



VÄLKESELVITYS

TUULIVOIMAPUISTO JUTHSKOGEN

Sisällysluettelo

1	Yhteenveto	3
2	Tausta.....	4
3	Varjovälkkeen muodostuminen	4
3.1	Ohje- ja raja-arvot	5
3.2	Varjovälkkeen lähtötiedot ja menetelmät.....	5
4	Välkevaikutukset.....	8
4.1	Vaihtoehtojen VE1 välkevaikutukset.....	8
4.2	Vaihtoehtojen VE1 välkevaikutukset lähialueen tuulivoimapaistot huomioiden.....	10
4.3	Vaihtoehtojen VE2 välkevaikutukset	12
4.4	Vaihtoehtojen VE2 välkevaikutukset lähialueen tuulivoimapaistot huomioiden.....	14
4.5	Vaihtoehtojen VE3 välkevaikutukset	16
4.6	Vaihtoehtojen VE3 välkevaikutukset lähialueen tuulivoimapaistot huomioiden.....	18
4.7	Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät	23
4.8	Haittojen ehkäiseminen ja seuranta	23
5	Lähteet.....	24
	Liite 1: Tuulivoimaloiden sijaintitiedot	25

Versiohistoria

Versio, Päivämäärä	Tekijä	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
2019-11-29	CGr	TLa	TLa	Juthskogenin tuulivoimapaiston väikeselvitys.

1 Yhteenveto

- Tehtävä:** Valkeselvitys Juthskogenin tuulivoimapuiston vaikutusalueella.
- Työmenetelmät:** Valkeselvitykseen on kerätty ajantasaista tietoa tuulivoimaloiden varjon välkkeen ominaispiirteistä, välkkeen ohjearvoista, paikallisista olosuhteista sekä mallinnusmenetelmistä. Pääasiallisena laskentatyökaluna on käytetty WindPRO Ver3.3 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.
- Tässä selityksessä on tarkasteltu kolmea eri hankevaihtoehtoa ja niiden välkevaikutuksia (VE1, VE2 ja VE3). Lähialueen tuulivoimapuistot huomioiden mm. Saksassa ja Ruotsissa käytetty suositus kahdeksan tunnin vuotuisesta välkeajasta ylitetään viidessä Juthskogenin tuulivoimapuiston havainnointipisteessä vaihtoehdossa VE1 (20 voimalaa). Vaihtoehdoissa VE2 (22 voimalaa) ja VE3 (19 voimalaa) maksimisuositus kahdeksan tunnin vuotuisesta välkeajasta ei ylitä yhdessäkään havaintopisteessä.
- Teoreettisen maksimitilanteen suositusarvot ylittyvät muutamassa havainnointipisteessä jokaisessa hankevaihtoehdossa
- Tulosten perusteella voidaan todeta, että vaihtoehdon VE1 välkevaikutus on kohtalainen ja vaihtoehtojen VE2 ja VE3 välkevaikutukset ovat pienet.
- Kohtuuton haitta varjovälkkeestä pystytään ehkäisemään pysäyttämällä välkettä aiheuttavat voimalat kriittiseksi ajaksi. Voimalat voidaan ohjelmoida pysähtymään automaattisesti vallitsevien sääolosuhteiden mukaisesti, kun välkettä muodostuisi herkälle alueelle (flicker control).

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

Suositusarvo	VE1	VE2	VE3	VE1 + lähialueen puistot	VE2 + lähialueen puistot	VE3 + lähialueen puistot
> 10 h/v, todellinen tilanne	0	0	0	0	0	0
> 8 h/v, todellinen tilanne	3	0	0	5	0	0
> 30 h/v, teoreettinen maksimi	8	6	6	13	9	8
> 30 min/pv, teoreettinen maksimi	7	3	3	10	6	6

2 Tausta

Tämä välkeselvitys on tehty Juthskogenin tuulivoimapuistolle Maalahden kunnan alueella. Tässä selvityksessä on tarkistettu kolme eri sijoitussunnitelman vaihtoehtoa, jotka on muodostettu ympäristövaikutusten arviointimenettelyä varten:

- VE1: 20 voimalaa. Roottorihalkaisija 200 m ja napakorkeus 200 m. Kokonaiskorkeus on 300 m.
- VE2: 22 voimalaa. Roottorihalkaisija 180 m ja napakorkeus 185 m. Kokonaiskorkeus on 275 m.
- VE3: 19 voimalaa. Roottorihalkaisija 180 m ja napakorkeus 185 m. Kokonaiskorkeus on 275 m.

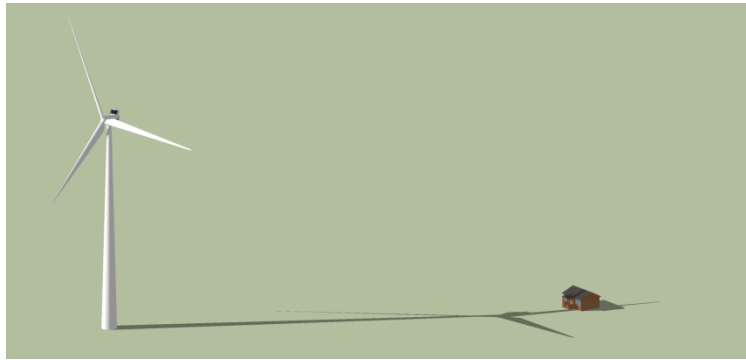
Välkeselvitys on tehty WindPRO 3.3 ohjelmiston SHADOW-moduulia käyttäen. Tulosten arvioinnissa on käytetty Saksan ja Ruotsin suositusarvoja (LAI, 2002; Boverket, 2009). Etha Wind Oy on tarkistanut lähtötietojen oikeellisuuden ja vastaa siitä, että laskenta on oikein suoritettu.

3 Varjovälkkeen muodostuminen

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

Havaintopaikkaan kohdistuva varjovälke ei ole jatkuvaa, vaan välkkeen ajankohta ja 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 ohjearvoja. Saksassa ja Ruotsissa on tuulivoimapuistojen viereiselle asutukselle annettu suositusarvo maksimissaan kahdeksan tuntia välkettä vuodessa (nk. "real case" eli todellinen tilanne, jossa huomioidaan auringonpaisteajat ja tuuliolosuhteet). Lisäksi Saksassa ja Ruotsissa on annettu suositusarvo 30 minuuttia päivässä sekä 30 tuntia vuodessa niin kutsutussa "worst-case" -eli teoreettisessa maksimitilanteessa.

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. Tanskassa sovelletaan yleensä kymmenen tunnin vuotuisen välkkeen raja-arvoa todellisessa tilanteessa.

3.2 Varjovälkkeen lähtötiedot ja menetelmät

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

Tuulivoimaloiden aiheuttaman varjovälkkeen vaikutusalue ja -määrä mallinnetaan tuulivoimamallinnukseen käytettävällä WindPRO-ohjelmalla, jossa pohjatietona käytettiin paikallisia olosuhteita vastaavia tilastollisia tietoja. Ohjelmalla voidaan laskea sekä tiettyyn pisteeseen kohdistuva varjovälke, että koko tuulivoima-alueen varjovälkkeen muodostuminen. Laskennat tehdään todellisten olosuhteiden mukaisesti, jolloin otetaan huomioon tuulivoimaloiden korkeus, sijainti ja roottorin halkaisija sekä paikalliset, tilastolliset sääolosuhteet. Puustoa ja muuta kasvillisuutta ei kuitenkaan huomioida, mistä johtuen paikoittain raportoidaan liian korkeat väлкеarvot. Käyttöaste ja tuulensuunnat lasketaan käyttäen

Tuuliatlaksen tietoja.

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. kasvihuone-asetusta, eli välkettä lasketaan havaittavaksi aina, kun välkealue osuu rakennuksen kohdalle. Todellisuudessa välkettä esiintyy ainoastaan ikkunallisissa huoneissa, jotka ovat tuulivoimaloiden suuntaan.

Maastotietokantana käytettiin Maanmittauslaitoksen kahden metrin korkeusmallia ja säähavaintotietoina käytettiin Seinäjoen säähavaintoja. Seinäjoen havaintoasema sijaitsee noin 45 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

Auringonpaisteajat	Seinäjoen sääaseman havainnot, Ilmatieteen laitos (taulukko 3)
Toiminta-aika	Tuuliatlaksen perusteella (taulukko 4)
Asuntojen asetus	Kasvihuone-asetus
Mallinnus	Välkemallinnus vakiintuneen menetelmän mukaisesti (LAI 2002)
Lapaparametrit	Voimala valmistajien lapaparametrejä käytössä
Puuston vaikutus	Ei huomioitu
Vertailuarvot	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	1.00
Helmikuu	2.82
Maaliskuu	4.23
Huhtikuu	6.60
Toukokuu	8.78
Kesäkuu	9.10
Heinäkuu	8.87
Elokuu	6.81
Syyskuu	4.67
Lokakuu	2.52
Marraskuu	1.17
Joulukuu	0.58
Keskiarvo	4.76

Taulukko 4. Tuulivoimaloiden toiminta-aika

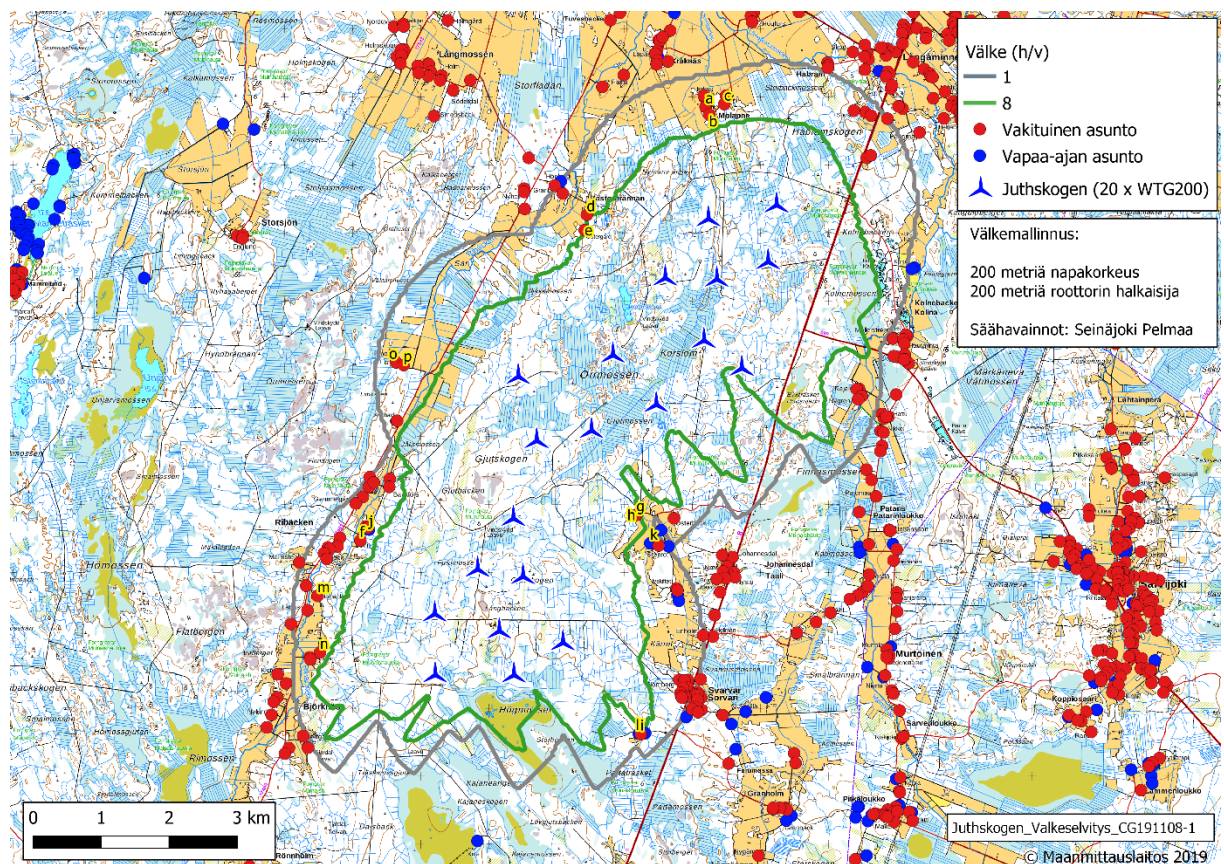
Tuulensuunta	Toiminta-aika (h/v)
Pohjoinen	565
Pohjoiskoillinen	607
Itäkoillinen	394
Itä	315
Itäkaakko	381
Eteläkaakko	511
Etelä	854
Etelälounas	1650
Länsilounas	900
Länsi	672
Länsiluode	528
Pohjoisluode	482
Summa	7859

4 Välkevaikutukset

Välkemallinnuksen tuloksia kuvataan visuaalisesti kartoilla, ja lisäksi tuloksia on kuvattu yksityiskohtaisesti sanallisesti. Suomen lainsäädännössä ei ole määritelty välkevaikutukselle raja-arvoja tai suosituksia. Kartalla tulokset on esitetty soveltaen Saksassa ja Ruotsissa käytössä olevaa todellisen tilanteen suositusarvoa 8 h/v.

Välkettä on tutkittu kuudessa eri laskentatilanteessa: kolme eri hankevaihtoehtoa ja mallinnettu sekä itsenäisesti että yhdessä Långmånssan, Ribäckenin ja Takanebackenin tuulivoimapuistojen kanssa.

4.1 Vaihtoehdon VE1 välkevaikutukset



Kuva 2. Varjovälkkeen muodostuminen Juthskogenin alueella. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (A-O) 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 ylitetään kolmessa havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositusarvot ylitetään tämän lisäksi seitsemässä havainnointipisteessä.

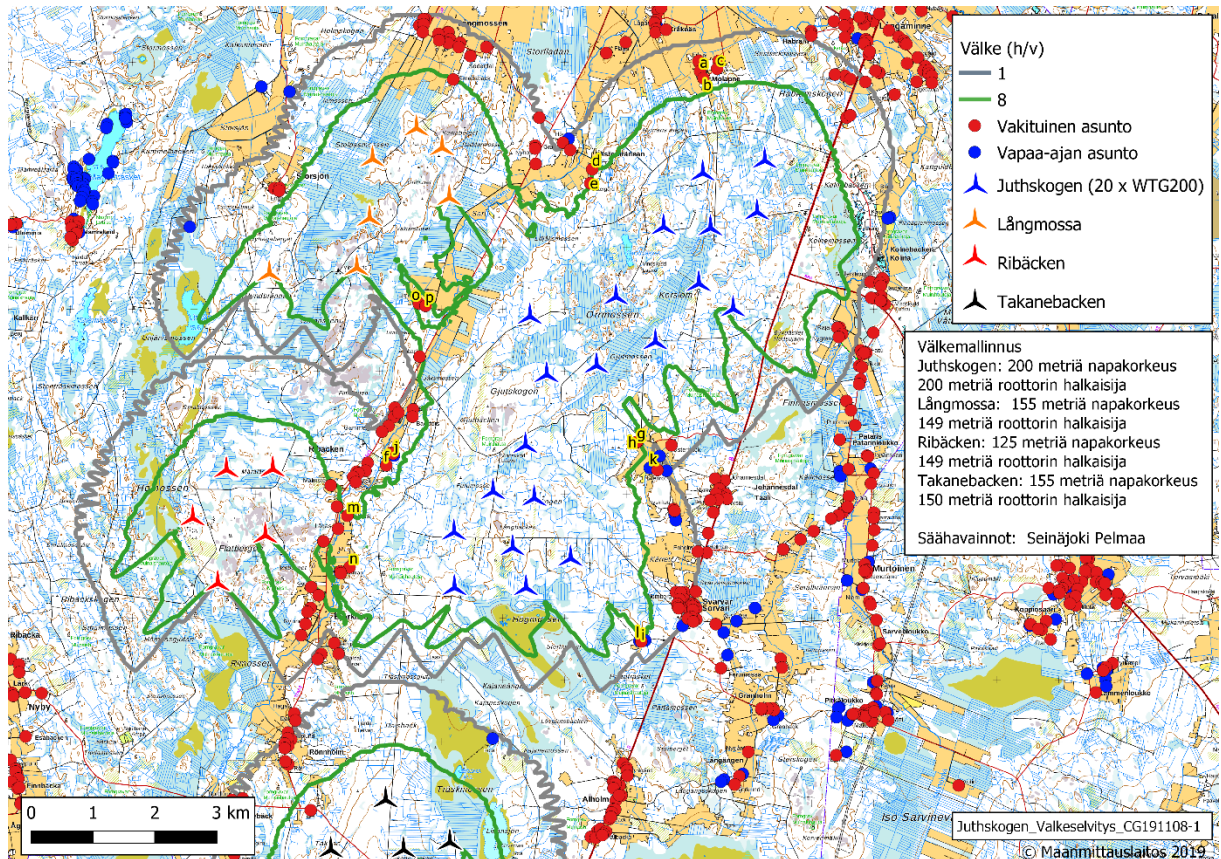
Laskennassa on tarkasteltu välkettä myös yksittäisissä havainnointipisteissä. Seuraavassa taulukossa on laskennasta saadut tulokset havainnointipisteille.

Taulukko 5. Varjoväkelaskennan tulokset, Juthskogen VE1.

Havainnointipiste	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)	Suositusarvojen ylitys
A	Vakituinen asunto	229192	6983853	05:16	44:30	00:31	Osittain
B	Vakituinen asunto	229246	6983740	05:53	47:34	00:33	Osittain
C	Vakituinen asunto	229468	6983894	05:32	48:48	00:46	Osittain
D	Vakituinen asunto	227447	6982265	07:15	48:41	00:32	Osittain
E	Vakituinen asunto	227414	6982039	09:31	60:25	00:56	Kyllä
F	Vakituinen asunto	224113	6977471	04:38	28:32	00:31	Osittain
G	Vakituinen asunto	228176	6977848	09:21	43:39	00:27	Kyllä
H	Vakituinen asunto	228159	6977846	09:43	45:17	00:27	Kyllä
I	Vakituinen asunto	228242	6974621	06:32	28:23	00:27	Ei
J	Vapaa-ajan asunto	224238	6977631	04:42	29:58	00:31	Osittain
K	Vapaa-ajan asunto	228378	6977429	05:35	31:14	00:25	Osittain
L	Vapaa-ajan asunto	228210	6974627	06:09	26:52	00:26	Ei
M	Vakituinen asunto	223484	6976655	03:39	21:08	00:27	Ei
N	Vakituinen asunto	223520	6975823	06:38	29:32	00:28	Ei
O	Vakituinen asunto	224638	6980093	02:13	11:29	00:26	Ei
P	Vakituinen asunto	224750	6980054	02:37	13:13	00:28	Ei

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

4.2 Vaihtoehdon VE1 välkevaikutukset lähialueen tuulivoimapuistot huomioiden



Kuva 3. Varjovälkkeen muodostuminen Juthskogenin alueella. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (A-P) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 6.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ylitetään viidessä havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositusarvot ylitetään tämän lisäksi yhdeksässä havainnointipisteessä. Kartalla esitetyistä tuloksista voidaan havaita, että vaihtoehdolla VE1 on varjovälkkeen osalta yhteisvaikutuksia Långmossan ja Ribäckenin tuulivoimaloiden kanssa.

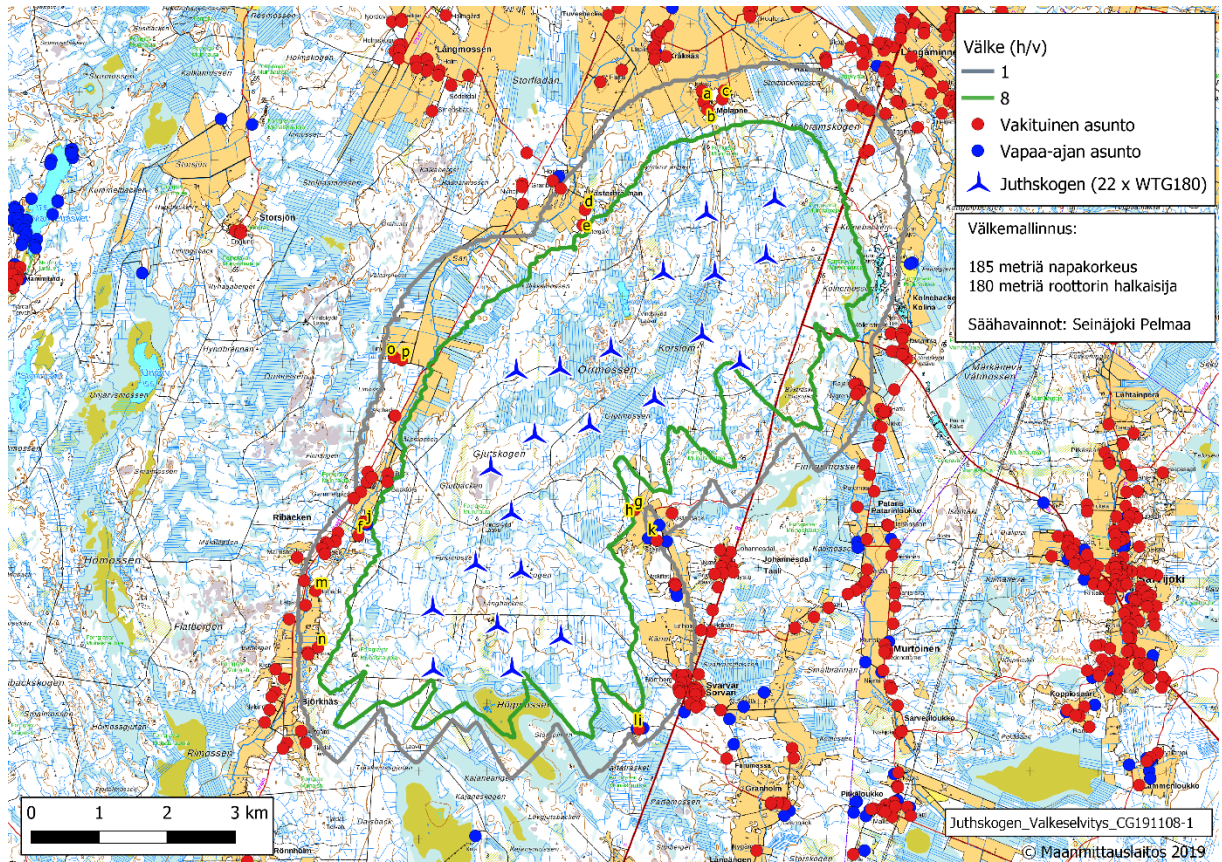
Laskennassa on tarkasteltu välkettä myös yksittäisissä havainnointipisteissä. Seuraavassa taulukossa on laskennasta saadut tulokset yksittäisille havainnointipisteille.

Taulukko 6. Varjoväkelaskennan tulokset, Juthskogen VE1 + lähialueen tuulivoimapaistot

Havainnointipiste	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)	Suositusarvojen ylitys
A	Vakituinen asunto	229192	6983853	05:16	44:30	00:31	Osittain
B	Vakituinen asunto	229246	6983740	05:53	47:34	00:33	Osittain
C	Vakituinen asunto	229468	6983894	05:32	48:48	00:46	Osittain
D	Vakituinen asunto	227447	6982265	07:15	48:41	00:32	Osittain
E	Vakituinen asunto	227414	6982039	09:31	60:25	00:56	Kyllä
F	Vakituinen asunto	224113	6977471	05:42	34:17	00:44	Osittain
G	Vakituinen asunto	228176	6977848	09:21	43:39	00:27	Kyllä
H	Vakituinen asunto	228159	6977846	09:43	45:17	00:27	Kyllä
I	Vakituinen asunto	228242	6974621	06:32	28:23	00:27	Ei
J	Vapaa-ajan asunto	224238	6977631	04:42	29:58	00:31	Osittain
K	Vapaa-ajan asunto	228378	6977429	05:35	31:14	00:25	Osittain
L	Vapaa-ajan asunto	228210	6974627	06:09	26:52	00:26	Ei
M	Vakituinen asunto	223484	6976655	09:13	47:43	00:37	Kyllä
N	Vakituinen asunto	223520	6975823	08:56	40:57	00:30	Kyllä
O	Vakituinen asunto	224638	6980093	07:04	33:22	00:32	Osittain
P	Vakituinen asunto	224750	6980054	06:24	30:33	00:29	Osittain

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

4.3 Vaihtoehdon VE2 välkevaikutukset



Kuva 4. Varjovälkkeen muodostuminen Juthskogenin alueella. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (A-P) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 7.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta välkeajasta ei ylitetä yhdessäkään havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositusarvot ylitetään kuudessa havainnointipisteessä.

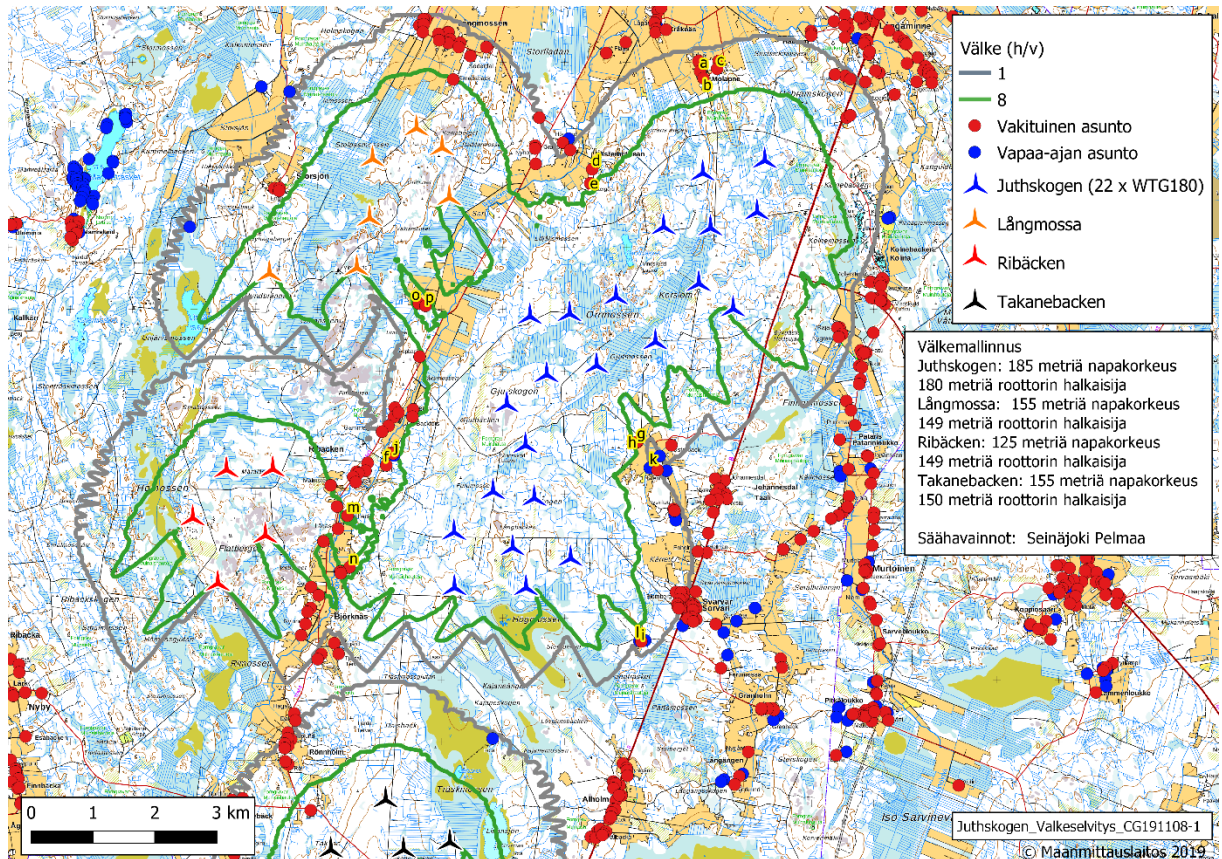
Laskennassa on tarkasteltu välkettä myös yksittäisissä havainnointipisteissä. Seuraavassa taulukossa on laskennasta saadut tulokset yksittäisille havainnointipisteille.

Taulukko 7. Varjoväkelaskennan tulokset, Juthskogen VE2.

Havainnointipiste	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)	Suositusarvojen ylitys
A	Vakituinen asunto	229192	6983853	04:27	39:24	00:28	Osittain
B	Vakituinen asunto	229246	6983740	04:59	42:24	00:30	Osittain
C	Vakituinen asunto	229468	6983894	04:35	42:13	00:38	Osittain
D	Vakituinen asunto	227447	6982265	04:13	24:10	00:29	Ei
E	Vakituinen asunto	227414	6982039	06:38	43:27	00:31	Osittain
F	Vakituinen asunto	224113	6977471	03:44	23:18	00:28	Ei
G	Vakituinen asunto	228176	6977848	07:11	34:01	00:25	Osittain
H	Vakituinen asunto	228159	6977846	07:28	35:16	00:25	Osittain
I	Vakituinen asunto	228242	6974621	04:09	17:08	00:25	Ei
J	Vapaa-ajan asunto	224238	6977631	03:49	24:32	00:28	Ei
K	Vapaa-ajan asunto	228378	6977429	02:57	18:20	00:23	Ei
L	Vapaa-ajan asunto	228210	6974627	03:46	15:37	00:25	Ei
M	Vakituinen asunto	223484	6976655	01:50	09:52	00:25	Ei
N	Vakituinen asunto	223520	6975823	05:13	23:32	00:25	Ei
O	Vakituinen asunto	224638	6980093	01:47	09:21	00:24	Ei
P	Vakituinen asunto	224750	6980054	02:05	10:40	00:25	Ei

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

4.4 Vaihtoehdon VE2 välkevaikutukset lähialueen tuulivoimapaistot huomioiden



Kuva 5. Varjovälkkeen muodostuminen Juthskogenin alueella. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (A-P) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 8.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa voimassa oleva suositus kahdeksan tunnin välkemäärästä alitetaan kaikissa havainnointipisteissä, vaikka mallinnuksessa huomioidaan myös lähialueen rakenteilla ja suunnitteilla olevat tuulivoimapaistot. Teoreettisen maksimitilanteen suositusarvot ylitetään yhdeksässä havainnointipisteessä. Kartalla esitetyistä tuloksista voidaan havaita, että vaihtoehdolla VE2 on varjovälkkeen osalta vähäisiä yhteisvaikutuksia Långmossan ja Ribäckenin tuulivoimaloiden kanssa.

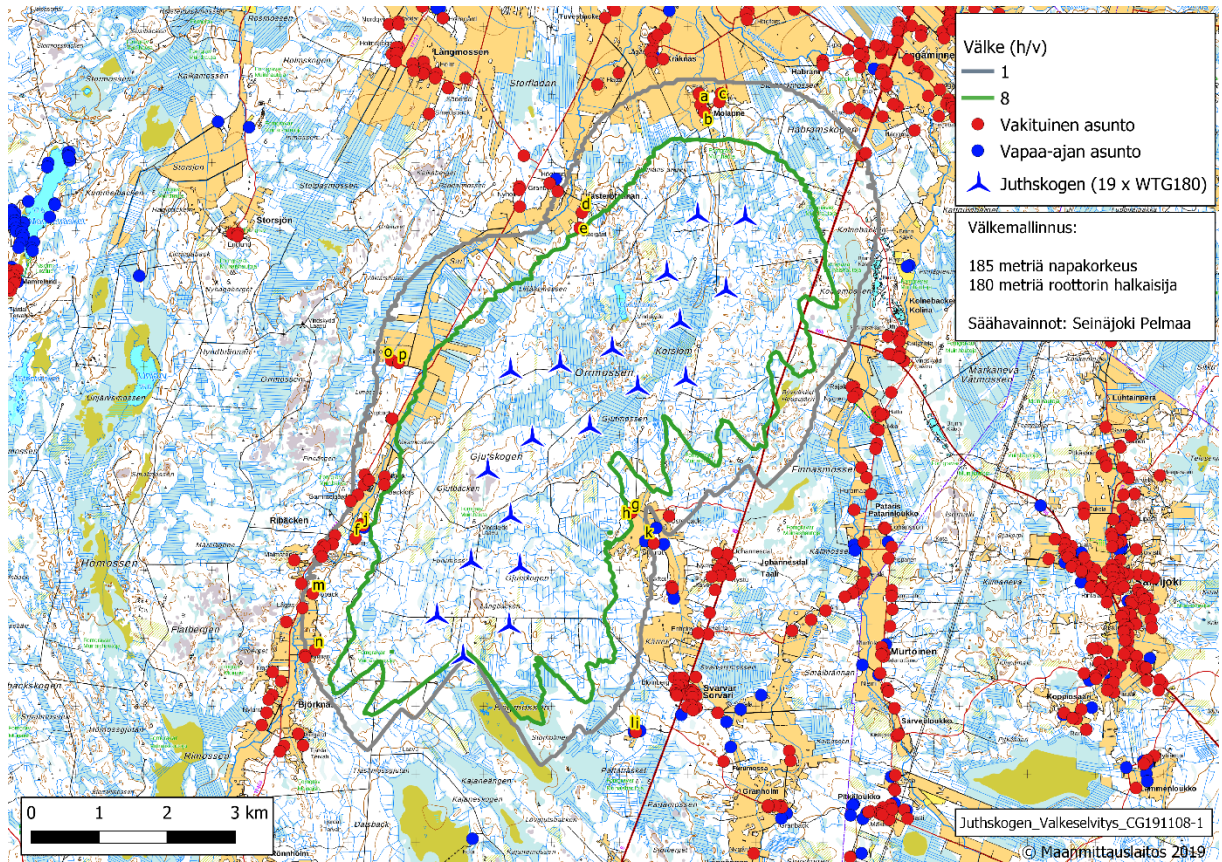
Laskennassa on tarkasteltu välkettä myös yksittäisissä havainnointipisteissä. Seuraavassa taulukossa on laskennasta saadut tulokset yksittäisille havainnointipisteille.

Taulukko 8. Varjoväkelaskennan tulokset, Juthskogen VE2 + lähialueen tuulivoimapaistot.

Havainnointipiste	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)	Suositusarvojen ylitys
A	Vakituinen asunto	229192	6983853	04:27	39:24	00:28	Osittain
B	Vakituinen asunto	229246	6983740	04:59	42:24	00:30	Osittain
C	Vakituinen asunto	229468	6983894	04:35	42:13	00:38	Osittain
D	Vakituinen asunto	227447	6982265	04:13	24:10	00:29	Ei
E	Vakituinen asunto	227414	6982039	06:38	43:27	00:31	Osittain
F	Vakituinen asunto	224113	6977471	04:48	29:03	00:42	Ei
G	Vakituinen asunto	228176	6977848	07:11	34:01	00:25	Osittain
H	Vakituinen asunto	228159	6977846	07:28	35:16	00:25	Osittain
I	Vakituinen asunto	228242	6974621	04:09	17:08	00:25	Ei
J	Vapaa-ajan asunto	224238	6977631	03:49	24:32	00:28	Ei
K	Vapaa-ajan asunto	228378	6977429	02:57	18:20	00:23	Ei
L	Vapaa-ajan asunto	228210	6974627	03:46	15:37	00:25	Ei
M	Vakituinen asunto	223484	6976655	07:23	36:27	00:27	Osittain
N	Vakituinen asunto	223520	6975823	07:30	34:57	00:30	Osittain
O	Vakituinen asunto	224638	6980093	06:37	31:14	00:32	Osittain
P	Vakituinen asunto	224750	6980054	05:51	28:00	00:29	Ei

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

4.5 Vaihtoehdon VE3 välkevaikutukset



Kuva 6. Varjovälkkeen muodostuminen Juthskogenin alueella. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (A-P) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 9.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitetä yhdessäkään havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositusarvot ylitetään kuudessa havainnointipisteessä.

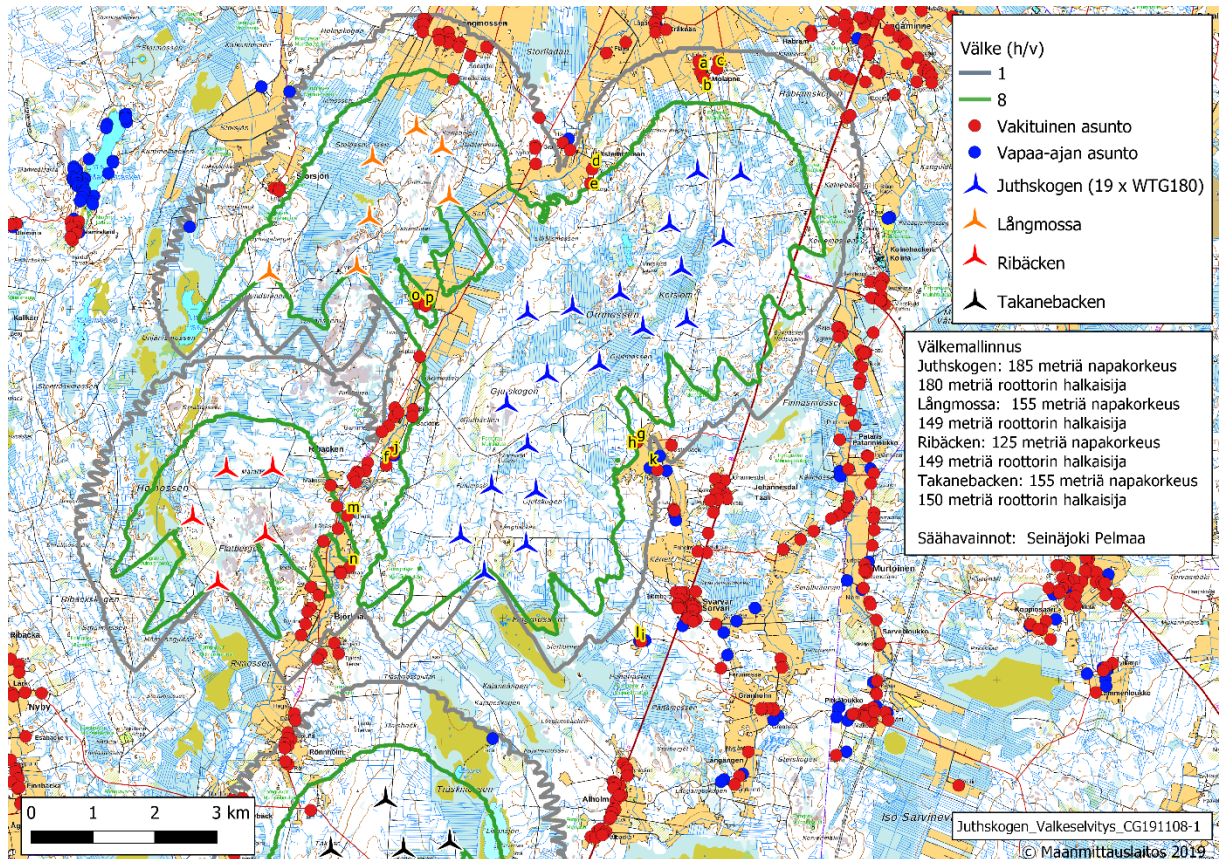
Laskennassa on tarkasteltu välkettä myös yksittäisissä havainnointipisteissä. Seuraavassa taulukossa on laskennasta saadut tulokset yksittäisille havainnointipisteille.

Taulukko 9. Varjoväkelaskennan tulokset, Juthskogen VE3.

Havainnointipiste	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)	Suositusarvojen ylitys
A	Vakituinen asunto	229192	6983853	04:27	43:28	00:50	Osittain
B	Vakituinen asunto	229246	6983740	04:58	46:34	00:53	Osittain
C	Vakituinen asunto	229468	6983894	04:33	46:00	00:52	Osittain
D	Vakituinen asunto	227447	6982265	04:14	23:54	00:28	Ei
E	Vakituinen asunto	227414	6982039	06:35	42:04	00:29	Osittain
F	Vakituinen asunto	224113	6977471	03:35	21:52	00:26	Ei
G	Vakituinen asunto	228176	6977848	07:24	35:08	00:25	Osittain
H	Vakituinen asunto	228159	6977846	07:41	36:24	00:25	Osittain
I	Vakituinen asunto	228242	6974621	00:00	00:00	00:00	Ei
J	Vapaa-ajan asunto	224238	6977631	03:38	23:08	00:26	Ei
K	Vapaa-ajan asunto	228378	6977429	01:27	08:07	00:22	Ei
L	Vapaa-ajan asunto	228210	6974627	00:00	00:00	00:00	Ei
M	Vakituinen asunto	223484	6976655	01:34	08:42	00:23	Ei
N	Vakituinen asunto	223520	6975823	02:45	11:24	00:24	Ei
O	Vakituinen asunto	224638	6980093	01:55	09:52	00:24	Ei
P	Vakituinen asunto	224750	6980054	02:18	11:29	00:26	Ei

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

4.6 Vaihtoehdon VE3 välkevaikutukset lähialueen tuulivoimapaistot huomioiden



Kuva 7. Varjovälkkeen muodostuminen Juthskogenin alueella. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (A-P) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 10.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitetä yhdessäkään havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositusarvot ylitetään yhdeksässä havainnointipisteessä. Kartalla esitetyistä tuloksista voidaan havaita, että vaihtoehdolla VE3 on varjovälkkeen osalta vähäisiä yhteisvaikutuksia Långmossan ja Ribäckenin tuulivoimaloiden kanssa.

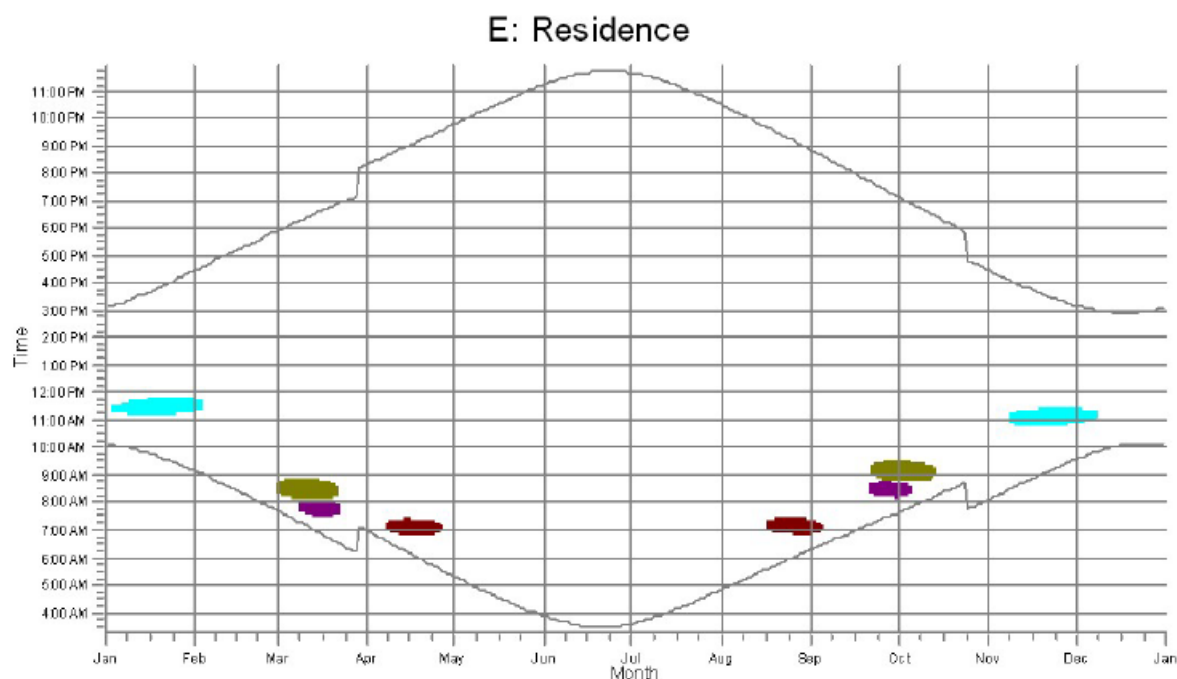
Laskennassa on tarkasteltu välkettä myös yksittäisissä havainnointipisteissä. Seuraavassa taulukossa on laskennasta saadut tulokset havainnointipisteille.

Taulukko 10. Varjovälkelaskennan tulokset, Juthskogen VE3 + lähialueen tuulivoimapuistot.

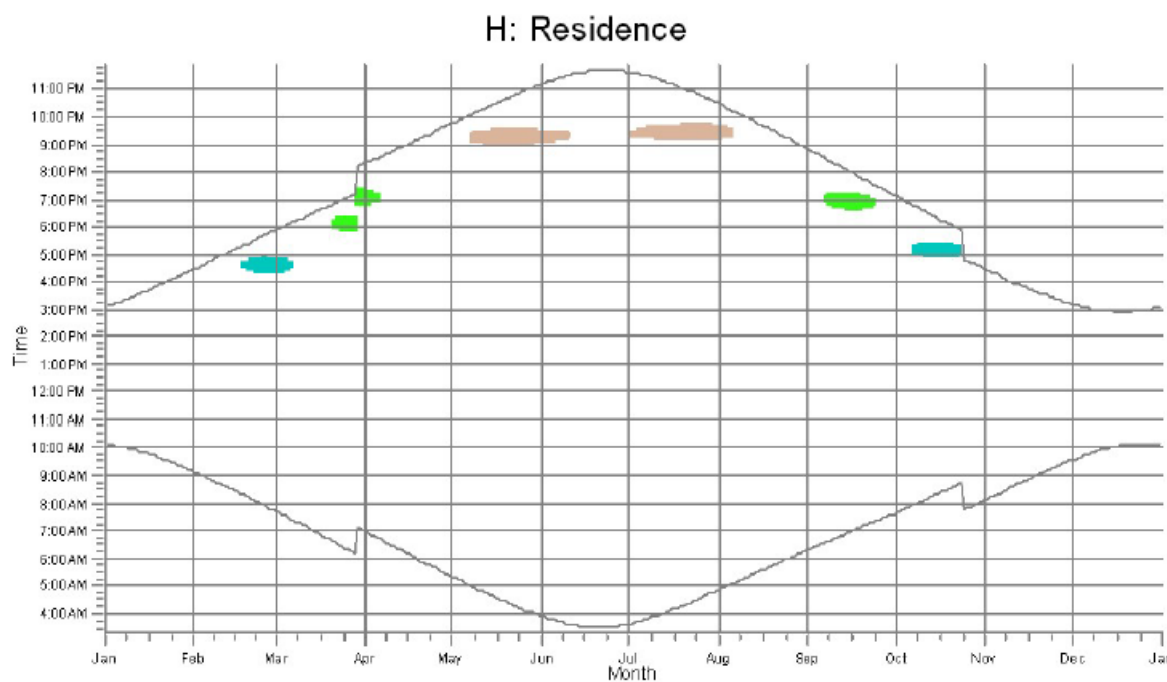
Havainnointipiste	Luokka	Itäinen koord. (ETRS TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS TM35FIN)	Vilkkumisen määrä (todellinen tilanne, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/pv)	Suositusarvojen ylitys
A	Vakituinen asunto	229192	6983853	04:27	43:28	00:50	Osittain
B	Vakituinen asunto	229246	6983740	04:58	46:34	00:53	Osittain
C	Vakituinen asunto	229468	6983894	04:33	46:00	00:52	Osittain
D	Vakituinen asunto	227447	6982265	04:14	23:54	00:28	Ei
E	Vakituinen asunto	227414	6982039	06:35	42:04	00:29	Osittain
F	Vakituinen asunto	224113	6977471	04:39	27:37	00:39	Ei
G	Vakituinen asunto	228176	6977848	07:24	35:08	00:25	Osittain
H	Vakituinen asunto	228159	6977846	07:41	36:24	00:25	Osittain
I	Vakituinen asunto	228242	6974621	00:00	00:00	00:00	Ei
J	Vapaa-ajan asunto	224238	6977631	03:38	23:08	00:26	Ei
K	Vapaa-ajan asunto	228378	6977429	01:27	08:07	00:22	Ei
L	Vapaa-ajan asunto	228210	6974627	00:00	00:00	00:00	Ei
M	Vakituinen asunto	223484	6976655	07:06	35:17	00:27	Osittain
N	Vakituinen asunto	223520	6975823	05:02	22:49	00:41	Osittain
O	Vakituinen asunto	224638	6980093	06:45	31:45	00:32	Osittain
P	Vakituinen asunto	224750	6980054	06:05	28:49	00:29	Ei

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

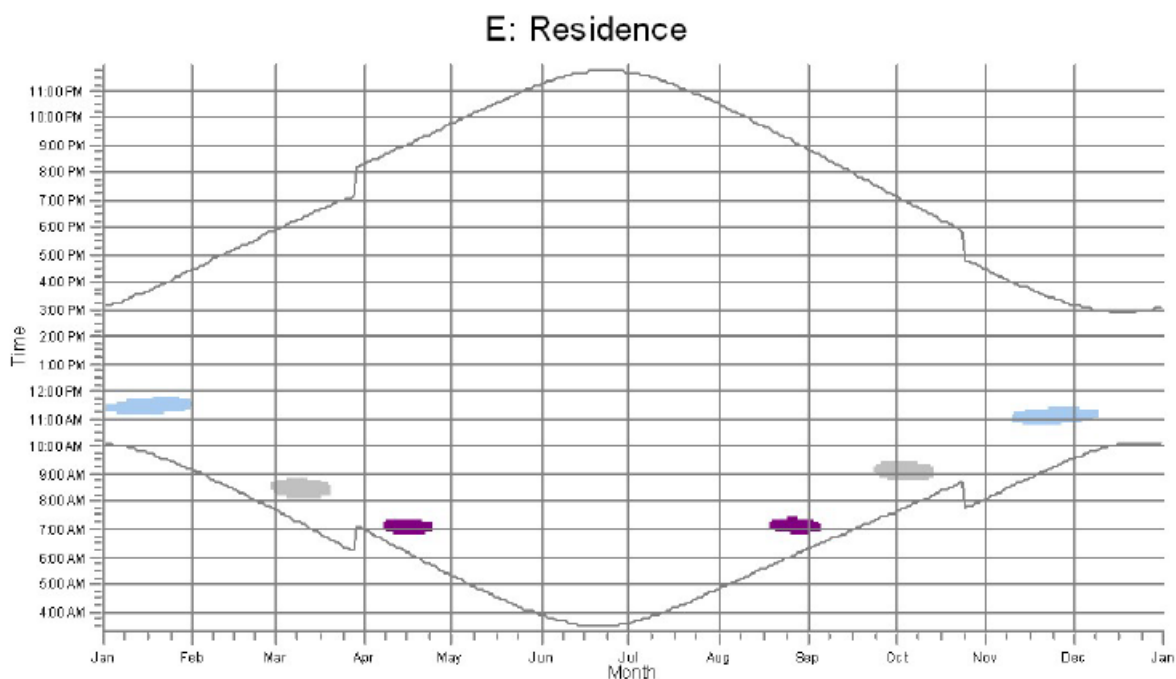
Seuraavat kuvaajat havainnollistavat varjovälkkeen esiintymistä havainnointipisteissä H ja E teoreettisessa maksimitilanteessa. Havaintopisteet ovat esimerkkejä kohteista, joissa teoreettisen tilanteen mukainen välkemäärä ylittää 30 tuntia vuodessa. Kuukausi on x-akselilla ja kellonaika y-akselilla. Eri voimalat on esitetty kuvaajassa eri väreillä.



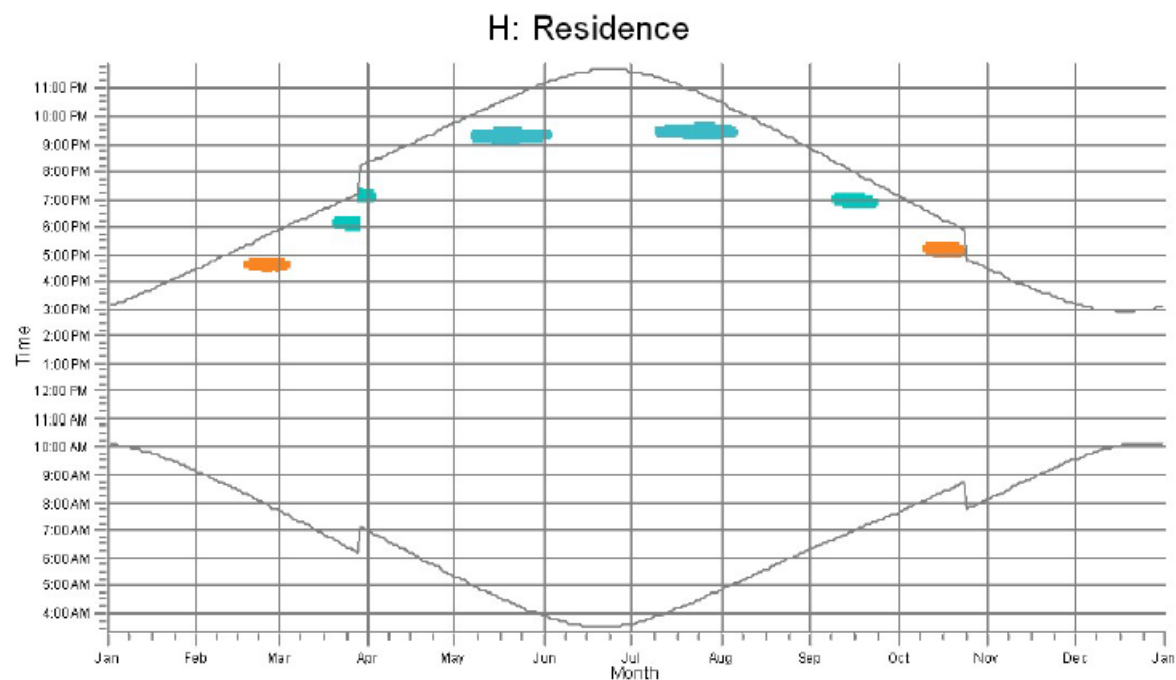
Kuva 8. Graafinen kalenteri (VE1 + lähialueen tuulivoimapaistot), vakituinen asunto E.



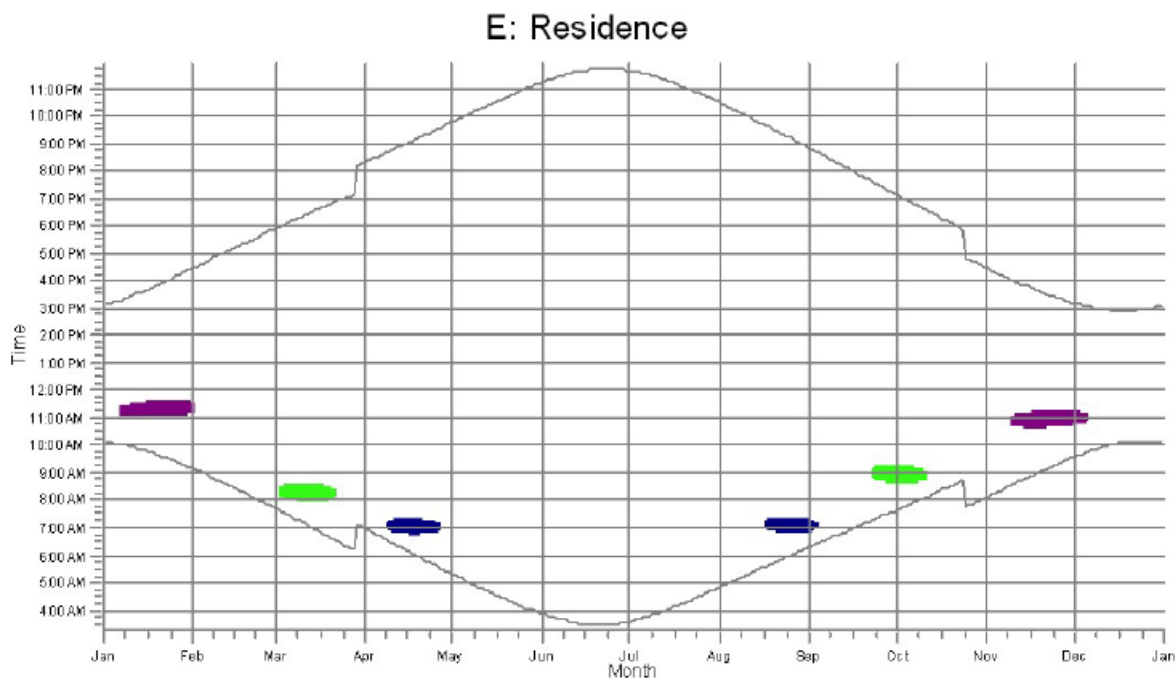
Kuva 9. Graafinen kalenteri (VE1 + lähialueen tuulivoimapaistot), vakituinen asunto H.



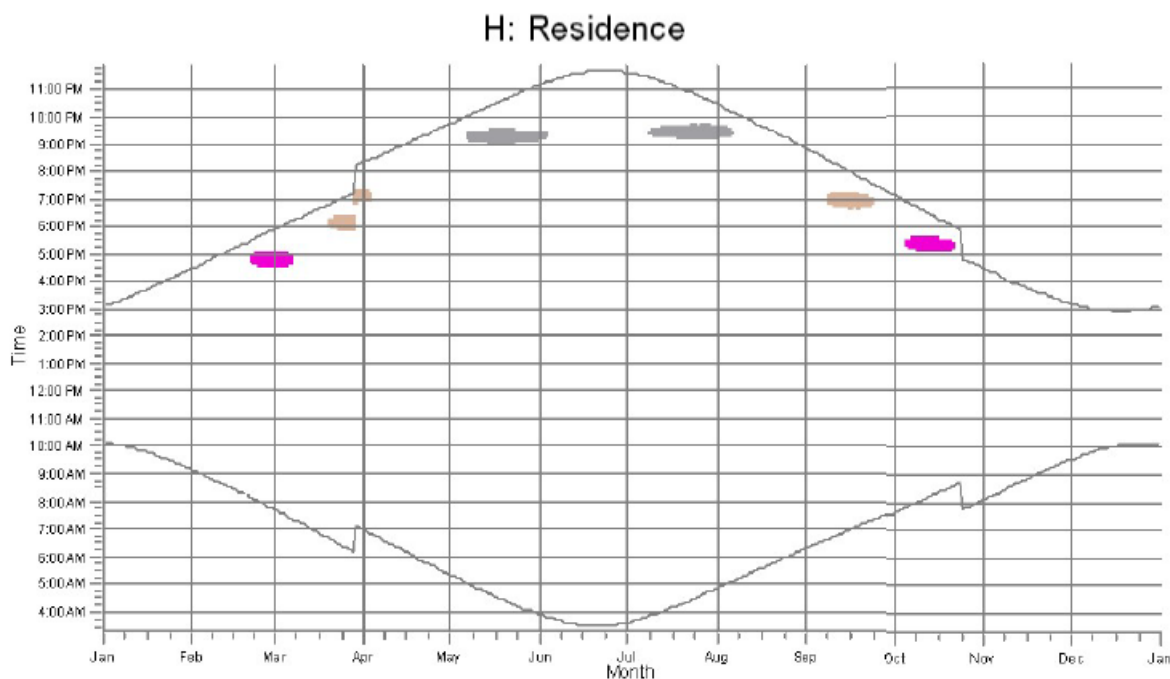
Kuva 10. Graafinen kalenteri (VE2 + lähialueen tuulivoimapaistot), vakituinen asunto E.



Kuva 11. Graafinen kalenteri (VE2 + lähialueen tuulivoimapaistot), vakituinen asunto H.



Kuva 12. Graafinen kalenteri (VE3 + lähialueen tuulivoimapaistot), vakituinen asunto E.



Kuva 13. Graafinen kalenteri (VE3 + lähialueen tuulivoimapaistot), vakituinen asunto H.

4.7 Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät

Välkemallinnus edustaa keskimääräistä varjostustilannetta, jossa pohjana on käytetty pitkän ajan tilastollisia sääarvoja. Mikäli sääolosuhteet poikkeavat merkittävästi tilastoiduista arvoista, saattaa myös välkkeen määrä poiketa.

Tuulivoimaloiden käyttöaste, eli aika jolloin voimalat pyörivät ja tuottavat sähköä, vaikuttaa merkittävästi välkkeen syntymiseen. Käyttöasteen pienentyessä saattaa välke yksittäisessä pisteessä vähentyä. Myös epävarmuus oletetuissa tuulensuunnissa voi vaikuttaa laskentatulokseen.

Välkemallinnuksessa ei otettu huomioon korkean kasvillisuuden mahdollista suojavaikutusta. Avoimilla alueilla sijaitseville rakennuksille välkemäärät ovat tässä mallinnuksessa samanlaiset, kuin mallinnettaessa kasvillisuuden kanssa. Rakennuksissa, jotka sijaitsevat lähellä metsäalueita, kokevat todellisuudessa vähemmän välkettä, kuin mallinnuksessa, koska metsä rajoittaa välkkeen syntymistä.

4.8 Haittojen ehkäiseminen ja seuranta

Tuulivoimaloiden varjovälkevaikutuksia pystytään ehkäisemään jo suunnitteluvaiheessa. Voimalat on pyritty sijoittamaan siten, että ne aiheuttavat mahdollisimman vähän välkettä herkälle alueelle. Syntyvän varjovälkkeen määrään vaikuttavat tornin korkeus, roottorin halkaisija ja lapojen leveys. Jos rakennettavaksi valittavan voimalan edellä mainitut ominaisuudet poikkeavat oleellisesti tämän selvityksen lähtötiedoista, on välkemallinnus päivitettävä rakennuslupavaiheessa.

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

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

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

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

Etha Wind Oy (2019). 02-Flicker and ZVI-CGYK150227-1-Rev10. Internal work description.

Liite 1: Tuulivoimaloiden sijaintitiedot

Voimaloiden sijainnit on esitetty alla olevissa taulukoissa.

Taulukko 11. Juthskogenin voimaloiden sijaintitiedot, VE1

Voimala	Itäinen koord. (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS-TM35FIN)
1	230225	6982426
2	229222	6982223
3	228587	6981351
4	229346	6981334
5	230100	6981592
6	229157	6980433
7	227817	6980217
8	226424	6979902
9	229713	6980024
10	228455	6979489
11	227502	6979106
12	226695	6978957
13	226352	6977813
14	225826	6977065
15	226494	6976957
16	225195	6976406
17	226145	6976156
18	227082	6975983
19	225202	6975510
20	226360	6975508

Taulukko 12. Juthskogenin voimaloiden sijaintitiedot, VE2

Voimala	Itäinen koord. (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS-TM35FIN)
1	230225	6982426
2	229222	6982223
3	228587	6981351
4	229346	6981334
5	230100	6981592
6	229157	6980433
7	227817	6980217
8	226424	6979902
9	229713	6980024
10	228455	6979489
11	227502	6979106
12	226695	6978957
13	226352	6977813
14	225826	6977065
15	226494	6976957
16	225195	6976406
17	226145	6976156
18	227082	6975983
19	225202	6975510
20	226360	6975508
21	227066	6979944
22	226049	6978473

Taulukko 13. Juthskogenin voimaloiden sijaintitiedot, VE3

Voimala	Itäinen koord. (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS-TM35FIN)
1	229137	6982239
2	229836	6982203
3	228683	6981381
4	229555	6981140
5	228878	6980670
6	227880	6980272
7	227114	6980038
8	226383	6979949
9	228962	6979832
10	228253	6979705
11	227550	6979123
12	226704	6978949
13	226048	6978473
14	226385	6977810
15	225803	6977141
16	226522	6977066
17	225302	6976338
18	226363	6976200
19	225686	6975739

Taulukko 14. Takanebackenin voimaloiden sijaintitiedot

Voimala	Itäinen koord. (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS-TM35FIN)
1	225138	6971388
2	224389	6971265
3	223142	6970490
4	224100	6972075
5	223212	6971265

Taulukko 15. Ribäckenin voimaloiden sijaintitiedot

Voimala	Itäinen koord. (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS-TM35FIN)
1	221525	6977325
2	222275	6977336
3	220980	6976543
4	222155	6976261
5	221385	6975486

Taulukko 16. Långmossan voimaloiden sijaintitiedot

Voimala	Itäinen koord. (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS-TM35FIN)
1	224601	6982892
2	225016	6982575
3	225132	6981766
4	223890	6982394
5	223842	6981433
6	223635	6980629
7	222220	6980539