



# Tahkoluodon merituulipuiston laajennuksen välkeselvitys

Asiakas: Suomen Hyötytuuli Oy  
101013470-001.013

Laatija  
Erkki HeikkolaPäivämäärä  
1.7.2022  
Projektinumero  
101013470-001Työnumero  
101013470-001.013  
Asiakas  
Suomen Hyötytuuli Oy

## Tahkoluodon merituulipuiston laajennuksen välkeselvitys

Versio	Pvm/Laatija	Pvm/Tarkastaja
Alkuperäinen	22.12.2020/ Elina Heinilä, Välke-asiantuntija	22.12.2020/ Piia Heikkinen, Osastopäällikkö
Rev A.	15.01.2021/ Elina Heinilä, Välke-asiantuntija	15.01.2021/ Piia Heikkinen, Osastopäällikkö
Rev B.	20.01.2021/ Elina Heinilä, Välke-asiantuntija	20.01.2021/ Piia Heikkinen, Osastopäällikkö
Rev C.	20.01.2022/ Guillaume Pauvert, Technical consultant  Erkki Heikkola, Senior simulation specialist	20.01.2022/ Pasi Tarvainen, Director
Rev D.	01.02.2022/ Guillaume Pauvert, Technical consultant  Erkki Heikkola, Senior simulation specialist	01.02.2022/ Pasi Tarvainen, Director
Rev E.	01.06.2022/ Guillaume Pauvert, Technical consultant	01.06.2022/ Erkki Heikkola, Senior consultant
Rev F.	01.07.2022/ Guillaume Pauvert, Technical consultant	01.07.2022/ Erkki Heikkola, Senior consultant



## Sisältö

1	Yleistä.....	4
1.1	Välke.....	5
1.2	Sovellettavat raja- ja ohjeavot .....	5
2	Arviointimenetelmät ja arvioinnin epävarmuudet .....	7
2.1	Arviointimenetelmät .....	7
2.2	Arvioinnin epävarmuudet .....	8
3	Vaikutusten arviointi.....	9
3.1	Tahkoluodon laajennus .....	9
3.2	Yhteisvaikutusten huomioiminen.....	12
4	YHTEENVETO.....	14
	KIRJALLISUUSVIITTEET .....	15

## Esipuhe

Tämä raportti on AFRYn laatima Tahkoluodon merituulipuiston laajennuksen välkeselvitys, jossa on selvitetty tuulipuiston aiheuttaman liikkuvan varjon vaikutukset sen lähiympäristöön. Raportissa arvioidaan ilmiötä, jossa tuulivoimalan takaa paistaa aurinko, ja voimala aiheuttaa vilkkuvan varjon. Ilmiöstä käytetään tässä raportissa nimitystä välke. Muissa lähteissä näkyy näiden termien lisäksi käytössä termiä varjostus tai varjon vilkunta.

# 1 Yleistä

Porissa sijaitsevaan Tahkoluodon merituulipuistoon suunnitellaan enintään 40 tuulivoimalan laajennusta. Alla olevassa taulukossa on esitetty tuulivoimapuiston laajennuksen voimaloiden koordinaatit. Tahkoluodon alueella on jo entuudestaan 11 tuulivoimalaa merellä ja 6 tuulivoimalaa satama-alueella.

*Taulukko 1-1. Mallinnuksessa käytetyt Tahkoluodon laajennuksen voimaloiden sijainnit (ETRS-TM35FIN -koordinaatistossa<sup>1</sup>).*

Voimala	Itä- koordinaatti (m)	Pohjois- koordinaatti (m)	Voimala	Itä- koordinaatti (m)	Pohjois- koordinaatti (m)
WTG 01	195980	6853208	WTG 24	189797	6849399
WTG 02	194364	6854911	WTG 25	188580	6850791
WTG 03	193575	6855743	WTG 26	189777	6851644
WTG 04	194894	6852634	WTG 27	191436	6852148
WTG 05	193418	6851859	WTG 28	188883	6852761
WTG 06	197884	6851203	WTG 29	192052	6853918
WTG 07	196900	6852240	WTG 30	192686	6854807
WTG 08	196740	6849209	WTG 31	182448	6851932
WTG 09	195821	6848321	WTG 32	187194	6851862
WTG 10	197157	6848017	WTG 33	192391	6849121
WTG 11	196026	6847341	WTG 34	184024	6849730
WTG 12	194835	6847588	WTG 35	186681	6854990
WTG 13	194090	6848383	WTG 36	185849	6852539
WTG 14	191385	6850421	WTG 37	181366	6853297
WTG 15	192593	6850267	WTG 41	197645	6850011
WTG 16	193613	6849624	WTG 42	195865	6850028
WTG 17	194184	6851188	WTG 43	198278	6849165
WTG 18	194854	6850282			
WTG 19	193463	6853109			
WTG 20	192386	6851338			
WTG 21	195189	6854042			
WTG 22	194827	6849081			
WTG 23	196154	6851134			

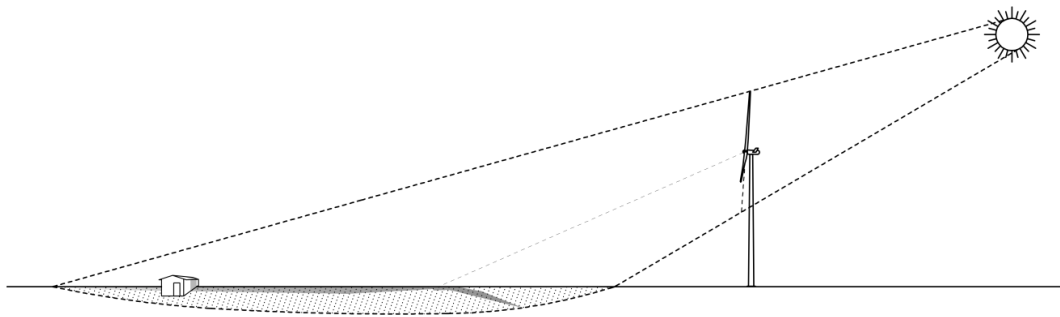
Tämän selvityksen tarkoituksena on selvittää Tahkoluodon merituulipuiston laajennuksen välkevaikutus lähimpiin asuin- ja lomarakennuksiin.

Selvityksessä on lisäksi huomioitu yhteisvaikutus Tahkoluodon merituulipuiston 11 jo olemassa olevan voimalan kanssa ja mantereella Tahkoluodon satama-alueella sijaitsevien 6 Tahkoluodon voimalan kanssa.

<sup>1</sup> Kaikki tässä raportissa esitetyt koordinaatit ovat ETRS-TM35FIN -koordinaatistossa.

## 1.1 Välke

Tuulivoimala voi aiheuttaa lähiympäristöönsä välkettä, kun auringon valo osuu käynnissä olevan tuulivoimalan pyöriviin lapoihin. Tällöin lapojen pyöriminen aiheuttaa liikkuvan varjon, joka voi ulottua jopa 4 kilometrin päähän. Välkkeen kantama ja kesto riippuvat siitä, missä kulmassa auringon valo osuu lapoihin, lapojen pituudesta ja paksuudesta, tornin korkeudesta, maaston muodoista, ajankohdasta sekä näkyvyyttä vähentävistä tekijöistä kuten kasvillisuudesta ja pilvisyydestä. Tuulivoimapuistojen lähiympäristöön leviävä välke tapahtuu usein juuri auringonnousun jälkeen tai auringonlaskua ennen, jolloin voimaloiden varjot ylettyvät pisimmälle. Muulloin varjot jäävät lyhyiksi voimaloiden läheisyyteen. Tuulivoimalan aiheuttama välke saattaa aiheuttaa häiriötä esimerkiksi voimaloiden läheisyydessä asuville ihmisille. Ilmiötä on havainnollistettu seuraavassa kuvassa (Kuva 1-1).



*Kuva 1-1. Havainnollistus välkkeestä. Tuulivoimala voi aiheuttaa lähiympäristöönsä välkettä, kun auringon valo paistaa tuulivoimalan takaa ja osuu käynnissä olevan tuulivoimalan pyöriviin lapoihin.*

## 1.2 Sovellettavat raja- ja ohjearvot

Suomessa ei ole raja-arvoja koskien tuulivoimaloista aiheutuvaa välkevaikutusta tai olemassa olevia suosituksia sen mallintamisesta. Ympäristöhallinnon ohjeen (Ympäristöministeriö 2016) mukaan Suomessa välkevaikutusten arvioinnissa on suositeltavaa käyttää apuna muiden maiden suosituksia. Samassa oppaassa mainitaan asutuskohteiden lisäksi muut häiriintyvät kohteet, mutta näidenkään välkemääriä ei käsitellä tarkemmin, vaan viitataan muiden maiden ohjeistuksiin. Välkevaikutusten arvioinnin taustaksi esitellään seuraavassa Saksassa, Ruotsissa ja Tanskassa käytössä olevia raja-arvoja, ohjeita ja suosituksia.

### Ohjeistus Saksassa

Saksassa on annettu yksityiskohtaiset ohjeet välkevaikutuksen raja-arvoista ja mallinnuksesta (WEA-Schattenwurf-Hinweise 2002). Saksan ohjeistuksessa annetaan kolme erilaista raja-arvoa suurimmalle sallitulle tuulipuistosta syntyvälle välkevaikutukselle:

- 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 välkevaikutus tulee rajoittaa korkeintaan kahdeksaan tuntiin vuodessa.



### **Ohjeistus Ruotsissa**

Ruotsissa ei ole virallisia raja-arvoja välkevaikutukselle, vaan ainoastaan suositukset (Vindlov 2015), jotka perustuvat Saksassa olevaan ohjeistukseen. Ruotsin suositusten mukaan niin sanotussa teoreettisessa maksimitilanteessa välkevaikutusta saa syntyä korkeintaan 30 tuntia vuodessa. Niin sanottu realistinen välkevaikutus saa suositusten mukaan olla asutuskohteissa korkeintaan 8 tuntia vuodessa ja 30 minuuttia päivässä. Ruotsissa viimeaikaisten oikeuden päätösten mukaan 8 tunnin vuosittainen realistisen välkevaikutuksen ohje-arvo on muodostunut sitovaksi.

### **Ohjeistus Tanskassa**

Tanskassa on suositus (Danish Government), että niin sanotussa realistisessa tilanteessa välkevaikutusta saa syntyä korkeintaan 10 tuntia vuodessa.

## 2 Arviointimenetelmät ja arvioinnin epävarmuudet

### 2.1 Arviointimenetelmät

Tuulivoimapuiston aiheuttaman välkkeen vaikutuksia arvioitiin laskennallisilla menetelmin käyttäen tähän tarkoitukseen kehitettyä windPRO 3.5 -ohjelmiston SHADOW-mallinnusmoduulia. Tuulivoimapuiston laajennusta ja sovellettua tuulivoimalamallia koskevat parametrit olivat:

- 40 voimalan sijoitussuunnitelma (Taulukko 1-1)
- Tuulivoimaloiden napakorkeus on 172 metriä ja roottorin halkaisija 276 metriä (voimaloiden kokonaiskorkeus tällöin 310 metriä)
- Yhteisvaikutusten mallinnuksessa on huomioitu 11 jo olemassa olevaa Tahkoluodon meritulipuiston voimalaa (1 voimala 80 m napakorkeudella ja 101 m roottorin halkaisijalla, 10 voimalaa 90.7 m napakorkeudella ja 130 m roottorin halkaisijalla) ja 6 mantereeseen puolella sijaitsevaa Tahkoluodon voimalaa (1 voimala 80 m napakorkeudella ja 76 m roottorin halkaisijalla, 3 voimalaa 60 m napakorkeudella ja 54.2 m roottorin halkaisijalla, 1 voimala 90 m napakorkeudella ja 90 m roottorin halkaisijalla ja 1 voimala 100 m napakorkeudella ja 100 m roottorin halkaisijalla)

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

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

<b>Laskennan aikaresoluutio</b>	<b>1 minuutti</b>
<b>Laskentasäde tuulivoimalan ympärillä</b>	Etäisyys, jolla vähintään 20 prosenttia auringosta on tuulivoimalan lavan peittämä huomioidulla minimikulmalla. Laskentasäde tarkasteltavilla voimaloilla on <b>4085 m</b> (310 m kokonaiskorkeus).
<b>Auringon korkeus merenpinnasta – huomioitu minimikulma</b>	<b>3 astetta</b> (Mikäli auringonpaistekulma on alle 3 astetta, auringon valon oletetaan siroavan ilmakehässä niin paljon, ettei se aiheuta havaittavia varjoja.)
<b>Maaston korkeusvaihteluiden vaikutus näkemiseen</b>	<b>Huomioitu</b> Välkettä ei voi mallinnuksessa aiheutua havaintopisteeseen, mikäli maaston korkeusvaihtelut estäisivät näköyhteyden tuulivoimalaan.
<b>Puuston vaikutus näkemiseen</b>	<b>Ei huomioitu</b> Välkettä voi mallinnuksessa aiheutua havaintopisteeseen, vaikka puusto todellisuudessa estäisi näköyhteyden tuulivoimalaan.
<b>Havaintokorkeus</b>	<b>1,5 metriä</b>

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



Laskentamenetelmä ei automaattisesti huomioi välkkeeseen vaikuttavia ylimääräisiä tekijöitä, kuten pilvisyyttä. Jotta saataisiin parempi kuva odotettavissa olevasta välkkeen määrästä, on laskettu myös odotusarvoinen (realistinen) arvio. Odotusarvoinen arvio ottaa huomioon paikallisen tuulijakauman sekä auringonpaistehavainnot (verrannollinen alueen leveyspiiriin ja pilvisyyshavaintoihin). Tuulenopeusjakaumasta saadaan laskettua osuus ajasta, jolloin voimala ei pyöri, koska tuulenopeus on joko liian alhainen tai liian korkea suhteessa voimalatyyppin käyntiväliin. Paikallinen tuulensuuntajakauma sen sijaan vaikuttaa roottorin suuntaukseen ja edelleen mallinnuksen laskentasäteeseen valittujen laskentaparametrien mukaisesti (Taulukko 2-1). Tuulensuuntajakauma ja tuotantoaika on saatu EMD-WRF Europe+ (ERA5) -referenssidatasta vuosilta 2000–2020. Mallinnuksessa käytetyt auringonpaistetilastot on saatu Jokioisten sääaseman auringonpaistehavainnoista (kuukausitason keskiarvot) vuosilta 1981–2010.

Tulosten havainnollistamista varten määritettiin niin kutsuttuja reseptoripisteitä (lähellä tuulivoimaloita sijaitsevia loma- tai asuinrakennuksia), joille laskettiin yksityiskohtaisemmat tulokset. Reseptoripisteiden oletettiin olevan "kasvihuonetyyppisiä", jolloin joka suunnasta tuleva välke otetaan huomioon. Reseptoripisteiden leveys on 2 m, korkeus 2 m ja korkeus maanpinnasta 1 m. Reseptoripisteitä valittiin hankealueen ympäriltä 10 kappaletta (nimetty R1-R10).

Välkemallinnuksen tuloksena saadaan välkkeen esiintymisen määrä ja ajankohta tarkastellulle tuulivoimapuiston sijoitus suunnitelmalle. Mallinnuksen tulokset saadaan karttakuvina sekä reseptoripistekohtaisina numeerisina arvoina.

## 2.2 Arvioinnin epävarmuudet

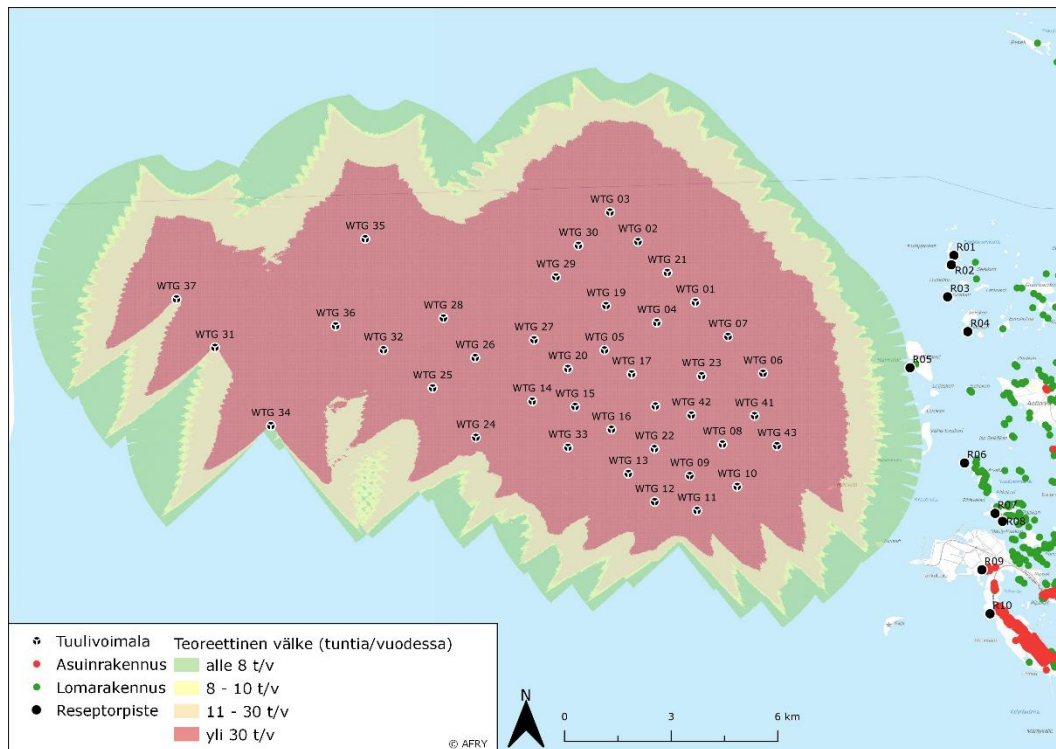
Välkkeen teoreettista maksimimäärää mallinnettaessa lapojen oletetaan pyörivän jatkuvasti ja roottorin olevan kohtisuorassa aurinkoon nähden aiheuttaen maksimaalisen varjon. Todellisuudessa tuuliturbiineilla on tuulenopeudesta riippuvainen käyntiväli, jolloin liian alhaisilla tai korkeilla tuulenopeuksilla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

Referenssidatan mallinnustarkkuus aiheuttaa epävarmuutta odotusarvoiseen arvioon tuulenopeus- ja -suuntajakauman käytön vuoksi. Auringonpaistehavaintojen käyttö lisää myös hieman epävarmuutta, sillä hankealueen etäisyys Jokioisten sääasemalle (Tahkoluotoa lähin auringonpaistetunteja mittaava sääasema) on noin 137 kilometriä. Mallinuksissa ei ole huomioitu kasvillisuuden vähentävää vaikutusta välkkeen havaitsemiseen, jolloin etenkin kesäaikainen välkkeen määrä yliarvioidaan.

## 3 Vaikutusten arviointi

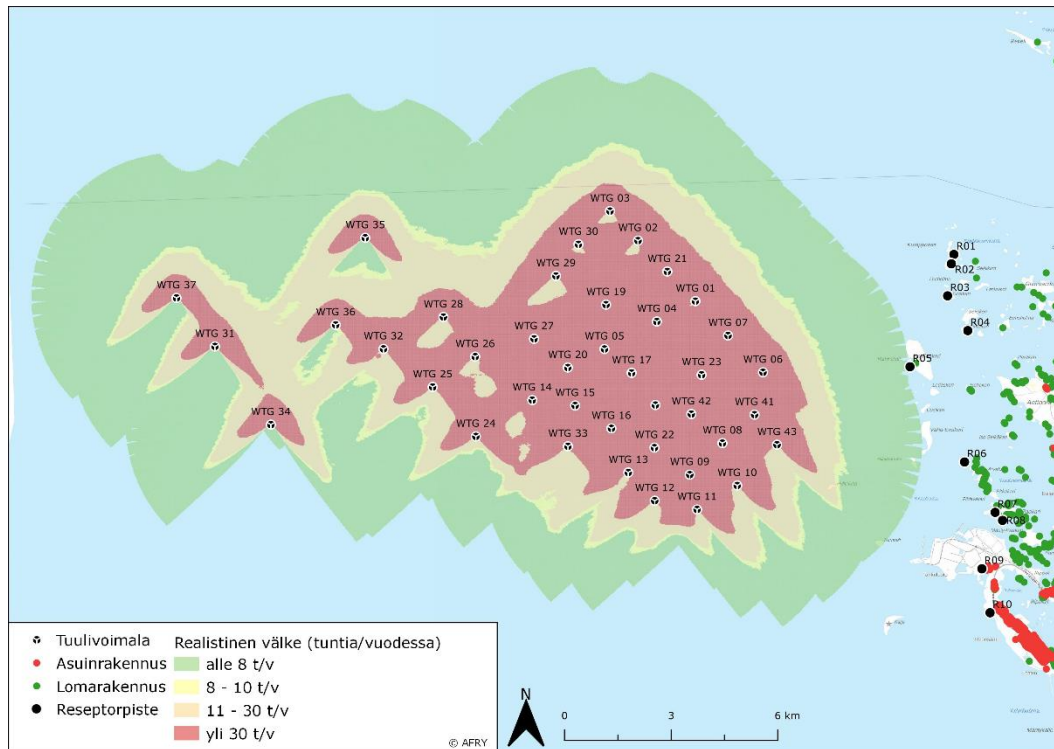
### 3.1 Tahkoluodon laajennus

Mallinnuksen tuloksena saadut kartat välkkeen teoreettiselle maksimimäärälle ja odotusarvoiselle määrälle Tahkoluodon merituuiluipuiston laajennuksen sijoitussuunnitelmalla on esitetty seuraavissa kuvissa (*Kuva 3-1 – Kuva 3-2*). Mallinnus on tehty tuulivoimaloilla, joiden napakorkeus on 172 m ja roottorin halkaisija 276 m. Kuvista nähdään, että välkkeen määrä on suurta tuulivoimaloiden välittömässä läheisyydessä olevilla merialueilla, mutta se vähenee voimakkaasti etäisyyden kasvaessa.



*Kuva 3-1. Välkkeen teoreettinen määrä tunteina vuodessa (auringonpaistehavaintoja ei ole huomioitu) Tahkoluodon laajennuksen 40 voimalan sijoitussuunnitelmalla. Mallinnus on tehty tuulivoimaloilla, joiden napakorkeus on 172 m ja roottorin halkaisija 276 m.*

Kuvasta 3-1 nähdään, että mallinnusparametrien puitteissa välkettä ei kohdistu ympäristössä oleviin rakennuksiin, eikä välkkeen määrä ylitä muiden maiden sovellettuja vuosittaisia ja päivittäisiä teoreettisia raja-arvoja yhdessäkään reseptoripisteessä. Reseptoripistekohtaiset tulokset on esitetty myöhemmin (Taulukko 3-1).



Kuva 3-2. Välikkeen odotusarvoinen (realistinen) määrä tunteina vuodessa (aurionpaistehavainnot otettu huomioon) Tahkoluodon laajennuksen 40 voimalan sijoitussuunnitelmalla. Mallinnus on tehty tuulivoimaloilla, joiden napakorkeus on 172 m ja roottorin halkaisija 276 m.

Kuten kuvasta 3-2 nähdään, myös odotusarvoisen tilanteen mallinnuksessa käytettyjen parametrien puitteissa välikettä ei kohdistu ympäristössä oleviin rakennuksiin. Välikkeen määrä ei ylitä muiden maiden sovellettuja vuosittaisia raja-arvoja yhdessäkään reseptoripisteessä. Reseptoripistekohtaiset tulokset on esitetty taulukossa 3-1.

Taulukko 3-1. Mallinnusten mukaiset välkemäärät reseptoripisteittäin Tahkoluodon laajennuksen 40 voimalan sijoitussuunnitelmalla. Mallinnus on tehty tuulivoimaloilla, joiden napakorkeus on 172 m ja roottorin halkaisija 276 m. Reseptoripisteiden koordinaatit on esitetty ETRS-TM35FIN -koordinaatistossa.

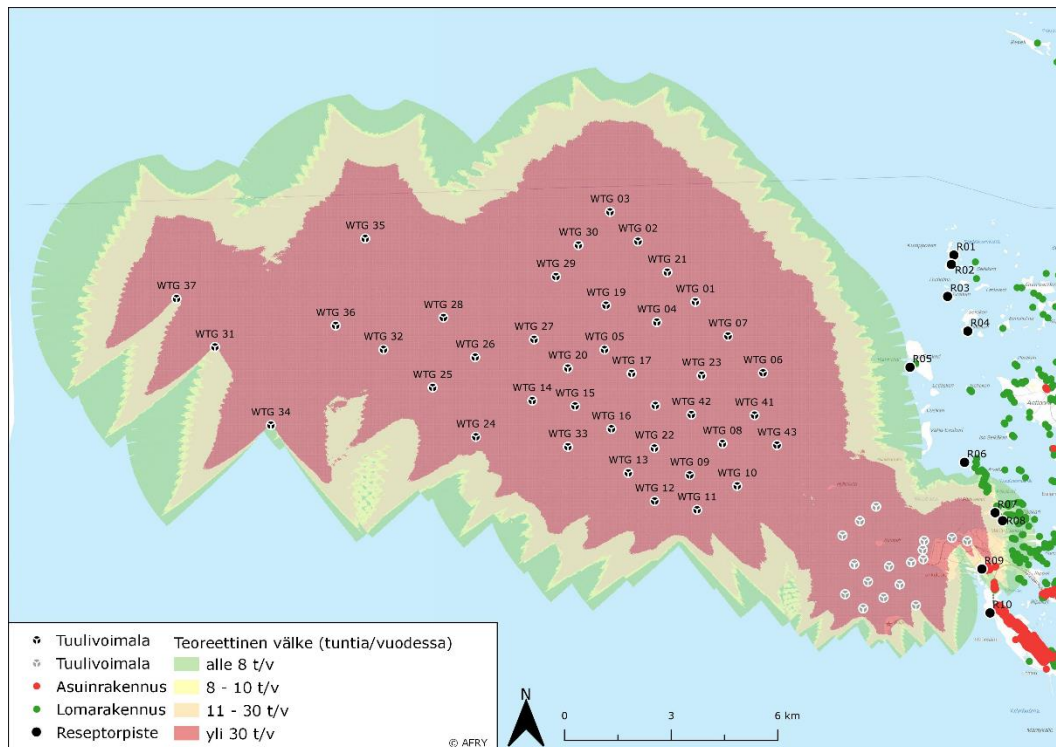
	40 voimalan sijoitussuunnitelma				
	Itä- koordinaatti	Pohjois- koordinaatti	Teoreettinen maksimi		Odotusarvoinen välke aika
			(t/v)	(t/p)	
R1	203260	6854522	0:00	0:00	0:00
R2	203190	6854258	0:00	0:00	0:00
R3	203082	6853357	0:00	0:00	0:00
R4	203652	6852378	0:00	0:00	0:00
R5	202024	6851361	0:00	0:00	0:00
R6	203561	6848679	0:00	0:00	0:00
R7	204421	6847260	0:00	0:00	0:00
R8	204630	6847035	0:00	0:00	0:00
R9	204049	6845671	0:00	0:00	0:00
R10	204278	6844434	0:00	0:00	0:00

Taulukossa 3-1 on esitetty sekä välkkeen teoreettinen kokonaiskesto aika tunteina vuodessa ja vuorokaudessa että odotusarvoinen kokonaiskesto aika tunteina vuodessa. Odotusarvoisessa kokonaiskestossa on huomioitu auringonpaistetilat ja tuulensuuntajakauma.

Tarkastellulla sijoitusvaihtoehdolla ja voimalamitoilla (napakorkeus 172 m, roottorin halkaisija 276 m) reseptoripisteisiin ei kohdistu välkettä, joten kappaleessa 1.2 esiteltyt muiden maiden raja-arvot ja suositukset teoreettisen tai odotusarvoisen ajan suhteen eivät ylitä yhdessäkään reseptoripisteessä (Taulukko 3-1).

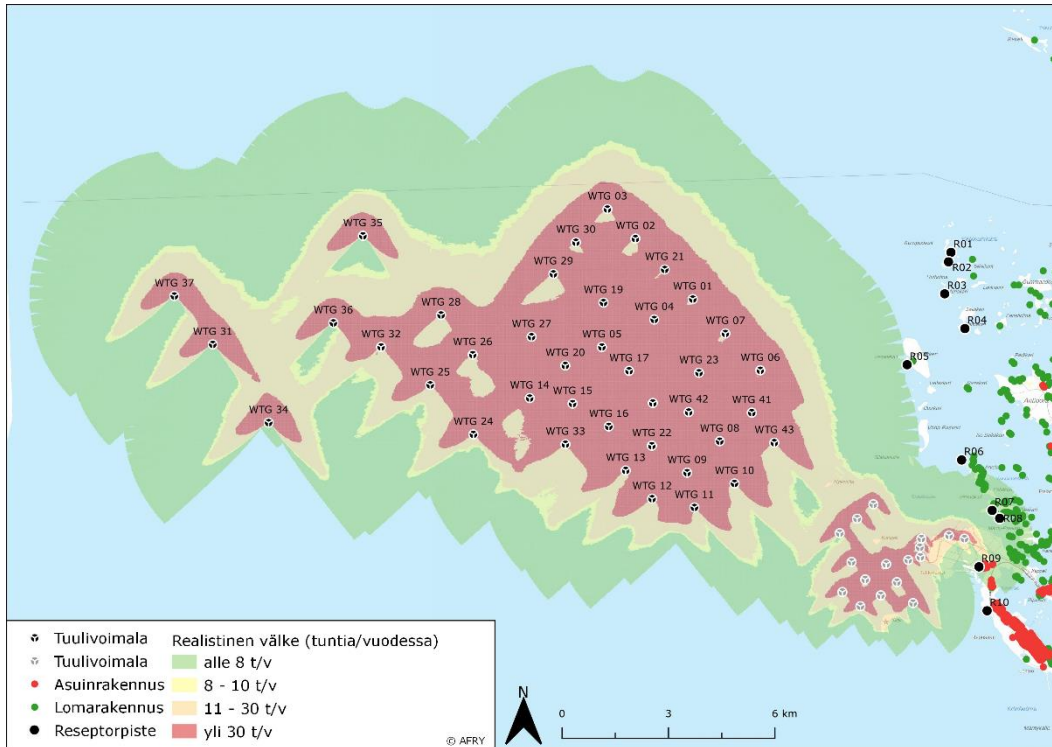
### 3.2 Yhteisvaikutusten huomioiminen

Mallinnuksen tuloksena saadut kartat välkkeen teoreettiselle maksimimäärälle ja odotusarvoiselle määrälle Tahkoluodon merituulipuiston laajennuksen sijoitussuunnitelmalla on esitetty seuraavissa kuvissa (Kuva 3-3 – Kuva 3-4). Mallinnus on tehty tuulivoimaloilla, joiden napakorkeus on 172 m ja roottorin halkaisija 276 m. Mallinnuksessa on huomioitu välkkeen yhteisvaikutus jo olemassa olevien 11 Tahkoluodon merituulipuiston voimalan ja mantereen puolella satama-alueella sijaitsevien 6 Tahkoluodon voimalan kanssa. Yhteisvaikutuksissa huomioitujen voimaloiden mitat on esitetty kappaleessa 2.1. Kuvista nähdään, että välkkeen määrä on suurta tuulivoimaloiden välittömässä läheisyydessä olevilla merialueilla, mutta se vähenee voimakkaasti etäisyyden kasvaessa.



Kuva 3-3. Välkkeen teoreettinen määrä tunteina vuodessa (auringonpaistehavaintoja ei ole huomioitu) Tahkoluodon laajennuksen 40 voimalan sijoitussuunnitelmalla.. Mallinnus on tehty tuulivoimaloilla, joiden napakorkeus on 172 m ja roottorin halkaisija 276 m. Mallinnuksessa on lisäksi huomioitu Tahkoluodon merituulipuiston 11 olemassa olevaa voimalaa ja 6 satama-alueella sijaitsevaa Tahkoluodon olemassa olevaa voimalaa.

Kuvasta 3-3 nähdään, että mallinnusparametrien puitteissa välike ulottuu ympäristössä oleviin asuin- ja lomarakennuksiin. Välkkeen määrä ei ylitä muiden maiden sovellettuja vuosittaisia ja päivittäisiä teoreettisia raja-arvoja yhdessäkään reseptoripisteessä. Reseptoripisteisiin kohdistuva välike aiheutuu pelkästään jo olemassa olevista Tahkoluodon tuulivoimaloista eikä Tahkoluodon laajennus kasvata välikevaikutuksia kyseisissä reseptoripisteissä. Eniten väkettä kohdistuu reseptoripisteeseen R9 (15 tuntia ja 1 minuutti vuodessa). Reseptoripistekohtaiset tulokset on esitetty taulukossa 3-2.



Kuva 3-4. Välkkeen odotusarvoinen (realistinen) määrä tunteina vuodessa (aurionpaistehavainnot otettu huomioon) Tahkoluodon laajennuksen 40 voimalan sijoitussuunnitelmalla. Mallinnus on tehty tuulivoimaloilla, joiden napakorkeus on 172 m ja roottorin halkaisija 276 m. Mallinnuksessa on lisäksi huomioitu Tahkoluodon meritulipuiston 11 olemassa olevaa voimalaa ja 6 satama-alueella sijaitsevaa Tahkoluodon olemassa olevaa voimalaa.

Kuten kuvasta 3-4 nähdään, myös odotusarvoisen tilanteen mallinnuksessa käytettyjen parametrien puitteissa välike ulottuu ympäristössä oleviin asuin- ja lomarakennuksiin. Välkkeen määrä ei ylitä muiden maiden sovellettuja vuosittaisia raja-arvoja yhdessäkään reseptoripisteessä. Reseptoripisteisiin kohdistuva välike aiheutuu pelkästään jo olemassa olevista Tahkoluodon tuulivoimaloista eikä Tahkoluodon laajennus kasvata välikevaikutuksia kyseisissä reseptoripisteissä. Eniten väkettä kohdistuu reseptoripisteeseen R9 (4 tuntia ja 1 minuutti vuodessa). Reseptoripistekohtaiset tulokset on esitetty taulukossa 3-2.

Taulukko 3-2. Mallinnusten mukaiset välkemäärät reseptoripisteittäin Tahkoluodon laajennuksen 40 voimalan sijoitussuunnitelmalla. Mallinnus on tehty tuulivoimaloilla, joiden napakorkeus on 172 m ja roottorin halkaisija 276 m. Mallinnuksessa on lisäksi huomioitu Tahkoluodon merituulipuiston 11 jo olemassa olevaa voimalaa ja 6 satama-alueella sijaitsevaa Tahkoluodon olemassa olevaa voimalaa. Reseptoripisteiden koordinaatit on esitetty ETRS-TM35FIN -koordinaatistossa.

	Itä- koordinaatti (m)	Pohjois- koordinaatti (m)	40 voimalan sijoitussuunnitelma		
			Teoreettinen maksimi		Odotusarvoinen välke aika
			(t/v)	(t/p)	(t/v)
R1	203260	6854522	0:00	0:00	0:00
R2	203190	6854258	0:00	0:00	0:00
R3	203082	6853357	0:00	0:00	0:00
R4	203652	6852378	0:00	0:00	0:00
R5	202024	6851361	0:00	0:00	0:00
R6	203561	6848679	0:00	0:00	0:00
R7	204421	6847260	12:46	0:22	1:38
R8	204630	6847035	9:17	0:21	1:28
R9	204049	6845671	15:01	0:19	3:58
R10	204278	6844434	0:00	0:00	0:00

Taulukossa 3-2 on esitetty sekä välkkeen teoreettinen kokonaiskesto aika tunteina vuodessa ja vuorokaudessa että odotusarvoinen kokonaiskesto aika tunteina vuodessa. Odotusarvoisessa kokonaiskestossa on huomioitu auringonpaistetilat ja tuulensuuntajakauma.

Tarkastellulla sijoitusvaihtoehdolla ja voimalamitoilla (napakorkeus 172 m, roottorin halkaisija 276 m) reseptoripisteisiin kohdistuva välke aika ei ylitä aiemmin kappaleessa 1.2 esiteltyjä muiden maiden raja-arvoja ja suosituksia teoreettisen tai odotusarvoisen keston suhteen yhdessäkään reseptoripisteessä (Taulukko 3-1), kun yhteisvaikutus jo olemassa olevien 11 Tahkoluodon merituulipuiston voimalan ja mantereen puolella satama-alueella sijaitsevien 6 Tahkoluodon voimalan kanssa on huomioitu.

## 4 YHTEENVETO

Suomen Hyötytuuli Oy suunnittelee Porissa sijaitsevaan Tahkoluodon merituulipuistoon enintään 40 tuulivoimalan laajennusta. Tässä selvityksessä on arvioitu Tahkoluodon merituulipuiston laajennuksen aiheuttaman välkkeen vaikutuksia lähialueille. Arvioinnissa on sovellettu 172 metrin napakorkeutta ja 276 metrin roottorin halkaisijaa (voimalan kokonaiskorkeus 310 metriä). Lisäksi selvityksessä on huomioitu yhteisvaikutus jo olemassa olevien Tahkoluodon merituulipuiston 11 voimalan ja mantereen puolella satama-alueella sijaitsevien Tahkoluodon tuulipuiston 6 voimalan kanssa.

Välkemallinnuksen mukaan hankealueen läheisyyteen kohdistuva välke on vähäistä tarkastelluilla sijoitussuunnitelmilla, roottorin halkaisijoilla ja napakorkeuksilla. Tarkastellulla sijoitusvaihtoehdolla ja voimalamitoilla reseptoripisteisiin kohdistuva välke aika ei ylitä Suomessa sovellettavia muiden maiden raja-arvoja ja suosituksia teoreettisen tai odotusarvoisen keston suhteen yhdessäkään reseptoripisteessä. Reseptoripisteisiin

kohdistuva välke ei ylitä muiden maiden raja-arvoja ja suosituksia myöskään, kun yhteisvaikutus jo olemassa olevien 11 Tahtoluodon merituulipuiston voimalan ja mantereen puolella satama-alueella sijaitsevien 6 Tahkoluodon tuulivoimalan kanssa on huomioitu.

Hankkeesta syntyvän välkkeen vaikutukset lähialueen asutuskohteisiin arvioidaan vähäisiksi mallinnusepävarmuuksien puitteissa.

Mallinnuksissa ei ole huomioitu kasvillisuuden välkettä vähentävää vaikutusta, joten esitetty malli yliarvioi välkkeen määrää erityisesti kesäaikaan. Välkettä voidaan tarvittaessa ehkäistä pysäyttämällä sitä aiheuttavat tuulivoimalat kriittiseen aikaan.

## KIRJALLISUUSVIITTEET

Danish Government 2015. Miljøministeriet Naturstyrelsen. Vejledning om planlægning for og tilladelse til opstilling af vindmøller.

Vindlov 2015. Skuggor, reflexer och ljud. [<http://www.vindlov.se/sv/steg-for-steg/stora-anlaggningar/inledande-skede/halsa-och-sakerhet/skuggor-reflexer-och-ljud/>] (haettu 30.11.2018)

Ympäristöministeriö 2016. Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016. Ympäristöhallinnon ohjeita 5/2016.

WEA-Shcattenwurf-Hinweise 2002. Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windnergianlagen.