

Vastaanottaja
Maaselän Tuulipuisto Oy

Asiakirjatyyppe
Raportti

Päivämäärä
14.5.2020

Viite
1510017194

MAASELÄN TUULIVOIMA- HANKE, UTAJÄRVI TUULIVOIMALOIDEN VÄLKEMALLINNUS

MAASELÄN TUULIVOIMAHANKE, UTAJÄRVI TUULIVOIMALOIDEN VÄLKEMALLINNUS

Päivämäärä 14.5.2020
Laatija Janne Ristolainen, Arttu Ruhanen, Ville Virtanen
Tarkastaja Pirjo Pellikka

Sisältää Maanmittauslaitoksen Maastotietokannan 07/2015
aineistoa.

Viite 1510017194

SISÄLTÖ

1.	Johdanto	1
2.	Vertailuarvot	1
3.	Vaikutusmekanismit	1
4.	Mallinnusmenetelmä ja lähtötiedot	2
4.1	Mallinnusohjelma ja laskentamalli	2
4.2	Väkelaskenta	2
4.3	Laskentojen epävarmuus	3
4.4	Maastomalli	4
4.5	Tuulivoimalatiedot	4
5.	Mallinnustulokset	4
6.	Välkevaikutusten huomioiminen jatkosuunnittelussa	5
	LÄHTEET	5
	LIITTEET	5

1. JOHDANTO

Maaselän Tuulipuisto Oy suunnittelee tuulivoimaloiden rakentamista Utajärven Maaselän ja He-poharjun alueelle. Hankkeesta on aiemmin laadittu ympäristövaikutusten arviointia varten välkemallinnus (raportti 30.5.2016), jota päivitettiin kaavaluonnosta varten (raportti 25.10.2019). Tässä työssä on päivitetty välkemallinnus muuttuneiden hankesuunnitelmien mukaisesti (layout) kaavaehdotusta varten.

Työn tarkoituksena on ollut selvittää tuulivoimalaitosten aiheuttamat liikkuvan varjostuksen vaikutukset. Ympäristöministeriön Tuulivoimarakentamisen suunnittelu (Ympäristöhallinnon ohjeita 5/2016) oppaan mukaisesti liikkuvasta varjosta puhutaan välkkeenä.

Työ on tehty Maaselän Tuulipuisto Oy:n toimeksiannosta ja yhteishenkilönä on ollut Raino Kukkonen Tornator Oyj:stä. Kaavan laatimisen projektipäällikkö Rambollissa on Pirjo Pellikka. Väikeselvityksen laadinnasta on vastannut projektipäällikkö ins.(AMK) Janne Ristolainen. Välkemallinnuksen on tehnyt suunnittelija 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. VAIKUTUSMEKANISMIT

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 tietyssä katselupisteessä vain tiettyjen valaistusolosuhteiden täyttyessä 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

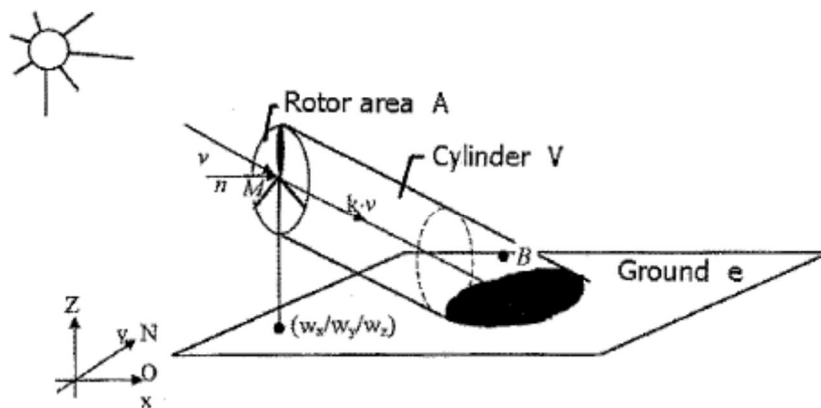
dimensioista ja lavan muodosta sekä alueellisista sääolosuhteista sekä maasto-olosuhteista (met-sä, mäki jne.).

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. Välkekartan lisäksi voidaan laskea yksittäisiin reseptoripisteisiin kohdistuvaa välkevaikutusta.



Kuva 1. Tuulivoimalan aiheuttaman liikkuvan varjon alue [5]

4.2 Välkelaskenta

Laskentapisteen 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 rajoittavat merkittävästi välkkeen esiintyvyyttä maanpinnan tasolla.

Worst Case -laskenta antaa teoreettisen maksimivälkemäärän. Laskenta olettaa auringon paistavan koko ajan, kun aurinko on horisontin yläpuolella ja tuulivoimaloiden oletetaan käyvän koko ajan sekä tuulen suunnan seuraavan aurinkoa siten, että välkettä syntyy tarkastelupisteeseen aina maksimaalinen määrä. Worst Case -laskennan vuosi-arvot eivät vastaa tulevaa todellista vuositaitaista välkevaikutusta tuulivoimaloiden ympäristössä.

Real Case -laskennoissa huomioidaan alueen tuulisuus- ja auringonpaistetiedot. Real Case tulokset saadaan, kun Worst case -tuloksista tehdään vähennykset auringonpaistetietoihin ja käyttötuntitietoihin (tuulensuunta sektoreittain) perustuen. Auringonpaisteisuustietoina käytettiin Ilmatieteen laitoksen Oulun lentoaseman sääaseman keskiarvoisia arvoja ilmastolliselta vertailukaudelta 1981–2010 [6]. Kyseinen sääasema on hankealuetta lähinnä oleva sääasema, jossa mitataan ja tilastoidaan auringonpaisteisuutta. Tuulivoimaloiden vuotuinen toiminta-aika 94 % perustuu Suomen Tuuliatlaksen tietoihin hankealueelta. Toiminta-aikaa laskettaessa on oletettu, että tuulivoimalat toimivat tuulen nopeuden ollessa napakorkeudella vähintään 3 m/s [7].

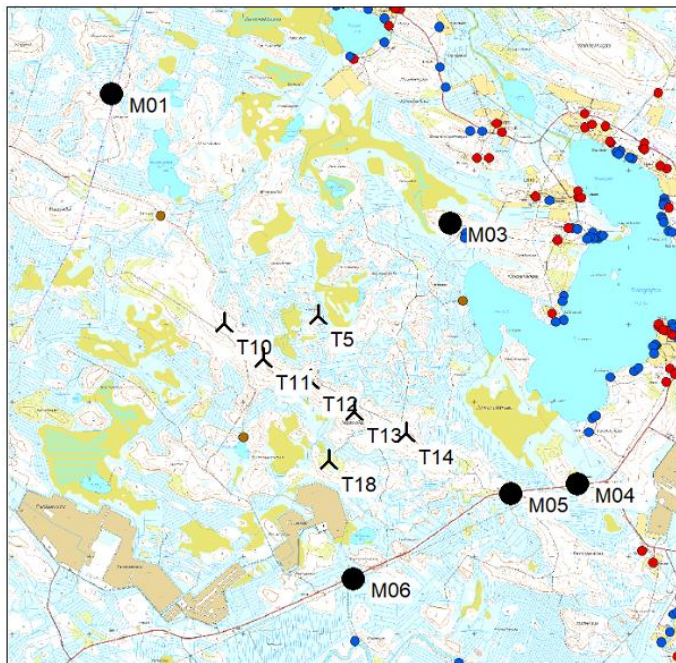
Taulukko 2. Real Case -laskennassa käytetyt keskimääräiset auringonpaisteisuustunnit päivässä eri kuu-kausina

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
477	371	400	434	577	848	1063	1078	969	950	627	441	8235

Välkevyöhykelaskentojen lisäksi laskentoja tehtiin yksittäisiin reseptoripisteisiin hankealueen ympäristössä kuvassa 2 esitettyihin reseptoripisteisiin. Reseptoripisteet ovat samat kuin ympäristövaikutusten arviointia (YVA) varten laaditussa mallinnuksessa, jolloin ne sijoitettiin eri puolille hankealuetta kuvaamaan eri suuntiin kohdistuvia vaikutuksia.



Kuva 2. Reseptoripisteiden sijainnit

4.3 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 kohdassa 4.2 esitettyjen seikkojen takia.

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 väkertilanteesta alueella. Mallissa ei kuitenkaan huomioida rakennusten ja puuston peitevaikutusta. Jos tuulivoimalat eivät ole nähtävissä, eivät ne myöskään aiheuta välkevaikutuksia.

4.4 Maastomalli

Maastomalli on laadittu Maanmittauslaitoksen maastotietokannan korkeusaineistolla, jossa korkeuskäyrät ovat 2,5 metrin välein. Maastomallissa ei huomioitu puustoa tai rakennuksia. Välkekartoissa esitetyt rakennustiedot perustuvat YYA-aineiston tietoihin.

4.5 Tuulivoimalatiedot

Mallinnus tehtiin 29.4.2020 päivätyn kaavaehdotuksen layoutin mukaisesti käyttäen Vestas V150-5.6 MW – voimalaitosmallin tietoja. Tuulivoimaloiden sijaintikoordinaatit on esitetty liitteessä 3. Mallinnuksessa tuulivoimalaitosten napakorkeus on 180 metriä ja roottorin halkaisija 150 metriä (kokonaiskorkeus 255 m).

Roottorikoon ja napakorkeuden lisäksi myös lavan muoto ja paksuus vaikuttavat maksimivälke-ettäisyyteen. Mallinnusohjelmiston laitosmallin dimensioidoista laskema maksimivälke-ettäisyys ulottuu 1 896 metrin etäisyydelle tuulivoimalaitoksista.

5. MALLINNUSTULOKSET

Välkkeen esiintymiskartta on esitetty liitteessä 1. Taulukossa 4 on yhteenveto välkealueille jäävien rakennusten lukumäärästä.

Taulukko 4. Rakennusten lukumäärä välkealueilla

Rakennus	8-10 h	> 10 h
Asuinrakennus	0	0
Loma-asunto	0	0
Metsästysmaja	0	1

Välkevyöhykelaskennan lisäksi tehtiin kaikissa hankevaihtoehtoissa laskentoja viiteen reseptoripisteeseen, jotka on sijoitettu tuulivoimaloiden eri puolille lähimpien asuin-/lomarakennusten kohdalle. Reseptoripisteiden tunnuksat ovat samat kuin YVA:n aikaan, jotta tuloksia voidaan helpommin vertailla. Reseptoripisteiden sijainnit on esitetty kuvassa 2 ja vuotuinen välkkeen kokonaismäärä on esitetty taulukossa 5, joka siis sisältää kaikkien tuulivoimaloiden aiheuttaman välkkeen (Real Case, tuntia vuodessa).

Taulukko 5. Reseptoripistelaskentojen tulokset

Reseptoripiste	Rakennusten käyttöstatus	Real Case, tuntia vuodessa
M1	Loma-asunto	0:00
M3	Loma-asunto	0:00
M4	Asuinrakennus	0:00
M5	Asuinrakennus	3:46
M6	Asuinrakennus	0:00

Teoreettiset välkkeen esiintymisajankohdat on esitetty liitteen 2 kalentereissa.

Liitteen 2 ajankohtakalentereista voi myös arvioida päivittäistä pahinta mahdollista välkevaikutusta. Tulokinnassa tulee kuitenkin muistaa kohdassa 4.3 esitetyt edellytykset välkkeen esiintymiselle tietyssä katselupisteessä ja tietyllä ajanhetkellä sekä myös altistuvan kohteen ympäristö (mm. maaston muodot, rakennukset, puusto).

6. VÄLKEVAIKUTUSTEN HUOMIOIMINEN JATKOSUUNNITTELUSSA

Suomen säädöksissä ei ole määritetty sitovia ohje- tai raja-arvoja tuulivoimaloiden aiheuttamalle välkkeelle. Mallinnus antaa laskennallisen tuloksen ympäristöön kohdistuvasta välkevaikutuksesta. Vuosittaiseen todelliseen välkevaikutukseen vaikuttaa, kuinka tarkkaan vuosittainen tuulivoimaloiden toiminta ja sääolosuhteet sekä voimaladimensiot vastaavat mallinnuksessa käytettyjä arvoja, sekä lisäksi muun muassa voimaloiden näkyminen tai näkymisen estyminen esimerkiksi puuston tai rakennusten vuoksi. Välkkeen aiheuttaman vaikutuksen merkittävyyteen vaikuttaa puolestaan välkynnän ajankohta (vuoden- ja kellonaika) sekä kiinteistön käyttötapa ja -tarkoitus. Eniten välkkeelle altistuvien kiinteistöjen osalta on tarpeen jatkosuunnittelun aikana selvittää tarkemmin välkynnän näkyminen ja mahdollisen haitan merkitys.

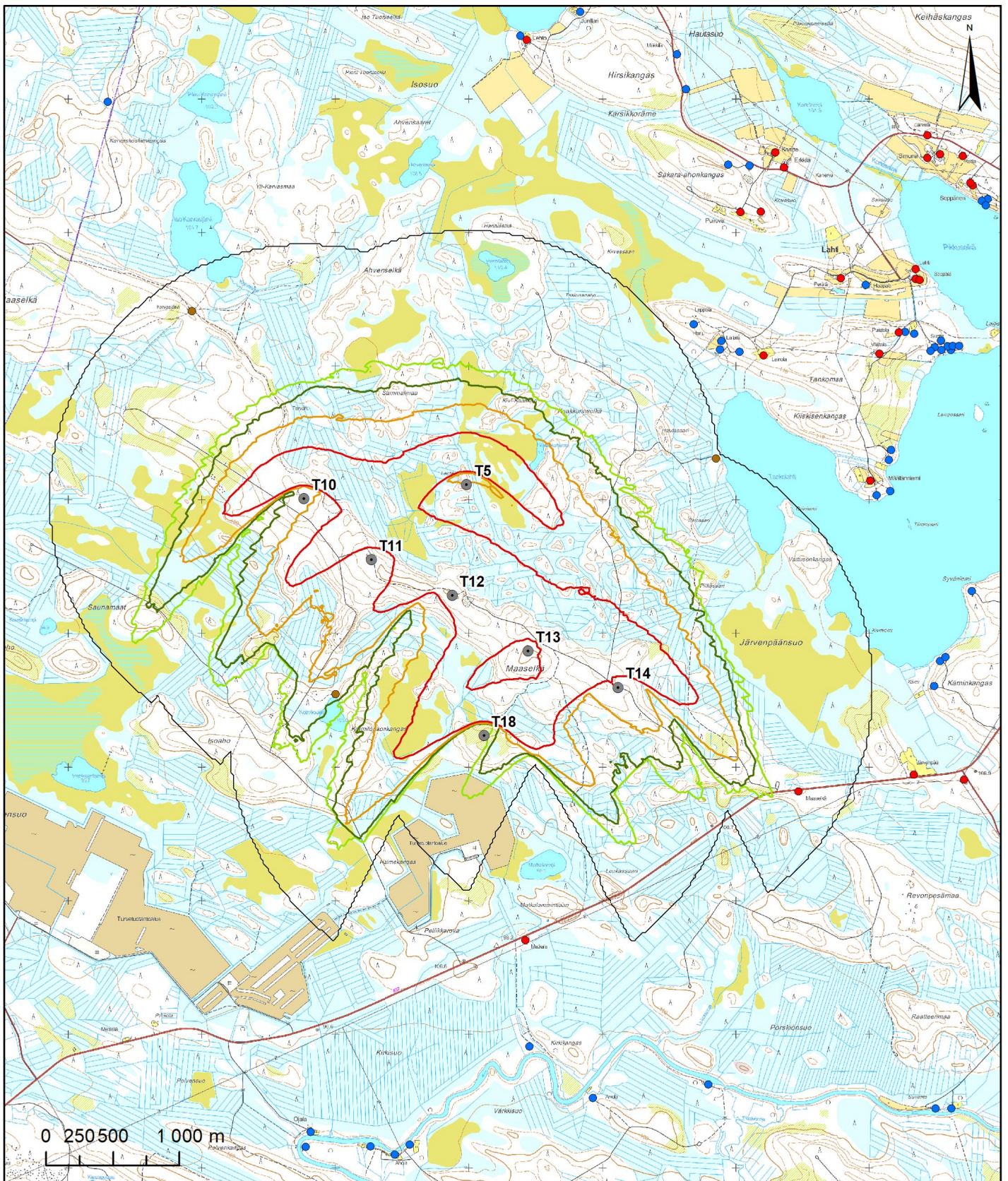
Rakennusten ohella myös puustovyöhykkeet rajoittavat välkevaikutuksia ympäristössä, mutta puuston on kuitenkin oltava riittävän tiheää ja korkeata sekä suojata altistuvaa kohdetta kattavasti. Myös vuodenajan vaihtelut on huomioitava puuston kyvyssä rajoittaa tuulivoimaloiden näkyvyyttä. Jos tuulivoimalat eivät näy häiriintyvään kohteeseen, ei myöskään välkettä aiheudu. Välkkeen syntyyn voidaan myös vaikuttaa tuulivoimalaan liitettävällä teknisellä ohjauksella.

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
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 mukainen välkevyöhykekartta |
| Liite 2 | Kalenterit välkkeen mahdollisen esiintymisen ajankohdista reseptoripisteissä |
| Liite 3 | Tuulivoimaloiden koordinaattilistaus |



Maaselän Tuulipuisto Oy
Maaselkä, Utajärvi
 Välkemallinnus (WindPro 3.0)

Real Case -mallinnus
 Välketuntia vuodessa

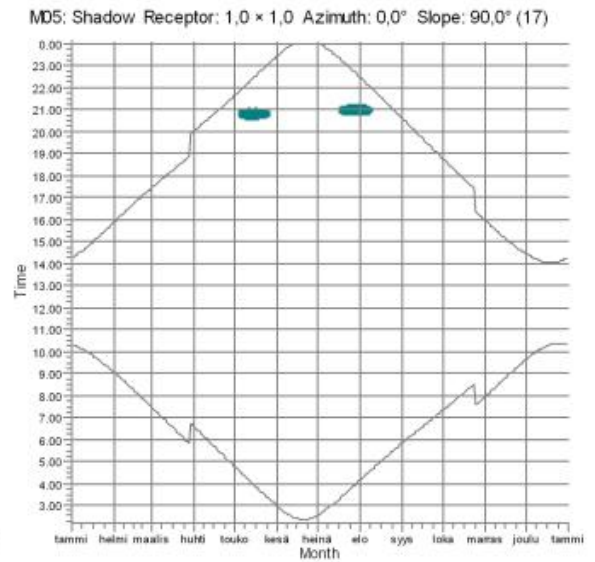
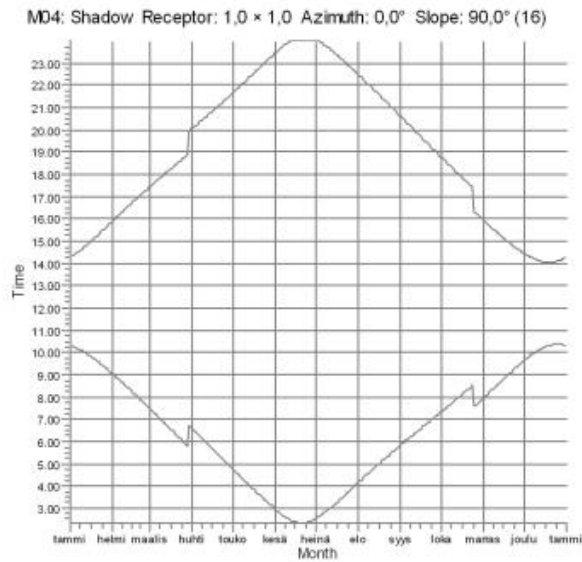
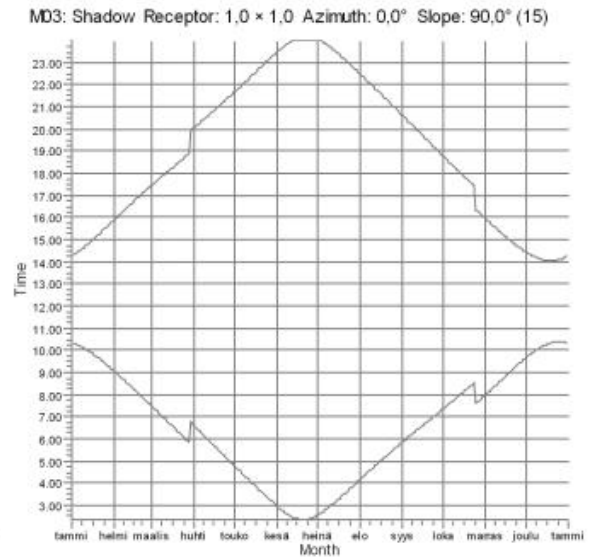
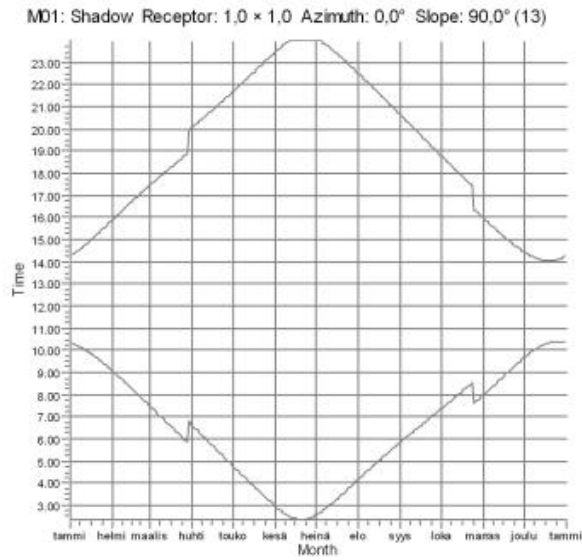


Tuulivoimalatiedot:

Layout 30.8.2019
 Napakorkeus 180 m
 Roottorin halkaisija 150 m

- Tuulivoimala
- Asuinrakennus
- Lomarakennus
- Metsästysmaja

LIITE 2 (1/2), Ajankohtakaaviot

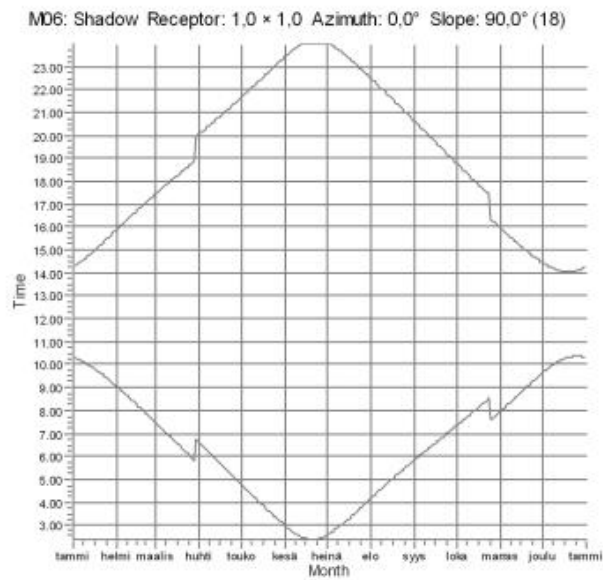


WTGs

T14: VESTAS V150-5.6 5600 150.0 IOI hub: 180,0 m (TOT: 255,0 m) (579)

Yllä on esitetty erikseen raportin kuvassa 2 esitetyille reseptoripisteille vuoden – ja kellonajat, jolloin välkettä voi teoriassa esiintyä. Kaavioissa ei ole otettu huomioon tuulettomia tai pilvisiä päiviä. Välkettä aiheuttavat voimalat on esitetty eri väreillä.

LIITE 2 (2/2), Ajankohtakaaviot



Yllä on esitetty erikseen raportin kuvassa 2 esitetyille reseptoripisteille vuoden – ja kellonajat, jolloin välkettä voi teoriassa esiintyä. Kaavioissa ei ole otettu huomioon tuulettomia tai pilvisiä päiviä. Välkettä aiheuttavat voimalat on esitetty eri väreillä.

LIITE 3

Taulukossa esitetyissä tuulivoimalaitoksen koordinaateissa Z-koordinaatti kertoo maaston korkeuden metreissä merenpinnan yläpuolella tuulivoimalan sijaintipaikalla (MML:n maastotietokanta).

[Tuulivoimalaitoksen koordinaatit, layout 30.8.2019 \(ETRS-TM35FIN\)](#)

Tunnus	X	Y	Z
T5	480982	7192113	295
T10	479764	7192008	295
T11	480269	7191552	298
T12	480876	7191282	300
T13	481444	7190866	300
T14	482121	7190597	295
T18	481113	7190238	290