

Vastaanottaja
Megatuuli Oy

Asiakirjatyyppe
Raportti

Päivämäärä
16.9.2020

Viite
1510040325-020

YLI-OLHAVAN TUULIVOIMA- HANKE, II VÄLKEMALLINNUS

YLI-OLHAVAN TUULIVOIMAHANKE, II VÄLKEMALLINNUS

Päivämäärä 16.9.2020
Laatija Ville Virtanen
Tarkastaja Janne Ristolainen

Sisältää Maanmittauslaitoksen Maastotietokannan 12/2019
aineistoa.

Viite 1510040325-020

SISÄLTÖ

1.	Yleistä	1
2.	Vertailuarvot	1
3.	Vaikutusmekanismit	1
4.	Mallinnusmenetelmä ja lähtötiedot	2
4.1	Mallinnusohjelma ja laskentamalli	2
4.2	Väkelaskenta	2
4.3	Maastomalli	3
4.4	Tuulivoimatiedot	3
4.5	Laskentojen epävarmuus	4
5.	Mallinnustulokset	5
6.	Yhteenveto ja johtopäätökset	5
	LÄHTEET	5
	LIITTEET	5

1. YLEISTÄ

Megatuuli Oy suunnittelee tuulivoima-alueen rakentamista Iin Yli-Olhavan alueelle noin 20 kilometriä Iin keskustajamasta pohjoiseen. Tuulivoimahankkeen suunnittelualue koostuu kahdesta osa-alueesta. Tässä työssä tarkasteltiin Iin Yli-Olhavan tuulivoimapuiston meluvaikutuksia rakennuslupaa varten 50 suunnitellun voimalan osalta.

Tässä työssä tarkasteltiin Iin Yli-Olhavan tuulivoimapuiston välkevaikutuksia. Ympäristöministeriön Tuulivoimarakentamisen suunnittelu (Ympäristöhallinnon ohjeita 5/2016) oppaan mukaisesti liikkuvasta varjosta puhutaan välkkeenä.

Työ on tehty Megatuuli Oy:n toimeksiannosta. Välkeselvityksestä ja välkevaikutusten arvioinnista on vastannut ins.(AMK) Janne Ristolainen. Välkemallinnuksen ja raportoinnin on Rambollissa tehnyt ins.(AMK) Ville Virtanen.

2. VERTAILUARVOT

Tuulivoimaloista aiheutuvalle välkkeelle ei ole määritelty Suomessa raja- tai ohjearvoja. Ympäristöministeriön julkistamassa Tuulivoimarakentamisen suunnittelu (Ympäristöhallinnon ohjeita 5/2016) oppaassa suositellaan käyttämään apuna muiden maiden suosituksia välkkeen rajoittamisesta. ^[1]

Eri maissa on annettu suunnitteluarvoja tai raja-arvoja välkkeen määrälle asutukselle tai muille altistuville kohteille. Saksassa on annettu ohjeistus (WEA-Schattenwurf-Hinweise) mallintamiseen sekä raja-arvot maksimivälketilanteessa sekä todellisessa tilanteessa ^[2]. Ruotsalaisessa suunnitteluohjeistuksessa viitataan saksalaiseen ohjeistukseen ja suositukset perustuvat pitkälti saksalaiseen ohjeistukseen ^[3]. Tanskassa on ohjeistuksena annettu, että vuotuinen todellinen välkemäärä tulee rajoittaa kymmeneen tuntiin vuodessa ^[4].

Taulukko 1. Esimerkkejä muiden maiden suosituksista ja raja-arvoista välkkeen esiintymisen osalta

Maa	Real Case	Worst Case
Saksa	8 tuntia/vuosi	30 tuntia/vuosi 30 min/päivä
Ruotsi	8 tuntia/vuosi 30 min/päivä	-
Tanska	10 tuntia/vuosi	-

3. VAIKUTUSMEKANI SMIT

Toiminnassa olevat tuulivoimalat voivat aiheuttaa liikkuvaa varjoa eli välkettä ympäristöönsä, kun auringon säteet suuntautuvat tuulivoimalan lapojen takaa tiettyyn katselupisteeseen. Tällöin roottorin lapojen pyöriminen aiheuttaa liikkuvan varjon ja varjojen liikkumisnopeus riippuu roottorin pyörimisnopeudesta.

Välkevaikutus syntyy sääolojen, vuodenajan ja vuorokauden ajan mukaan, joten välkettä on havaittavissa tiettyssä katselupisteessä vain tiettyjen valaistusolosuhteiden täytyessä ja tiettyinä aikoina vuorokaudesta ja vuodesta. Välkettä ei esiinny, kun aurinko on pilvessä tai kun tuulivoimala ei ole käynnissä, tai auringon asema on välkkeen muodostumiselle epäedullinen. Myös tuulen suunnalla on vaikutusta varjon muodostukselle. Poikittain aurinkoon oleva voimala aiheuttaa erilaisen varjon kuin kohtisuoraan aurinkoon suuntautunut voimala.

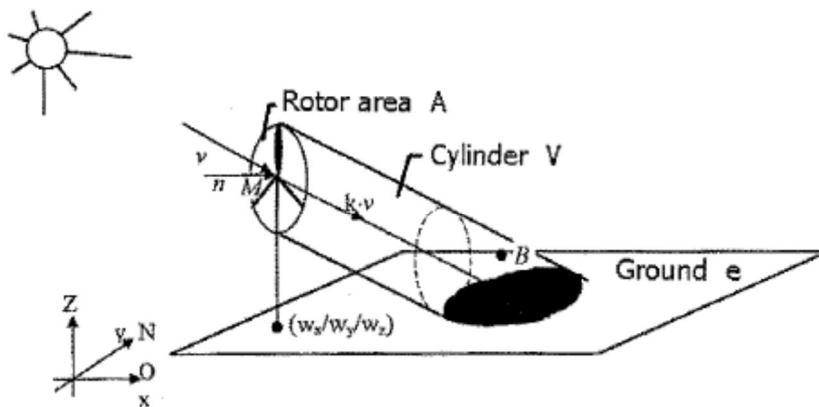
Laajimmalle varjo ulottuu, kun aurinko on matalalla. Toisaalta kun aurinko laskee riittävän matalalle, yhtenäistä varjoa ei enää muodostu. Tällöin valonsäteet joutuvat kulkemaan pitemmän matkan ilmakehän läpi, jolloin säteily hajaantuu. Vaikutusalueen koko riippuu tuulivoimalamallin dimensioista ja lavan muodosta sekä alueellisista sääolosuhteista sekä maasto-olosuhteista (metsä, mäki jne.).

4. MALLINNUSMENETELMÄ JA LÄHTÖTIEDOT

4.1 Mallinnusohjelma ja laskentamalli

Tuulivoimaloiden aiheuttaman välkkeen esiintymisalue ja esiintymistiheys laskettiin EMD WindPRO 3.0 -ohjelman Shadow -moduulilla, joka laskee kuinka usein ja minkälaisina jaksoina tietty kohde on tuulivoimaloiden luoman liikkuvan varjon alaisena. Ohjelma on yleisesti käytössä tuulivoimaloiden aiheuttaman välkkeen mallinnuksessa. Lisätietoja ohjelmasta ja laskentamallin kuvauksen saa internet-osoitteesta <http://www.emd.dk/> löytyvästä ohjelman käyttöohjeesta [5].

Ohjelmalla voidaan tehdä kahdentyyppisiä laskentoja, ns. Pahin tilanne (*Worst Case*)- ja Todellinen tilanne (*Real Case*)-laskelmia. Välkevyöhykekartan lisäksi ohjelmalla voidaan laskea yksittäisiin reseptoripisteisiin kohdistuvaa välkevaikutusta.



Kuva 1. Tuulivoimalan aiheuttaman liikkuvan varjon alue [5]

4.2 Välkelaskenta

Laskentapisteiden väliseksi etäisyydeksi määritettiin 20 metriä. Laskennan tarkastelukorkeutena käytettiin 1,5 metriä, eli noin ihmisen silmäkorkeutta. Laskennassa käytetyn saksalaisen ohjeistuksen (joka on yleisesti käytössä oleva laskentatapa) mukaan välkevaikutusta laskettaessa auringonpaistekulman raja horisontista on kolme astetta, jonka alle menevää auringon säteilyä ei oteta huomioon ja laskennassa roottorin lavan tulee peittää vähintään 20 % auringosta [2].

Mallinnuksissa ei huomioida puuston ja rakennusten aiheuttamaa peittovaikutusta, jotka voivat rajoittaa merkittävästi välkkeen esiintyvyyttä maanpinnan tasolla.

Worst Case -laskenta antaa teoreettisen maksimivälkemäärän. Laskenta olettaa auringon paistavan koko ajan (auringonnoususta auringonlaskuun) ja tuulivoimaloiden oletetaan käyvän koko ajan sekä tuulen suunnan seuraavan aurinkoa siten, että välkettä syntyy tarkastelupisteeseen aina maksimaalinen määrä. Worst Case -laskennan vuosiarvot eivät siten vastaa tulevaa todellista vuositaitaista välkevaikutusta tuulivoimaloiden ympäristössä.

Real Case -laskennoissa huomioidaan alueen tuulisuus- ja auringonpaistetiedot. Worst case -tuloksista tehdään vähennykset auringonpaistetietoihin ja käyttötuntitietoihin (tuulensuunta sektoreittain) perustuen, josta saadaan Real case -tulos. Auringonpaisteisuustietona käytettiin Ilmatieteen laitoksen Oulun lentoaseman Oulunsalon sääaseman keskiarvoisia auringonpaisteisuustietoja ilmastolliselta vertailukaudelta 1981–2010 [6]. Tuulivoimaloiden vuotuisiksi toiminta-ajaksi määritettiin Suomen Tuuliatlaksen tiedoista 96 %. Toiminta-ajat laskettiin 12 suuntasektorille olettaen, että tuulivoimalat toimivat tuulennopeuden ollessa napakorkeudella yli 3 m/s.

Taulukko 2 Real Case -laskennassa käytetyt keskimääräiset auringonpaisteisuustunnit eri kuukausina (tuntia päivässä)

Tam	Hel	Maa	Huh	Tou	Kes	Hei	Elo	Syy	Lok	Mar	Jou
0,77	2,46	4,42	6,93	8,81	9,87	9,13	6,84	4,43	2,23	0,93	0,26

Taulukko 3. Real Case -laskennassa käytetty vuotuinen toiminnallinen aika (tuntia vuodessa) tuulen-suuntasektoreittain

N	NNE	ENE	E	ESE	SSE	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW	Sum
598	481	400	548	634	705	743	1525	1130	634	440	439	8277

Real Case -välkevyöhykelaskennan lisäksi laskentoja tehtiin myös yksittäisiin reseptoripisteisiin hankealueen ympäristössä.

4.3 Maastomalli

Maastomalli on laadittu Maanmittauslaitoksen maastotietokannan aineistosta. Maastomallissa ei huomioitu puustoa tai rakennuksia.

4.4 Tuulivoimalatiedot

Laskennoissa huomioitiin 50 tuulivoimalaa taulukon 4 mukaisilla sijainneilla.

46 voimalan osalta mallinnus tehtiin käyttäen kaavan mahdollistamaa maksimi napakorkeutta 200 mpy ja roottorin halkaisijaa, joka oli 200 metriä. Roottorikoon ja napakorkeuden lisäksi myös lavan muoto ja leveys vaikuttavat maksimivälke-etäisyyteen, joka mallinnusohjelman mukaan on tälle laitosmallille noin 2274 metriä. Lavan leveystiedot ekstrapoloitiin 200 m roottorin halkaisijan pohjalta:

- Max blade width = 4,60 m
- Blade width for 90 % radius = 2,1 m

4 voimalan osalta mallinnus tehtiin käyttäen napakorkeutta 175 mpy ja roottorin halkaisijaa, joka oli 165 metriä. Roottorikoon ja napakorkeuden lisäksi myös lavan muoto ja leveys vaikuttavat maksimivälke-etäisyyteen, joka mallinnusohjelman mukaan on tälle laitosmallille noin 2002 metriä. Lavan leveystiedot ekstrapoloitiin 165 m roottorin halkaisijan pohjalta:

- Max blade width = 4,30 m
- Blade width for 90 % radius = 1,6 m

Taulukko 4. Tuulivoimalaitosten koordinaatit (ETRS-TM35FIN)

Tunnus	X	Y	Napakorkeus	Kok.-korkeus	Tunnus	X	Y	Napakorkeus	Kok.-korkeus
17	430807	7271523	200	274,5	S19	432524	7270484	200	274,5
21	430760	7274155	200	274,5	S22	431528	7272797	200	274,5
28	433224	7273311	200	274,5	S23	431696	7272029	200	274,5
29	434081	7273433	200	274,5	S24	432948	7271903	200	274,5
30	441729	7271765	200	274,5	S25	431796	7274854	200	274,5
32	434029	7275940	200	274,5	S26	432376	7274444	200	274,5
33	434749	7275054	200	274,5	S27	432896	7273959	200	274,5
34b	431417	7276226	200	274,5	S31	433854	7275065	200	274,5
37b	431815	7277876	175	257,5	S39	433869	7277737	200	274,5
40	433456	7279117	175	257,5	S41	433952	7278576	200	274,5
42	434332	7279434	200	274,5	S52	433081	7275160	200	274,5
43	434150	7280196	175	257,5	S56	442649	7272584	200	274,5
44	438432	7270669	200	274,5	S57	443055	7272005	200	274,5
45	439299	7270971	200	274,5	S58b	443418	7270618	200	274,5
46	439361	7270189	200	274,5	U62	430680	7272343	200	274,5
47	440198	7271681	200	274,5	U62	430755	7273195	200	274,5
48	440076	7270855	200	274,5	U64	432268	7271166	200	274,5
49	440148	7270055	200	274,5	U65	433784	7274225	200	274,5
50	440868	7271392	200	274,5	U66	433079	7275978	200	274,5
51	440962	7270617	200	274,5	U67b	432593	7276551	200	274,5
53	442223	7271264	200	274,5	U68b	432121	7277141	200	274,5
54b	442553	7270321	200	274,5	U69b	433088	7277795	200	274,5
60	443538	7269860	200	274,5	U70b	432677	7278366	175	257,5
61	443879	7271561	200	274,5	U71	431338	7275392	200	274,5
S18	431459	7271165	200	274,5	U72	443004	7271178	200	274,5

4.5 Laskentojen epävarmuus

Koska Worst Case -laskenta perustuu auringon asemaan suhteessa tuulivoimalaitokseen ja tarkastelupisteeseen, voidaan laskennan tarkkuutta pitää hyvinkin luotettavana, kun määritetään välkkeen mahdollisia esiintymisajankohtia. Kun tarkoituksena on ennustaa todellista välkkeen esiintyvyyttä alueella vuoden aikana, ei Worst Case -mallinnus vastaa todellisuutta.

Real Case -mallinnuksessa käytetään keskimääräisiä auringonpaisteisuustietoja ja Tuuliatlaksen mukaan määritettyjä tuulen suuntien toiminnallisia aikoja. Mallinnuksen mukainen Real case -tulos kuvaa tavanomaisen vuoden tilannetta. Välkevaikutusten todellinen tilanne siis vaihtelee eri vuosina, koska välkkeen esiintyminen tietyssä katselupisteessä tietyllä hetkellä edellyttää, että

- aurinko paistaa tuulivoimalaitosten roottorin takaa tarkastelupisteeseen
- tuulivoimala pyörii ja tuulivoimalan roottorin asento mahdollistaa liikkuvan varjon syntymisen takana olevaan tarkastelupisteeseen
- ilman kirkkaus mahdollistaa varjon syntymisen

Real Case -mallinnuksessa tuotetaan paras mahdollinen ennuste tulevasta välketilanteesta alueella. Mallissa ei kuitenkaan huomioida rakennusten ja puuston peitevaikutusta. Jos tuulivoimalat eivät ole nähtävissä, eivät ne myöskään aiheuta välkevaikutuksia.

5. MALLINNUSTULOKSET

Yli-Olhavan tuulivoimahankkeen välkkeen esiintymiskartat on esitetty liitteessä 1. Välkevyöhykelaskennan lisäksi tehtiin laskentoja 3 reseptoripisteeseen, joiden sijainnit on esitetty liitteenä olevassa välkekartassa ja tulokset taulukossa 5.

Vuotuinen välketuntien määrä ylittää 8 tuntia vuodessa reseptoripisteen 1 lomarakennuksen kohdalla.

Taulukko 5. Reseptoripistelaskentojen tulokset

Reseptori	Real Case, h/a*
1	8:28
2	5:50
3	3:57

*tuntia vuodessa

Potentiaaliset välkkeen esiintymisajankohdat reseptoreissa on esitetty liitteessä 2.

6. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Mallinnuksella tarkasteltiin Iin Yli-Olhavan alueelle suunniteltujen tuulivoimaloiden välkevaikutuksia tuulivoimaloiden ympäristössä. Mallinnus tehtiin käsittäen 50 suunniteltua tuulivoimalaa rakennuslupahakemuksia varten.

Suomen säädöksissä ei ole määritetty sitovia ohje- tai raja-arvoja tuulivoimaloiden aiheuttamalle välkkeelle. Mallinnuksen mukaan Yli-Olhavan tuulivoimahankkeen aiheuttama välkemäärä ylittää 8h (rajana Saksassa ja Ruotsissa) yhden lomarakennuksen kohdalla.

Mallinnus antaa laskennallisen tuloksen ympäristöön kohdistuvasta välkevaikutuksesta. Vuosittaiseen todelliseen välkevaikutukseen vaikuttaa, kuinka tarkkaan vuosittainen tuulivoimaloiden toiminta ja sääolosuhteet vastaavat mallinnuksessa käytettyjä arvoja, sekä lisäksi muun muassa voimaloiden näkyminen tai näkymisen estyminen esimerkiksi puuston tai rakennusten vuoksi. Puustoa tai ympäristön asuin- ja lomarakennuksia ei ole huomioitu mallissa. Puuston on kuitenkin oltava riittävän tiheää ja korkeata sekä suojata altistuvaa kohdetta kattavasti. Myös vuodenajan vaihtelut on huomioitava puuston kyvyssä rajoittaa tuulivoimaloiden näkyvyyttä. Jos tuulivoimalat eivät näy häiriintyvään kohteeseen, ei myöskään välkettä aiheudu.

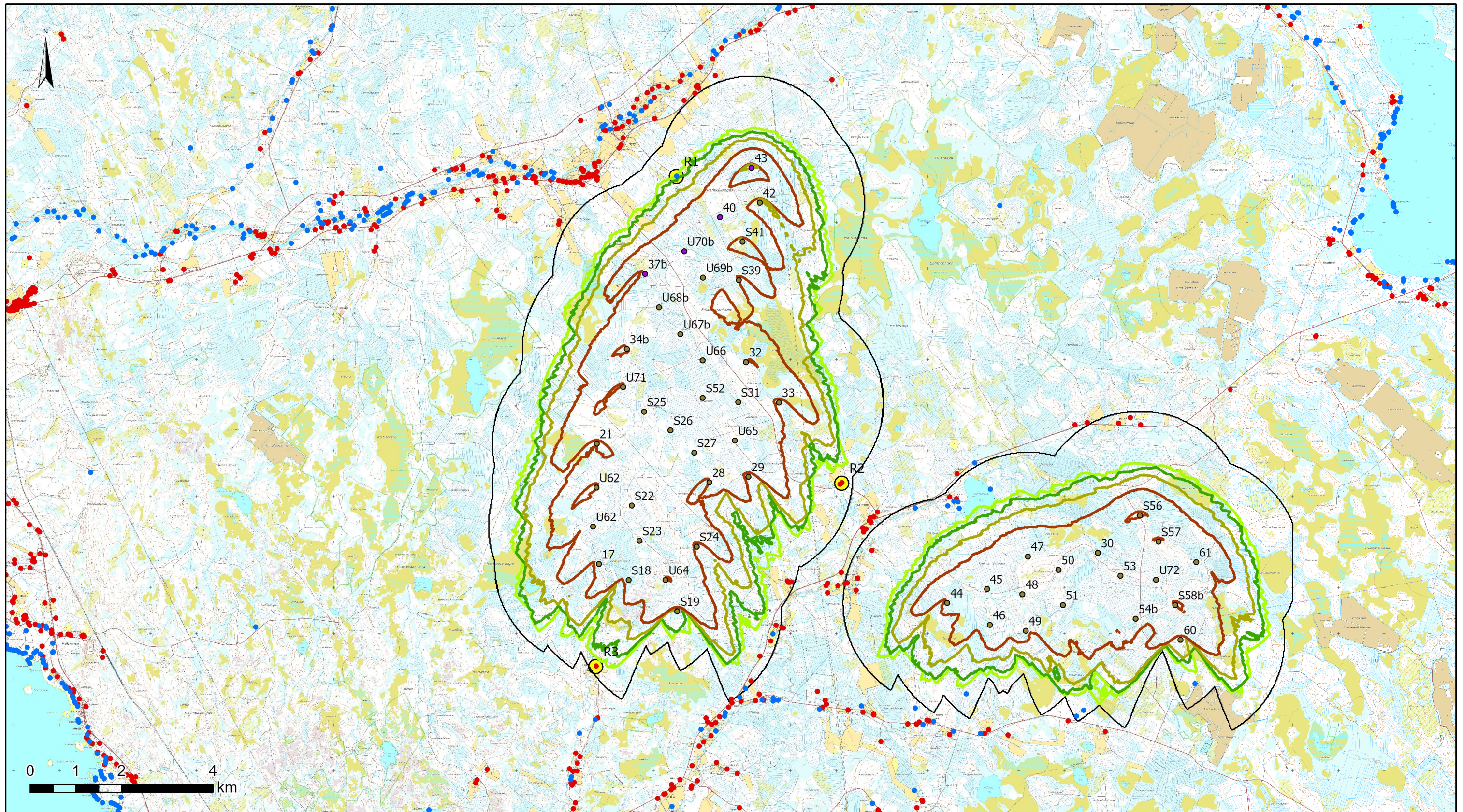
Välkkeen syntyyn voidaan vaikuttaa tuulivoimalaan liitettävällä teknisellä ohjauksella, jolla tuulivoimala pysäytetään tarvittaessa. Järjestelmän avulla välkkeen muodostumista tietyssä kohteessa monitoroidaan voimalan nasellin päälle tai runkoon asennettavilla valosensoreilla, jotka laskevat muodostumisen mahdollisuutta tietyssä suunnassa valoisuuden ja roottorin asennon mukaan.

LÄHTEET

1. Tuulivoimarakentamisen suunnittelu, Ympäristöhallinnon ohjeita 5/2016
2. Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen, WEA-Shattenwurf-Hinweise
3. Vindkraftshandboken - Planering och prövning av vindkraftverk på land och i kustnära vattenområden, Boverket 2009
4. Vejledning om planlægning for og tilladelse til opstilling af vindmøller, Naturstyrelsen, Miljøministeriet 2015
5. WindPRO 3.0 User Manual
6. Ilmatieteen laitos, Tilastoja Suomen ilmastosta 1981–2010, Raportteja 2012: 1
7. Suomen Tuuliatlas

LIITTEET

- Liite 1 Real Case -laskennan välkevyöhykkeet
 Liite 2 Kalenterit välkkeen mahdollisen esiintymisen ajankohdista reseptoripisteissä



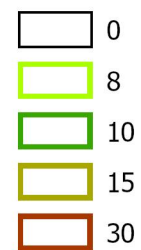
lin Yli-Olhava

Layout 24.8.2020

Välkemallinnus
(WindPro 3.0)

-napakorkeus (HH)
-roottorin halkaisija (RD)

Välketuntia vuodessa
Real Case -mallinnus



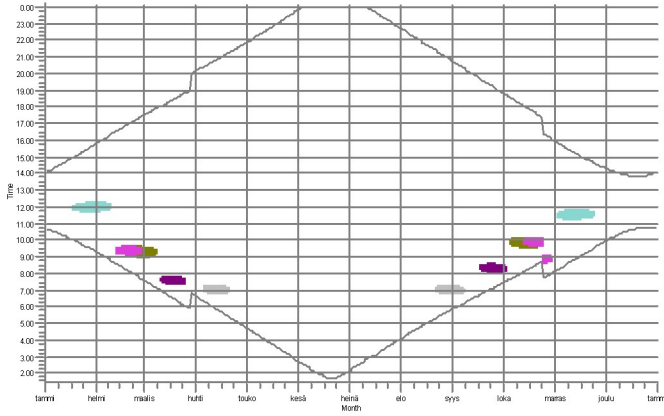
- Lomarakennus
- Asuinrakennus
- Tuulivoimala, HH 175 m / RD 165 m
- Tuulivoimala, HH 200 m / RD 200 m
- Reseptori

LIITE 1

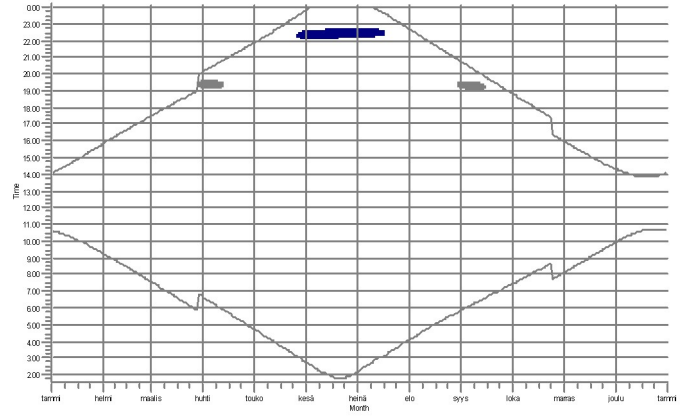
A.Ruhanen 16.9.2020

SHADOW - Calendar, graphical

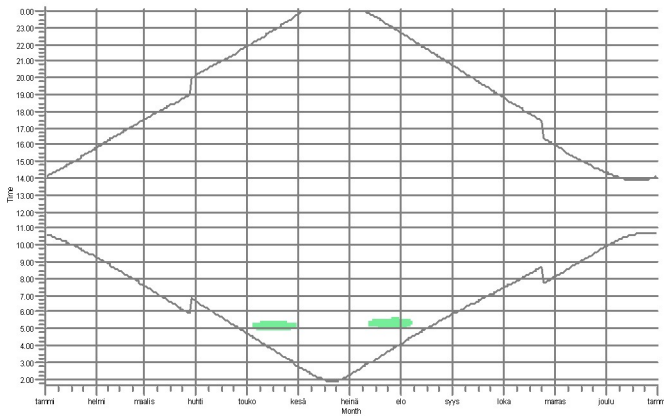
R1: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (1)



R2: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (2)



R3: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (3)



WTGs

- | | | | |
|--|---|---|---|
|  29: D200 5000 200.0 IOfi hub: 200.0 m (TOT: 300.0 m) (358) |  40: AAER D165 5000 165.0 IOfi hub: 175.0 m (TOT: 257.5 m) (364) |  43: AAER D165 5000 165.0 IOfi hub: 175.0 m (TOT: 257.5 m) (366) |  S41: D200 5000 200.0 IOfi hub: 200.0 m (TOT: 300.0 m) (389) |
|  33: D200 5000 200.0 IOfi hub: 200.0 m (TOT: 300.0 m) (361) |  42: D200 5000 200.0 IOfi hub: 200.0 m (TOT: 300.0 m) (365) |  S19: D200 5000 200.0 IOfi hub: 200.0 m (TOT: 300.0 m) (380) |  U70b: AAER D165 5000 165.0 IOfi hub: 175.0 m (TOT: 257.5 m) (402) |