



PIIPSANNEVAN TUULIVOIMAPUISTON VÄLKESELVITYS

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.....	7
4.1	Piipsannevan välkevaikutukset	7
4.2	Välkevaikutukset ottaen huomioon puuston	8
4.3	Välkevaikutuksen hallintasuunnitelma.....	10
4.4	Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät	12
4.5	Haittojen ehkäiseminen ja seuranta	12
5	Lähteet.....	14
	Liite 1: Sijoitussuunnitelma.....	15

Versiohistoria

Versio, Päivämäärä	Tekijä	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
2020-11-26	KJs	JRd	JRd	Piipsannevan tuulivoimapuiston väikeselvitys.

1 Yhteenveto

- Tehtävä:** Välkeselvitys Piipsannevan tuulivoimapuiston vaikutusalueella.
- Työmenetelmät:** Välkeselvitykseen 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.
- Yleisesti käytetty suositus kahdeksan tunnin vuotuisesta välkeajasta ylitetään 1 saunarakennuksen ja 2 vapaa-ajan asunnon kohdalla. Kun puuston suojaava vaikutus huomioidaan, ei raja-arvojen ylityksiä muodostu yhdessäkään mittauspisteessä.
- Kohtuuton haitta varjovälkkeestä pystytään ehkäisemään pysäyttämällä välkettä aiheuttavat voimat kriittiseksi ajaksi. Voimat voidaan ohjelmoida pysähtymään automaattisesti vallitsevien sääolosuhteiden mukaisesti, kun välkettä muodostuisi herkälle alueelle (flicker control).

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

Vertailuarvo	Vertailuarvon ylityksiä (39 tuulivoimalaa)	Mallinnus (puusto huomioiden, 39 tuulivoimalaa)	Mallinnus (hallintajärjestelmä, ilman puustoa, 39 tuulivoimalaa)
> 8 h/vuosi, todellinen tilanne	3/39	0/39	0/39
> 10 h/vuosi, todellinen tilanne	1/39	0/39	0/39
> 30 h/vuosi, teoreettinen maksimitilanne	3/39	1/39	0/39
> 30 min/päivä, teoreettinen maksimitilanne	2/39	0/39	0/39

2 Tausta

Välkeselvitys on tehty Piipsannevan tuulivoimapuistolle Haapaveden kaupungin alueella. Tuulivoimapuistoon on suunniteltu rakennettavaksi 39 tuulivoimalaa. Tässä selvityksessä tarkastellaan hankkeen välkevaikutuksia.

Mallinnuksessa on käytetty tuulivoimaloiden sijoitussuunnitelman mukaisia koordinaatteja (Liite 1). Voimaloiden napakorkeus on 200 metriä ja roottorin halkaisija 200 metriä.

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 kesto aika 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. 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. Välkemallinnus on tehty sekä ilman puuston suojaavan vaikutuksen huomiointia että suojavaikutus huomioiden.

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

Maastotietokantana käytettiin Maanmittauslaitoksen kahden metrin korkeusmallia ja säähavaintotietoina käytettiin Oulun lentoasema säähavaintoja. Oulun havaintoasema sijaitsee noin 90 kilometrin päässä suunnitellusta tuulivoimapuistoalueesta. Laskelmissa oletetaan, että

tuulivoimaloiden roottorit pyörivät vain tuulennopeuden ollessa sopiva (3–20 m/s välillä). 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	Oulunsalo Oulun lentoasema, Ilmatieteen laitos (taulukko 3)
Toiminta-aika	Tuuliatlaksen perusteella (taulukko 4)
Asuntojen asetus	Kasvihuone-asetus
Mallinnus	Välkemallinnus vakiintuneen menetelmän mukaisesti (LAI 2002)
Lapaparametrit	Voimalavalmistajien lapaparametrit käytössä
Puuston vaikutus	Puusto huomioiden (k. 4.2) sekä ilman puustoa (k. 4.1)
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	0.77
Helmikuu	2.46
Maaliskuu	4.42
Huhtikuu	6.93
Toukokuu	8.81
Kesäkuu	9.87
Heinäkuu	9.13
Elokuu	6.84
Syyskuu	4.43
Lokakuu	2.23
Marraskuu	0.93
Joulukuu	0.26
Keskiarvo	4.76

Taulukko 4. Tuulivoimaloiden toiminta-aika

Tuulensuunta	Toiminta-aika (h/v)
Pohjoinen	593
Pohjoiskoillinen	413
Itäkoillinen	365
Itä	339
Itäkaakko	469
Eteläkaakko	731
Etelä	905
Etelälounas	1055
Länsilounas	1076
Länsi	904
Länsiluode	605
Pohjoisluode	540
Summa	7995

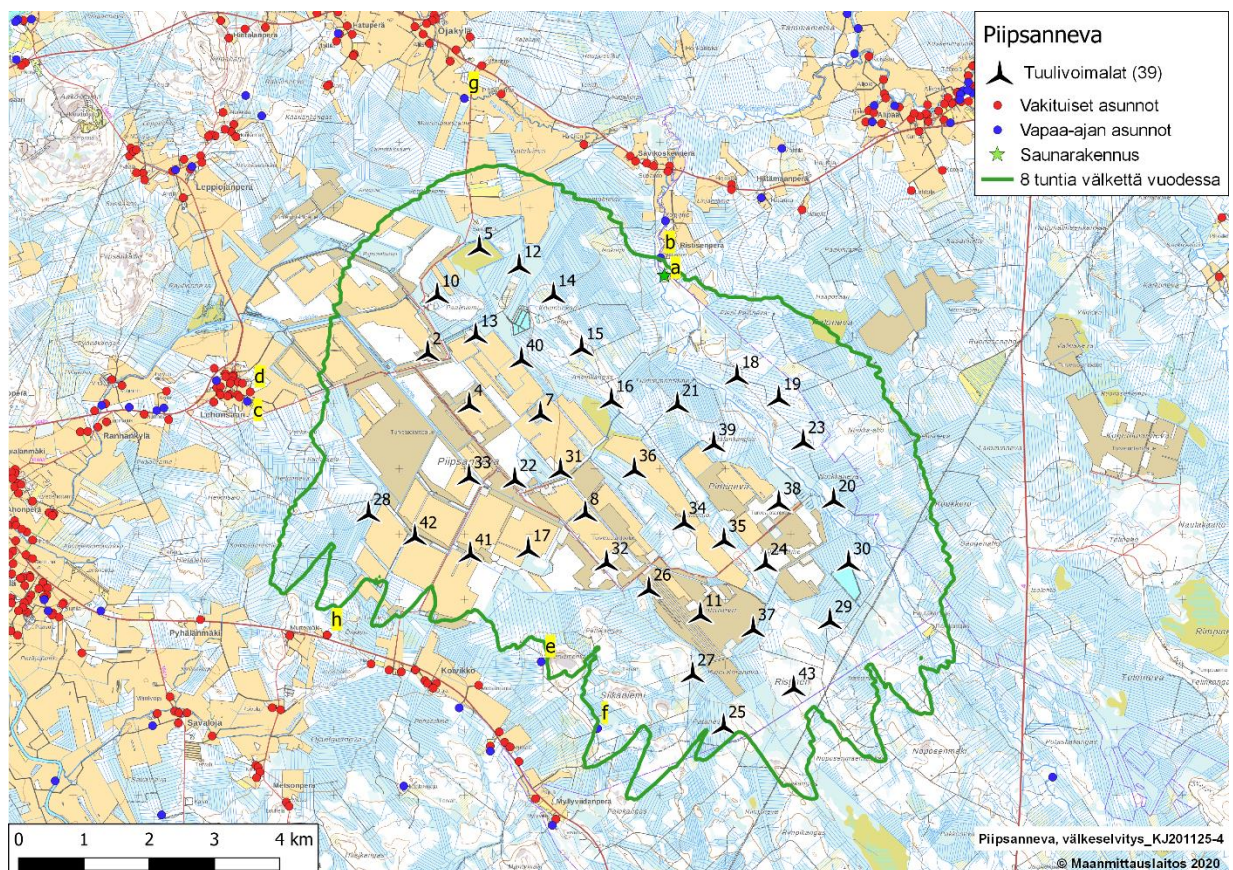
4 Välkevaikutukset

Välkemallinnukset on suoritettu LAI 2002 mukaisesti, ottaen huomioon voimalan lapojen keskimääräiset leveydet, joiden avulla lasketaan maksimitarkasteluetaisyys voimaloista. Maksimitarkasteluetaisyys määritetään siten, että havainnointipisteessä voimalan lapa peittää vähintään 20 % auringosta.

4.1 Piipsannevan välkevaikutukset

Hankealueelle on suunniteltu rakennettavaksi 39 tuulivoimalaa, joiden kokonaiskorkeus on enintään 300 metriä. Välkemallinnuksessa käytetyn voimalamallin napakorkeus on 200 metriä ja roottorin halkaisija 200 metriä.

Seuraavassa kuvassa on välkemallinnuksen tulokset esitettynä visuaalisesti soveltaen todellisen tilanteen vertailuarvoa 8 h/v. Sen jälkeen tuloksia on selostettu yksityiskohtaisesti sanallisesti. Tässä mallinnuksessa puuston suojaavaa vaikutusta, eikä välkkeen hallintajärjestelmän vaikutuksia ole huomioitu. Rakennustiedot on poimittu Maanmittauslaitoksen maastotietokannasta. Lisätietoja rakennuksista on saatu lisäksi hankkeesta vastaavalta.



Kuva 2. Varjovälkkeen muodostuminen Piipsannevan alueella. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-h) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 3.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annetut maksimisuositukset kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ylitetään 3 havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen mallinnuksessa suositukset (30 h/v ja 30 min/p) ylitetään myös 3 havainnointipisteessä. Ylitykset ovat suhteellisen pieniä ja vertailuarvo 8 h/v ylitetään 0:16 – 3:02 tuntia, 3 mainitussa havainnointipisteessä. Varjovälkettä esiintyy yli 10 h/v ainoastaan yhden asunnon kohdalla. Välkevaikutuksia pidetään kuitenkin niin merkittävinä, että hallintajärjestelmän käyttöä suositellaan niille tuulivoimaloille, jotka aiheuttavat 8 h/v vertailuarvon ylityksiä. Mallinnus, jossa hallintajärjestelmän käyttö on otettu huomioon, esitetään kappaleessa 4.3.

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

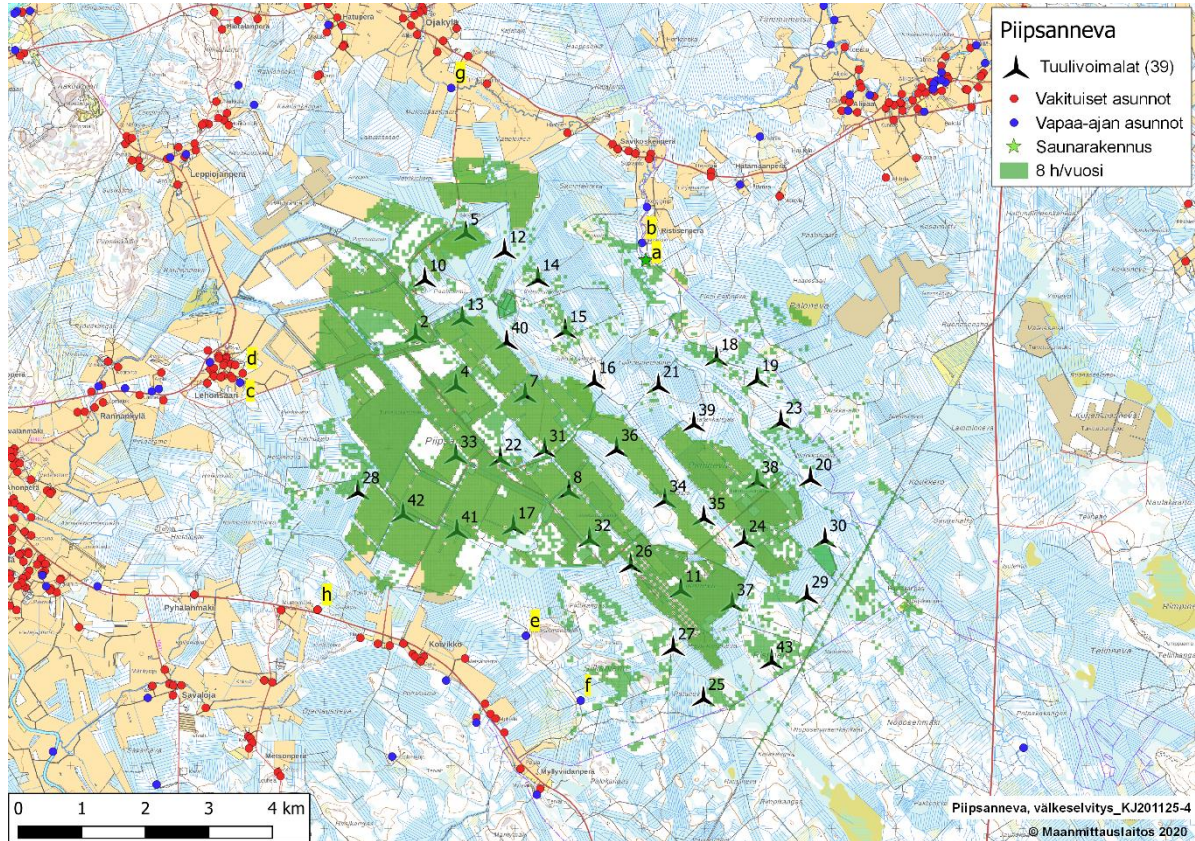
Taulukko 5. Varjovälkelaskennan tulokset, Piipsanneva. 39 tuulivoimalaa

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	Saunarakennus	436066	7114957	11:02	79:03	0:49	Kyllä
b	Vapaa-ajan asunto	436007	7115233	8:16	58:03	0:44	Kyllä
c	Vakituinen asunto	429673	7113032	0:00	0:00	0:00	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	429716	7113178	0:00	0:00	0:00	Ei
e	Vapaa-ajan asunto	434177	7109044	5:07	18:35	0:25	Ei
f	Vapaa-ajan asunto	435040	7108024	8:54	34:29	0:29	Kyllä
g	Vapaa-ajan asunto	432999	7117673	0:00	0:00	0:00	Ei
h	Vakituinen asunto	430895	7109455	3:08	11:13	0:22	Ei

4.2 Välkevaikutukset ottaen huomioon puuston

Seuraavassa esitetään väkellämallinnuksen tulokset puuston suojaava vaikutus huomioiden.

Puuston estäessä näkyvyyden voimaloille, välkevaikutuksia havaintopisteissä ei synny lainkaan. Jos puusto peittää näkyvyyden osaan tuulivoimaloista, välkevaikutukset vähentyvät havainnointipisteissä. Metsän korkeustiedot ovat kerätty metsäntutkimuslaitoksen latauspalvelusta (METLA, 2017).



Kuva 3. Välkevaikutukset Piipsannevan tuulipuiston alueella, puusto huomioiden. Kuvaan on merkittyt havaintopisteet (a-h), ja niiden välketulokset esitetään taulukossa 7.

Taulukko 7. Varjovälkelaskennan tulokset, puuston vaikutus huomioiden, Piipsanneva.

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	Saunarakennus	436066	7114957	3:19	31:43	0:26	Osittain
b	Vapaa-ajan asunto	436007	7115233	1:16	10:29	0:23	Ei
c	Vakituinen asunto	429673	7113032	0:00	0:00	0:00	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	429716	7113178	0:00	0:00	0:00	Ei
e	Vapaa-ajan asunto	434177	7109044	0:00	0:00	0:00	Ei
f	Vapaa-ajan asunto	435040	7108024	0:00	0:00	0:00	Ei
g	Vapaa-ajan asunto	432999	7117673	0:00	0:00	0:00	Ei
h	Vakituinen asunto	430895	7109455	0:00	0:00	0:00	Ei

4.3 Välkevaikutuksen hallintasuunnitelma

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

Varjovälkemallinnuksen mukaan, Piipsannevan alueella vertailuarvot ylitetään kahden lähellä sijaitsevan vapaa-ajan asunnon ja yhden saunarakennuksen kohdalla. Välkevaikutuksen hallintajärjestelmän käyttöä suositellaan, jotta varmistetaan että välkkeen vaikutus pysyy alle 8 h/v. Hallintajärjestelmä ohjaa niitä tuulivoimaloita, jotka aiheuttavat vertailuarvon ylityksiä (3 voimalaa, taulukko 8). Voimalat pysäytetään automaattisesti tiettyinä ajankohtina, mikäli aurinko paistaa.

Taulukko 3. Tuulivoimalat, joissa käytössä hallintajärjestelmää, Piipsanneva

Tuulivoimala	Itäinen koord. (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS-TM35-FIN)	Hallintajärjestelmä käytössä
2	432435	7113815	Ei
4	433072	7113024	Ei
5	433227	7115428	Ei
7	434163	7112880	Ei
8	434851	7111359	Ei
10	432581	7114698	Ei
11	436614	7109804	Ei
12	433837	7115146	Ei
13	433171	7114086	Ei
14	434363	7114703	Ei
15	434793	7113891	Kyllä
16	435250	7113088	Ei
17	433976	7110800	Ei
18	437175	7113456	Ei
19	437815	7113121	Ei
20	438657	7111560	Ei
21	436262	7113022	Ei
22	433769	7111872	Ei
23	438190	7112453	Ei
24	437612	7110589	Ei
25	436971	7108098	Kyllä
26	435825	7110197	Ei
27	436495	7108892	Ei
28	431527	7111352	Ei
29	438600	7109711	Ei
30	438885	7110599	Ei
31	434470	7112014	Ei

32	435176	7110603	Ei
33	433068	7111919	Ei
34	436363	7111219	Ei
35	436976	7110945	Ei
36	435602	7112023	Ei
37	437423	7109587	Ei
38	437816	7111519	Ei
39	436819	7112422	Ei
40	433872	7113713	Ei
41	433087	7110735	Ei
42	432239	7110998	Ei
43	438044	7108685	Ei

Laskentatulokset mallinnuksesta, jossa käytettiin välkkeenhallintajärjestelmää 2:lle voimalalle, esitetään alla olevassa taulukossa. Mallinnus tehtiin ilman puuston suojaava vaikutusta, jolla varmistettiin, että hallintajärjestelmän vaikutus on riittävä metsän hakkuun tapauksessa. Välkkeenhallintastrategia määriteltiin siten, että maksimisuositukset alitetaan.

Taulukko 4. Tulokset varjovälkemallinnuksesta, jossa käytössä oli välkkeenhallintajärjestelmä, Piipsanneva.

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	Saunarakennus	436066	7114957	3:48	27:33	0:22	Ei
b	Vapaa-ajan asunto	436007	7115233	2:47	16:16	0:22	Ei
c	Vakituinen asunto	429673	7113032	0:00	0:00	0:00	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	429716	7113178	0:00	0:00	0:00	Ei
e	Vapaa-ajan asunto	434177	7109044	5:07	18:35	0:25	Ei
f	Vapaa-ajan asunto	435040	7108024	4:41	17:08	0:24	Ei
g	Vapaa-ajan asunto	432999	7117673	0:00	0:00	0:00	Ei
h	Vakituinen asunto	430895	7109455	0:00	0:00	0:00	Ei

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.

Välkemallinnus tehtiin ilman kasvillisuuden huomioimista, jolloin kasvillisuuden vaikutus tulokseen on epävarmaa. 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.

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.

4.5 Haittojen ehkäiseminen ja seuranta

Tuulivoimaloiden varjovälkevaikutuksia pystytään ehkäisemään jo suunnitteluvaiheessa. Voimaloita voidaan sijoittaa siten, että ne aiheuttavat mahdollisimman vähän välkettä herkälle alueelle. Myös voimalan koko vaikuttaa merkittävästi syntyvän välkkeen määrään, joten valitsemalla matalampia voimaloita tai pienempiä roottoreita, voidaan välkevaikutuksia vähentää.

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

5 Lähteet

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 (2017). *02-Flicker and ZVI-CGYK150227-1-Rev10*. Internal work description.

Liite 1: Sijoitussuunnitelma

Välkemallinnus perustuu Piipsannevan tuulivoimaloiden sijoitussuunnitelmaan. Piipsannevan voimaloiden sijainnit on esitetty alla olevissa taulukoissa.

Taulukko 5. Piipsannevan voimaloiden sijaintitiedot. (39 voimalaa)

Voimala	Itäinen Koord. (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen Koord. (ETRS-TM35FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
2	432435	7113815	200/200/300
4	433072	7113024	200/200/300
5	433227	7115428	200/200/300
7	434163	7112880	200/200/300
8	434851	7111359	200/200/300
10	432581	7114698	200/200/300
11	436614	7109804	200/200/300
12	433837	7115146	200/200/300
13	433171	7114086	200/200/300
14	434363	7114703	200/200/300
15	434793	7113891	200/200/300
16	435250	7113088	200/200/300
17	433976	7110800	200/200/300
18	437175	7113456	200/200/300
19	437815	7113121	200/200/300
20	438657	7111560	200/200/300
21	436262	7113022	200/200/300
22	433769	7111872	200/200/300
23	438190	7112453	200/200/300
24	437612	7110589	200/200/300
25	436971	7108098	200/200/300
26	435825	7110197	200/200/300
27	436495	7108892	200/200/300
28	431527	7111352	200/200/300
29	438600	7109711	200/200/300
30	438885	7110599	200/200/300
31	434470	7112014	200/200/300
32	435176	7110603	200/200/300
33	433068	7111919	200/200/300
34	436363	7111219	200/200/300
35	436976	7110945	200/200/300
36	435602	7112023	200/200/300
37	437423	7109587	200/200/300
38	437816	7111519	200/200/300
39	436819	7112422	200/200/300

40	433872	7113713	200/200/300
41	433087	7110735	200/200/300
42	432239	7110998	200/200/300
43	438044	7108685	200/200/300