



ETHA



VÄLKESELVITYS

Savolan Tuulipuisto, 04.11.2024

SISÄLLYSLUETTELO

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | YHTEENVETO | 2 |
| 2 | TAUSTA | 3 |
| 3 | VARJOVÄLKKEEN MUODOSTUMINEN | 4 |
| 3.1 | Ohje- ja raja-arvot..... | 4 |
| 3.2 | Varjovälkkeen lähtötiedot ja menetelmät | 5 |
| 4 | VÄLKEVAIKUTUKSET | 8 |
| 4.1 | Savolan välkevaikutukset | 8 |
| 4.2 | Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät | 10 |
| 4.3 | Haittojen ehkäiseminen ja seuranta | 10 |
| 5 | LÄHTEET | 11 |
| | Liite 1: Sijoitussuunnitelma | 12 |

VERSIOHISTORIA

| Versio | Tekijä, päivämäärä | Tarkastettu | Hyväksytty | Tiivistelmä |
|--------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|--|
| Ver 1 | Nina Nurmela, 2022-10-07 | Alexander Ehms | Alexander Ehms | Savolan tuulivoimapuiston välkeselvitys. |
| Ver 2 | Afonso Lugo, 2024-11-04 | Alexander Ehms 2024-11-04 | Alexander Ehms 2024-11-04 | Välkeselvitys päivitettyllä Savolan sijoitussuunnitelmalla. |

1 YHTEENVETO

Tehtävä:

Välkeselvitys Savolan tuulivoimapuiston vaikutusalueella.

Työmenetelmät:

Välkeselvitykseen on kerätty ajantasaista tietoa tuulivoimaloiden varjon välkkeen ominaispiirteistä, välkkeen ohjearvoista, paikallisista olosuhteista sekä mallinnusmenetelmistä. Pääasiallisena laskentatyökaluna on käytetty WindPRO Ver4.0 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. Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitetä yhdessäkään Savolan tuulivoimapuiston havainnointipisteessä. Myöskään teoreettisen tilanteen maksimisuositukset (30 h/v ja 30 min/pv) ei ylitetä yhdessäkään havainnointipisteessä.

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

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

| Vertailuarvo | Vertailuarvon ylityksiä |
|-----------------------------------|-------------------------|
| > 10 h/v, todellinen tilanne | 0 |
| > 8 h/v, todellinen tilanne | 0 |
| > 30 h/v, teoreettinen maksimi | 0 |
| > 30 min/pv, teoreettinen maksimi | 0 |

2 TAUSTA

Tämä välkeselvitys on tehty Savolan tuulivoimapuistolle Lapinlahden kunnan alueella. Suunniteltu tuulivoimapuisto on kokonaisuudessaan 5 voimalan laajuinen. Välkemallinnus on tehty voimalalla, jonka napakorkeus on 165 metriä ja roottorin halkaisija 170 metriä, jolloin voimalan kokonaiskorkeus on 250 metriä.

Välkeselvitys on tehty WindPRO 4.0 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 väkelähteeseen.

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 asuinviihtyvyyteen 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 määriteltä väлкеvaikutukselle 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, 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 välkearvot. Käyttöaste ja tuulensuunnat lasketaan käyttäen alueella EMD-WRF Europe+ MesoScale tuulisuustietoja.

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 häiritsevän voimakkaita liikkuvia varjoja.

Välkemannuksessa on käytetty nk. kasvihuoneasetusta, eli välkettä lasketaan havaittavaksi aina, kun välkealue osuu rakennuksen kohdalle.

Maastotietokantana käytettiin Maanmittauslaitoksen kahden metrin korkeusmallia ja säähavaintotietoina käytettiin Kuopion säähavaintoja. Kuopion havaintoasema sijaitsee noin 35 kilometrin päässä suunnitellusta tuulivoimapuistoalueesta. Laskelmissa oletetaan, että tuulivoimaloiden roottorit pyörivät vain tuulennopeuden ollessa sopiva. Varjovälkettä tarkasteltiin 2 metrin korkeudelta eli suunnilleen ihmisen havainnointikorkeudelta. Mallinnuksessa käytetyt auringonpaisteajat sekä tuulivoimaloiden toiminta-aika on esitetty alla olevissa taulukoissa.

Taulukko 2. Mallinnuksessa käytetyt asetukset

| Asetus | Kuvaus |
|---------------------------|--|
| Auringonpaisteajat | Kuopion sääaseman havainnot, Ilmatieteen laitos (taulukko 3) |
| Toiminta-aika | Laskettu tuulisuustietojen perusteella (taulukko 4) |
| Asuntojen asetus | Kasvihuone-asetus |
| Mallinnus | Välkemannus vakiintuneen menetelmän mukaisesti (LAI 2002) |
| Lapaparametrit | Voimalavalmistajien lapaparametrit käytössä |
| 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 | 0,90 |
| Helmikuu | 2,32 |
| Maaliskuu | 3,90 |
| Huhtikuu | 6,47 |
| Toukokuu | 8,19 |
| Kesäkuu | 8,60 |
| Heinäkuu | 8,74 |
| Elokuu | 6,55 |
| Syyskuu | 3,87 |
| Lokakuu | 1,84 |
| Marraskuu | 0,73 |
| Joulukuu | 0,39 |
| Keskiarvo | 4,38 |

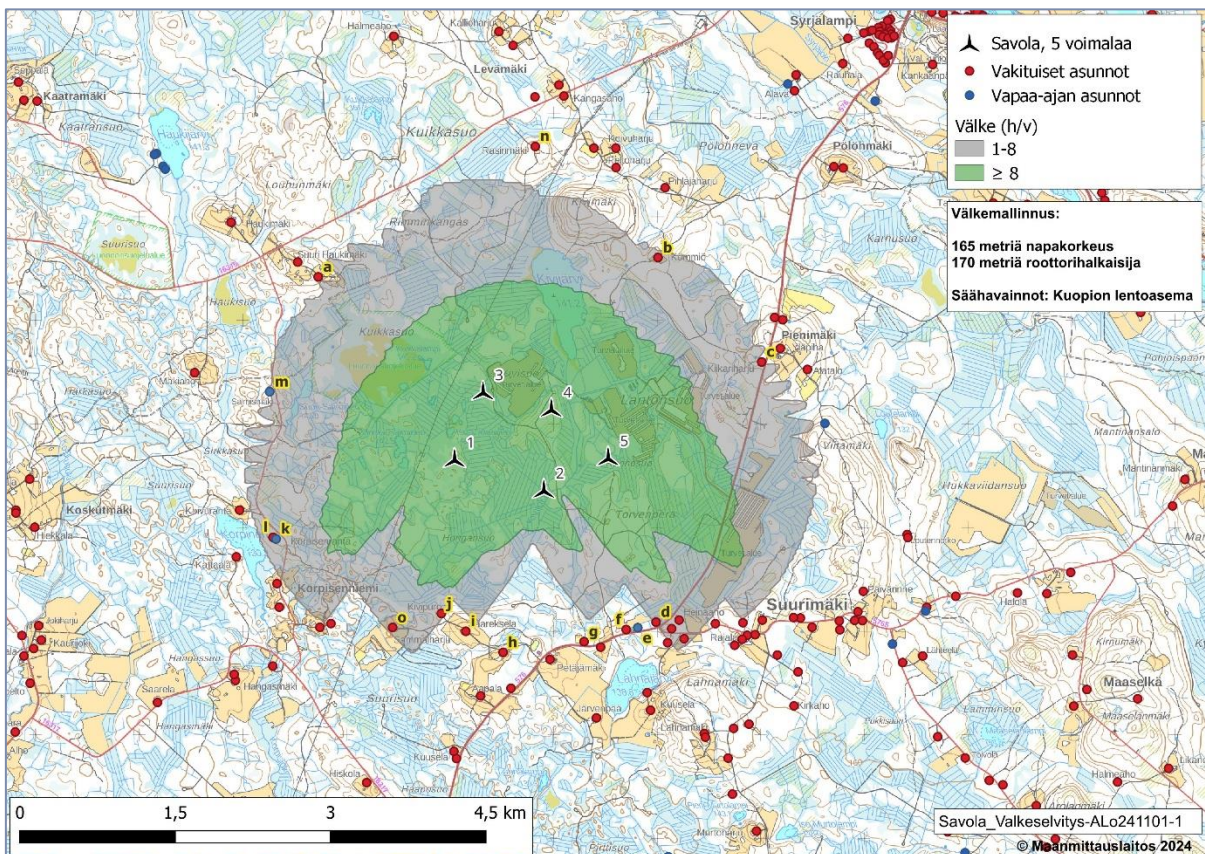
Taulukko 4. Tuulivoimaloiden toiminta-aika

| Tuulensuunta | Toiminta-aika (h/v) |
|------------------|---------------------|
| Pohjoinen | 580 |
| Pohjoiskoillinen | 482 |
| Itäkoillinen | 481 |
| Itä | 462 |
| Itäkaakko | 493 |
| Eteläkaakko | 711 |
| Etelä | 957 |
| Etelälounas | 1056 |
| Länsilounas | 850 |
| Länsi | 697 |
| Länsiluode | 627 |
| Pohjoisluode | 623 |
| Summa | 8019 |

4 VÄLKEVAIKUTUKSET

4.1 SAVOLAN VÄLKEVAIKUTUKSET

Välkemallinnuksen tuloksia kuvataan visuaalisesti kartoilla, ja lisäksi tuloksia on kuvattu yksityiskohtaisesti sanallisesti. Kartalla tulokset on esitetty soveltaen todellisen tilanteen vertailuarvoa 8 h/v. Tässä mallinnuksessa puuston suojaavaa vaikutusta ei ole huomioitu.



Kuva 2. Varjovälkkeen muodostuminen Savolan 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 ei ylitetä yhdessäkään havainnointipisteessä. Myöskään teoreettisen tilanteen maksimisuositukset 30 h/v ja 30 min/pv ei ylitetä yhdessäkään havainnointipisteessä.

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

Taulukko 5. Varjovälkelaskennan tulokset, Savola

| Piste | Asunnon 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) | Suositusarvon ylitys |
|-------|-------------------|-------------------------------|---------------------------------|---|---|--|----------------------|
| a | Vakituinen asunto | 532728 | 7022419 | 0:48 | 6:09 | 0:21 | Ei |
| b | Vakituinen asunto | 536008 | 7022605 | 2:02 | 23:22 | 0:24 | Ei |
| c | Vakituinen asunto | 537009 | 7021598 | 1:04 | 7:53 | 0:23 | Ei |
| d | Vakituinen asunto | 535989 | 7019088 | 1:22 | 5:31 | 0:16 | Ei |
| e | Vapaa-ajan asunto | 535813 | 7019034 | 0:00 | 0:00 | 0:00 | Ei |
| f | Vakituinen asunto | 535701 | 7019016 | 0:00 | 0:00 | 0:00 | Ei |
| g | Vakituinen asunto | 535295 | 7018899 | 0:00 | 0:00 | 0:00 | Ei |
| h | Vakituinen asunto | 534513 | 7018796 | 0:00 | 0:00 | 0:00 | Ei |
| i | Vakituinen asunto | 534153 | 7018999 | 0:00 | 0:00 | 0:00 | Ei |
| j | Vakituinen asunto | 533917 | 7019171 | 1:58 | 7:49 | 0:20 | Ei |
| k | Vapaa-ajan asunto | 532321 | 7019890 | 2:17 | 9:35 | 0:22 | Ei |
| l | Vakituinen asunto | 532291 | 7019906 | 2:11 | 9:10 | 0:22 | Ei |
| m | Vapaa-ajan asunto | 532259 | 7021311 | 0:55 | 6:20 | 0:22 | Ei |
| n | Vakituinen asunto | 534823 | 7023678 | 0:00 | 0:00 | 0:00 | Ei |
| o | Vakituinen asunto | 533446 | 7019036 | 5:10 | 20:29 | 0:22 | Ei |

4.2 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.

4.3 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).

Tämän välkeselvityksen perusteella Savolan tuulivoimaloiden muodostama varjovälke ei aiheuta kohtuutonta haittaa alueen loma- tai vakituisille asunnoille. Näin ollen välkkeen hallintajärjestelmälle ei nähdä tarvetta Savolan tuulivoimaloiden osalta.

5 LÄHTEET

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

Etha Wind Oy (2022). 02_Flicker_Checklist_ArM220711-1. Internal work description.

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

Miljøministeriet Naturstyrelsen (2015). Vejledning om planlægning for og tilladelse til opstilling af vindmøller.

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

LIITE 1: SJOITUSSUUNNITELMA

Voimaloiden sijainnit on esitetty alla olevassa taulukossa.

Taulukko 6. Savolan voimaloiden sijaintitiedot

| Voimala | Itäinen (ETRS-TM35-FIN) | Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN) | Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m) |
|---------|----------------------------|------------------------------|---|
| 1 | 534043 | 7020675 | 165/170/250 |
| 2 | 534318 | 7021325 | 165/170/250 |
| 3 | 534905 | 7020378 | 165/170/250 |
| 4 | 534977 | 7021160 | 165/170/250 |
| 5 | 535526 | 7020691 | 165/170/250 |