

Vastaanottaja
Suomen Hyötytuuli Oy

Asiakirjatyyppi
Raportti

Päivämäärä
31.5.2016

Viite
1510015514

KARHUKANKAAN TUULI- VOIMAHANKE, SIIKAJOKI VÄLKEMALLINUS

KARHUKANKAAN TUULIVOIMAHANKE, SIIKAJOKI VÄLKEMALLINUS

Päivämäärä **31.5.2016**
Laatija **Arttu Ruhanen**
Tarkastaja **Kirsi Lehtinen**

Tuulivoimahankkeen välkemallinnus

Sisältää Maanmittauslaitoksen Maastotietokannan 06/2015 aineistoa.

http://www.maanmittauslaitos.fi/avoindata_lisenssi_versio1_20120501

Viite 1510015514

SISÄLTÖ

| | | |
|-----------------|---|----------|
| 1. | Yleistä | 1 |
| 2. | Suunnitteluohjeavot | 1 |
| 3. | Vaikutusmekanismit | 2 |
| 4. | Mallinnusmenetelmä ja lähtötiedot | 2 |
| 4.1 | Mallinnusohjelma ja laskentamalli | 2 |
| 4.2 | Välkelaskenta | 2 |
| 4.3 | Laskentojen epävarmuus | 3 |
| 4.4 | Maastomalli | 3 |
| 4.5 | Tuulivoimalatiedot | 3 |
| 5. | Mallinnustulokset ja tulosten tulkinta | 4 |
| 6. | Välkevaikutuksien vähentämiskeinot ja -tarve | 4 |
| LIITTEET | 4 | |
| LÄHTEET | 4 | |

1. YLEISTÄ

Tämä selvitys liittyy Karhukankaan tuulivoimahankkeen kaavaehdotukseen. Työn tarkoituksena on ollut selvittää tuulivoimalaitosten aiheuttamat liikkuvan varjostuksen vaikutukset. Ympäristöministeriön Tuulivoimarakentamisen suunnittelu (Ympäristöhallinnon ohjeita 4/2012) oppaan mukaisesti liikkuvasta varjosta puhutaan välkkeenä.

Hankkeesta on laadittu 21.10.2015 päivätty kaavaluonnokseen ja ympäristövaikutusten arviointiin liittynyt välkemallinnus. Kahden tuulivoimalan paikka on hieman muuttunut aiempaan selvitykseen nähden.

Työ on tehty Suomen Hyötytuuli Oy:n toimeksiannosta, josta yhteyshenkilönä on toiminut Teemu Molkkari. Välkemallinnuksen ja raportoinnin on tehnyt Ramboll Finland Oy:stä ins.(AMK) Arttu Ruhanen.

2. SUUNNITTELUOHJEARVOT

Tuulivoimaloista aiheutuvalle liikkuvalla varjostukselle ei ole määritelty Suomessa raja- tai ohje-arvoja. Ympäristöministeriön julkistamassa Tuulivoimarakentamisen suunnittelu (Ympäristöhallinnon ohjeita 4/2012) 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 2.1. 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 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 eli roottorin asennolla on vaikutusta varjon muodostukselle. Poikittain aurinkoon oleva roottori aiheuttaa erilaisen varjon kuin kohtisuoraan aurinkoon suuntautunut voimala.

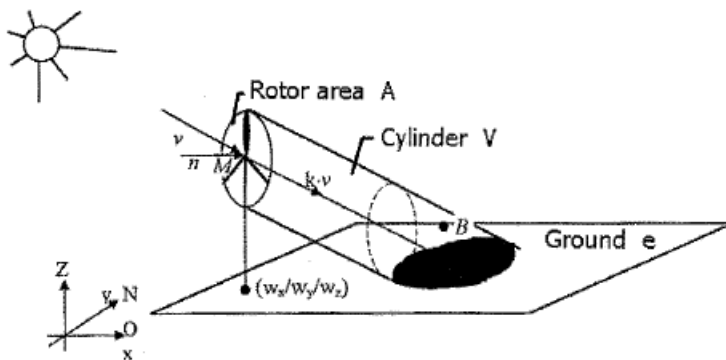
Laajimmalle varjo ulottuu, kun aurinko on matalalla. Toisaalta kun aurinko laskee riittävän matalalle, yhtenäistä varjoa ei enää muodostu. Tällöin valonsäteet joutuvat kulkemaan pitemmän matkan ilmakehän läpi, jolloin säteily hajaantuu. Vaikutusalueen koko riippuu tuulivoimalamallin dimensioista ja lavan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

4. MALLINNUSMENETELMÄ JA LÄHTÖTIEDOT

4.1 Mallinnusohjelma ja laskentamalli

Tuulivoimaloiden aiheuttaman välkkeen esiintymisalue ja esiintymistiheys laskettiin EMD WindPRO 2.9 -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 4.1.1. Tuulivoimalan aiheuttaman liikkuvan varjon alue ^[5]

4.2 Välkelaskenta

Laskentapisteen väliseksi etäisyydeksi määritettiin 10 metriä. Laskennan tarkastelukorkeutena käytettiin 1,5 metriä, eli noin ihmisen silmäkorkeutta. Laskennassa käytetyn saksalaisen ohjeituksen (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].

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.

Real Case -laskennoissa huomioidaan alueen tuulisuus- ja auringonpaistetiedot. Worst case -tuloksista tehdään vähennykset auringonpaistetietoihin ja toiminta-aikoihin (tuulensuunta sektoreittain) perustuen, josta saadaan Real case -tulos. Auringonpaisteisuustietoina käytettiin Ilmatieteen laitoksen Oulun lentoaseman sääaseman keskiarvoisia arvoja ilmastolliselta vertailukaudelta 1981–2010 [6]. 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 4.2.1. Real Case -laskennassa käytetyt keskimääräiset auringonpaisteisuustunnit päivässä eri kuukausina

| 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 4.2.2. Real Case -laskennassa käytetty vuotuinen toiminnallinen aika (tuntia vuodessa) tuulensuuntasektoreittain

| N | NNE | ENE | E | ESE | SSE | S | SSW | WSW | W | WNW | NNW | Sum |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|------|
| 566 | 435 | 339 | 385 | 629 | 692 | 801 | 1110 | 1671 | 635 | 469 | 516 | 8247 |

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. Real Case -tuloksiin vaikuttavat mallinnuksessa käytetyt auringonpaisteisuustiedot ja tuulen suuntien toiminnalliset ajat. Mikäli voimalan roottori liikkuu tunteina vähemmän ja aurinko paistaa vähemmän, vähentää se välkeilmion esiintymistä nyt lasketusta, ja mikäli enemmän, se vastaavasti lisää välkeilmion esiintymismahdollisuuksia Real Case -tuloksissa.

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 synty-
misen takana olevaan tarkastelupisteeseen
- ilman kirkkaus mahdollistaa varjon syntyminen

Real Case -mallinnuksessa tuotetaan paras mahdollinen ennuste tulevasta välketilanteesta alueella. Mallinnsperiaatteiden mukaan laskenta antaa suhteellisen konservatiivisia arvoja, koska mallinnuksessa ei huomioida esim. puuston ja rakennusten aiheuttamaa peittovaikutusta. 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.

4.5 Tuulivoimalatiedot

Karhukankaan tuulivoimaloiden sijoittelu perustuu 20.6.2016 päivättyyn kaavaehdotuksen layoutiin. Tuulivoimamallin napakorkeutena käytettiin 160 metriä ja roottorin halkaisijana 140 m, jolloin kokonaiskorkeus on 230 metriä. Maksimivälke-etäisyys on mallinnsuohjelman oletusarvon mukainen 2500 metriä, koska käytössä ei ole laitosmallille erillisiä tietoja lavan leveydestä.

5. MALLINNUSTULOKSET JA TULOSTEN TULKINTA

Real Case -laskennan mukainen välkekartta on esitetty liitteessä 1.

Mallinnuksen mukaan yhdenkään asuin- tai lomarakennuksen kohdalla välkemäärä ei ylitä 8 tuntia vuodessa. Kaikki asuin- tai lomarakennukset jäävät välkevaikutusalueen ulkopuolelle.

Välkevyöhykelaskennan lisäksi erillisiä reseptoripistelaskentoja ei tehty, koska kaikki asuin- ja lomarakennukset jäävät välkevaikutusalueen ulkopuolelle ja siten välkettä ei esiinny.

6. VÄLKEVAIKUTUKSIEN VÄHENTÄMISKEINOT JA -TARVE

Tuulivoimaloiden välkevaikutusta on tarvittaessa mahdollista vähentää teknisin keinoin siten, että ei välkettä esiinny tietyllä kohteella enemmän kuin ennalta määritelty aika. Tämä tapahtuu ohjaamalla tuulivoimalaitokset pysähtymään tiettyinä ajankohtina ja tiettyjen olosuhteiden vallitessa. Välkkeen muodostumista tuulivoimalan ympäristöön monitoroidaan voimalan nasellin päälle tai runkoon asennettavilla valosensoreilla, jotka laskevat muodostumisen mahdollisuutta tietyssä suunnassa valoisuuden ja roottorin asennon mukaan.

Jos vuotuisen todellisen välkemäärän rajana käytetään 8 tuntia tai 10 tuntia vuodessa asuin- tai lomarakennusten kohdalla, ei mallinnuksen mukaan välkkeen rajoittamistarvetta ole.

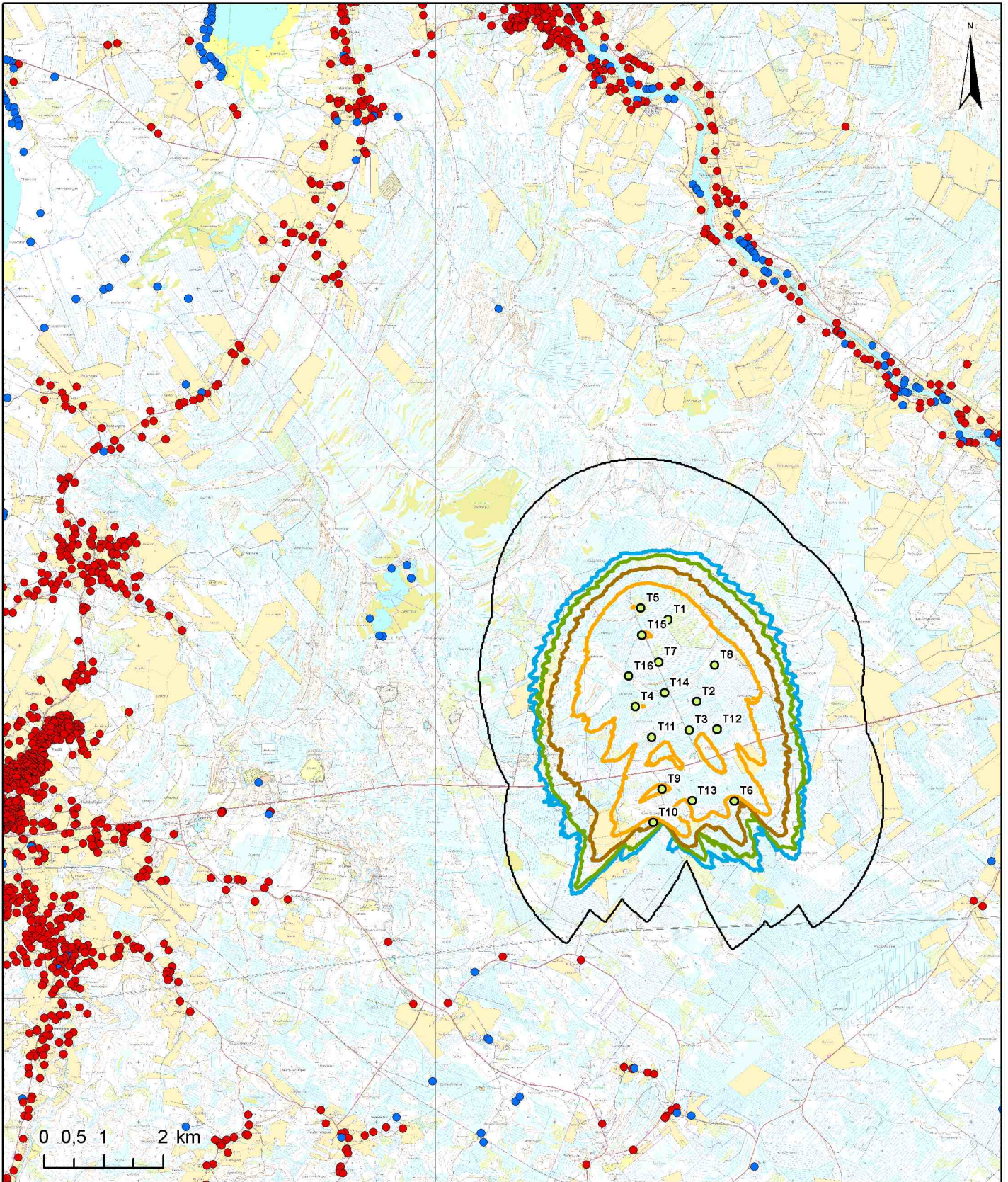
Puustovyöhykkeet rajoittavat välkevaikutuksia, mutta puuston on kuitenkin oltava riittävän tiheää ja korkeata sekä suojata altistuvaa kohdetta kattavasti. Myös vuodenajan vaihtelut on huomioitava puuston kyvyssä rajoittaa tuulivoimaloiden näkyvyyttä. Jos tuulivoimalat eivät näy katse-
lupisteeseen, ei myöskään välkettä aiheudu.

LIITTEET

Liite 1 Real Case -laskennalliset välkevyöhykkeet

LÄHTEET

1. Tuulivoimarakentamisen suunnittelu, Ympäristöhallinnon ohjeita 4/2012
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. Danish Wind Industry Association
5. WindPRO 2.9 User Manual
6. Ilmatieteen laitos, Tilastoja Suomen ilmastosta 1981–2010, Raportteja 2012:1
7. Suomen Tuuliatlas

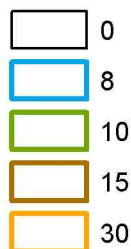


Suomen Hyötytuuli Oy
Karhukangas, Siikajoki

Välkemallinnus (WindPro 2.9)

A.Ruhanen 31.5.2016

Real Case -mallinnus
Välketuntia vuodessa



- Karhukangas: 24.5.2016 / HH 160 m / roottori 140 m
- Asuinrakennus
- Lomarakennus