



NIINIMÄEN TUULIPUISTO OY
Niinimäen tuulivoimahanke

Vilkuntaselvitys

Copyright © Pöyry Finland Oy

Kaikki oikeudet pidätetään Tätä asiakirjaa tai osaa siitä ei saa kopioida tai jäljentää missään muodossa ilman Pöyry Finland Oy:n antamaa kirjallista lupaa.

Sisäinen tarkistussivu

Asiakas	Niinimäen Tuulipuisto Oy
Otsikko	Vilkuntaselvitys
Projekti	Niinimäen tuulivoimahanke
Vaihe	YVA-menettely
Työnumero	16X267156-E721
Piirustus/arkistointi/sarjanro.	16X267156-E721
Tiedoston nimi	Niinimäen Tuulipuisto Oy_Niinimäki_vilkuntaselvitys.docx
Järjestelmä	Microsoft Word 14.0
Laatijat	Iida Sointu
Vastaava yksikkö	Energy / Project Development and Operations

Alkuperäinen raportti

Dokumentin pvm

Laatija/asema/allekirj.

25.4.2016

Iida Sointu / Vilkunta-asiantuntija



Dokumentin pvm

Tarkistaja/asema/allekirj.

25.4.2016

Ilona Välimaa / Vilkunta-asiantuntija



Esipuhe

Tämä raportti on Pöyryn laatima Niinimäen tuulivoimahankkeen vilkuntaselvitys, jossa on selvitetty Niinimäen tuulivoimahankkeen aiheuttaman varjon vilkunnan vaikutukset puiston lähiympäristöön. Selvityksen on tilannut Niinimäen Tuulipuisto Oy.

Yhteystiedot

Iida Sointu

PL 4 (Jaakonkatu 3)
FI-01621 Vantaa
Finland
Kotipaikka Vantaa
Y-tunnus 0625905-6
Puh. +358 10 3311
Faksi +358 10 33 21845
www.poyry.fi

Pöyry Finland Oy

Tiivistelmä

Niinimäen Tuulipuisto Oy suunnittelee Pieksämäelle 29 voimalan Niinimäen tuulipuistoa. Tässä selvityksessä on arvioitu Niinimäen tuulipuiston varjon vilkunnan vaikutuksia lähialueille.

Tuulivoimahankkeen aiheuttamaa varjon vilkuntaa analysoitiin laskennallisilla menetelmin. Tarkastelussa käytettiin tuulivoimalaa, jonka roottorin halkaisija on 140 metriä ja napakorkeus 165 metriä (voimalan kokonaiskorkeus 235 metriä). Ensimmäinen mallinnus tehtiin niin sanotulla konservatiivisella laskentamenetelmällä, joka ei huomioi varjon vilkuntaa vähentäviä tekijöitä, kuten pilvisyyttä. Jotta saataisiin realistisempi kuva odotettavissa olevasta vilkunnan määrästä, mallinnus on suoritettu konservatiivisen laskentamenetelmän lisäksi myös huomioiden pitkän aikavälin auringonpaistetilat ja alueen tuulisuusjakauma. Varjon vilkunnan realistinen esiintyminen laskettiin vuositason koko hankealueen kattavana karttana. Lisäksi hankealueen ympäristöstä määritettiin 23 reseptoripistettä, joille laskettiin yksityiskohtaisemmat tulokset.

Mallinnustulosten perusteella voidaan todeta, että Niinimäen hankealueen lähiympäristössä varjon vilkunta on yhdessä kohteessa paikallisesti suurta ja muualla vähäistä tarkastellulla voimalakoolla ja napakorkeudella. Realistisen mallinnuksen tulokset ylittävät Ruotsissa käytössä olevat maksimivilkunnan määrän vertailuarvot yhdessä asutuskohteessa.

Sisältö

Tiivistelmä

1	YLEISTÄ	4
1.1	Varjon vilkkuminen	4
1.2	Sovellettavat vertailuarvot	5
2	ARVIOINTIMENETELMÄT JA ARVIOINNIN EPÄVARMUUDET	6
2.1	Arviointimenetelmät	6
2.2	Arvioinnin epävarmuudet	7
3	YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN ARVIOINTI	8
	KIRJALLISUUSVIITTEET	13

1 YLEISTÄ

Pieksämäkeen suunnitellaan 29 voimalan Niinimäen tuulipuistoa. Ohessa on esitetty tuulivoimapuiston voimaloiden sijaintikoordinaatit.

Taulukko 1-1. Mallinnuksessa käytetyt voimaloiden sijainnit (ETRS-TM35FIN koordinaatistossa).

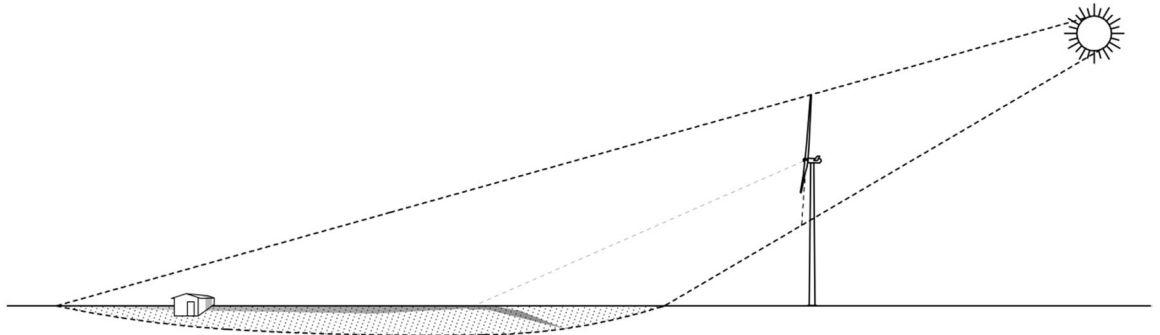
Voimala	Itäkoordinaatti (m)	Pohjoiskoordinaatti (m)
1	500992	6917770
2	500698	6918428
3	500278	6919016
4	499854	6919599
5	499622	6920283
6	500198	6917608
7	499873	6918348
8	499418	6918884
9	499057	6919496
10	498928	6920194
11	499541	6916622
12	499461	6917318
13	498815	6917490
14	498394	6918015
15	496842	6917382
16	497686	6918721
17	498442	6918890
18	497999	6919509
19	497582	6920108
20	496861	6920320
21	497956	6920726
22	497172	6920991
23	497824	6921431
24	497040	6921689
25	497595	6922115
26	497584	6917437
27	497612	6916664
28	498332	6916530
29	498063	6915888

Hankealueen läheisyydessä sijaitsee asuin- ja lomarakennuksia, joihin tuulivoimalat mahdollisesti aiheuttavat varjon vilkuntaa. Tämän selvityksen tarkoituksena on selvittää Niinimäen tuulipuiston varjon vilkuntavaikutus lähimpiin asuin- ja lomarakennuksiin.

1.1 Varjon vilkkuminen

Tuulivoimala voi aiheuttaa lähiympäristöönsä varjon vilkuntaa, kun auringon valo osuu käynnissä olevan tuulivoimalan pyöriviin lapoihin. Tällöin lapojen pyöriminen aiheuttaa liikkuvan varjon, joka voi ulottua jopa 1–3 kilometrin päähän. Vilkunnan kantama ja kesto riippuvat siitä, missä kulmassa auringon valo osuu lapoihin, lapojen pituudesta ja paksuudesta, tornin korkeudesta, maaston muodosta, ajankohdasta sekä näkyvyyttä vähentävistä tekijöistä kuten kasvillisuudesta ja pilvisyydestä. Tuulipuistojen lähiympäristöön leviävä varjon vilkunta tapahtuu usein juuri auringonnousun jälkeen tai

aurionlaskua ennen, jolloin voimaloiden varjot ylettyvät pisimmälle. Muulloin varjot jäävät lyhyiksi voimaloiden läheisyyteen. Tuulivoimalan aiheuttama varjon vilkunta saattaa aiheuttaa häiriötä esimerkiksi voimaloiden läheisyydessä asuville ihmisille. Ilmiötä on havainnollistettu seuraavassa kuvassa (Kuva 1-1).



Kuva 1-1. Havainnollistus varjon vilkunnasta. Tuulivoimala voi aiheuttaa lähiympäristöönsä varjon vilkuntaa, kun auringon valo paistaa tuulivoimalan takaa ja osuu käynnissä olevan tuulivoimalan pyöriin lapoihin.

Vilkuntamallinnus voidaan tehdä niin kutsutulla konservatiivisella laskentamenetelmällä, jossa voimalan roottorin oletetaan pyörivän jatkuvasti ja olevan kohtisuorassa auringonsäteitä vastaan. Laskentamenetelmä ei huomioi varjon vilkuntaa vähentäviä tekijöitä, kuten pilvisyyttä. Jotta saataisiin realistisempi kuva odotettavissa olevasta vilkunnan määrästä, voidaan mallinnus suorittaa myös huomioiden pitkän aikavälin auringonpaistetilastot ja alueen tuulisuusjakauma.

1.2 Sovellettavat vertailuarvot

Suomessa ei ole raja-arvoja koskien tuulivoimaloista aiheutuvaa vilkuntavaikutusta tai olemassa olevia suosituksia sen mallintamisesta. Ympäristöhallinnon ohjeen (*Ympäristöministeriö 2012*) mukaan Suomessa vilkuntavaikutusten arvioinnissa on suositeltavaa käyttää apuna muiden maiden suosituksia. Vilkuntavaikutusten arvioinnin taustaksi esitellään seuraavassa Saksassa, Ruotsissa ja Tanskassa käytössä olevia raja-arvoja ja suosituksia.

Saksa

Saksassa on käytössä yksityiskohtaiset ohjeet vilkuntavaikutuksen mallinnuksesta ja sen raja-arvoista (*WEA-Schattenwurf-Hinweise 2002*). Käytössä on kolme erilaista raja-arvoa suurimmalle sallitulle tuulipuistosta syntyvälle vilkuntavaikutukselle:

- korkeintaan 30 tuntia vuodessa niin sanotussa teoreettisessa maksimitilanteessa
- korkeintaan 30 minuuttia päivässä niin sanotussa teoreettisessa maksimitilanteessa
- mikäli voimalan automaattinen säätely on käytössä, niin sanottu realistinen vilkuntavaikutus tulee rajoittaa korkeintaan kahdeksaan tuntiin vuodessa.

Ruotsi

Ruotsissa ei ole virallisia raja-arvoja vilkuntavaikutukselle, vaan ainoastaan suositukset (*Boverket 2009*), jotka perustuvat Saksassa olevaan ohjeistukseen. Ruotsin suosituksen mukaan niin sanotussa teoreettisessa maksimitilanteessa vilkuntavaikutusta saa syntyä korkeintaan 30 tuntia vuodessa. Niin sanottu realistinen vilkuntavaikutus saa suositusten mukaan olla korkeintaan kahdeksan tuntia vuodessa ja 30 minuuttia päivässä.

Tanska

Tanskassa on suositus (*Danish Wind Industry Association*), että niin sanotussa realistisessa tilanteessa vilkuntavaikutusta saa syntyä korkeintaan kymmenen tuntia vuodessa.

2 ARVIOINTIMENETELMÄT JA ARVIOINNIN EPÄVARMUUDET

2.1 Arviointimenetelmät

Tuulipuiston aiheuttaman varjon vilkunnan vaikutuksia arvioitiin laskennallisin menetelmin käyttäen tähän tarkoitukseen kehitettyä WindPRO-ohjelmiston SHADOW-mallinnusmoduulia. Tuulipuistoa ja sovellettua tuulivoimalamallia koskevat parametrit olivat:

- Yksi hankkeen toteutusvaihtoehto: VE1 (29 voimalaa)
- Tuulivoimaloiden napakorkeus on 165 metriä
- Tuulivoimaloiden roottorin halkaisija 140 metriä (voimaloiden kokonaiskorkeus tällöin 235 metriä)¹

Laskentamalli huomioi hankealueen sijainnin (auringonpaistekulma ja päivittäinen valoisa aika), tuulivoimaloiden sijoitussuunnitelman, voimaloiden aiheuttaman vilkunnan yhteisvaikutuksen, tuulivoimaloiden mittasuhteet (napakorkeus, roottorin halkaisija ja lapaprofiili), maaston korkeuskäyrät sekä valitut laskentaparametrit (Taulukko 2-1).

Määritellyillä laskentaparametreilla sekä oletuksella, että voimalan roottorin oletetaan pyörivän jatkuvasti ja olevan kohtisuorassa auringonsäteitä vastaan, saadaan arvio aiheutuvasta vilkunnan **teoreettisesta maksimimäärästä**.

Taulukko 2-1. WindPRO-ohjelmiston SHADOW-mallinnuksessa sovelletut laskentaparametrit.

Laskennan aikaresoluutio	1 minuutti Mallinnus tehdään yhden minuutin aika-askeleella. Mikäli mahdollinen varjo osuu reseptoripisteeseen, lasketaan tästä syntyvän yhden minuutin varjostusvaikutus.
Laskentasäde tuulivoimalan ympärillä	Etäisyys, jolla vähintään 20 prosenttia auringosta on tuulivoimalan lavan peittämä. Laskentasäde tarkasteltavilla voimaloilla on 2007 metriä .
Auringon korkeus merenpinnasta – huomioitu minimikulma	3 astetta (Mikäli auringonpaistekulma on alle kolme astetta, auringon valon oletetaan siroavan ilmakehässä niin paljon, ettei se aiheuta havaittavia varjoja.)
Maaston korkeusvaihteluiden vaikutus näkemiseen	Huomioitu eli vilkuntaa voi aiheutua havaintopisteeseen ainoastaan, mikäli maaston korkeusvaihtelut eivät estä näköyhteyttä tuulivoimalaan.
Puuston vaikutus näkemiseen	Ei huomioitu
Havaintokorkeus	1,5 metriä

¹ Mallinnuksessa sovellettu Gamesa G132 -voimalan lapaprofiilia skaalattuna 140 metrin roottoriseksi.

Laskentamenetelmä ei automaattisesti huomioi varjon vilkuntaan vaikuttavia ylimääräisiä tekijöitä, kuten pilvisyyttä. Jotta saataisiin parempi kuva odotettavissa olevasta vilkunnan todellisesta määrästä, on laskettu myös **realistinen arvio vilkunnan määrästä**. Realistinen arvio ottaa huomioon paikallisen tuulijakauman sekä auringonpaistehavainnot (verrannollinen alueen leveyspiiriin ja pilvisyyshavaintoihin). Tuulennopeusjakaumasta saadaan laskettua osuus ajasta, jolloin voimala ei pyöri, koska tuulennopeus on joko liian alhainen tai liian korkea suhteessa voimalatyyppin käyntiväliin. Paikallinen tuulensuuntajakauma vaikuttaa roottorin suuntaukseen ja sivuttain oleva roottori ei aiheuta havaittavaa varjoa. Tuulensuuntajakauma on saatu Suomen Tuuliatlaksesta (*Ilmatieteen laitos 2009*). Mallinnuksessa käytetyt auringonpaistetilastot on saatu Jyväskylästä, Jyväskylän lentoaseman sääaseman auringonpaistehavainnoista (kuukausitason keskiarvot) vuosilta 1981–2010 (*Pirinen ym. 2012*).

Tulosten havainnollistamista varten määritettiin niin kutsuttuja reseptoripisteitä (lähellä tuulivoimaloita sijaitsevia asuin-kohteita), jolle laskettiin yksityiskohtaisemmat tulokset. Reseptoripisteiden oletettiin olevan ”kasvihuonetyyppisiä”, jolloin joka suunnasta tuleva vilkunta otetaan huomioon. Reseptoripisteiden (voidaan kuvitella havainnollistavan talon ikkunaa) leveys on yksi metri, korkeus yksi metri ja korkeus maanpinnasta kaksi metriä. Reseptoripisteitä valittiin hankealueen ympäriltä 23 kappaletta (nimetty A–W) ja ne ovat läheisiä asutuskohteita hankealueen ympärillä. Reseptoripisteiksi on valittu kaikki asutuskohteet, jotka ovat laskentasäteen (2007 metriä) sisällä lähimmästä voimalasta sekä muutamia seuraavaksi lähimpiä asutuskohteita.

Vilkuntamallinnuksen tuloksena saadaan varjon vilkunnan esiintymisen määrä ja ajankohta tarkastellulle tuulipuiston toteutusvaihtoehdolle. Mallinnuksen tulokset saadaan karttakuvina ja numeerisina arvoina reseptoripisteille.

2.2 Arvioinnin epävarmuudet

Varjon vilkunnan teoreettista maksimimäärää mallinnettaessa lapojen oletetaan pyörivän jatkuvasti ja roottorin olevan kohtisuorassa aurinkoon nähden aiheuttaen maksimaalisen varjon. Todellisuudessa tuuliturbiineilla on tuulennopeudesta riippuvainen käyntiväli, jolloin liian alhaisilla tai korkeilla tuulennopeuksilla lavat eivät pyöri. Lisäksi todellisuudessa roottorin suuntaus määräytyy havaitun tuulensunnan perusteella, eikä varjon muodostuminen ole näin ollen aina taattua (lavan on havaitusajasta nähden peitettävä auringosta yli 20 prosenttia, jotta havaittava varjo syntyy). Teoreettinen maksimimäärä edustaa siis selkeästi konservatiivista arviota tuulivoimaloiden aiheuttamasta vilkunnan määrästä.

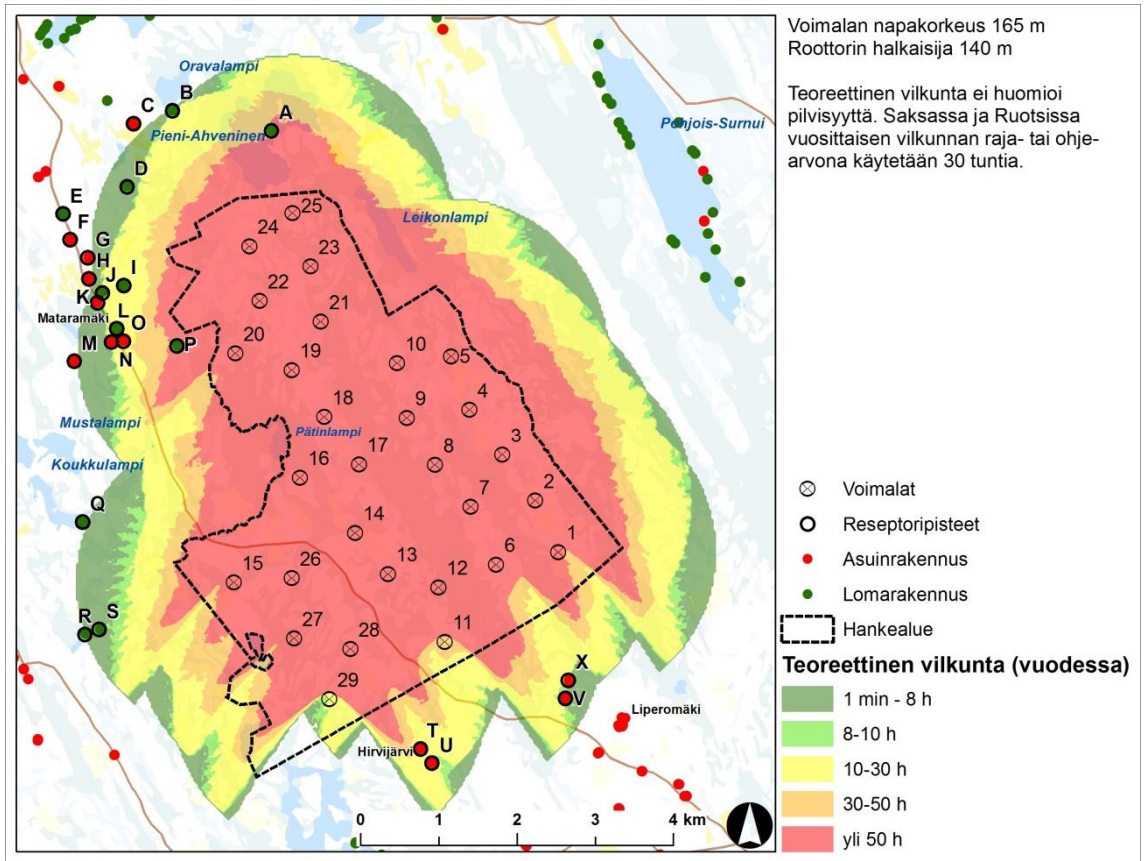
Tuuliatlaksen mallinnustarkkuus aiheuttaa epävarmuutta realistiseen arvioon tuulennopeus- ja -suuntajakauman käytön kautta. Myös auringonpaistehavaintojen käyttö lisää hieman epävarmuutta, sillä hankealueen etäisyys Jyväskylän lentoasemaan on noin 67 kilometriä. Mallinnuksissa ei ole huomioitu kasvillisuuden vähentävää vaikutusta vilkunnan havaitsemiseen, jolloin etenkin kesäaikainen vilkunnan määrä yliarvioidaan. Tästä syystä kuutta reseptoripistettä (A, I, L, P, T ja U), joissa vilkuntaa mallinnuksen mukaan esiintyy eniten, on vielä tarkasteltu erikseen suhteessa nämä kohteet huomioon ottavan näkemäalueanalyysin (WSP Finland Oy 2016) tuloksiin. Näkemäalueanalyysi antaa tarkempaa tietoa voimaloiden arvioidusta näkyvyydestä huomioimalla myös puuston korkeuden. Näkemäalueanalyysi kuitenkin sisältää omia epävarmuuksia, sillä analyysi ei huomioi näkyvyysvaikutuksen heikkenemistä etäisyyden kasvaessa, taustan vaikutusta näkyvyyteen, ihmisen rajallista erotuskykyä

eikä puuston peittävyden ja korkeuden muutoksia esimerkiksi vuodenaajoista johtuen. Myöskään pihapiirien puuston ja rakennusten vilkunnan havaitsemista vähentävää vaikutusta ei ole otettu huomioon tarkemmassa näkemäalueanalyysissä.

3 YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN ARVIOINTI

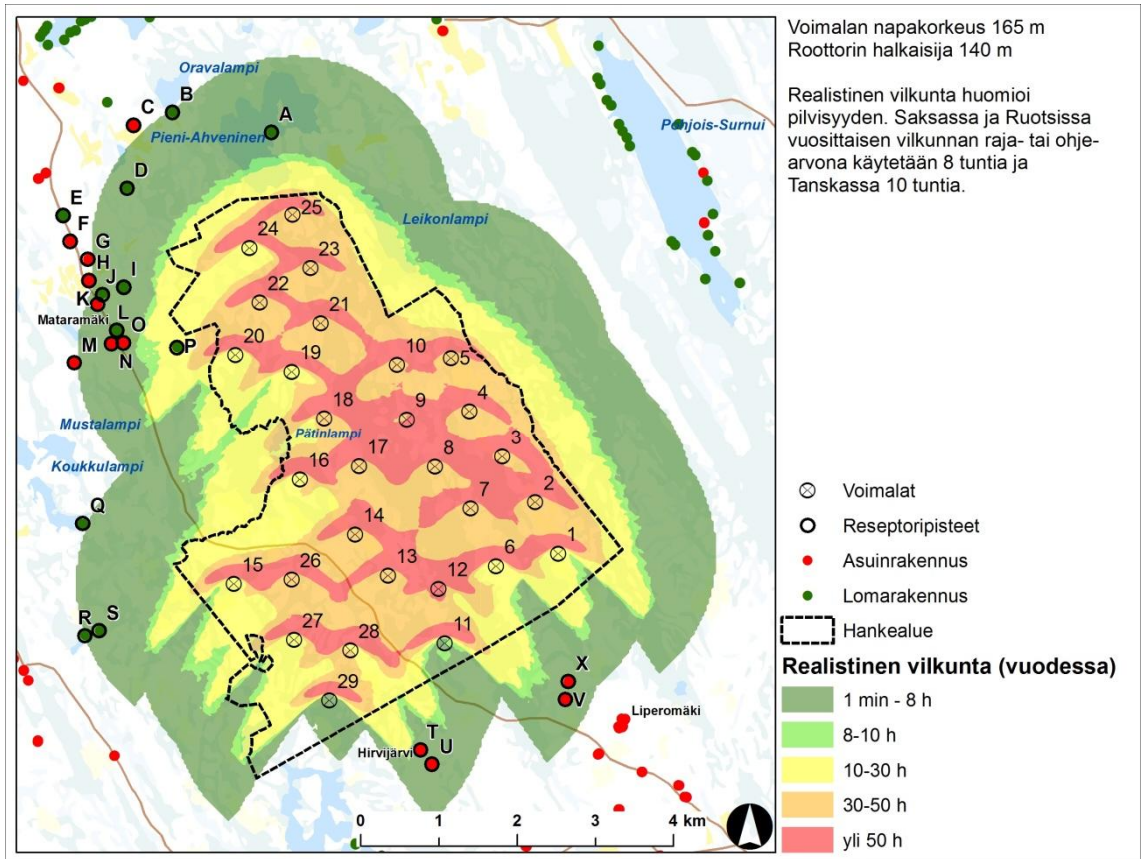
Mallinnuksen tuloksena saatu vilkunnan vuosittainen teoreettinen maksimimäärä ja realistinen määrä tarkastellulle tuulipuistolle on esitetty seuraavissa kuvissa (Kuva 3-1 ja Kuva 3-2). Kuvista nähdään, että varjon vilkunnan määrä on suurta tuulivoimaloiden välittömässä läheisyydessä olevilla alueilla, mutta se vähenee voimakkaasti etäisyyden kasvaessa.

Vyöhykkeellä, jossa varjon vilkunnan määrä on yli 30 tuntia vuodessa (teoreettisessa maksimitilanteessa), sijaitsee kaksi asutuskohtetta. Lisäksi samoissa kohteissa päivittäinen vilkunta ylittää 30 minuuttia.



Kuva 3-1. Varjon vilkunnan teoreettinen maksimimäärä tunteina vuodessa, kun auringonpaistetilastoja ei ole huomioitu. Mallinnus on tehty tuulivoimaloilla, joiden napakorkeus on 165 metriä ja roottorin halkaisija 140 metriä.

Vyöhykkeellä, jossa realistisen mallinnuksen mukainen varjon vilkunnan määrä on yli kahdeksan tuntia vuodessa, sijaitsee yksi asutuskohde. Päivittäinen vilkuntamäärä ei ylitä vertailuarvoja missään asutuskohteessa.



Kuva 3-2. Varjon vilkunnan realistinen määrä tunteina vuodessa, kun auringonpaistetilastot on huomioitu. Mallinnus on tehty tuulivoimaloilla, joiden napakorkeus on 165 metriä ja roottorin halkaisija 140 metriä.

Numeerinen vilkuntamäärä on mallinnettu jokaiseen hankkeen läheiseen asutuskohteeseen, johon vilkunta ylettää, sekä muutamaankohteeseen, jotka sijaitsevat aivan vilkunta-alueiden läheisyydessä. Nämä reseptoripistekohtaiset tulokset on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 3-1). Taulukossa on esitetty varjon vilkunnan esiintymisen teoreettinen maksimikesto (vuodessa ja vuorokaudessa) sekä vilkunnan realistinen kesto (vuodessa ja vuorokaudessa).

Verratessa reseptoripistekohtaisia tuloksia muiden maiden raja-arvoihin ja suosituksiin, seuraavat **ylitykset** mallinnettiin:

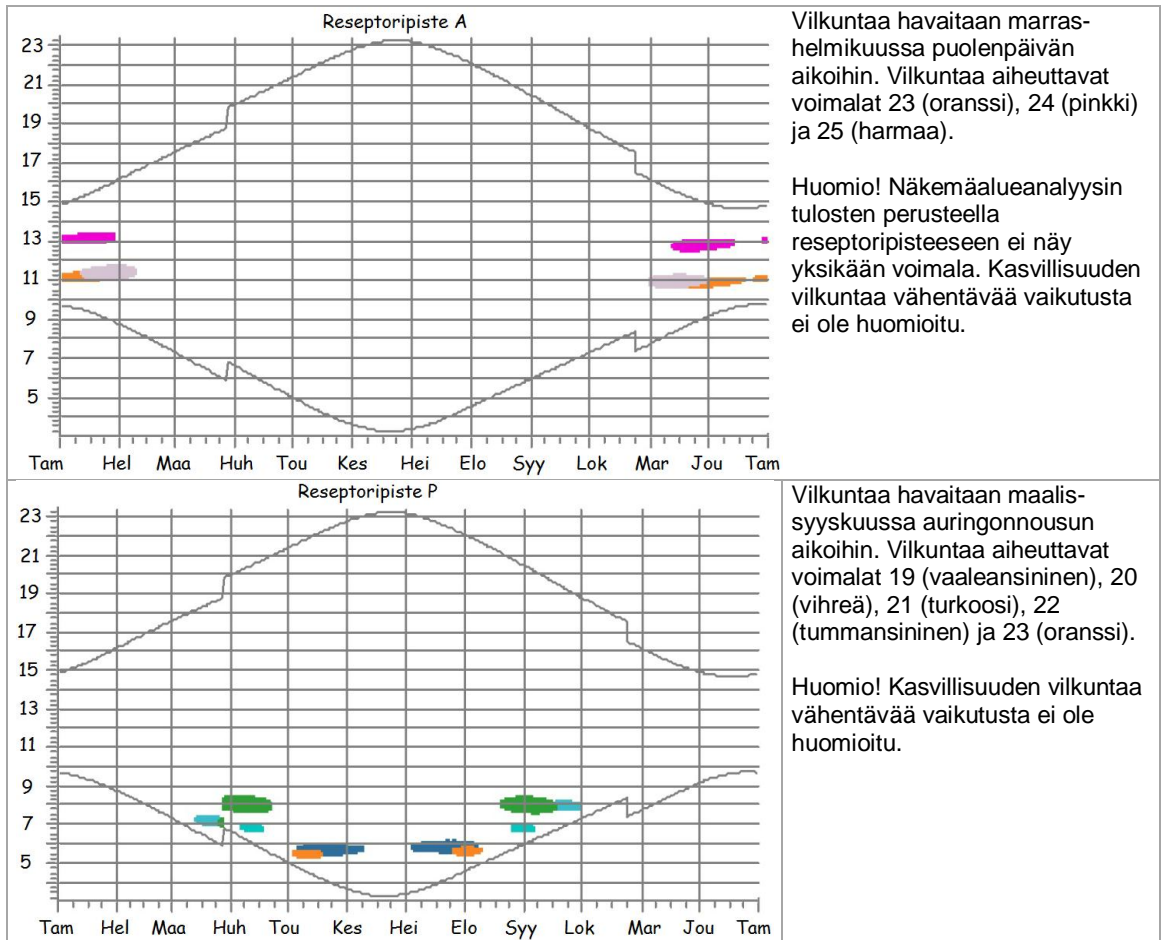
- Teoreettinen maksimitilanne
 - Yli 30 tuntia vuodessa: kaksi asutuskohdetta
 - Yli 30 minuuttia päivässä: kaksi asutuskohdetta
- Realistinen tilanne
 - Yli 8/10 tuntia vuodessa: yksi asutuskohde
 - Yli 30 minuuttia päivässä: ei yhtään asutuskohdetta

Taulukko 3-1. Mallinnuksen tulokset reseptoripisteittäin tarkastellulle tuulipuistolle. Reseptoripisteiden koordinaatit on esitetty ETRS-TM35FIN koordinaattijärjestelmässä. Viikuntamäärien yksikkö h/a on tuntia vuodessa ja yksikkö h/d on tuntia vuorokaudessa. Vertailuarvot ylittävät arvot on lihavoitu.

	Itä- koordinaatti (m)	Pohjois- koordinaatti (m)	Varjon viikuntavaikutus			
			Teoreettinen maksimitilanne		Realistinen tilanne	
			(h/a)	(h/d)	(h/a)	(h/d)
A	497324	6923165	50:44	0:53	4:28	0:05
B	496054	6923421	7:18	0:17	0:38	0:02
C	495555	6923258	0:00	0:00	0:00	0:00
D	495473	6922450	5:53	0:19	0:56	0:04
E	494653	6922103	0:00	0:00	0:00	0:00
F	494746	6921772	0:00	0:00	0:00	0:00
G	494972	6921544	0:00	0:00	0:00	0:00
H	494986	6921275	0:00	0:00	0:00	0:00
I	495431	6921188	19:13	0:20	3:52	0:05
J	495160	6921095	8:50	0:18	1:47	0:04
K	495094	6920967	4:16	0:17	0:41	0:04
L	495340	6920636	17:52	0:20	4:11	0:04
M	494797	6920219	0:00	0:00	0:00	0:00
N	495274	6920468	10:58	0:20	2:23	0:04
O	495427	6920477	13:52	0:23	3:02	0:05
P	496110	6920418	71:29	0:58	17:31	0:15
Q	494902	6918156	0:00	0:00	0:00	0:00
R	494935	6916718	0:00	0:00	0:00	0:00
S	495116	6916781	6:04	0:18	1:30	0:05
T	499230	6915256	17:03	0:26	4:44	0:08
U	499377	6915072	13:13	0:22	3:42	0:06
V	501085	6915901	8:37	0:20	2:17	0:06

Taulukossa 3-2 on esitetty WindPRO-mallinnuksen mukaiset viikuntakalenterit reseptoripisteille A ja P, joissa ylittyy joko teoreettisen tai realistisen maksimitilanteen, tai molempien tilanteiden, vertailuohje-arvot. Muissa kohteissa ylityksiä ei tapahdu. Reseptoripisteeseen A mallinnettu viikunta aiheutuu kaikkiaan kolmesta voimalasta (23, 24 ja 25) ja reseptoripisteeseen P mallinnettu viikunta aiheutuu kaikkiaan viidestä voimalasta (19, 20, 21, 22 ja 23).

Taulukko 3-2. Mallinnetut vilkuntakalenterit reseptoripisteille A ja P. Kuvaajan pystyakselilla on vuorokaudenaika ja vaak-akselilla kuukausi. Kuvaajissa käyrillä on esitetty auringonnousu- ja -laskuajat vuoden aikana. Malli huomioi myös kellonaikojen siirtämisen.



Taulukossa 3-3 on esitetty näkemäalueanalyysin tulokset kuudessa tutkitussa kohteessa. Näkemäalueanalyysin tulosten perusteella voidaan tarkentaa vilkuntamallin tuloksia, sillä vilkuntamallinnuksessa ei huomioitu puuston korkeutta. Pihapiirien puuston ja rakennusten vilkunnan havaitsemista vähentävää vaikutusta ei ole otettu huomioon tarkemmassa näkemäalueanalyysissä.

Taulukko 3-3. Näkemäalueanalyysin (WSP Finland Oy 2016) tulokset kuudessa tutkitussa kohteessa (kohdetunnisteet vastaavat vilkunta-analyysin reseptoripisteiden kohdetunnisteita).

Näkemä	
A	Ei näy voimaloita
I	Ei näy voimaloita
L	Näkyy 1-10 voimalan naselli ja yli 10 voimalan lavat
P	Näkyy 1-10 voimalan naselli ja lavat
T	Näkyy 1-10 voimalan lavat
U	Näkyy 1-10 voimalan naselli ja mahdollisesti yli 10 voimalan lavat

Näkemäalueanalyysin tulokset huomioiden vain neljään (kuudesta) eniten vilkuntaa vastaanottavaan kohteeseen näkyy voimaloita. Näihin kohteisiin myös näkyy useita voimaloita (lavat ja nasellit). Pihapiirien puuston ja rakennusten vilkunnan havaitsemista vähentävää vaikutusta ei ole otettu huomioon. Sovellettavien vertailuarvojen ylityksiä tapahtuu kuitenkin ainoastaan reseptoripisteessä P (kaupungin rekisterin mukainen erillinen vapaa-ajan asunto). Muissa reseptoripisteissä

vilkkumäärät jäävät alle vertailuohjeiden. Myös muissa reseptoripisteissä kuin näkemäalueanalyysin avulla tarkemmin tutkituissa kuudessa kohteessa, esiintyy vilkkua, mutta vilkku on vähäistä ja selvästi alle vertailuohjeiden. Vilkkun ajankohta vaikuttaa vilkkun aiheutuvan haitan suuruuteen.

Varjon vilkkumallinnuksen tulosten perusteella voidaan todeta, että hankkeesta voi syntyä paikoittain runsasta varjon vilkkua hankkeen lähialueilla.

KIRJALLISUUSVIITTEET

Boverket 2009. Vindkraftshandboken, Planering och prövning av vindkraftverk på land och i kustnära vattenområden.

Danish Wind Industry Association. Planning and regulation: shadow flicker. [http://www.windpower.org/en/policy/planning_and_regulation.html] (4.4.2014).

Ilmatieteen laitos 2009. Suomen Tuuliatlas.

Pirinen ym. 2012. Tilastoja Suomen ilmastosta 1981–2010, Raportteja No. 2012:1, Ilmatieteen laitos.

Ympäristöministeriö 2012. Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Ympäristöministeriön ohjeita 4/2012.

WEA-Schattenwurf-Hinweise 2002. Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen.

WSP Finland Oy 2016. Niinimäen tuulivoimahanke – Näkemäalueanalyysi. 5.4.2016.