen Iso-Petäjämäen alueella, naapuripuisto huomioiden. Kuvassa on esitetty rajat, joiden sisäpuolella ylitetään maksimisuositus kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä.

Kun verrataan kaavaehdotusta (10 voimalaa) ja kaavaluonnosta (12 voimalaa) yhteisvaikutusten osalta, välkearvot pienenevät useissa havainnointipisteissä. Iso-Petäjämäen keski- ja eteläpuolelta Kärjensuolta ja Rasimäeltä poistettiin 2 voimalaa ja Tielammin roottorin halkaisija pienennettiin 165 metristä 155 metriin (Tielammen tuulivoimapuiston valkeselvitys (VE1); AFRY, 2024), joten myös pohjoisessa välkevaikutus väheni.