

Liite 4

Välkemmaallinnusraportti

Numerokankaan tuulivoimapuisto, Iin kunta

Nordic Generation Oy

14.7.2025

Sisällys

1	Johdanto	3
2	Välkkeestä.....	3
3	Ohjeavot	4
4	Lähtötiedot	4
5	Tulokset	6
6	Yhteenveto.....	7

Liitteet

Välkemallinnuksen liite 1. Tulokset

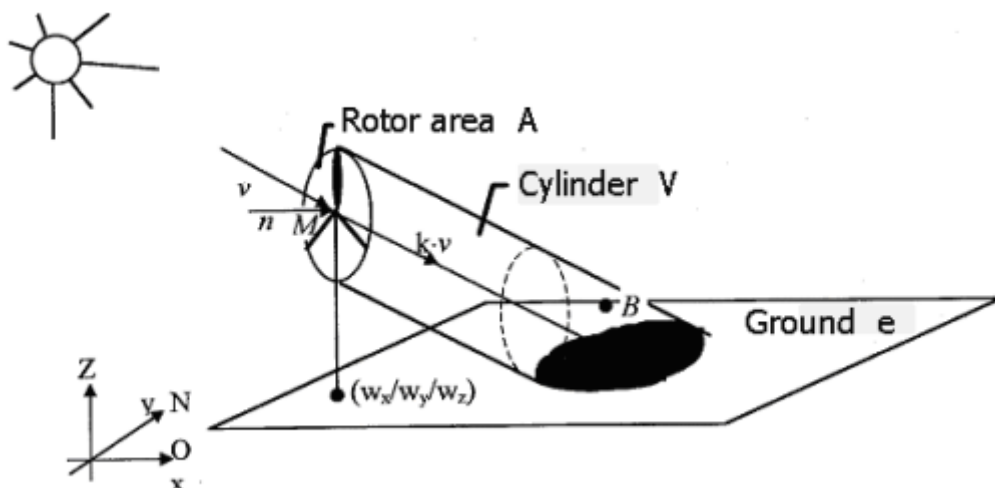
1 Johdanto

Tämä välkemallinnus on tehty osana lin kunnan Numerokankaan alueelle suunniteltua tuulivoimahanketta varten tehtävää ympäristövaikutusten arvioinnin tarvehankintaa. Välkemallinnuksella tarkastellaan hankkeen aiheuttamaa välkevaikutusta. Välkemallinnus tehtiin käyttäen WindPRO-laskentaohjelmiston SHADOW-moduulia.

2 Väлкеestä

Tuulivoimaloiden lavat muodostavat pyöriessään liikkuvia varjoja aurinkoisella säällä. Yksittäisessä tarkastelupisteessä tämä koetaan valon ja varjon nopeana vaihteluna eli välkymisenä. Pilvisellä säällä valo ei tule selkeästi yhdestä pisteestä ja siten lapa ei muodosta selkeitä varjoja. Välkymisen esiintymiseen vaikuttaa auringonpaisteen lisäksi auringon suunta ja korkeus, tuulen suunta ja siten roottorin asento sekä tarkastelupisteen etäisyys tuulivoimalaan. Suuremmilla etäisyyksillä lapa peittää auringosta niin vähäisen osan, ettei välkettä enää havaita. Osa ihmisistä kokee väлкеen häiritseväksi, kun taas osaa se ei häiritse. Mahdollinen häiritsevyys riippuu myös siitä, oleskellaanko alueella aikaan, jolloin väлкеettä voi esiintyä ja onko alueella vakituista asutusta tai loma-asuntoja.

Varjostus- ja välkevaikutuksia aiheutuu niin laajalle alueelle kuin tuulivoimaloiden varjot yltävät, kuten kuvassa 1 on esitetty. Vaikutusalueen laajuus riippuu valittavasta voimalatyypistä ja sen roottorin halkaisijasta sekä voimalan kokonaiskorkeudesta. Välkevaikutus voi yltää jopa 1–3 kilometrin etäisyydelle tuulivoimalasta. Pisimmälle vaikutus ulottuu aamuisin ja iltaisin auringon ollessa matalalla.



Kuva 1. Väлкеen mallinnus WindPRO:lla (WindPRO Knowledgebase 2024).

Välkemallinnuksessa arvioidaan auringon suunta, ympäristön muodot ja tuulivoimalan asento huomioon ottaen miten suuren osan ajan vuodesta tai päivästä tarkastelupisteessä oleva henkilö altistuu väлкеelle.

3 Ohjearvot

Suomessa ei ole viranomaisten määrittämiä ohjearvoja välkkeen esiintymisen kestolle. Ympäristöministeriön julkaisemassa Tuulivoimarakentamisen suunnittelu -ohjeessa (Ympäristöministeriö 2016) suositellaan käyttämään apuna muiden maiden suosituksia välkkeen rajoittamisesta. Taulukossa 1 on esitetty eri maiden ohjearvoja välkkeelle. Ruotsin ohjearvo perustuu Saksan esittämiin ohjearvoihin.

Taulukko 1. Eri maiden ohjearvot välkkeelle (LAI 2020, Boverket 2012, By-, Land- og Kirkeministeriet 2022).

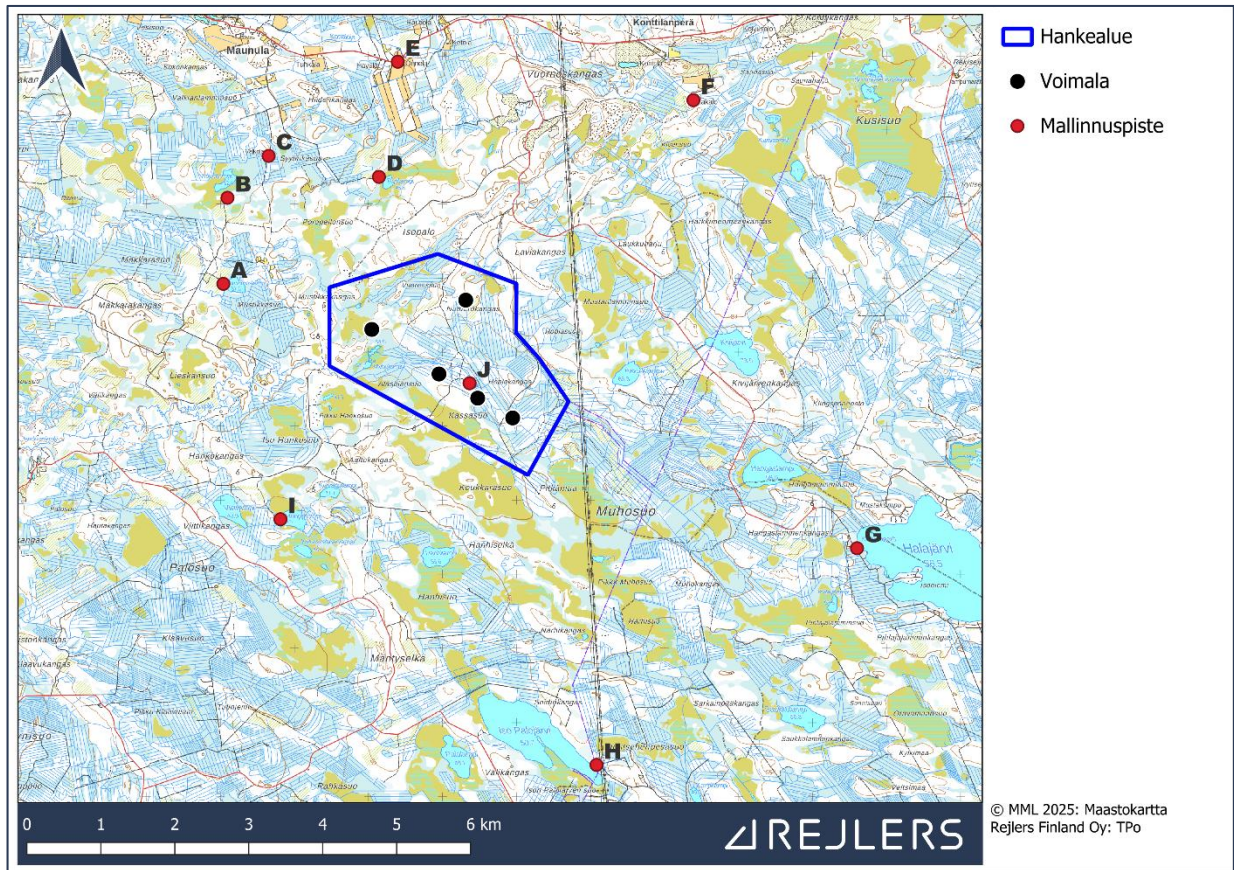
	Real case	Worst case
Saksa (/Ruotsi)	8 h/a tai 30 h/d	30 h/a tai 30 min/d
Tanska	10 h/a	-

Välke voidaan mallintaa todellista tilannetta (Real case) vastaavana ja pahinta tilannetta (Worst case) kuvaavana skenaariona. Real case mallinnus ottaa huomioon meteorologiseen dataan perustuvan ja vuodenajan mukaan vaihtelevan auringonpaisteen sekä tuulen suunnan. Esitetyt ohjearvot ovat real case -mallinnukselle, joten tulokset ilmoitetaan real case -tapauksena.

Real case -mallinnuksen tuloksia tarkasteltaessa käytetään ohjearvoa 8 tuntia vuodessa (h/a).

4 Lähtötiedot

Numerokankaan tuulivoimahankkeessa suunnitellaan viiden tuulivoimalan toteuttamista. Kuvassa 2 on esitetty tuulivoimaloiden sijoittelu alueelle sekä tarkastelupisteet mallinnuksen tuloksille. Mallinnuspisteet ovat samat, kuin samassa yhteydessä toteutetussa melumallinnuksessa. Mallinnuspisteet on sijoitettu eri suunnille hankealueesta niiden asuin- ja lomarakennusten kohdalle, jotka sijaitsevat lähimpänä hankealuetta. Alueilla, joissa on tiheästi rakennuksia, on valittu lähekkäin useampi eri mallinnuspiste. Osa mallinnuspisteistä sijaitsee kaukana hankealueesta, joten voidaan suoraan olettaa, ettei niihin kohdistu välkehaittaa. Nämä kuvaavat kuitenkin kyseisessä ilmansuunnassa lähimpiä asuin- ja lomarakennuksia, joten ne otettiin mukaan mallinnukseen.



Kuva 2. Tuulivoimaloiden sijainnit sekä mallinnuspisteet.

Numerokankaalle suunnitteilla olevan tuulivoimahankkeen välittömässä läheisyydessä ei sijaitse paljoa pysyvää asutusta tai loma-asutusta. Hankealueen sisäpuolella sijaitsee yksi lomarakennus. Tuulivoimapuiston läheisyydessä ei sijaitse luonnonsuojelualueita tai virkistyskohteita. Lähin Natura-alue (Kusisuo SAC/SPA) sijaitsee noin 4 km itään hankealueesta ja lähin luonnonsuojelualue 6 km länteen.

Taulukko 2. Suunnitellut voimalapaikat. Koordinaatit ovat ETRS-TM35FIN-koordinaatiston mukaiset.

Voimalan numero	Koordinaatti, N	Koordinaatti, E
1	2847355	9723009
2	2850381	9724028
3	2849566	9721613
4	2850837	9720857
5	2851985	9720241

Taulukossa 3 on esitetty mallinnuksessa käytetyn tuulivoimalatyypin tiedot.

Taulukko 3. Mallinnuksessa käytetyn tuulivoimalatyypin tiedot.

Voimalan tyyppi	Vestas V172
Voimalan nimellisteho	7,2 MW
Voimalan napakorkeus	214 m
Roottorin halkaisija	172 m

Mallinnuksen avulla saadaan selville välkevaikutuksen esiintymistiheys sekä alueet, joille välkevaikutus kohdistuu. Mallinnus toteutetaan WindPRO -ohjelman Shadow-moduulilla.

Mallinnuksessa käytettävä maastomalli luodaan Maanmittauslaitoksen maastotietokannan korkeusaineistosta. Laskennoissa huomioidaan alueen tuulisuus- ja auringonpaistetiedot. Auringonpaisteisuustietoina laskennassa käytetään Ilmatieteen laitoksen meteorologisia Oulun lentoaseman havaintoasemalla 1991–2020 mitattuja ja saatavilla olevia havaintotietoja. Laskentojen tuulen suuntana ja nopeusjakaumana käytetään Suomen tuuliatlakseen perustuvaa tuulidataa. Laskenta suoritetaan ns. real case -tilanteen mukaan eli mallinnuksessa otetaan huomioon auringon asema horisontissa eri kellon- ja vuodenaikoina, pilvisuus kuukausittain (kuinka paljon aurinko paistaa ollessaan horisontin yläpuolella) ja tuulivoimalaitoksien arvioitu vuotuinen käyntiaika.

Tuloksia tarkasteltiin tuulivoimaloiden erilaisilla vuotuisilla käyntiajoilla. Tulosten tarkastelussa käytetään konservatiivisena arviona 100 % käyntiaikaa. Näin varmistetaan, ylittyykö valittu 8 h/a ohjearvo yhdessäkään kohteessa.

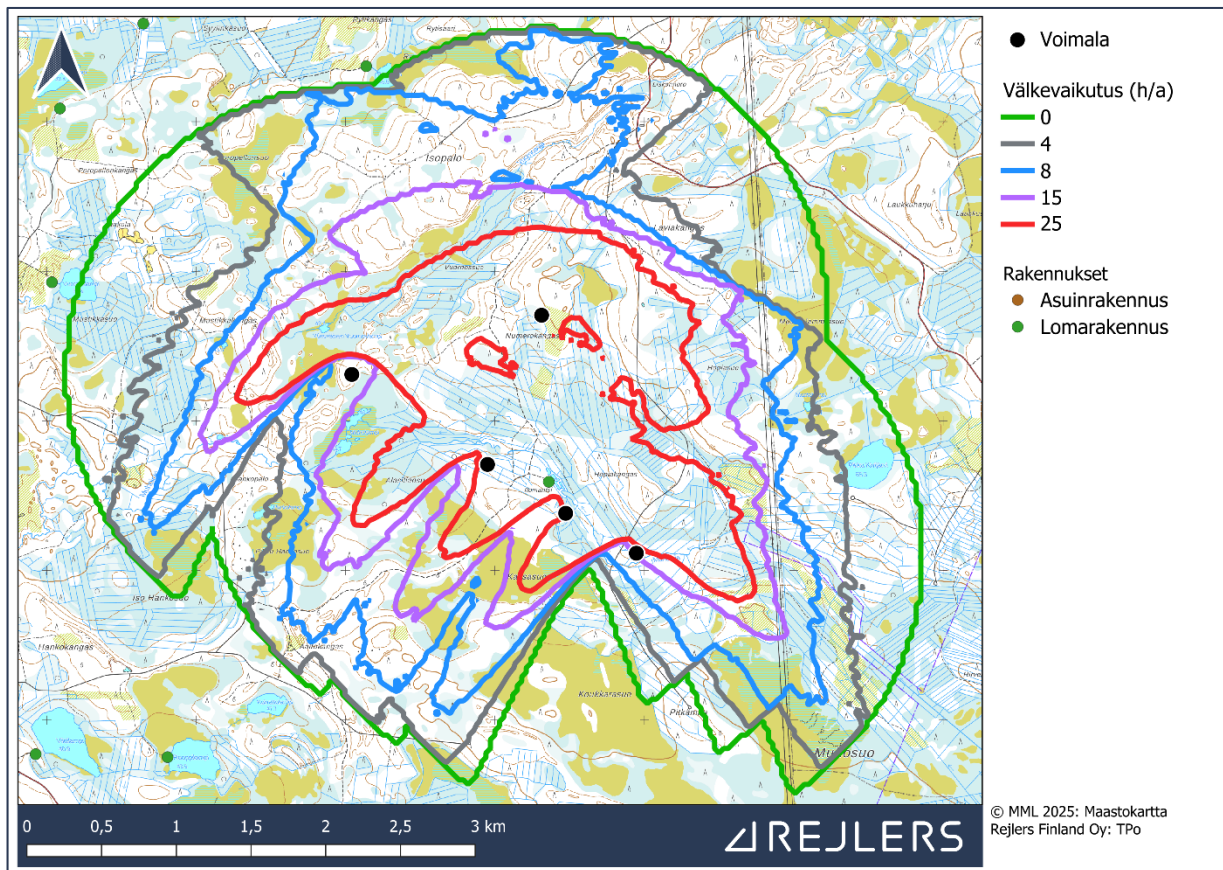
Laskennoissa varjot huomioidaan, jos aurinko on yli 3 astetta horisontin yläpuolella ja varjoksi lasketaan tilanne, jossa siipi peittää vähintään 20 % auringosta. Varjostuksen mallinnuksessa huomioidaan maaston korkeussuhteet.

Alueella sijaitsee metsää, joka osin peittää tuulivoimaloista aiheutuvaa välkettä. Hankealueella suoritetaan tuulivoimaloiden ympärillä ja huoltoteiden alueella hakkuita hankkeen rakennusaikana. Metsän peittävyys muuttuu tuulivoimaloiden elinkaaren aikana, kun metsissä suoritetaan hakkuita ja kun taimikot ja nuoret metsät kasvavat korkeammiksi. Tämän takia myös puuston vaikutus välkkeen esiintymiseen tulee muuttumaan vuosien saatossa. Tässä mallinnuksessa tarkastellaan vain tilannetta, jossa metsän peittävyttä ei ole huomioitu eli tarkastellaan konservatiivisesti välkkeen suurinta mahdollista ulottumaa.

5 Tulokset

Mallinnuksella tarkasteltiin välkkeen määrää ilman puuston vaikutusta. Hankealueen ulkopuolella sijaitseviin asuin- ja lomarakennuksiin ei kohdistu yli 8 tuntia vuodessa välkehaittaa.

Suurin välkehaitta kohdistuu hankealueella sijaitsevaan lomarakennukseen, jonka kohdalla välkettä on havaittavissa yhteensä 107 tuntia vuodessa neljästä tuulivoimalasta.



Kuva 3. Välkkeen määrä hankealueella ja sen ympäristössä.

6 Yhteenveto

Välkemallinnuksen perusteella hankealueen ulkopuolisiin asuin- ja lomarakennuksiin ei kohdistu välkettä.

Hankealueelle suunniteltujen tuulivoimaloiden välissä sijaitsee lomarakennus, johon hankkeen toteutuessa kohdistuisi merkittävä häiritsevä välkevaikutus. Välkettä olisi havaittavissa ympäri vuoden yhteensä yli 100 tuntia vuodessa eri suunnista.

Lähteet

Boverket. Vindkraftshandboken Planering och prövning av vindkraftverk på land och i kustnära vattenområden. 23.10.2012.

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI). Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windkraftanlagen (WKA-Schattenwurfhinweise). 23.01.2020

By-, Land- og Kirkeministeriet. Vejledning om planlægning for og tilladelse til opstilling af vindmøller. VEJ nr 9317 af 26/01/2022

Ilmatieteenlaitos. 1991–2020 auringonpaiste ja säteilytilastot. Saatavissa:
<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/1991-2020-auringonpaiste-ja-sateilytilastot>

Ympäristöhallinto. Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Ympäristöhallinnon ohjeita. 5/2016

WindPRO. WindPRO Knowledgebase - 6 Environment. Semptember 2024.
<https://help.emd.dk/knowledgebase/>

Liite 1 Tulokset

Description:
Nordic Generation / ORI JV 3
Numerokangas Oy

Licensed user:
Rejlers Finland Oy 6030 EHS Common
PL 1000
FI-0781 Helsinki

Tiina Aalto / tiina.aalto@rejlers.fi
Calculated:
4.7.2025 10.56/4.1.273

SHADOW - Main Result

Calculation: Väkemallinnus

Assumptions for shadow calculations

Maximum distance for influence
Calculate only when more than 20 % of sun is covered by the blade
Please look in WTG table

Minimum sun height over horizon for influence 3 °
Day step for calculation 1 days
Time step for calculation 1 minutes

Sunshine probability S (Average daily sunshine hours) []

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0,77	2,46	4,42	6,93	8,81	9,87	9,13	6,84	4,43	2,23	9,83	9,26

Operational time

N	NNE	ENE	E	ESE	SSE	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW	Sum
603	384	455	463	884	770	884	963	1 488	945	560	358	8 757

Monthly aggregation of real case reduction

A ZVI (Zones of Visual Influence) calculation is performed before flicker calculation so non visible WTG do not contribute to calculated flicker values. A WTG will be visible if it is visible from any part of the receiver window. The ZVI calculation is based on the following assumptions:

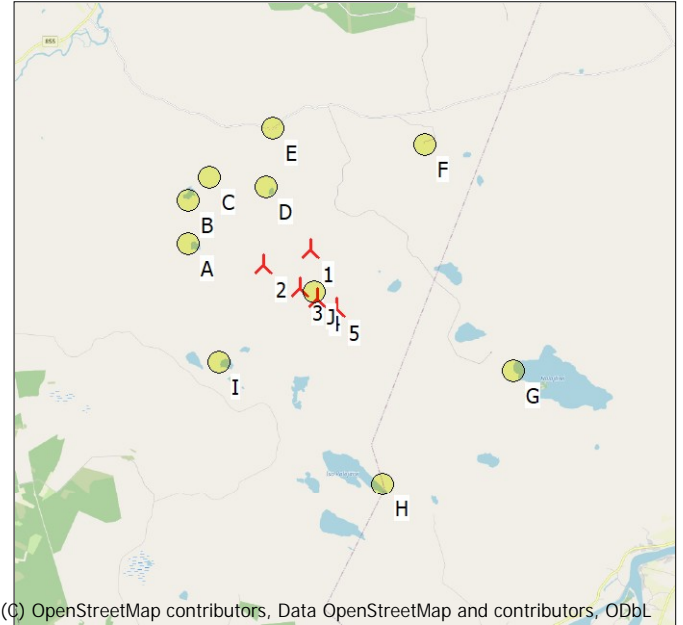
DHM: Height Contours: CONTOURLINE_ONLINEDATA_0.wpo (9)

Receptor grid resolution: 1,0 m

Topographic shadow included in calculation

All coordinates are in

Finish TM ETRS-TM35FIN-ETRS89



(C) OpenStreetMap contributors, Data OpenStreetMap and contributors, ODbL

Scale 1:200 000

New WTG

Shadow receptor

WTGs

	East	North	Z	Row data/Description	WTG type					Shadow data			
					Valid	Manufact.	Type-generator	Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Calculation distance [m]	RPM [RPM]	
1	435 308,2	7 257 713,4	60,0	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O!... Yes	Yes	VESTAS	V172-7.2-7 200	7 200	172,0	214,0	1 899	-	
2	434 042,0	7 257 324,7	50,0	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O!... Yes	Yes	VESTAS	V172-7.2-7 200	7 200	172,0	214,0	1 899	-	
3	434 969,4	7 256 703,5	50,0	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O!... Yes	Yes	VESTAS	V172-7.2-7 200	7 200	172,0	214,0	1 899	-	
4	435 462,5	7 256 388,7	50,0	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O!... Yes	Yes	VESTAS	V172-7.2-7 200	7 200	172,0	214,0	1 899	-	
5	435 948,6	7 256 110,3	51,5	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O!... Yes	Yes	VESTAS	V172-7.2-7 200	7 200	172,0	214,0	1 899	-	

Shadow receptor-Input

No.	Name	East	North	Z	Width	Height	Elevation	Slope of	Direction mode	Eye height
		[m]			[m]	[m]	a.g.l.	window		(ZVI) a.g.l.
		[m]			[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
A	Lomarakennus A	432 034,7	7 257 927,4	35,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
B	Lomarakennus B	432 089,6	7 259 091,5	36,3	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
C	Lomarakennus C	432 647,6	7 259 655,5	36,4	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
D	Lomarakennus D	434 138,9	7 259 371,6	44,6	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
E	Asuinrakennus E	434 393,6	7 260 926,9	40,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
F	Lomarakennus F	438 390,7	7 260 408,6	70,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
G	Lomarakennus G	440 601,8	7 254 356,7	60,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
H	Lomarakennus H	437 079,2	7 251 429,1	52,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
I	Lomarakennus I	432 807,9	7 254 747,4	47,5	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
J	Lomarakennus J	435 363,2	7 256 584,7	50,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0

Calculation Results

Shadow receptor

No.	Name	Shadow, worst case			Shadow, expected values	
		Shadow hours per year [h/year]	Shadow days per year [days/year]	Max shadow hours per day [h/day]	Shadow hours per year [h/year]	Shadow hours per year [h/year]
A	Lomarakennus A	0:00	0	0:00	0:00	0:00
B	Lomarakennus B	0:00	0	0:00	0:00	0:00
C	Lomarakennus C	0:00	0	0:00	0:00	0:00
D	Lomarakennus D	0:00	0	0:00	0:00	0:00
E	Asuinrakennus E	0:00	0	0:00	0:00	0:00

To be continued on next page...

SHADOW - Main Result

Calculation: Vätkemallinnus

...continued from previous page

No.	Name	Shadow, worst case		Max shadow hours per day	Shadow, expected values	
		Shadow hours per year [h/year]	Shadow days per year [days/year]		Shadow hours per year [h/year]	Shadow hours per year [h/year]
F	Lomarakennus F	0:00	0	0:00	0:00	0:00
G	Lomarakennus G	0:00	0	0:00	0:00	0:00
H	Lomarakennus H	0:00	0	0:00	0:00	0:00
I	Lomarakennus I	0:00	0	0:00	0:00	0:00
J	Lomarakennus J	402:25	211	3:24	107:19	107:19

Total amount of flickering on the shadow receptors caused by each WTG

No.	Name	Worst case [h/year]	Expected [h/year]
1	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 214,0 m (TOT: 300,0 m) Nr 1	0:00	0:00
2	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 214,0 m (TOT: 300,0 m) Nr 2	20:08	5:33
3	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 214,0 m (TOT: 300,0 m) Nr 3	48:37	13:20
4	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 214,0 m (TOT: 300,0 m) Nr 4	291:59	79:42
5	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 214,0 m (TOT: 300,0 m) Nr 5	41:41	8:42

Total times in Receptor wise and WTG wise tables can differ, as a WTG can lead to flicker at 2 or more receptors simultaneously and/or receptors may receive flicker from 2 or more WTGs simultaneously.

The calculation of the total expected values for a given receptor assumes a weighted average directional reduction for all WTGs contributing to shadow flicker within the same day. In the case where shadow flicker from different WTGs is not concurrent within the day, the total expected time at a given receptor may deviate marginally from the individual flicker time caused by each turbine separately.