



# **Tuulialfa Oy**

Mustasuo-Tynnyrikorpi

Tuulivoimapuiston välkeselvitys

15.1.2026

Copyright © AFRY Finland Oy

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

AFRY Finland Oy:n projektinumero on 101021307-005.

Kannen kuva: © AFRY

Selvityksessä on käytetty Maanmittauslaitoksen ja Ilmatieteen laitoksen avoimien aineistojen käyttöluvien alaista materiaalia, jotka on lisensoitu Creative Commons Nimeä 4.0 Kansainvälinen -lisenssillä: <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.fi>.

## YHTEYSTIEDOT

Hankkeesta vastaava:

**Tuulialfa Oy**

Aki Hassinen

Tekijä:

**AFRY Finland Oy**

Mika Laitinen

mika.laitinen@afry.com

Renewables & Energy Storage Development, Finland

[www.afry.com](http://www.afry.com)

Raportin tiedot:

Projektinumero: 101021307-005

Raporttiversio: 001

Raportin tila: VALMIS

Raporttihistoria:

Versio	Pvm/Laatija	Pvm/Tarkastaja	Merkinnät/Muutokset
001	15.1.2026/ Mika Laitinen Senior Consultant	15.1.2026/ Erkki Heikkola Senior Consultant	Alkuperäinen

## SISÄLLYS

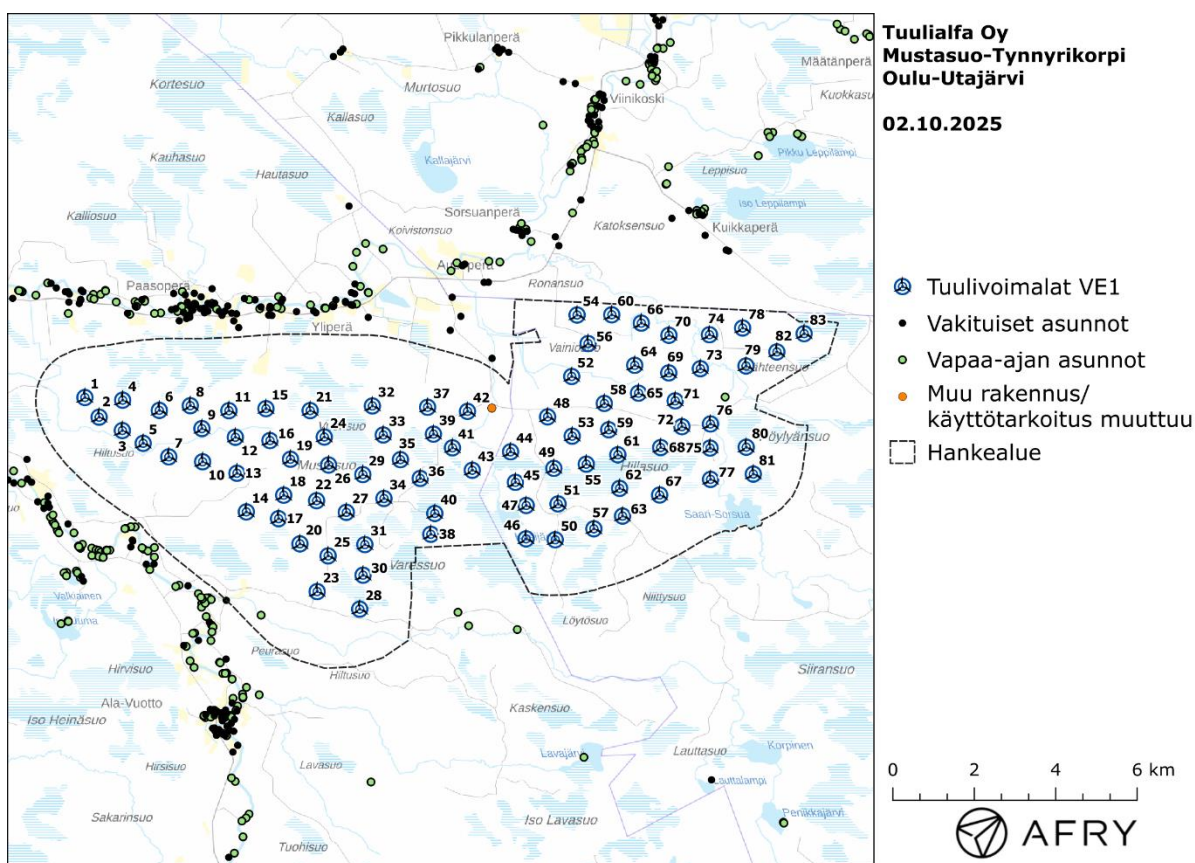
1	JOHDANTO .....	5
2	TUULIVOIMALOIDEN VÄLKE .....	11
2.1	Välkevaikutus.....	11
2.2	Välkkeen rajoittaminen.....	11
2.3	Arvioinnin epävarmuudet .....	11
2.4	Ohjeavot .....	12
3	TUULIVOIMAKOHTTEEN VÄLKEMALLINNUS .....	13
3.1	Mallinnusmenetelmä ja lähtöaineisto .....	13
3.2	Välkevaikutus.....	16
3.3	Välkkeen yhteisvaikutukset.....	20
4	YHTEENVETO.....	21
5	VÄLKEVAIKUTUKSEN LASKENTAMENETELMÄ .....	22
6	VIITTEET .....	24

# 1 JOHDANTO

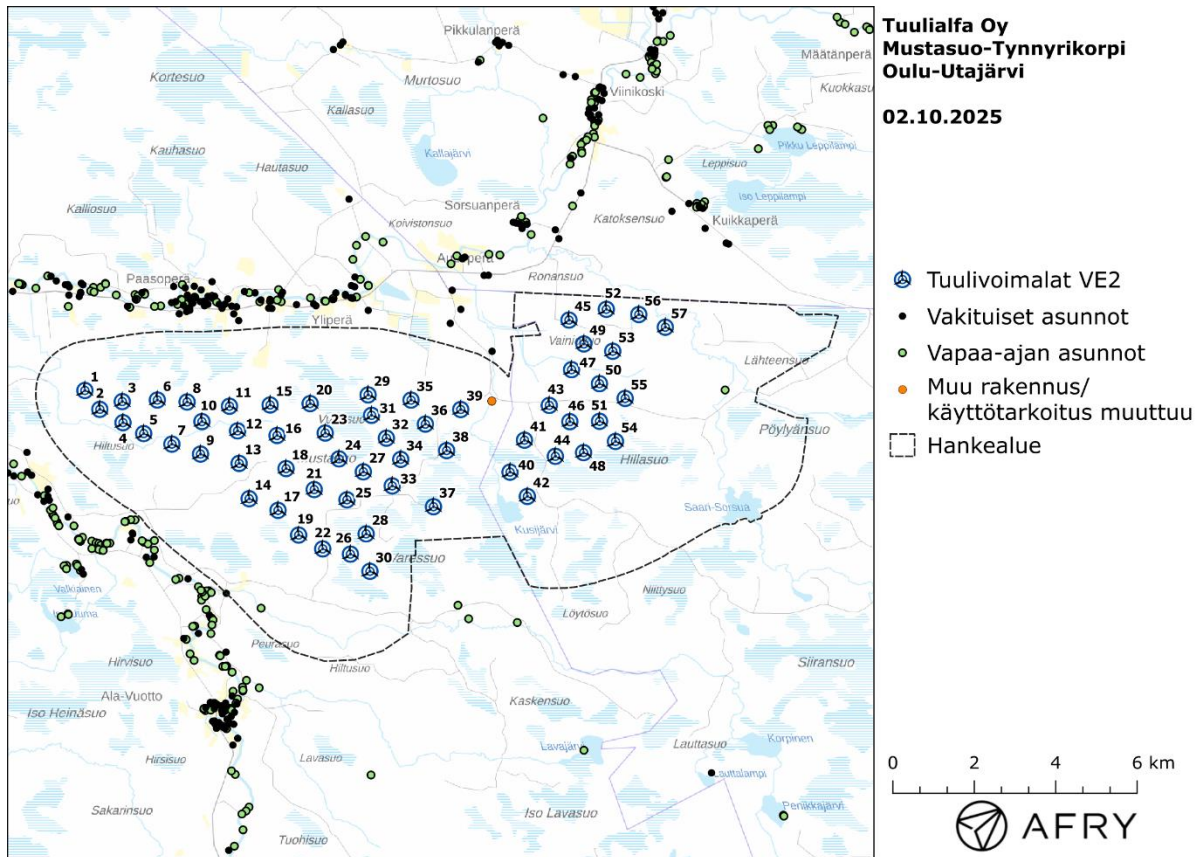
Selvityksessä arvioidaan Oulun kaupungin ja Utajärven kunnan alueelle suunnitellun Mustasuo-Tynnyrikorven tuulivoimapaiston aiheuttamaa välkevaikutusta laskennallisten mallien avulla. Arviointi on tehty 83 tuulivoimalan suunnitelmille VE1 ja VE3 sekä 57 tuulivoimalan suunnitelmalle VE2. Tuulivoimaloiden ja välkevaikutusten osalta suunnitelmat VE1 ja VE3 ovat samat, mutta suunnitelma VE1 sisältää lisäksi myös aurinkovoimapaiston. Tuulivoimaloiden sijainnit on esitetty karttapohjalla kuvissa (Kuva 1-1 ja Kuva 1-2) ja koordinaatit annettu taulukoissa (Taulukko 1-1 ja Taulukko 1-2).

Mallinnuksissa voimaloille on käytetty napakorkeutta 200 m ja roottorin halkaisijaa 200 m. Voimaloiden lapaprofiili on määritetty voimalatyyppin V162 valmistajan ilmoittaman lapaprofiilin avulla, jonka pituus on kasvatettu 100 metriin. Profiilia on samalla levennetty siten, että lavan levein kohta on 4,6 m (V162:n lapaprofiilin levein kohta on 4,3 m).

Selvityksessä arvioidaan myös Mustasuo-Tynnyrikorven sekä läheisten tuulivoimapaistojen välkkeen yhteisvaikutuksia. Yhteisvaikutuksia käsitellään kappaleessa 3.3.



**Kuva 1-1: Tuulivoimaloiden sijainnit Mustasuo-Tynnyrikorven suunnitelmissa VE1 ja VE3.**



**Kuva 1-2: Tuulivoimaloiden sijainnit Mustasuo-Tynnyrikorven suunnitelmalla VE2.**

**Taulukko 1-1: Suunnitelmien VE1 ja VE3 tuulivoimaloiden (83 kpl) sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa ja maaston korkeus tuulivoimalan paikalla.**

Tuulivoimalat	E	N	Maaston korkeus [m]
1	471991	7216915	89
2	472341	7216432	86
3	472910	7216104	84
4	472918	7216849	95
5	473422	7215790	93
6	473818	7216599	89
7	474051	7215458	90
8	474579	7216714	90
9	474864	7216152	89
10	474881	7215338	91
11	475527	7216592	92
12	475686	7215939	91
13	475724	7215056	101
14	475954	7214108	96
15	476436	7216641	95
16	476534	7215858	95
17	476746	7213942	98
18	476872	7214518	100
19	477039	7215400	98
20	477271	7213324	101
21	477521	7216594	99
22	477679	7214384	103
23	477694	7212153	92
24	477868	7215945	100
25	477962	7213028	106
26	477974	7215258	102
27	478409	7214098	111
28	478738	7211722	99
29	478815	7215024	102
30	478820	7212555	104
31	478864	7213306	110
32	479049	7216708	108
33	479316	7215996	105
34	479333	7214437	112
35	479738	7215390	112
36	480224	7214930	111
37	480405	7216675	108
38	480484	7213559	111
39	480548	7216016	111
40	480581	7214070	113
41	481015	7215680	111
42	481384	7216574	108
43	481502	7215129	111
44	482442	7215583	110
45	482560	7214834	110

46	482823	7213446	110
47	482825	7214265	110
48	483351	7216440	108
49	483504	7215176	113
50	483538	7213424	116
51	483606	7214304	115
52	483943	7217431	102
53	483955	7215966	112
54	484075	7218938	103
55	484300	7215280	116
56	484345	7218238	100
57	484486	7213693	118
58	484743	7216769	111
59	484852	7216123	115
60	484926	7218944	105
61	485076	7215508	119
62	485119	7214685	117
63	485191	7214006	119
64	485489	7217705	102
65	485583	7217020	106
66	485651	7218740	99
67	486102	7214522	121
68	486127	7215687	120
69	486325	7217518	106
70	486329	7218441	99
71	486483	7216833	111
72	486648	7216200	118
73	487101	7217622	107
74	487324	7218455	106
75	487340	7215674	117
76	487349	7216266	113
77	487351	7214906	119
78	488139	7218620	109
79	488222	7217688	112
80	488227	7215695	117
81	488401	7215036	120
82	488980	7218033	117
83	489648	7218481	116

**Taulukko 1-2: Suunnitelman VE2 tuulivoimaloiden (57 kpl) sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa ja maaston korkeus tuulivoimalan paikalla.**

Tuulivoimalat	E	N	Maaston korkeus [m]
1	482854	7214316	111
3	482428	7214912	110
4	483541	7215300	113
5	483897	7216150	111
6	484234	7215391	116
7	484626	7216159	115
8	485017	7215665	117
9	484624	7217082	105
10	483939	7217426	102
12	484241	7218057	99
13	484792	7218907	104
14	485590	7218779	99
15	486241	7218467	99
16	484950	7217878	100
21	485255	7216720	110
22	482783	7215696	110
23	483392	7216549	107
24	483876	7218643	103
25	471991	7216915	89
26	472358	7216452	86
27	472927	7216126	84
28	473770	7216681	89
29	473435	7215858	90
30	474500	7216633	89
31	474127	7215599	89
32	474830	7215355	90
33	475541	7216529	92
34	476539	7216560	95
35	476709	7215811	96
36	476733	7213974	98
37	477621	7214484	101
38	477521	7216594	99
39	477239	7213368	100
40	478425	7214233	107
41	477830	7213029	108
42	478510	7212900	106
43	479745	7215225	110
44	480549	7214064	113
45	475778	7215126	102
46	476024	7214260	99
47	476930	7214999	99
48	477891	7215871	100
49	478230	7215237	102
50	478896	7213397	112
51	479998	7216679	108

52	479536	7214574	110
53	479029	7216306	102
54	472909	7216643	89
55	474864	7216152	89
56	475740	7215924	92
57	478944	7216807	108
58	479393	7215745	105
59	480872	7215441	111
60	480350	7216090	109
61	478827	7214920	102
62	478989	7212479	101
63	481218	7216448	107

## 2 TUULIVOIMALOIDEN VÄLKE

### 2.1 Välkevaikutus

Välkevaikutuksella tarkoitetaan tilannetta, jossa Auringon paisteen ja tarkastelupisteen väliin jäävän voimalan lavat aiheuttavat välkkyvän varjon. Välke voi ulottua pisimmillään 1–3 km etäisyydelle voimalasta. Välkevaikutuksen etäisyyteen ja kestoon vaikuttavat tuulivoimalan korkeus ja roottorin halkaisija, vuoden- ja vuorokaudenaika, maaston muodot sekä näkyvyyttä rajoittavat tekijät kuten kasvillisuus ja pilvisuus.

Suomen sijainnin vuoksi yksittäisen tuulivoimalan välkevaikutus kohdistuu valtaosin voimalan pohjoispuolelle (päiväaika) sekä lounais- ja kaakkoispuolelle (aamu- ja iltajat). Suomessa voimala aiheuttaa välkevaikutusta eteläpuolelleen vain pohjoisen napapiirin pohjoispuolella.

Välkevaikutuksen laskenta voi perustua joko teoreettisen maksimivälkkeen tai todennäköisen tilanteen mallinnukseen:

- Teoreettisen maksimivälkkeen laskennassa oletetaan, että päiväaikaan Aurinko paistaa jatkuvasti, tuulivoimalan roottori pyörii jatkuvasti, ja roottori on aina kohdittuorassa Aurinkoa kohden.
- Todennäköisen tilanteen mallinnuksessa otetaan huomioon paikallinen tilastollinen aineisto auringonpaisteen määrästä ja ajoittumisesta sekä tuulen suuntien ja nopeuksien jakautumisesta.

Tämän selvityksen väkelaskenta on tehty mallintamalla sekä todennäköinen välkeaika että teoreettinen maksimivälke.

### 2.2 Välkkeen rajoittaminen

Välkevaikutusta voidaan vähentää voimalakohtaisella välkkeen hallintatyökalulla (shadow flicker protection system), joka sisältää valoanturin ja välkkeenhallintasovelluksen. Työkalun avulla voimala voidaan pysäyttää joko havaitun auringonpaisteen perusteella ja/tai haluttuina vuoden- ja kellonaikoina. Pysäytetty voimala ei aiheuta välkettä.

### 2.3 Arvioinnin epävarmuudet

Mallinnettu todennäköinen välkevaikutus perustuu auringonpaisteen ja tuulisuuden tilastolliseen aineistoon. Yksittäisen vuoden sääolosuhteet saattavat poiketa merkittävästi keskimääräisistä olosuhteista, jolloin vuotuinen välkevaikutus voi poiketa mallinnetusta arvosta. Auringonpaisteen aineisto on saatu Oulun sääasemalta, josta etäisyys hankealueeseen on noin 60 km.

Mallinnuksessa ei ole huomioitu paikallisen puuston vaikutusta voimaloiden näkyvyyteen ja välkevaikutukseen. Puusto voi rajoittaa merkittävästi näkyvyyttä turbiineille ja vähentää vuotuista välkevaikutusta. Puuston näkyvyyttä peittävä vaikutus vaihtelee kuitenkin vuosien ja vuodenaikojen suhteen, minkä vuoksi puuston välkettä vähentävää vaikutusta ei pystytä arvioimaan tarkasti.

Rakennuksiin kohdistuvan välkkeen laskennassa käytetään ns. kasvihuone-oletusta, jolloin rakennukseen kohdistuva välkevaikutus huomioidaan riippumatta suunnasta. Välkevaikutuksen laskennallinen arvio kuvaa siis välkevaikutusta ulkona. Rakennusten sisätiloissa välkevaikutus on yleensä vähäisempi, koska välkevaikutus kohdistuu rakennuksen sisätiloihin vain ikkunoiden suunnasta.

## 2.4 Ohjearvot

Tuulivoimaloiden välkevaikutukselle ei ole Suomessa määritelty ohjearvoja. Ympäristöministeriön ohjeissa tuulivoimapuiston suunnitteluun suositellaan käytettäväksi muiden maiden suosituksia välkemäärien osalta [4]. Tässä selvityksessä mallinnettuja välkeajoja verrataan vakiintuneen käytännön mukaan Ruotsin, Tanskan ja Saksan ohjearvoihin. Välkkeen ohjearvoja sovelletaan asutuksen kohdalla, eikä esimerkiksi eläimiin tai luontoon kohdistuvasta välkevaikutuksesta ole ohjearvoja tai arviointikriteerejä.

Tanskassa on määritetty todennäköisen vuotuisen välketuntimäärän suositusarvoksi 10 tuntia. Ruotsissa vastaava todennäköisen välkkeen suositusarvo on 8 tuntia vuodessa ja korkeintaan 30 minuuttia päivässä [2]. Saksassa teoreettisen maksimivälkkeen raja-arvot ovat korkeintaan 30 tuntia vuodessa ja 30 minuuttia päivässä. Saksassa todellinen vuotuisen välkevaikutus ohjeistetaan rajoittamaan 8 tuntiin, jos voimalaan asennetaan välkkeen hallintatyökalu.

### 3 TUULIVOIMAKOHTTEEN VÄLKEMALLINNUS

#### 3.1 Mallinnusmenetelmä ja lähtöaineisto

Tuulivoimaloiden aiheuttama välkevaikutus (shadow flicker) arvioitiin AFRY Numerola -mallinnusohjelmistolla, joka huomioi auringon paikan vuoden eri aikoina, tuulivoima-alueen ja sen ympäristön maastonmuodot sekä tuulivoimaloiden dimensiot. Laskennan tuloksena saadaan tieto siitä, kuinka monta tuntia vuodessa alueen eri kohteet ovat välkevaikutuksen alaisena. Tulosta havainnollistetaan tasa-arvokäyrästä, jonka perusteella voidaan arvioida varjostusvaikutusta tarkastelualueella.

Tarkastelualueiden maanpinnan korkeuserot on saatu Maanmittauslaitoksen aineistosta *Korkeusmalli 10 m*. Korkeusdatan vaakaresoluutio on 10 m ja pystysuorainen tarkkuus 1,4 m. Laskennassa huomioitiin korkeuserot siten, että jos Auringon, tuulivoimalan ja tarkastelupisteen kautta kulkeva jana leikkaa maanpintaa, niin varjostusta ei esiinny. Välkevaikutus laskettiin 2 m korkeudelle. Auringonpaistekulman rajana horisontista käytettiin kolmea astetta, jonka alle menevää säteilyä ei oteta huomioon varjostuksessa.

Tuulivoimalan lapojen aiheuttama varjo heikkenee asteittain liikuttaessa etäämmälle tuulivoimalasta, eikä tietyn etäisyyden jälkeen varjo ole enää ihmissilmin havaittavissa. Tämä etäisyys riippuu tuulivoimalan lavan leveydestä, ja esimerkiksi Ruotsin tuulivoimarakentamisen suunnitteluohjeistuksessa määritellään, että välkevaikutus huomioidaan mikäli lapa peittää vähintään 20 % Auringosta. Käytännössä tämä asettaa lavan leveydestä riippuvan maksimietäisyyden yksittäisen tuulivoimalan aiheuttamalle välkevaikutukselle, eikä sen ulkopuolella välkevaikutusta ole.

Yleensä välkelaskennan maksimietäisyyden laskenta perustuu lavan keskimääräiseen leveyteen, joka määrää maksimietäisyyden. Käytännössä tuulivoimalan lapa ei ole vakioleveyinen: Levein kohta sijaitsee lähellä tuulivoimalan napaa, ja lapa kapenee huomattavasti kärkeä kohti liikuttaessa. Tällä perusteella lavan tyven välkevaikutus ulottuu huomattavasti pidemmälle kuin lavan kärjen, mikäli arviointiperusteena käytetään Auringon peittoastetta. Tässä selvityksessä välkelaskennassa ei ole käytetty tavanomaista maksimietäisyyttä, vaan on huomioitu tuulivoimalan muuttuva lapaprofiili.

Välkelaskennassa Mustasuo-Tynnyrikorven voimaloille on käytetty napakorkeutta 200 m ja roottorin halkaisijaa 200 m. Voimaloiden lapaprofiili on arvioitu voimalatyyppin Vestas V162 valmistajan ilmoittamalla lavan profiilitiedolla, joka on skaalattu lavan pituuden ja leveyden suhteen vastaamaan 200 metrin roottorin halkaisijaa. Profiilia on samalla levennetty 7 % siten, että lavan levein kohta on 4,6 m. Laskentamenetelmän yksityiskohdat on kuvattu luvussa 5.

Todelliseen välkevaikutukseen vaikuttavat tuulivoimaloiden käyttöaste, puusto ja paikallinen säätila (pilvisuus ja tuulisuus). Jos esimerkiksi tuulen suunta on kohtisuorassa auringon ja tarkastelupisteen välistä linjaa vasten, ei varjostusvaikutusta esiinny. Varjostuksen laskennassa tuulivoimalan orientaatio voidaan määrittää, jolloin roottori oletetaan tiettyyn suuntaan asetetuksi ympyrätasoksi. Todennäköisen välkevaikutuksen laskenta on suoritettu kuudella eri tuulivoimalan orientaatiolla. Tämä vastaa 12 tuulen suuntasektorin varjostustuloksia, sillä vastakkaiset tuulensuunnat aiheuttavat välkkeen kannalta efektiivisesti saman roottorin orientaation. Kullakin tuulen suunnalla laskettua välketuntimäärää on skaalattu Suomen tuuliatlaksesta [1] saatavan suuntasektorin esiintymisfrekvenssillä ja suuntakohtaisesta nopeusjakaumasta määritellyn tuulivoimalan käyntinopeuksien ajallisella osuudella. Käynnistysnopeutta alemmissa tai pysäytysnopeutta korkeammassa

tuulissa tuulivoimalat ovat paikallaan, jolloin roottorin pyörimisestä aiheutuvaa valon välkymistä ei esiinny. Suomen tuuliatlaksen tuulisuusestimaatti on otettu tuulivoima-alueen keskeltä korkeudelta 200 m, ja sen perusteella lasketut suuntasektorikohtaiset osuudet tuulivoimalan käyntinopeusvälille osuville tuulille on lueteltu taulukossa (Taulukko 3-1).

Paikallinen pilvisuus on huomioitu skaalaamalla eri roottoriorientaatioilla laskettuja varjotusaikoja Oulun lentoaseman sääasemalta [3] mitattujen auringonpaistetuntien suhteellisella osuudella teoreettisesta maksimipaistetuntien määrästä. Sääaseman mittauksen perusteella lasketut kuukausittaiset auringonpaisteen todennäköisyydet on koottuna taulukoon (Taulukko 3-2). Suuntakohtaisesti skaalatut välketuntimäärät yhteen laskien saadaan arvio todellisesta, säätilan huomioonottavasta välketuntimäärästä tarkastelualueella.

**Taulukko 3-1: Suuntasektorikohtaiset osuudet yli 3 m/s tuulennopeuksille Suomen tuuliatlaksen perusteella.**

Suuntasektori	0/180	30/210	60/240	90/270	120/300	150/330
Yli 3 m/s osuus	0,170	0,169	0,175	0,158	0,121	0,130

**Taulukko 3-2: Auringonpaisteen kuukausittaiset todennäköisyydet Oulun sääasemalla.**

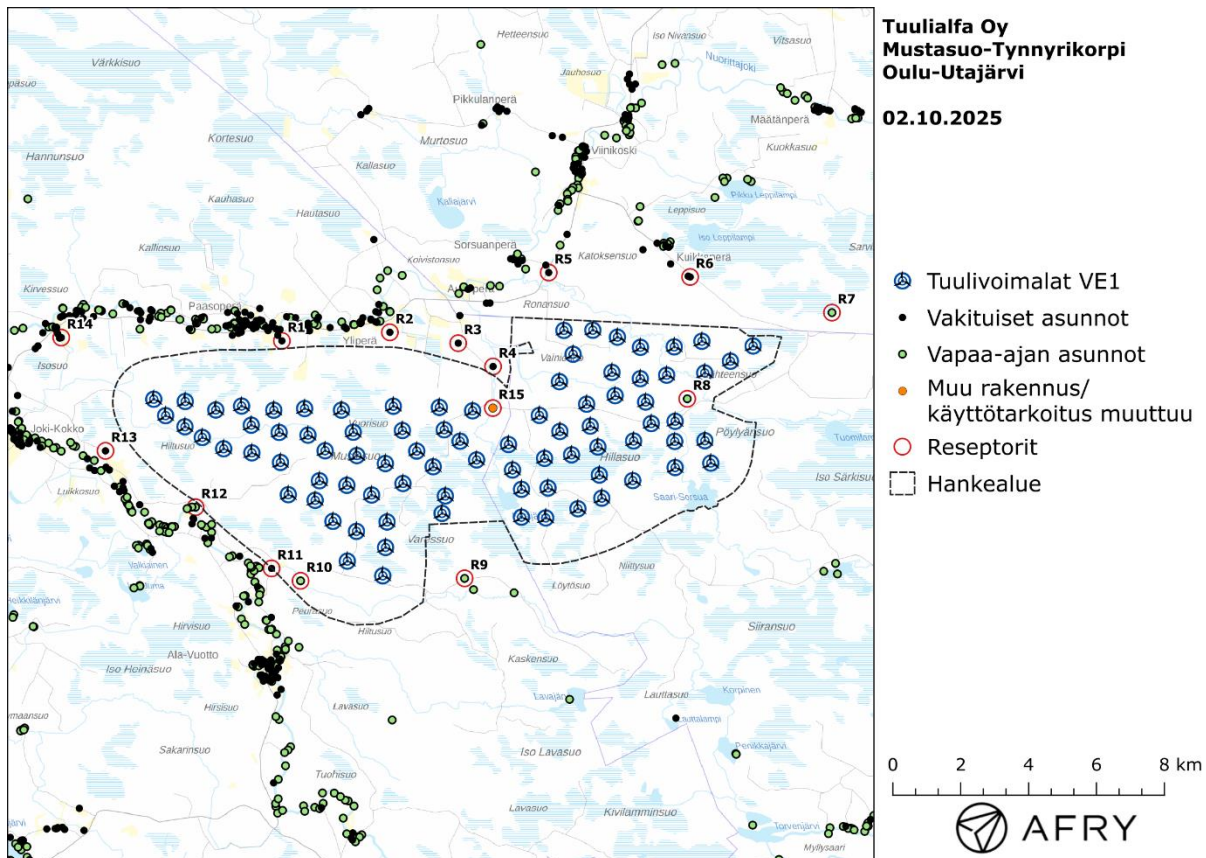
Kuukausi	Auringonpaisteen todennäköisyys
Tammikuu	0,152
Helmikuu	0,289
Maaliskuu	0,377
Huhtikuu	0,455
Toukokuu	0,469
Kesäkuu	0,451
Heinäkuu	0,452
Elokuu	0,413
Syyskuu	0,340
Lokakuu	0,229
Marraskuu	0,151
Joulukuu	0,070

Taulukossa (Taulukko 3-3) on määritelty tuulivoimaloiden ympäristöstä 15 pistettä, joiden kohdilla välkevaikutusta tarkastellaan tarkemmin. Pistet on valittu asuntojen kohdilta, joihin kohdistuu suurin välkevaikutus. Näitä pisteitä kutsutaan reseptoreiksi, ja niiden paikat suhteessa tuulivoimaloihin on esitetty karttapohjalla (Kuva 3-1). Reseptorit sijaitsevat noin 0,75–3,3 km etäisyydellä lähimmistä voimaloista.

Kartoissa näkyvät vakituiset ja vapaa-ajan asuinrakennukset on ladattu Maanmittauslaitoksen maastotietokannasta syyskuussa 2025. Reseptorin R15 kohdalla on vapaa-ajan kiinteistö, jonka käyttötarkoituksen muutoksesta hankekehittäjä neuvottelee, mutta jota käsitellään tässä selvityksessä vielä asuntona. Tämä rakennus on merkitty karttoihin tunnisteella "Muu rakennus/käyttötarkoitus muuttuu".

**Taulukko 3-3: Reseptorien koordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa.**

Reseptori	E	N	Maaston korkeus [m]	Rakennusluokitus
R1	475769	7218626	95	vakituinen asunto
R2	478950	7218877	97	vakituinen asunto
R3	480963	7218558	100	vakituinen asunto
R4	481990	7217872	100	vakituinen asunto
R5	483630	7220635	99	vakituinen asunto
R6	487796	7220505	113	vakituinen asunto
R7	491974	7219457	131	vapaa-ajan asunto
R8	487711	7216923	111	vapaa-ajan asunto
R9	481152	7211642	104	vapaa-ajan asunto
R10	476319	7211570	87	vapaa-ajan asunto
R11	475465	7211934	84	vakituinen asunto
R12	473225	7213735	82	vapaa-ajan asunto
R13	470572	7215392	86	vakituinen asunto
R14	469268	7218723	88	vakituinen asunto
R15	481984	7216650	105	vapaa-ajan kiinteistö, käyttö- tarkoituksen muutoksesta neuvotellaan


**Kuva 3-1: Reseptorien paikat Mustasuo-Tynnyrikorven tuulivoimapaiston ympäristössä. Reseptorit ovat samat suunnitelmien VE1-VE3 välkeanalyseissä.**

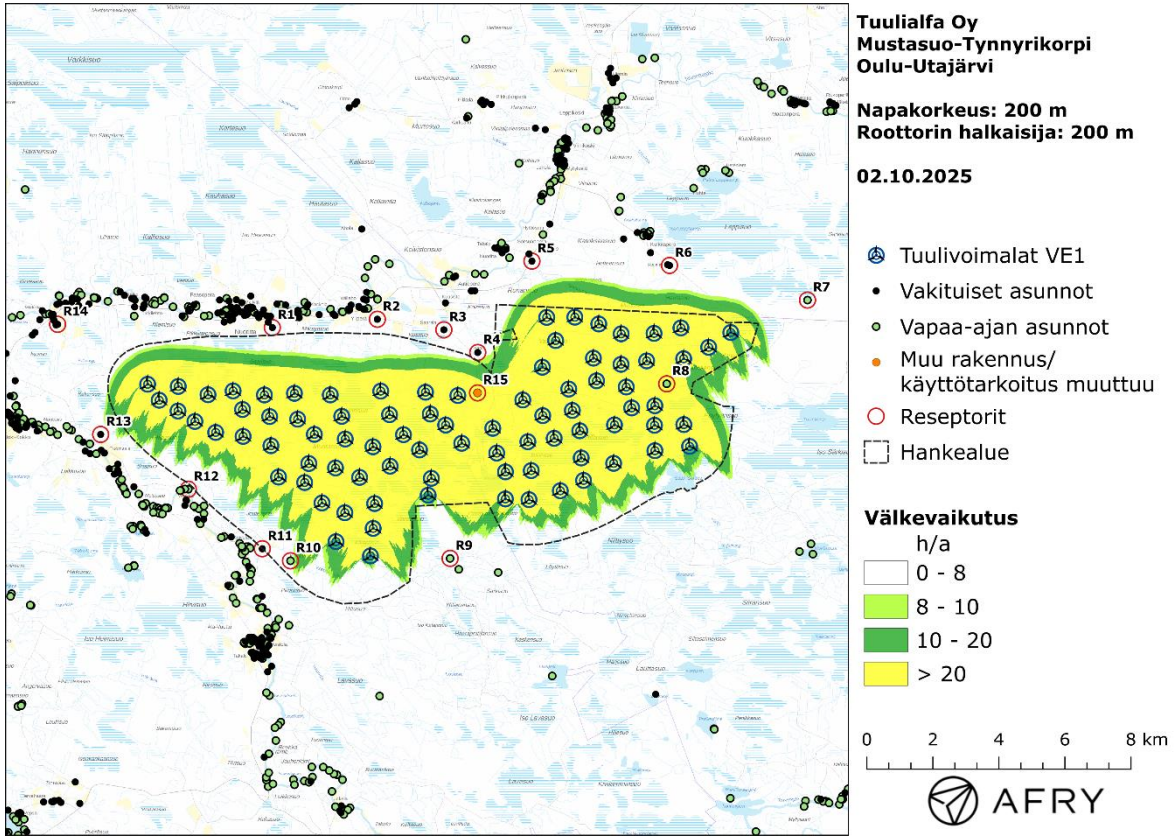
### 3.2 Välkevaikutus

Mallinnetut arviot suunnitelmien VE1/VE3 ja VE2 todennäköisten välketuntien vuotuisesta määrästä on esitetty karttakuvina (Kuva 3-2 ja Kuva 3-3). Mallinnuksessa ei ole huomioitu paikallisen puuston vaikutusta tuulivoimaloiden näkyvyyteen ja välkevaikutukseen. Karttoihin on merkitty ympäristössä sijaitsevat loma- ja asuinrakennukset käyttäen lähtötietona Maanmittauslaitoksen maastotietokannan sisältämiä tietoja.

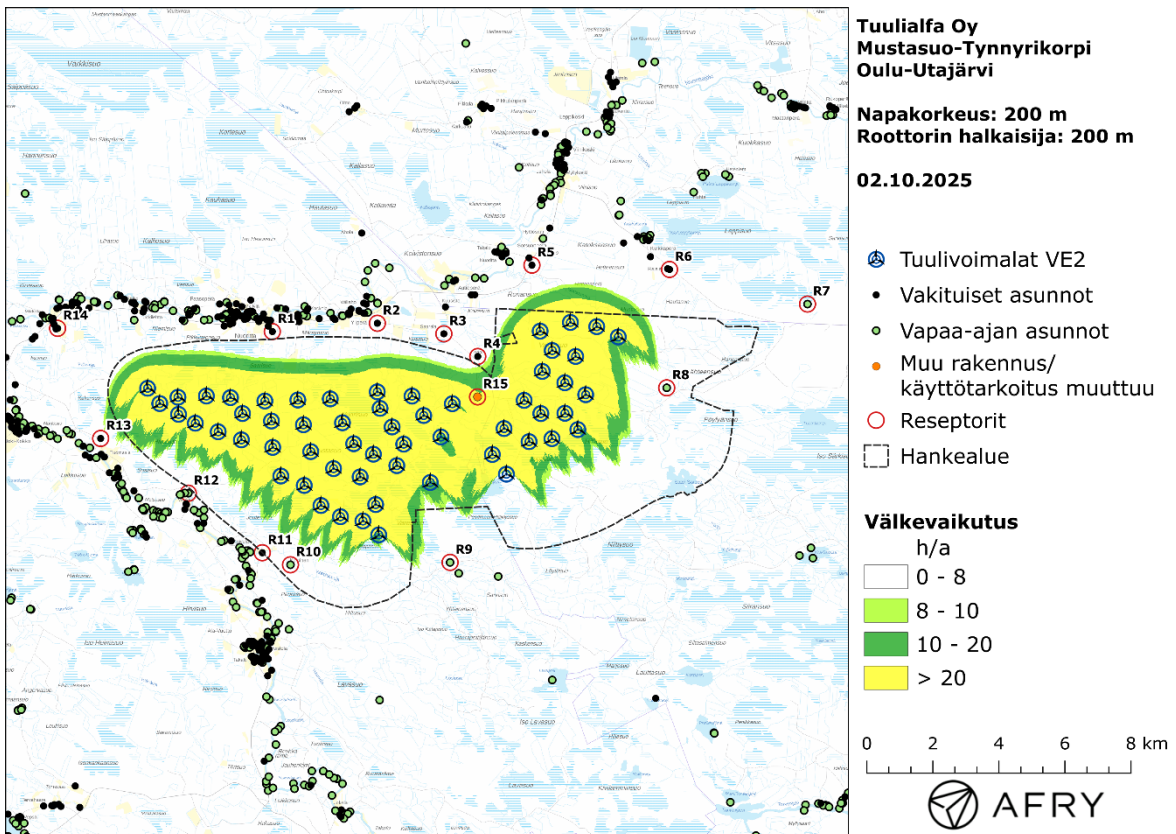
Taulukossa (Taulukko 3-4) on esitetty todennäköinen välkevaikutus ja teoreettinen maksimivälke reseptoreiden kohdilla, sekä vuotuisena tuntimääränä että suurimpana päiväkohtaisena välkeaikana. Suunnitelmilla VE1/VE3 todennäköinen vuotuinen välkevaikutus ylittää Ruotsin 8 tunnin ohjearvon ja Tanskan 10 tunnin ohjearvon kahden vapaa-ajan asunnon kohdalla (reseptorit R8 ja R15). Suunnitelmalla VE2 todennäköinen vuotuinen välkevaikutus ylittää Ruotsin ja Tanskan ohjearvot reseptorin R15 kohdalla. Hankekehittäjä käy neuvotteluja reseptorin R15 kohdalla olevasta kiinteistöstä. Kaikilla suunnitelmilla todennäköinen päiväkohtainen välke aika jää alle Ruotsin 30 minuutin ohjearvon kaikkien alueen asuinrakennusten kohdalla. Todennäköisen välkkeen tarkempi ajoittuminen reseptorin R8 kohdalla on esitetty taulukoissa (Taulukko 3-5 ja Taulukko 3-6).

Suunnitelmilla VE1/VE3 vuotuinen teoreettinen maksimivälke ylittää Saksan 30 tunnin raja-arvon kolmen reseptorin kohdalla (reseptorit R4, R8, R15). Reseptoreiden R3, R4, R6, R8 ja R15 kohdilla teoreettinen päiväkohtainen maksimivälke ylittää Saksan 30 minuutin raja-arvon suunnitelmilla VE1/VE3. Reseptorien R8 ja R15 kohdilla teoreettisen maksimivälkkeen ylitykset ovat suuria, mutta reseptorien R3, R4 ja R6 kohdilla ylitykset ovat vähäisiä. Suunnitelmalla VE2 teoreettisen maksimivälkkeen ylityksiä tulee reseptorien R4 ja R15 kohdilla. Reseptorin R15 kohdalla ylitykset ovat merkittäviä, mutta reseptorin R4 kohdalla vähäisiä.

Suomen olosuhteissa Saksan teoreettisen maksimivälkkeen raja-arvoihin vertaaminen voi antaa harhaanjohtavan kuvan välkevaikutuksesta. Suomessa aurinko paistaa eri kulmasta kuin Saksassa ja auringonpaisteen todennäköisyys on erilainen. Suomessa aurinko paistaa talvella hyvin viistosti, mikä voi aiheuttaa laskennallisesti suuren ja kauas ulottuvan teoreettisen maksimivälkkeen. Talvisin auringonpaisteen todennäköisyys on kuitenkin Suomessa hyvin alhainen. Reseptorien R3, R4 ja R6 kohdalla teoreettinen maksimivälke ajoittuu pääosin lokakuun ja helmikuun väliseen aikaan, jolloin auringonpaistetta on vähän ja varjot piirtyvät harvoin terävinä. Tämän vuoksi teoreettisen maksimivälkkeen Saksan raja-arvojen ylitykset reseptoreiden R3, R4 ja R6 kohdilla eivät merkitse suurta välkevaikutusta. Teoreettisen maksimivälkkeen ajoittuminen reseptorin R4 kohdalla on listattu taulukoissa (Taulukko 3-7 ja Taulukko 3-8).



**Kuva 3-2: Todennäköinen vuotuinen välkevaikutus suunnitelmilla VE1/VE3.**



**Kuva 3-3: Todennäköinen vuotuinen välkevaikutus suunnitelmalla VE2.**

**Taulukko 3-4: Mallinnusten mukaiset väkემäärät [h:min] reseptoripisteittäin sijoittelu- vaihtoehdoilla VE1/VE3 ja VE2. Taulukossa on esitetty vuotuinen väketuntien määrä (h/a) ja suurin päiväkohtainen arvo (h/d) sekä todennäköisenä arvona että teoreettisen maksimivälkkeen menetelmällä laskettuna. Saksan raja-arvojen ylitykset on taulukossa merkitty punaisella värillä.**

Reseptori	Suunnitelma VE1/VE3				Suunnitelma VE2			
	Todennäköinen väлке		Teoreettinen maksimi		Todennäköinen väлке		Teoreettinen maksimi	
	h/a	h/d	h/a	h/d	h/a	h/d	h/a	h/d
R1	1:28	0:03	14:18	0:28	1:13	0:03	12:04	0:25
R2	0:26	0:01	4:51	0:14	0:37	0:02	2:32	0:11
R3	1:15	0:04	12:16	0:33	1:01	0:03	9:27	0:16
R4	6:15	0:08	38:54	0:46	5:30	0:06	31:41	0:34
R5	1:41	0:03	15:11	0:25	1:08	0:02	10:36	0:17
R6	1:13	0:03	12:55	0:32	0:00	0:00	0:00	0:00
R7	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
R8	37:41	0:22	191:04	1:40	2:50	0:04	11:17	0:17
R9	2:25	0:03	9:01	0:11	0:35	0:03	2:21	0:12
R10	6:10	0:08	22:38	0:29	3:00	0:05	10:32	0:17
R11	1:42	0:04	6:24	0:12	1:15	0:04	4:20	0:13
R12	1:43	0:04	5:59	0:14	2:15	0:04	7:53	0:14
R13	4:34	0:06	16:20	0:20	4:28	0:06	16:01	0:23
R14	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
R15	44:32	0:27	203:59	1:39	24:35	0:28	120:29	1:46

**Taulukko 3-5: Todennäköisen väлкеvaikutuksen ajoittuminen ja kesto tunteina ja minuutteina [h:min] reseptorin R8 kohdalla suunnitelmissa VE1/VE3. Kellonajat ovat aikavyöhykkeen UTC+2 mukaisia (Suomen talviaika).**

Kellonaika	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24	
Tammikuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:09	0:20	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:29
Helmikuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	1:39	1:41	2:06	0:09	0:00	0:00	0:00	5:36
Maaliskuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:20	3:58	1:35	0:00	0:00	0:00	5:53
Huhtikuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	2:06	0:57	0:00	0:00	3:04
Toukokuu	0:00	1:17	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	1:36	0:06	0:00	0:00	3:00
Kesäkuu	0:00	2:10	0:07	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	1:31	0:00	3:48
Heinäkuu	0:00	1:38	0:52	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:18	0:50	0:00	3:38
Elokuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:35	1:37	0:00	0:00	2:12
Syyskuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:43	0:52	1:17	0:17	0:00	0:00	3:08
Lokakuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:40	2:50	2:05	0:00	0:00	0:00	0:00	5:36
Marraskuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:34	0:45	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	1:19
Joulukuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
<b>Yhteensä</b>	0:00	5:06	0:58	0:00	0:00	3:02	6:39	9:01	5:42	4:45	2:27	0:00	37:41

**Taulukko 3-6: Todennäköisen välkevaikutuksen ajoittuminen ja kesto tunteina ja minuutteina [h:min] reseptorin R8 kohdalla suunnitelmalla VE2. Kellonajat ovat aikavyöhykkeen UTC+2 mukaisia (Suomen talviaika).**

Kellonaika	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24	
Tammikuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
Helmikuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
Maaliskuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	<b>0:09</b>	0:00	0:00	0:00	<b>0:09</b>
Huhtikuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
Toukokuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	<b>0:15</b>	0:00	<b>0:15</b>
Kesäkuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	<b>1:20</b>	0:00	<b>1:20</b>
Heinäkuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	<b>0:57</b>	0:00	<b>0:57</b>
Elokuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
Syyskuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:08	0:00	0:00	0:00	<b>0:08</b>
Lokakuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
Marraskuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
Joulukuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
<b>Yhteensä</b>	<b>0:00</b>	<b>0:00</b>	<b>0:00</b>	<b>0:00</b>	<b>0:00</b>	<b>0:00</b>	<b>0:00</b>	<b>0:00</b>	<b>0:17</b>	<b>0:00</b>	<b>2:32</b>	<b>0:00</b>	<b>2:50</b>

**Taulukko 3-7: Teoreettisen maksimivälkkeen ajoittuminen ja kesto tunteina ja minuutteina [h:min] reseptorin R4 kohdalla suunnitelmilla VE1/VE3. Kellonajat ovat aikavyöhykkeen UTC+2 mukaisia (Suomen talviaika).**

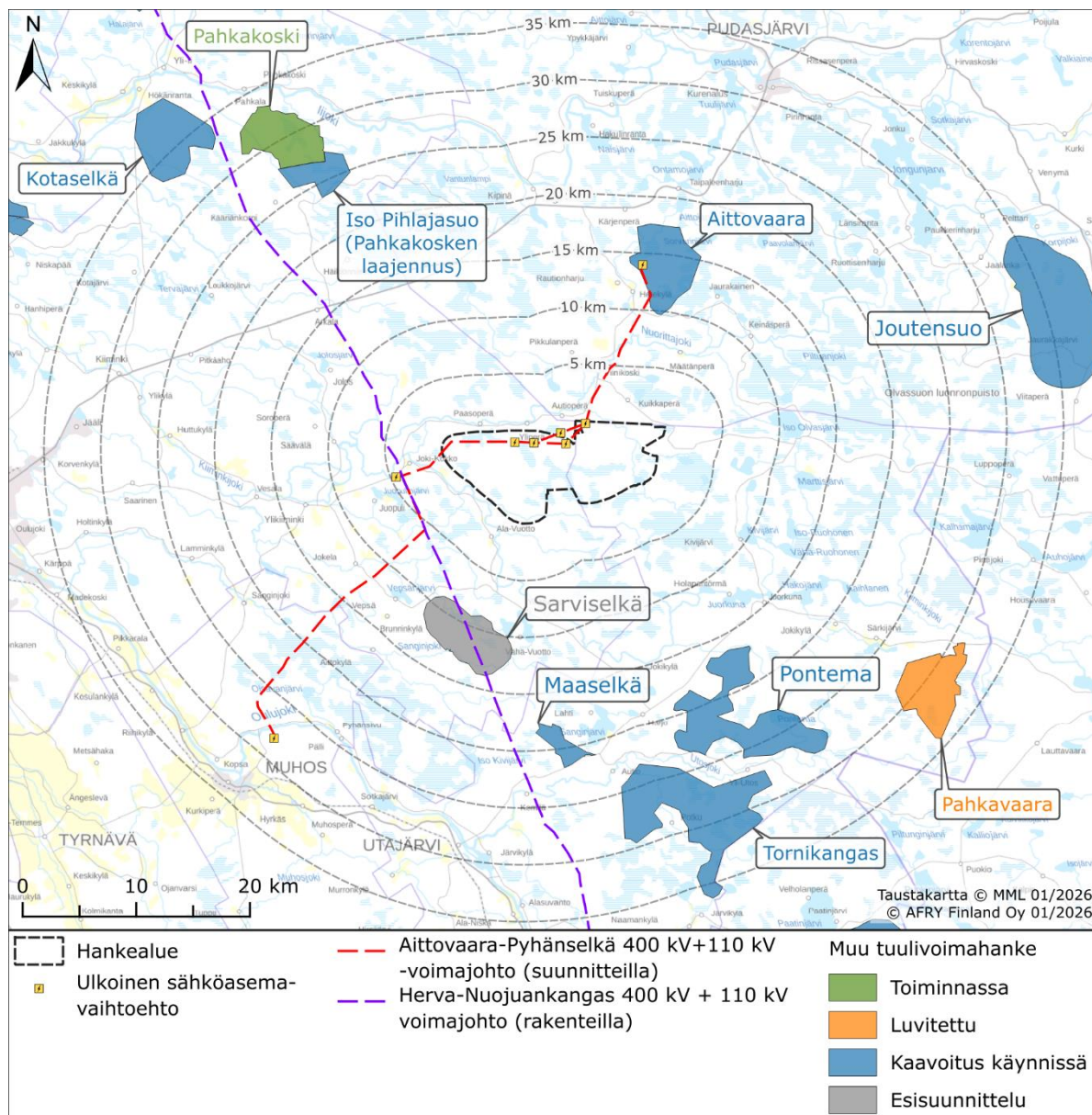
Kellonaika	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24	
Tammikuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	<b>1:44</b>	0:00	<b>0:42</b>	0:00	0:00	0:00	0:00	<b>2:25</b>
Helmikuu	0:00	0:00	0:00	0:00	<b>2:16</b>	0:00	<b>0:02</b>	<b>9:10</b>	<b>1:04</b>	0:00	0:00	0:00	<b>12:32</b>
Maaliskuu	0:00	0:00	0:00	<b>1:47</b>	0:00	0:00	0:00	0:10	<b>0:26</b>	0:00	0:00	0:00	<b>2:23</b>
Huhtikuu	0:00	0:00	<b>1:09</b>	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	<b>1:09</b>
Toukokuu	0:00	0:00	0:57	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	<b>0:57</b>
Kesäkuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
Heinäkuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
Elokuu	0:00	0:00	<b>1:30</b>	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	<b>1:30</b>
Syyskuu	0:00	0:00	<b>0:37</b>	<b>1:47</b>	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	<b>2:24</b>
Lokakuu	0:00	0:00	0:00	0:00	<b>2:16</b>	0:00	<b>4:16</b>	<b>2:54</b>	0:00	0:00	0:00	0:00	<b>9:26</b>
Marraskuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	<b>1:44</b>	<b>4:08</b>	<b>0:16</b>	0:00	0:00	0:00	0:00	<b>6:08</b>
Joulukuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
<b>Yhteensä</b>	<b>0:00</b>	<b>0:00</b>	<b>4:13</b>	<b>3:34</b>	<b>4:32</b>	<b>3:27</b>	<b>8:26</b>	<b>13:12</b>	<b>1:30</b>	<b>0:00</b>	<b>0:00</b>	<b>0:00</b>	<b>38:54</b>

**Taulukko 3-8: Teoreettisen maksimivälkkeen ajoittuminen ja kesto tunteina ja minuutteina [h:min] reseptorin R4 kohdalla suunnitelmalla VE2. Kellonajat ovat aikavyöhykkeen UTC+2 mukaisia (Suomen talviaika).**

Kellonaika	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24	
Tammikuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	<b>1:22</b>	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	<b>1:22</b>
Helmikuu	0:00	0:00	0:00	0:00	<b>2:25</b>	<b>0:14</b>	0:00	<b>5:46</b>	<b>0:09</b>	0:00	0:00	0:00	<b>8:34</b>
Maaliskuu	0:00	0:00	0:00	<b>1:48</b>	0:00	0:00	0:00	0:00	<b>0:50</b>	0:00	0:00	0:00	<b>2:38</b>
Huhtikuu	0:00	0:00	<b>1:34</b>	<b>1:07</b>	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	<b>2:41</b>
Toukokuu	0:00	0:00	<b>0:35</b>	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	<b>0:35</b>
Kesäkuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
Heinäkuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
Elokuu	0:00	0:00	<b>2:09</b>	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	<b>2:09</b>
Syyskuu	0:00	0:00	<b>0:03</b>	<b>2:51</b>	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	<b>2:54</b>
Lokakuu	0:00	0:00	0:00	0:00	<b>2:25</b>	0:00	<b>1:57</b>	<b>2:14</b>	<b>0:31</b>	0:00	0:00	0:00	<b>7:06</b>
Marraskuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	<b>1:36</b>	<b>1:27</b>	<b>0:37</b>	0:00	0:00	0:00	0:00	<b>3:40</b>
Joulukuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
<b>Yhteensä</b>	<b>0:00</b>	<b>0:00</b>	<b>4:22</b>	<b>5:46</b>	<b>4:49</b>	<b>3:12</b>	<b>3:24</b>	<b>8:37</b>	<b>1:30</b>	<b>0:00</b>	<b>0:00</b>	<b>0:00</b>	<b>31:41</b>

### 3.3 Välkkeen yhteisvaikutukset

Suomen ja Ruotsin mallinnusohjeiden [4][2] mukaan välkevaikutus ulottuu enintään 3 km etäisyydelle voimaloista. Välkkeen yhteisvaikutuksia voi siis esiintyä, kun eri puistojen voimaloiden etäisyys on alle 6 km. Mustasuo-Tynnyrikorven läheisyyteen rakennetut tai suunnitellut tuulivoimapuistot on esitetty karttakuvassa (Kuva 3-4). Kartasta nähdään, että muut lähialueen tuulivoimahankkeet ovat yli 6 km etäisyydellä Mustasuo-Tynnyrikorven voimaloista. Tällä perusteella Mustasuo-Tynnyrikorven tuulivoimapuistolla ja lähelle rakennetuilla tai suunnitelluilla tuulivoimapuistoilla ei ole välkkeen yhteisvaikutuksia.



**Kuva 3-4: Mustasuo-Tynnyrikorven lähelle rakennetut tai suunnitellut tuulivoimapuistot. Karttaan on piirretty myös etäisyysvyöhykkeet Mustasuo-Tynnyrikorven hankealueesta.**

## 4 YHTEENVETO

Raportissa on esitetty Oulun kaupungin ja Utajärven kunnan alueille suunnitellun Mustasuo-Tynnyrikorven tuulivoimapuiston ympäristölleen aiheuttaman välkevaikutuksen las-kennallinen arvio. Vaikutusten arviointi on tehty 83 voimalan suunnitelmille VE1 ja VE3 (tuulivoimaloiden ja välkevaikutuksen suhteen suunnitelmat ovat samat) sekä 57 voimalan suunnitelmalle VE2. Selvityksessä on lisäksi arvioitu Mustasuo-Tynnyrikorven ja läheisten tuulivoimapuistojen välkkeen yhteisvaikutuksia.

Tuulivoimaloiden välkevaikutukselle ei ole Suomessa määritelty ohjearvoja, ja ympäristöministeriö suosittelee käyttämään muiden maiden ohjearvoja. Tässä selvityksessä mallinnettuja välkeaikoja verrataan vakiintuneen käytännön mukaan Ruotsin, Tanskan ja Saksan ohjearvoihin.

Mallinnusten perusteella suunnitelmien VE1/VE3 välkevaikutus ylittää Ruotsin, Tanskan ja Saksan ohjearvot kahden asunnon kohdalla. Näiden asuntojen kohdilla todennäköinen vuotuinen välkevaikutus ylittää Ruotsin 8 tunnin ohjearvon ja Tanskan 10 tunnin ohjearvon. Myös Saksan 30 tunnin raja-arvo vuotuiselle teoreettiselle maksimivälkkeelle ja 30 minuutin raja-arvo teoreettiselle päiväkohtaiselle maksimivälkkeelle ylittyy näiden asuntojen kohdilla. Ylitykset ovat merkittäviä, mutta hankekehittäjä käy neuvotteluja toisesta kiinteistöstä, jonka kohdalla ohjearvojen ylityksiä tulee. Alueella on lisäksi kaksi muuta asuntoa, joiden kohdilla Saksan teoreettisen maksimivälkkeen raja-arvot ylittyvät, mutta ylitykset eivät ole Suomen olosuhteissa merkittäviä. Alueen muiden vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdilla välkevaikutus jää alle Ruotsin, Tanskan ja Saksan ohjearvojen suunnitelmilla VE1/VE3.

Suunnitelmalla VE2 Ruotsin, Tanskan ja Saksan ohjearvot ylittyvät yhden asunnon kohdalla: todennäköinen vuotuinen välke ylittää Ruotsin ja Tanskan ohjearvot ja lisäksi Saksan raja-arvot teoreettiselle maksimivälkkeelle ylittyvät. Ylitykset ovat merkittäviä, mutta hankekehittäjä käy neuvotteluja tästä kiinteistöstä, jonka kohdalla välkkeen ohjearvot ylittyvät. Lisäksi yhden muun asunnon kohdalla Saksan raja-arvot teoreettiselle maksimivälkkeelle ylittyvät vähän, mutta ylitykset eivät ole Suomen olosuhteissa merkittäviä. Alueen muiden vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdilla suunnitelman VE2 välkevaikutus jää alle Ruotsin, Tanskan ja Saksan ohjearvojen.

Mustasuo-Tynnyrikorven voimaloista ja se läheisyyteen suunnitelluista tuulivoimapuistoista ei aiheudu välkkeen yhteisvaikutuksia.

## 5 VÄLKEVAIKUTUKSEN LASKENTAMENETELMÄ

Välkevaikutuksen laskennassa hyödynnetään taivaanpallon käsitettä, joka on maapallon maantieteellistä koordinaatistoa vastaava kuvitteellinen kuori katsottaessa maapallolta taivaalle. Samalla tavoin kuin paikan sijainti maapallolla voidaan ilmoittaa pituus- ja leveyspiirien avulla, voidaan taivaankappaleiden paikat taivaanpallolla ilmoittaa kahden koordinaatin (rektaskensio ja deklinaatio) avulla. Aurinko kulkee vuoden aikana taivaanpallolla kääntöpiirien väliin asettuvalla nauhalla, ja Auringon esiintymistiheys kyseisellä nauhalla voidaan esittää tiheysfunktiona.

Tiettyyn pisteeseen kohdistuvaa vuotuista välkevaikutusta laskettaessa tarkastellaan sitä osaa taivaanpallosta, joka näkyy pisteeseen tuulivoimaloiden roottorikehien läpi. Näkyvyyden arvioinnissa otetaan huomioon paikallinen maaston korkeusaineisto. Mikäli kääntöpiirien väliin asettuva nauha ei näy roottorikehien läpi, tarkastelupisteeseen ei kohdistu välkevaikutusta. Muussa tapauksessa yksittäisen tuulivoimalan aiheuttamien välketuntien määrä saadaan integroimalla tiheysfunktiota tuulivoimalan roottorikehien läpinäkyvällä taivaanpallon osuudella. Tuulivoimaloiden yhteisvaikutus saadaan summaamalla tuulivoimalakohtaiset välketunnit ottaen kuitenkin huomioon mahdolliset päällekkäisyydet roottorikehien peittämässä alueissa. Laskenta suoritetaan erikseen tuulivoimaloiden eri orientaatioille, joita skaalataan suuntakohtaisilla tuulusuusuksilla.

Huomioitaessa kuukausittaista (tai muuta lyhytaikaista) vaihtelua auringonpaisteen todennäköisyydessä, taivaanpallon nauha jaetaan vastaaviin osiin Auringon deklinaation mukaan. Tiheysfunktio määritellään näissä osissa erikseen, ja integroinnin tuloksia skaalataan kuukausikohtaisilla todennäköisyyksillä.

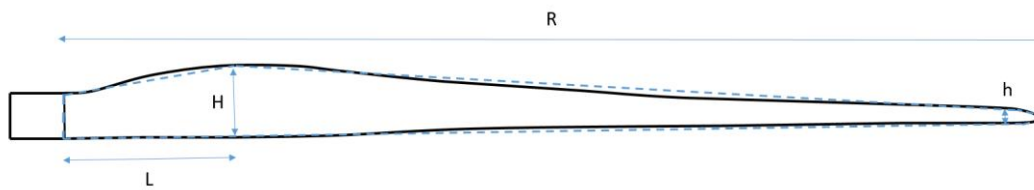
Tuulivoimalan lapojen aiheuttama varjo heikkenee asteittain liikuttaessa etäämmälle tuulivoimalasta, eikä tietyn etäisyyden jälkeen varjo ole enää ihmissilmin havaittavissa. Tämä etäisyys riippuu tuulivoimalan lavan leveydestä, ja esimerkiksi Ruotsin ja Saksan tuulivoimarakentamisen suunnitteluohjeistuksessa määritellään, että välkevarjostus huomioidaan, mikäli lapa peittää vähintään 20 % Auringosta. Käytännössä tämä asettaa lavan leveydestä riippuvan maksimietäisyyden yksittäisen tuulivoimalan aiheuttamalle välkevaikutukselle, eikä sen ulkopuolella välkevaikutusta ole.

Kun lavan leveys on  $w$  metriä, niin 20 % Auringon peittoon perustuvan välkevarjostuksen maksimietäisyyden määrittämiseen voidaan johtaa laskentakaava

$$\text{maksimietäisyys} = (5 * d * w) / 1'097'780,$$

missä  $d$  on etäisyys Aurinkoon (150'000'000 km). Yleensä välkelaskennan maksimietäisyyden laskenta perustuu lavan keskimääräiseen leveyteen, joka määrää maksimietäisyyden. Käytännössä tuulivoimalan lapa ei ole vakiolevyinen: Levein kohta sijaitsee lähellä tuulivoimalan napaa ja lapa kapenee huomattavasti kärkeä kohti liikuttaessa. Tällä perusteella lavan tyven välkevaikutus ulottuu huomattavasti pidemmälle kuin lavan kärjen, mikäli arviointiperusteena käytetään Auringon peittoastetta.

Seuraavassa kaaviokuvassa (Kuva 5-1) on esitetty malli tyypillisestä profiilista, jossa lavan maksimileveys on  $H$  etäisyydellä  $L$  lavan tyvestä. Lavan kokonaispituus on  $R$  ja lavan leveys 90 % etäisyydellä tyvestä on  $h$ . Lavan oletetaan kapenevan lineaarisesti arvosta  $H$  arvoon  $h$  liikuttaessa maksimikohdasta kärkeen. Tavanomaisesti välkelaskennassa tuulivoimalan keskimääräinen leveys on määritetty parametrien  $H$  ja  $h$  keskiarvona.



**Kuva 5-1: Tuulivoimalan lavan malliprofiili.**

Tämän raportin välkелaskennassa käytetään tuulivoimavalmistajan ilmoittamiin tietoihin perustuvaa lavan profiilitietoa. Laskennassa huomioitava roottorin säde vaihtelee välillä  $[0, R]$  riippuen tarkastelupisteen etäisyydestä turbiineihin sekä lavan leveydestä ja sitä vastaavasta Auringon peittoasteesta. Tällä tavoin välkелaskennassa huomioidaan tuulivoimalan muuttuva lapaprofiili, ja saadaan realistisempia tuloksia kuin olettamalla tietty keskimääräinen lavan leveys ja sitä vastaava kiinteä maksimietäisyys.

## 6 VIITTEET

- [1] B. Tammelin et al.: Production of the Finnish Wind atlas. Wind Energy, 2011.
- [2] Boverket: *Vindkraftshandboken*, Planering och prövning av vindkraftverk på land och i kustnära vattenområden, 2009.
- [3] P. Pirinen et al.: Tilastoja Suomen ilmastosta 1981–2010, Ilmatieteen laitos, Raportteja 2012:1.
- [4] Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päiväys 2016. Ympäristöhallinnon ohjeita 5|2016.