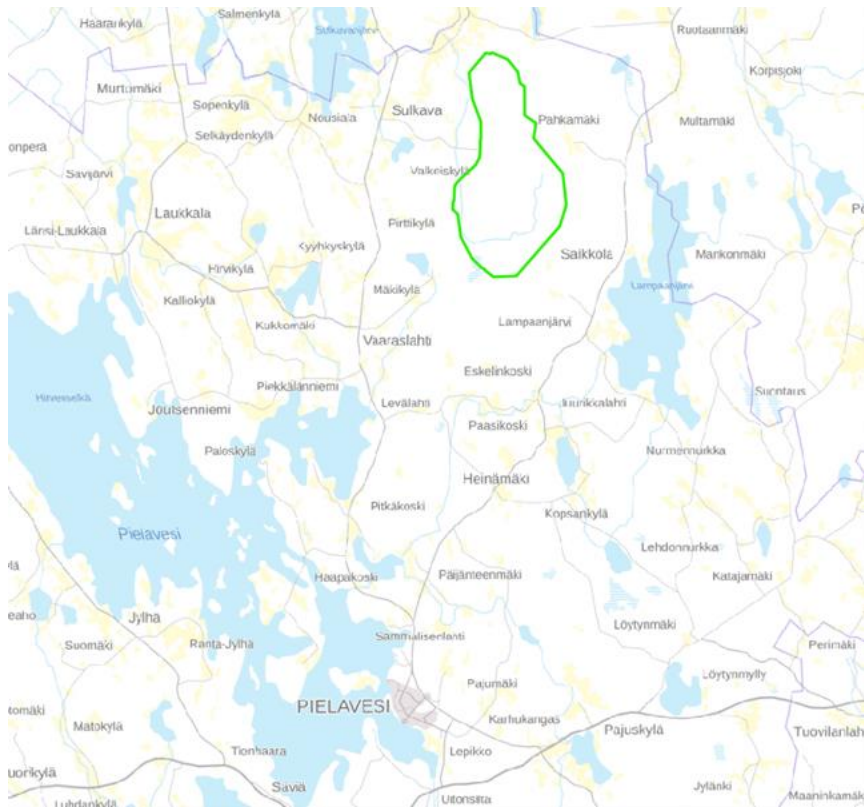


ABO ENERGY SUOMI OY

PIELAVEDEN LÖYTÄNÄN TUULIVOIMAHANKE VÄLKESELVITYS

30.9.2024

JULKINEN



318380

REV: PÄIVITETTY 30.9.2024



Sisällysluettelo

1. Hankkeen tiedot ja tehtävän kuvaus	3
2. Lähtötiedot ja mallinnusmenetelmä	3
3. Välkevaikutukset.....	4
3.1. Välkkeen vaikutusalue	4
3.2. Laskentapistekohtaiset välkemäärät	4
Liitteet	7

1. Hankkeen tiedot ja tehtävän kuvaus

ABO Energy Suomi Oy suunnittelee tuulivoimalaitosta Pielaveden Löytänän alueelle. Hankkeen YVA-menettelyssä välkevaikutukset selvitettiin kahdella hankevaihtoehdolla.

Tässä selvityksessä esitetään laskennallinen arvio välkevaikutuksista tuulivoimalasijoittelulla, jossa kolmen tuulivoimalan paikkaa on siirretty tuulivoima-alueen sisällä. Selvitystä on täydennetty uudella laskentapisteellä, joka on Pahkajärven eteläpäässä sijaitseva rantaosayleiskaavan mukainen toistaiseksi rakentamaton rakennuspaikka. Päivitykset perustuvat YVA-selvitysten esiin tuomaan lisätietoon ja yhteysviranomaisen perusteltuun päätelmään. Päivitetty voimalasijoittelu on saatu hankevastaavalta 15.8.2024.

Päivitetty selvitys on tarkoitettu luettavaksi yhdessä liitteen 3 välkeselvityksen 8.4.2024 kanssa. Työn tilaaja on ABO Energy Suomi Oy.

Selvityksen on laatinut projektipäällikkö DI Julia Turku ja tarkastaneet tiimipäällikkö FM Sirpa Lappalainen sekä projektinjohtaja DI Janna Riikonen WSP Finland Oy:stä.

2. Lähtötiedot ja mallinnusmenetelmä

Hankesuunnitelma sisältää 13 tuulivoimalaa. Tarkastelussa kaikkien voimaloiden mallina on käytetty VESTAS V172 -voimalamallia, napakorkeutta 215 m ja roottorin halkaisijaa 210 m. YVA-menettelyssä selvitettyyn hankevaihtoehtoon VE1 verrattuna voimaloiden WTG06, WTG08, WTG09, WTG10 sijainteja on päivitetty. Voimalasijainnit on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Hankesuunnitelman mukaiset voimaloiden sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa sekä maaston korkeudet vastaavasti.

Voimala	E	N	Maaston korkeus [m]
WTG01	491334	7029256	142,3
WTG02	490773	7029890	143,1
WTG03	491944	7030273	144,5
WTG04	491247	7030665	147,4
WTG05	492646	7030956	143,4
WTG06	491935	7031228	145,5
WTG07	490429	7031378	143,8
WTG08	491208	7031589	146,6
WTG09	492529	7031774	156,6
WTG10	491878	7032129	161,5
WTG 11	491470	7033471	162,6
WTG 12	491211	7034973	138,6
WTG 13	490970	7035925	132,4

Mallinnuksessa käytetyt tietoaineistot, mallinnusmenetelmät, laskentaparametrit sekä epävarmuudet on tarkemmin kuvattu liitteen 3 YVA-menettelyyn tehdyssä välkeselvityksessä.

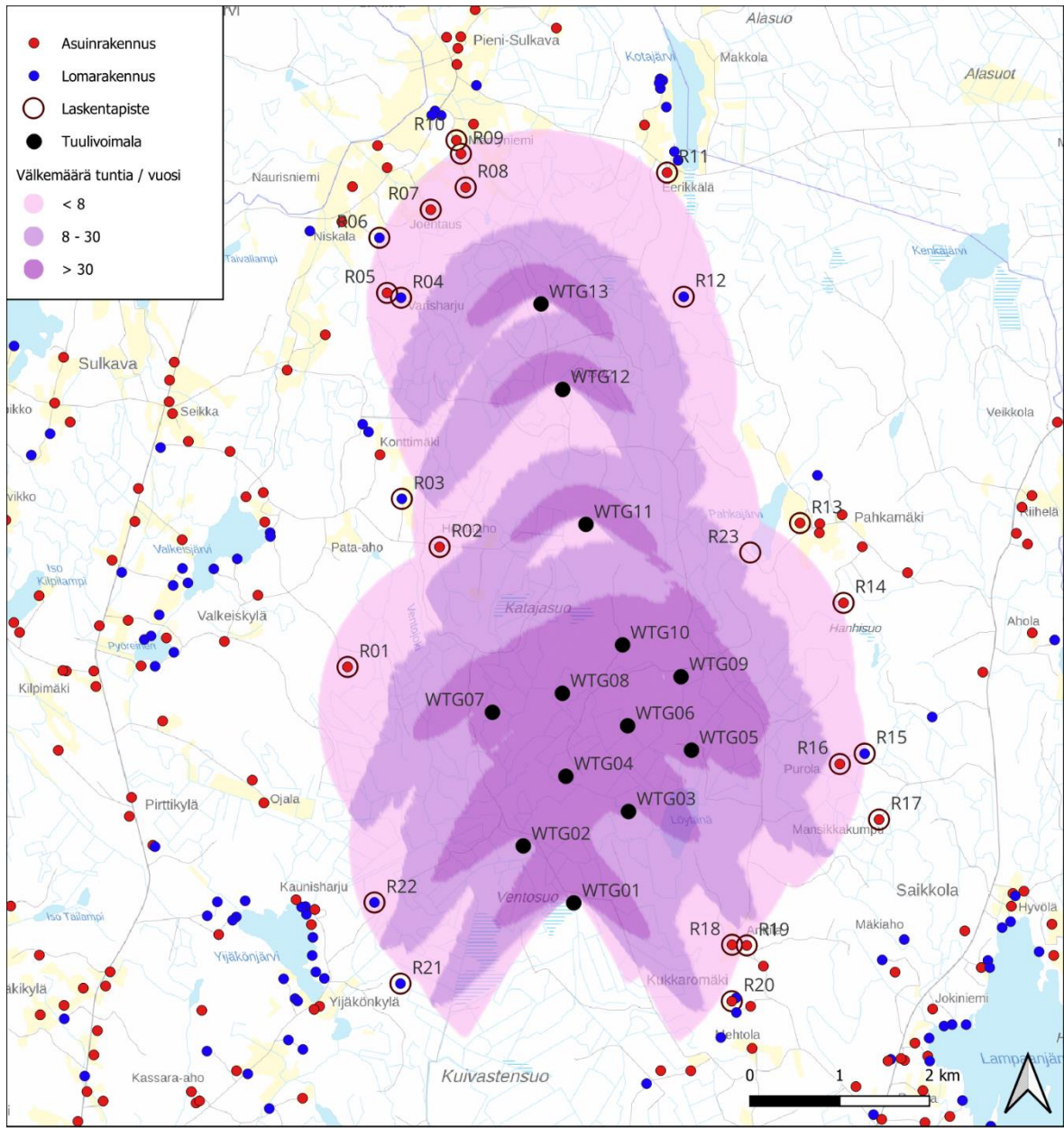
3. Välkevaikutukset

3.1. Välkkeen vaikutusalue

Arvio välkkeen vaikutusalueesta on esitetty kuvassa 1. Välkevaikutus on arvioitu ainoastaan todennäköisessä tilanteessa, eli huomioiden tilastotiedot paikallisista paisteisuus- ja tuulisuusolosuhteista. Välkevyöhykekartan vyöhykkeet kuvaavat välkkeen kokonaismäärää tunteina vuodessa.

3.2. Laskentapistekohtaiset välkemäärät

Välkkeen vaikutusalueella olevien asuin- ja lomarakennusten sijainteihin on mallinnuksessa asetettu laskentapiste, jossa todennäköistä välkemäärää arvioidaan tunteina vuodessa. Laskentapisteiksi on lisäksi valittu muutamia lähimpänä vaikutusaluetta sijaitsevia rakennuksia, sekä Pahkajärven eteläpäässä sijaitseva rantaosayleiskaavan mukainen rakennuspaikka (R23). Laskentapistet on esitetty taulukossa 2 sekä kuvassa 1.



Tulostettu 20/09/2024, JT.
Lähteet: Rakennukset: Maanmittauslaitoksen maastotietokanta
Pohjakartta @ Maanmittauslaitos

Kuva 1. Hanke suunnitelmalle arvioitu todennäköisen tilanteen välkevaikutus välkemyyrykarttana vuotuisen välkemäärän mukaan.

Taulukko 2. Laskentapisteiden sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa sekä maaston korkeudet ja kohteen rakennusluokat vastaavasti.

Laskentapiste	E	N	Maaston korkeus [m]	Rakennusluokka
R01	488815	7031883	144,1	Asuinrakennus
R02	489840	7033219	128,7	Asuinrakennus
R03	489420	7033755	127,1	Lomarakennus
R04	489411	7035994	127,9	Lomarakennus
R05	489255	7036048	123,9	Asuinrakennus
R06	489169	7036662	127,0	Lomarakennus
R07	489741	7036974	123,9	Asuinrakennus
R08	490131	7037222	122,7	Asuinrakennus
R09	490078	7037597	124,8	Asuinrakennus
R10	490028	7037748	117,8	Asuinrakennus
R11	492374	7037387	138,0	Asuinrakennus
R12	492560	7036005	143,6	Lomarakennus
R13	493855	7033485	186,1	Asuinrakennus
R14	494340	7032596	165,1	Asuinrakennus
R15	494575	7030918	147,9	Lomarakennus
R16	494298	7030802	145,5	Asuinrakennus
R17	494735	7030184	145,1	Asuinrakennus
R18	493098	7028790	169,4	Asuinrakennus
R19	493261	7028783	183,2	Asuinrakennus
R20	493095	7028161	188,9	Asuinrakennus
R21	489404	7028357	142,8	Lomarakennus
R22	489115	7029261	143,3	Lomarakennus
R23	493300	7033157	160,6	Rakennuspaikka

Taulukossa 3 on esitetty laskentapisteisiin kohdistuvat väkemäärät sekä väkettä aiheuttavat tuulivoimalat. Mallinnuksen perusteella suunnitellun tuulivoimalaitoksen välkevaikutuksen vaikutusalueella on yhteensä 11 asuin- tai lomarakennusta, sekä Pahkajärven eteläpäässä sijaitseva rantaosayleiskaavan mukainen rakennuspaikka (laskentapiste R23).

Laskentapistekohtaisen todennäköisen tilanteen mallinnuksen perusteella todellisen tilanteen vertailuarvo (8 h / vuosi) ei ylitä millekään laskentapisteelle.

Taulukko 3. Laskentapisteisiin kohdistuva välkemäärä todennäköisen tilanteen arviona.

Laskentapiste	Välkemäärä tuntia / vuosi	Välkettä aiheuttavat voimalat
R01	2 h 38 min	WTG07
R02	3 h 57 min	WTG11
R03	0	-
R04	3 h 33 min	WTG13
R05	2 h 47 min	WTG13
R06	0	-
R07	2 h 21 min	WTG13
R08	2 h 35 min	WTG13
R09	1 h 34 min	WTG13
R10	0	-
R11	0	-
R12	5 h 25 min	WTG12, WTG13
R13	0	-
R14	0	-
R15	0	-
R16	3 h 31 min	WTG05
R17	0	-
R18	3 h 44 min	WTG01, WTG03
R19	0	-
R20	0	-
R21	0	-
R22	4 h 17 min	WTG02
R23	7 h 15 min	WTG09, WTG10, WTG11

Mallinnusohjelmistosta tulostetut laskentapistekohtaiset välkemäärät ja välkkeen esiintyvyyssiagrammit ovat liitteinä 1 ja 2.

Liitteet

- 1) WindPRO SHADOW laskentatuloste
- 2) WindPRO SHADOW välkkeen ajoittuminen laskentapisteissä
- 3) Pielaveden Löytänän tuulivoimahanke - Välkeselvitys 8.4.2024

SHADOW - Main Result

Calculation: Löytänä kaava todennäköinen tilanne

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
0,81	2,25	4,39	5,97	8,13	8,13	8,42	6,71	4,10	1,90	0,67	0,32

Operational time

N	NNE	ENE	E	ESE	SSE	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW	Sum
597	411	361	348	542	804	924	1 302	960	843	752	728	8 572

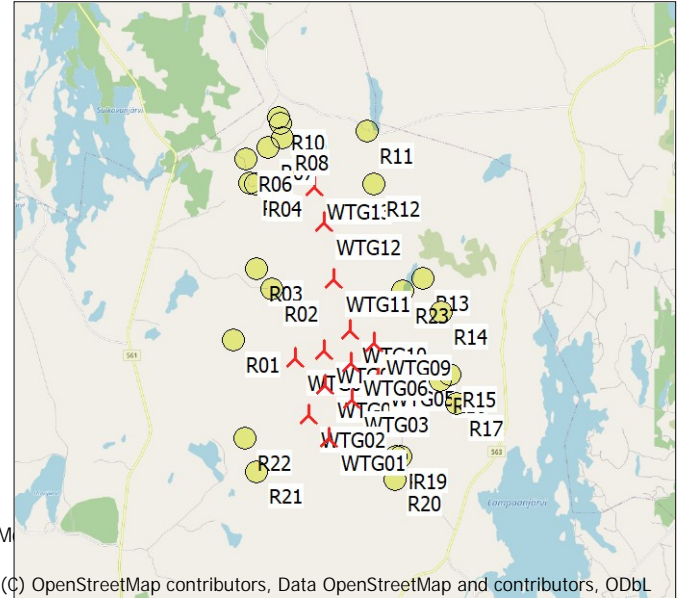
Monthly aggregation of real case reduction

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:

Height contours used: Project Wizard Elevation Data Grid (Finnish Elevation Model)
Receptor grid resolution: 1,0 m

All coordinates are in

Finish TM ETRS-TM35FIN-ETRS89



WTGs

	East	North	Z	Row data/Description	WTG type			Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Shadow data	
					Valid	Manufact.	Type-generator				Calculation distance [m]	RPM [RPM]
WTG01	491 334	7 029 256	142,3	VESTAS V172-7.2 7200 210.0 ...Yes	Yes	VESTAS	V172-7.2-7 200	7 200	210,0	215,0	1 899	-
WTG02	490 773	7 029 890	143,1	VESTAS V172-7.2 7200 210.0 ...Yes	Yes	VESTAS	V172-7.2-7 200	7 200	210,0	215,0	1 899	-
WTG03	491 944	7 030 273	144,5	VESTAS V172-7.2 7200 210.0 ...Yes	Yes	VESTAS	V172-7.2-7 200	7 200	210,0	215,0	1 899	-
WTG04	491 247	7 030 665	147,4	VESTAS V172-7.2 7200 210.0 ...Yes	Yes	VESTAS	V172-7.2-7 200	7 200	210,0	215,0	1 899	-
WTG05	492 646	7 030 956	143,4	VESTAS V172-7.2 7200 210.0 ...Yes	Yes	VESTAS	V172-7.2-7 200	7 200	210,0	215,0	1 899	-
WTG06	491 935	7 031 228	145,5	VESTAS V172-7.2 7200 210.0 ...Yes	Yes	VESTAS	V172-7.2-7 200	7 200	210,0	215,0	1 899	-
WTG07	490 429	7 031 378	143,8	VESTAS V172-7.2 7200 210.0 ...Yes	Yes	VESTAS	V172-7.2-7 200	7 200	210,0	215,0	1 899	-
WTG08	491 208	7 031 589	146,6	VESTAS V172-7.2 7200 210.0 ...Yes	Yes	VESTAS	V172-7.2-7 200	7 200	210,0	215,0	1 899	-
WTG09	492 529	7 031 774	156,6	VESTAS V172-7.2 7200 210.0 ...Yes	Yes	VESTAS	V172-7.2-7 200	7 200	210,0	215,0	1 899	-
WTG10	491 878	7 032 129	161,5	VESTAS V172-7.2 7200 210.0 ...Yes	Yes	VESTAS	V172-7.2-7 200	7 200	210,0	215,0	1 899	-
WTG11	491 470	7 033 471	162,6	VESTAS V172-7.2 7200 210.0 ...Yes	Yes	VESTAS	V172-7.2-7 200	7 200	210,0	215,0	1 899	-
WTG12	491 211	7 034 973	138,6	VESTAS V172-7.2 7200 210.0 ...Yes	Yes	VESTAS	V172-7.2-7 200	7 200	210,0	215,0	1 899	-
WTG13	490 970	7 035 925	132,4	VESTAS V172-7.2 7200 210.0 ...Yes	Yes	VESTAS	V172-7.2-7 200	7 200	210,0	215,0	1 899	-

Shadow receptor-Input

No.	East	North	Z	Width	Height	Elevation	Slope of window	Direction mode	Eye height (ZVI) a.g.l.
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	a.g.l.	[°]		[m]
R01	488 815	7 031 883	144,1	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
R02	489 840	7 033 219	128,7	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
R03	489 420	7 033 755	127,1	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
R04	489 411	7 035 994	127,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
R05	489 255	7 036 048	123,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
R06	489 169	7 036 662	127,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
R07	489 741	7 036 974	123,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
R08	490 131	7 037 222	122,7	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
R09	490 078	7 037 597	124,8	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
R10	490 028	7 037 748	117,8	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
R11	492 374	7 037 387	138,0	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
R12	492 560	7 036 005	143,6	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
R13	493 855	7 033 485	186,1	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
R14	494 340	7 032 596	165,1	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
R15	494 575	7 030 918	147,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
R16	494 298	7 030 802	145,5	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0

To be continued on next page...

SHADOW - Main Result

Calculation: Löytänä kaava todennäköinen tilanne

...continued from previous page

No.	East	North	Z	Width	Height	Elevation a.g.l.	Slope of window	Direction mode	Eye height (ZVI) a.g.l.
			[m]	[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
R17	494 735	7 030 184	145,1	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
R18	493 098	7 028 790	169,4	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
R19	493 261	7 028 783	183,2	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
R20	493 095	7 028 161	188,9	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
R21	489 404	7 028 357	142,8	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
R22	489 115	7 029 261	143,3	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0
R23	493 300	7 033 157	160,6	1,0	1,0	1,0	90,0	"Green house mode"	2,0

Calculation Results

Shadow receptor

No.	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]
R01	13:30	36	0:29	2:38
R02	16:28	42	0:30	3:57
R03	0:00	0	0:00	0:00
R04	16:29	41	0:31	3:33
R05	13:15	36	0:28	2:47
R06	0:00	0	0:00	0:00
R07	15:55	41	0:30	2:21
R08	19:55	47	0:32	2:35
R09	15:23	44	0:27	1:34
R10	0:00	0	0:00	0:00
R11	0:00	0	0:00	0:00
R12	30:10	79	0:30	5:25
R13	0:00	0	0:00	0:00
R14	0:00	0	0:00	0:00
R15	0:00	0	0:00	0:00
R16	15:20	40	0:29	3:31
R17	0:00	0	0:00	0:00
R18	15:39	60	0:27	3:44
R19	0:00	0	0:00	0:00
R20	0:00	0	0:00	0:00
R21	0:00	0	0:00	0:00
R22	17:03	47	0:29	4:17
R23	46:51	123	0:32	7:15

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

No.	Name	Worst case [h/year]	Expected [h/year]
WTG01	VESTAS V172-7.2 7200 210.0 !O! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (1)	13:16	3:07
WTG02	VESTAS V172-7.2 7200 210.0 !O! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (2)	17:03	4:17
WTG03	VESTAS V172-7.2 7200 210.0 !O! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (3)	2:23	0:36
WTG04	VESTAS V172-7.2 7200 210.0 !O! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (4)	0:00	0:00
WTG05	VESTAS V172-7.2 7200 210.0 !O! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (5)	15:20	3:31
WTG06	VESTAS V172-7.2 7200 210.0 !O! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (6)	0:00	0:00
WTG07	VESTAS V172-7.2 7200 210.0 !O! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (7)	13:30	2:38
WTG08	VESTAS V172-7.2 7200 210.0 !O! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (8)	0:00	0:00
WTG09	VESTAS V172-7.2 7200 210.0 !O! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (9)	20:44	2:17
WTG10	VESTAS V172-7.2 7200 210.0 !O! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (10)	13:29	2:00
WTG11	VESTAS V172-7.2 7200 210.0 !O! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (11)	29:06	6:55
WTG12	VESTAS V172-7.2 7200 210.0 !O! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (12)	14:29	2:06
WTG13	VESTAS V172-7.2 7200 210.0 !O! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (13)	83:06	13:37

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.

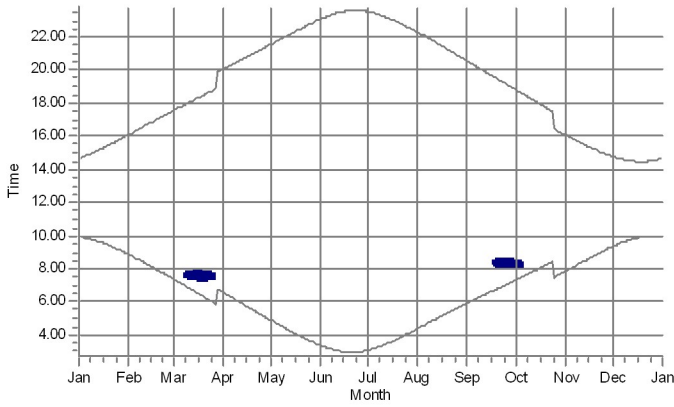
The calculation of the total expected values for a given receptor assumes a weighted average directional reduction for all WTGs contributing to shadow flicker within the same day. In the case where shadow flicker from different WTGs is not concurrent within the day, the total expected time at a given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



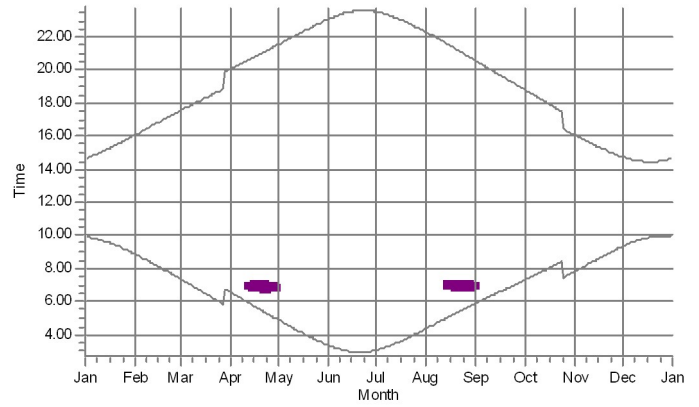
SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Löytänä kaava todennäköinen tilanne

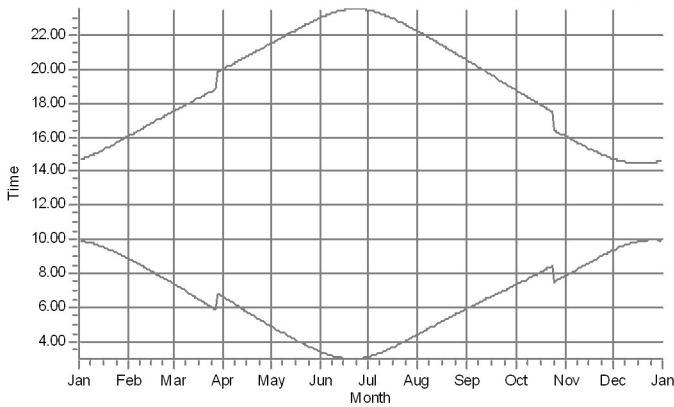
R01: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (63)



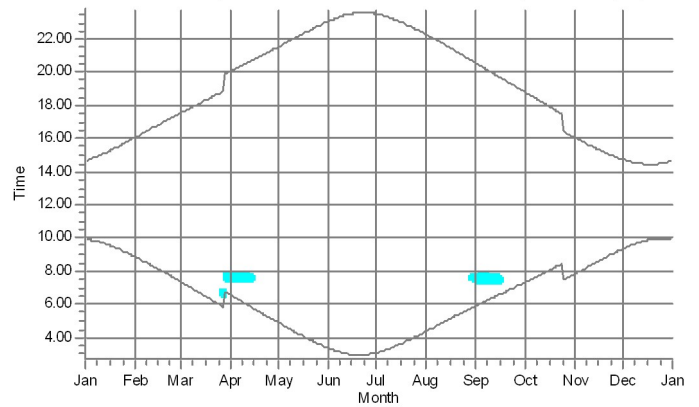
R02: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (59)



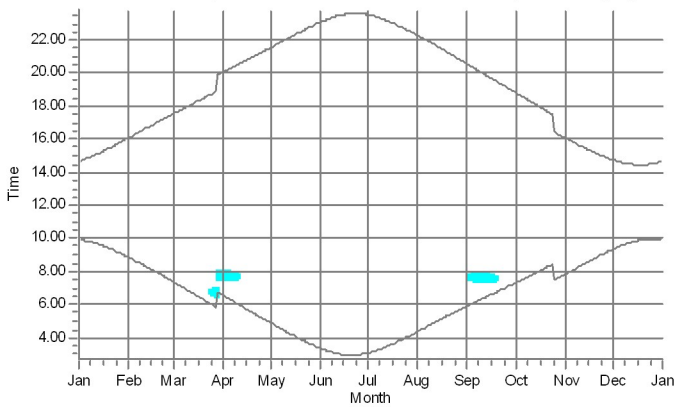
R03: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (57)



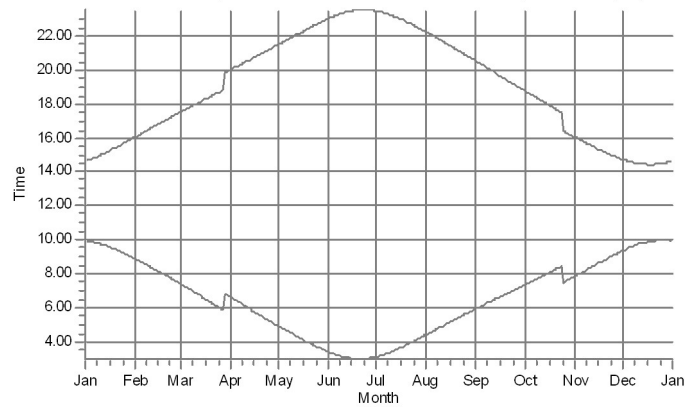
R04: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (67)



R05: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (55)



R06: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (53)



WTGs

WTG07: VESTAS V172-7.2 7200 210.0 IO! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (7)
 WTG11: VESTAS V172-7.2 7200 210.0 IO! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (11)

WTG13: VESTAS V172-7.2 7200 210.0 IO! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (13)

Project:

Löytänä kaava välkemallinnus

Licensed user:

WSP Finland Oy / WSP Finland Ltd.

Pasilan Asema-aukio 1

FI-00520 Helsinki

+358 2078 6411

Julia Turku / julia.turku@wsp.com

Calculated:

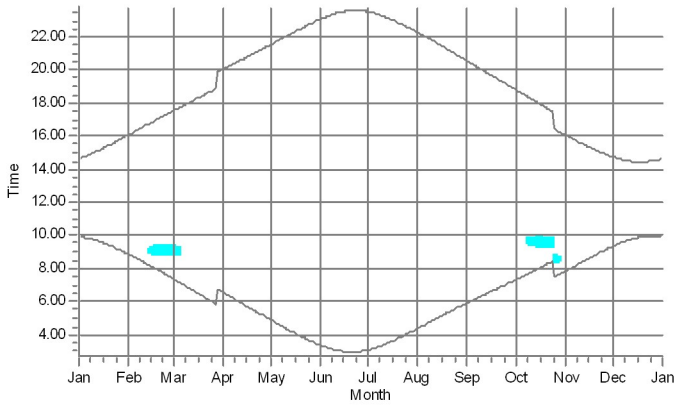
20.9.2024 16.08/4.0.540



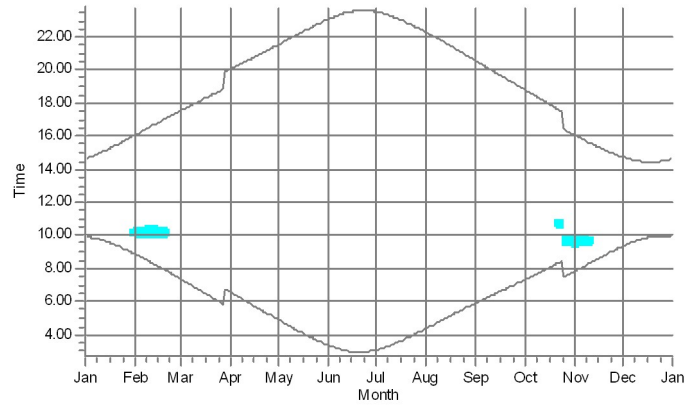
SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Löytänä kaava todennäköinen tilanne

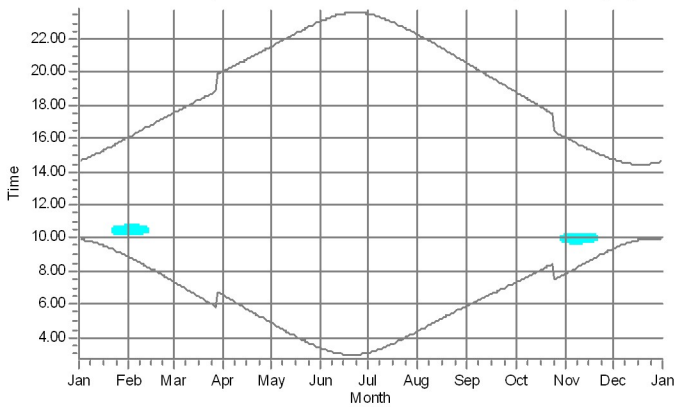
R07: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (50)



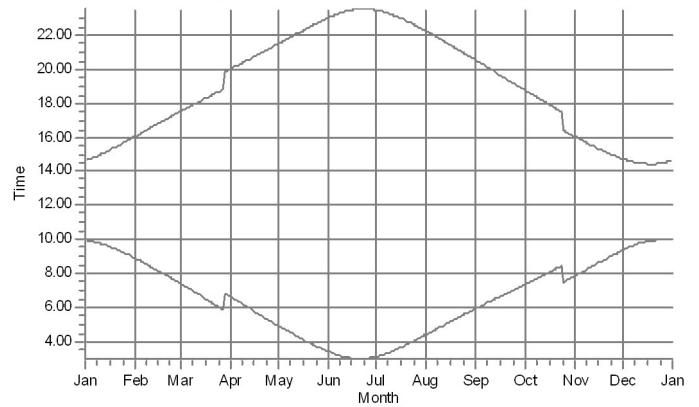
R08: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (70)



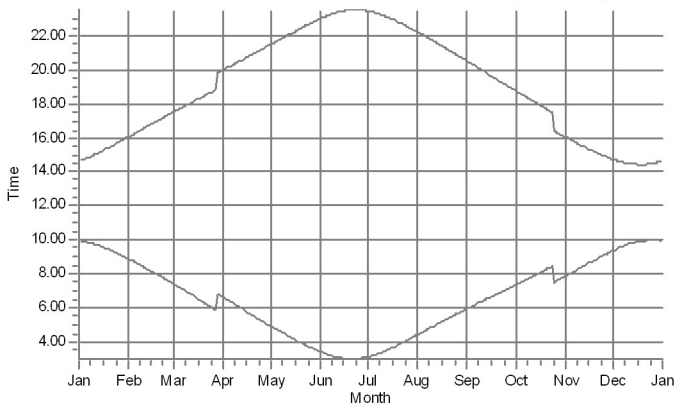
R09: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (49)



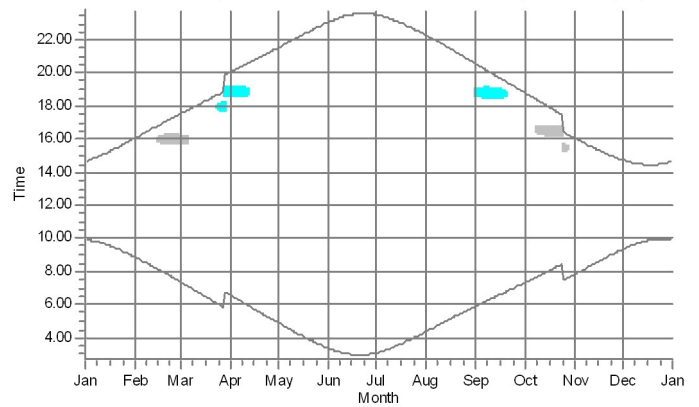
R10: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (68)



R11: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (64)



R12: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (60)



WTGs

WTG12: VESTAS V172-7.2 7200 210.0 !O! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (12)

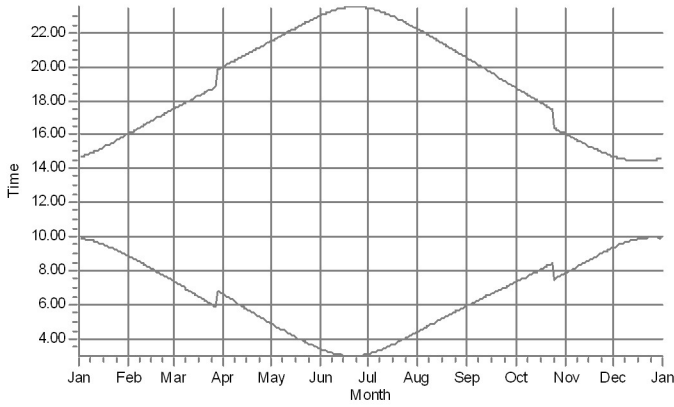
WTG13: VESTAS V172-7.2 7200 210.0 !O! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (13)



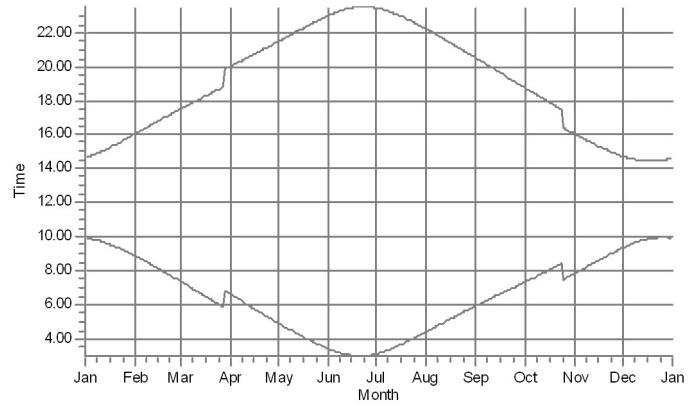
SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Löytänä kaava todennäköinen tilanne

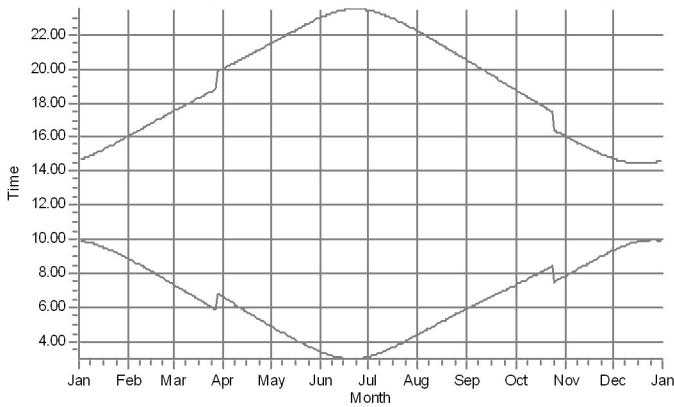
R13: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (61)



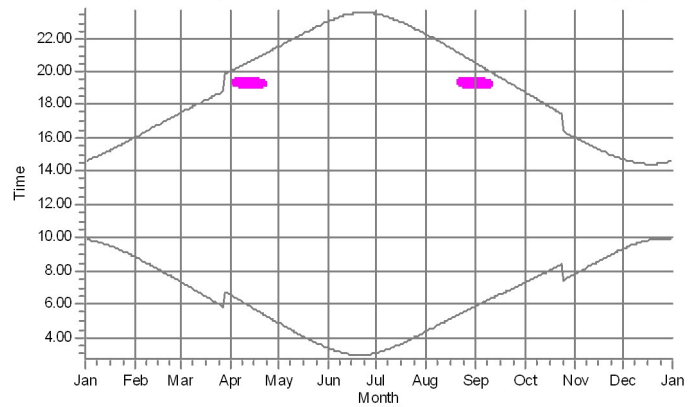
R14: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (62)



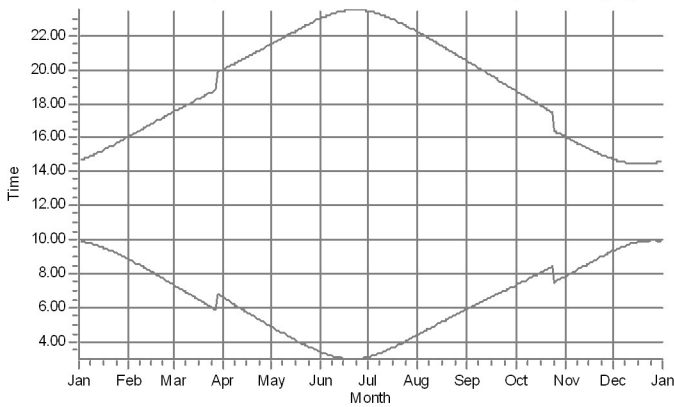
R15: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (69)



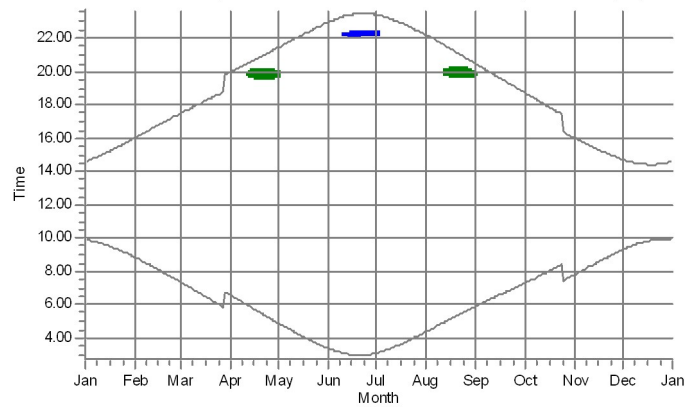
R16: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (52)



R17: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (54)



R18: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (58)



WTGs

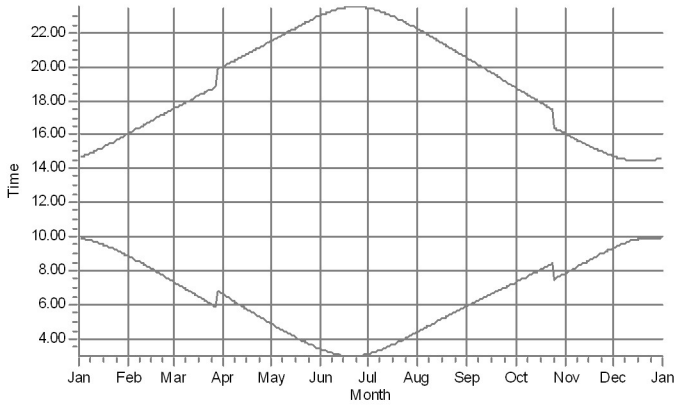
- WTG01: VESTAS V172-7.2 7200 210.0 IO! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (1)
- WTG03: VESTAS V172-7.2 7200 210.0 IO! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (3)

- WTG05: VESTAS V172-7.2 7200 210.0 IO! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (5)

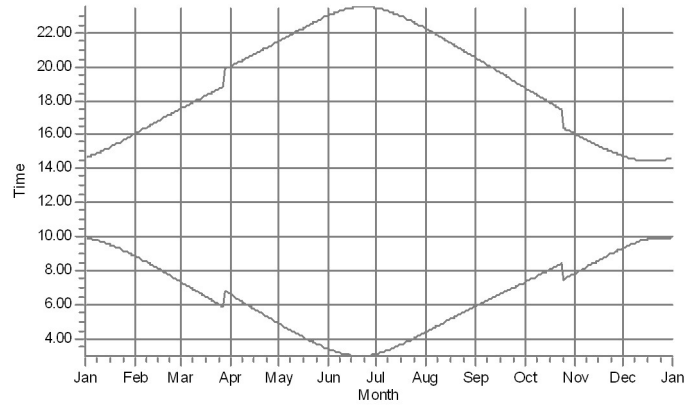
SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Löytänä kaava todennäköinen tilanne

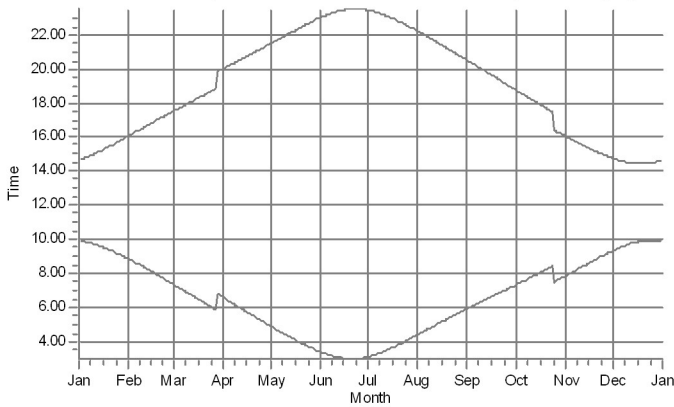
R19: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (65)



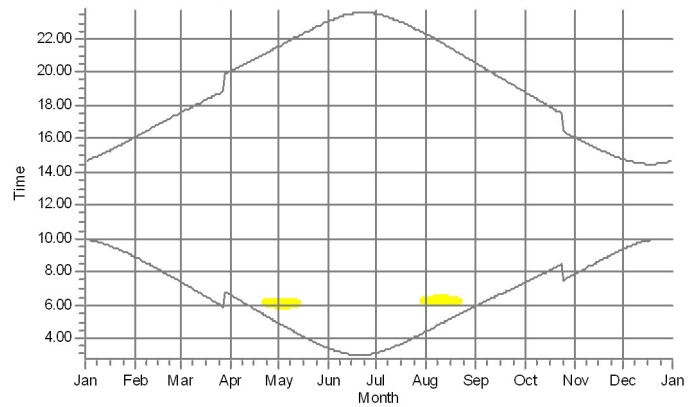
R20: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (56)



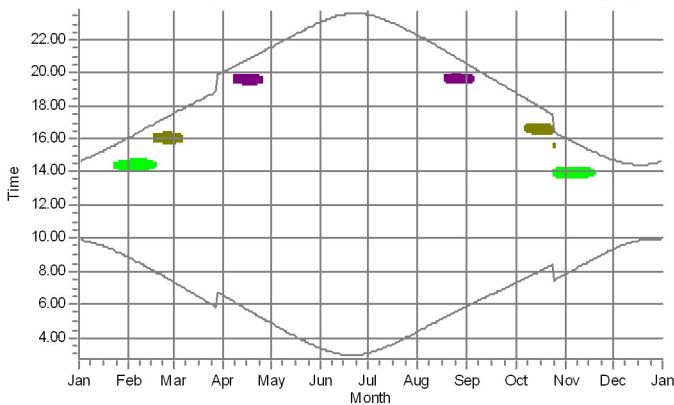
R21: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (51)



R22: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (66)



R23: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (71)



WTGs

- WTG02: VESTAS V172-7.2 7200 210.0 !O! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (2)
- WTG09: VESTAS V172-7.2 7200 210.0 !O! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (9)

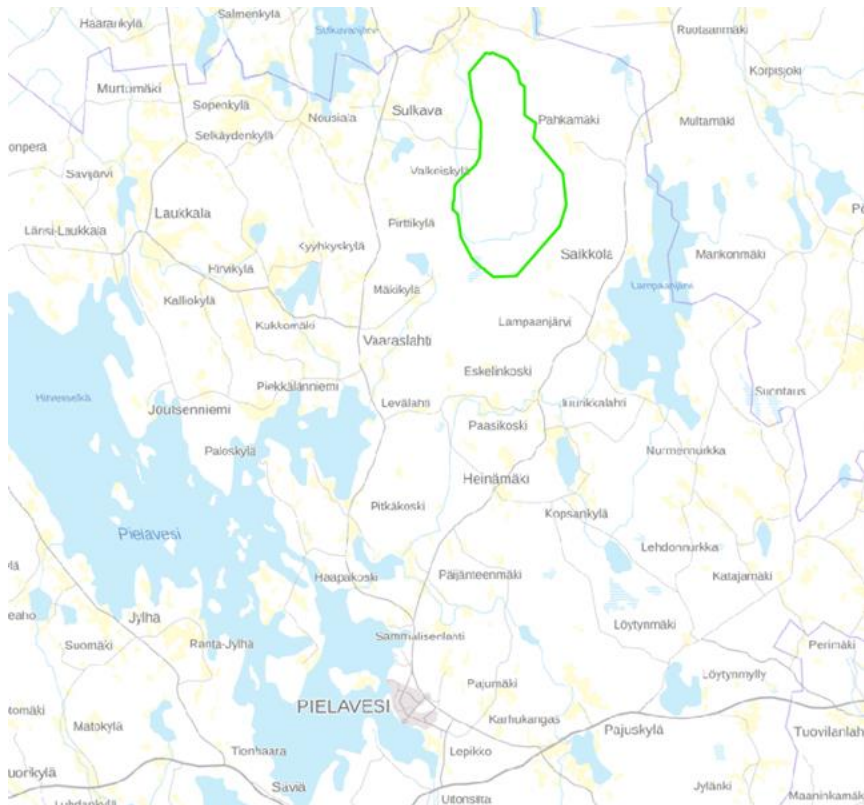
- WTG10: VESTAS V172-7.2 7200 210.0 !O! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (10)
- WTG11: VESTAS V172-7.2 7200 210.0 !O! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (11)

ABO WIND OY

PIELAVEDEN LÖYTÄNÄN TUULIVOIMAHANKE VÄLKEMALLINNUS

8.4.2024

JULKINEN



318380

REV: A1



Sisällysluettelo

1.	Hankkeen tiedot ja tehtävän kuvaus	3
2.	Tiivistelmä selvityksen johtopäätöksistä.....	3
3.	Välkevaikutus ja vertailuarvot.....	4
3.1.	Välke ilmiönä	4
3.2.	Vertailuarvot	4
4.	Lähtötiedot ja mallinnusmenetelmä	5
4.1.	Hankkeen lähtötiedot.....	5
4.2.	Laskennassa käytetty tietoaaineisto	6
4.3.	Mallinnusmenetelmä.....	6
5.	Välkevaikutukset.....	7
5.1.	Välkkeen vaikutusalue	7
5.2.	Reseptorikohtaiset välkemäärät.....	11
6.	Löytänän ja läheisten tuulivoimalaitosten yhteisvaikutus	14
7.	Vaikutusten lieventäminen.....	17
8.	Mallinnuksen epävarmuudet.....	17
	Viitteet	18
	Liitteet	18

1. Hankkeen tiedot ja tehtävän kuvaus

ABO Oy suunnittelee tuulivoimalaitosta Pielaveden Löytänän alueelle. Osana YVA-lain (252/2017) mukaista hankkeen ympäristövaikutusten arviointia WSP Finland Oy on laatinut selvityksen suunnitellun tuulivoimalaitoksen välkevaikutuksista. Työn tilaaja on ABO Wind Oy.

Selvityksessä on arvioitu tuulivoimaloiden aiheuttamaa välkevaikutusta laskennallisen mallinnuksen ja vertailuarvojen avulla. Selvitys on laadittu perustuen Ympäristöministeriön oppaaseen *Tuulivoimarakentamisen suunnittelu* [1]. Välkevaikutukselle ei ole Suomessa määritelty ohjearvoja. Ympäristöministeriön suosituksen mukaisesti selvityksessä käytetään vertailuarvoina muiden maiden ohjearvoja.

Tarkastelu on tehty hankkeen hankevaihtoehdoille VE1 ja VE2, ja lisäksi on tarkasteltu hankkeen yhteisvaikutuksia hankealueen lähistölle suunnitteilla olevan Vuorimäen tuulivoimalaitoksen hankevaihtoehdon VE1 kanssa. Molempien hankkeiden tiedot on saatu tilaajalta.

Mallinnuksen avulla tuotetaan laskennallinen välkevyöhykekartta, josta käy ilmi maksimaalisen väлкеtilanteen vaikutusalue sekä vertailuarvojen mukaisesti rajatut teoreettisen maksimivälkkeen vyöhykkeet. Lisäksi myös todennäköisen tilanteen väлкеmäärät on esitetty välkevyöhykekarttana. Todennäköinen väлкеmäärä on aina maksimimäärää pienempi. Mikäli maksimivälकेtilanteen perusteella määritellyllä väлкеen vaikutusalueella tai hyvin lähellä sitä on asuin- tai lomarakennuksia, lasketaan niille reseptorikohtainen todennäköinen vuotuinen väлкеmäärä, jossa on huomioitu tilastotietoon perustuvat paikalliset keskimääräiset aurinkoisuus- ja tuulusuolosuhteet.

Laskennan sekä raportin on laatinut projektipäällikkö DI Julia Turku ja tarkastaneet tiimipäällikkö FM Sirpa Lappalainen sekä projektinjohtaja DI Janna Riikonen WSP Finland Oy:stä.

2. Tiivistelmä selvityksen johtopäätöksistä

Mallinnuksen perusteella suunnitellun tuulivoimalaitoksen hankevaihtoehdolla VE1 välkevaikutuksen alueella on yhteensä 12, ja hankevaihtoehdolla VE2 10, asuin- tai lomarakennusta. Näistä kaksi asuinrakennusta ja kaksi lomarakennusta sijaitsevat vyöhykkeellä, jolla vertailuarvoina käytettävä Saksan raja-arvo teoreettisen maksimitilanteen laskennalliselle vuorokautiselle väлкеmäärälle (30 min / vrk) ylittyy. Näille rakennuksille erikseen tehdyn tarkastelun perusteella **todennäköisen tilanteen laskennalliset väлкеmäärät eivät ylitä todellisen väлкеmäärän vertailuarvoja minkään asuin- tai lomarakennuksen kohdalla.**

Mallinnuksen perusteella Löytänän (hankevaihtoehto VE1) ja Vuorimäen (VE1) suunniteltujen tuulivoimalaitosten yhteisvaikutusalueella ei ole yhtään asuin- tai lomarakennusta.

3. Välkevaikutus ja vertailuarvot

3.1. Välke ilmiönä

Välkevaikutuksella tarkoitetaan valon ja varjon vilkkumista auringon paistaessa tuulivoimalan takaa. Roottorin lapojen pyöriminen aiheuttaa liikkuvan varjon, joka voi tuulivoimalan koosta, sijainnista ja auringon kulmasta riippuen ulottua n. 1-3 kilometrin päähän tuulivoimalasta. Vuoden- ja vuorokaudenaika vaikuttavat välkevaikutuksen suuntaan, etäisyyteen ja keston. Laajimmalle varjo ulottuu, kun aurinko on matalalla. Toisaalta kun aurinko laskee riittävän matalalle, yhtenäistä varjoa ei enää muodostu. Suomessa yksittäisen tuulivoimalan välkevaikutus kohdistuu valtaosin voimalan pohjoispuolelle (päiväaika, jolloin aurinko paistaa etelän suunnalta ja varjo lankeaa pohjoiseen) sekä lounais- ja kaakkoispuolille (aamu- ja iltajat). Ainoastaan pohjoisen napapiirin pohjoispuolella vaikutus voi ulottua voimalan eteläpuolelle.

Teoreettisen maksimivälkkeen laskennassa oletetaan, että sää on pysyvästi aurinkoinen, tuulivoimalan roottorin pyörii jatkuvasti ja roottori on aina kohtisuorassa aurinkoa kohden. Maksimivälkkeen mallinnuksella ennustetaan siis pahinta mahdollista tilannetta. Maksimivälke esitetään yleensä välkevyöhykekarttana, jonka kuvaamalle alueelle välkettä voi teoriassa aiheutua. Välkettä ei koskaan esiinny koko alueella samanaikaisesti.

Todellisesti välkettä on havaittavissa vain sään ollessa riittävän aurinkoinen. Tuulivoimalan pyörimisnopeus ja turbiinin suuntaus taas riippuu kulloinkin vallitsevasta tuulesta. Jos roottori ei pyöri, varjokaan ei vilku. Jos taas roottori on sellaisessa asennossa, että auringonpaiste tulee katsojasta nähden roottorin sivusta eikä kohtisuoraan roottorin läpi, välkealue on pienempi. Poikittain aurinkoon suuntautunut voimala aiheuttaa varjostusta pienemmälle alueelle kuin kohtisuoraan aurinkoon suuntautunut voimala.

Tämän vuoksi **todennäköisen välkemäärän** arvioinnissa huomioidaan paikallinen tilastoaineisto auringonpaisteen määrästä ja ajoittumisesta, tuulisuudesta voimalan toiminta-ajan osuuden arvioimiseksi, sekä tuulen suuntien ja nopeuksien jakautumisesta roottorin suuntauksen arvioimiseksi.

Todennäköisen tilanteen välkemäärä mallinnetaan herkille kohteille täsmällisesti kohteen sijainnissa. Kaikki välkkeen vaikutusalueella sijaitsevat sekä lähimmät vaikutusalueen ulkopuolella sijaitsevat asuin- tai lomarakennukset ja muut herkäät kohteet valitaan mallinnukseen reseptoripisteiksi. Todennäköisen tilanteen mallinnuksella saadaan tarkin mahdollinen ennuste herkkään kohteeseen aiheutuvasta välkemäärästä, ja lisäksi sen ajoittumisesta. Mallissa ei kuitenkaan huomioida rakennusten ja puuston peitevaikutusta. Paikkoihin, joihin tuulivoimalat eivät ole nähtävissä, eivät ne myöskään aiheuta välkevaikutuksia. Tosiasiallisesti aiheutuva välkevaikutus on siis tyypillisesti laskennallista todennäköistä välkemäärää pienempi, koska osa laskennallisesta välkevaikutuksesta jää näkymättömiin esteiden taakse.

3.2. Vertailuarvot

Suomessa ei ole määritelty välkevaikutukselle raja-arvoja tai suosituksia. Valtioneuvoston julkaiseman *Ympäristöhallinnon ohjeita 5/2016 Tuulivoimarakentamisen suunnittelu* [1] mukaan on suositeltavaa käyttää apuna muiden maiden suosituksia välkkeen rajoittamisesta. Ohjeessa on annettu taulukon 1. mukaiset esimerkit raja-arvoista ja suosituksista asuinrakennuksiin tai muihin herkkiin kohteisiin kohdistuvalle välkkeelle.

Arviointimenetelmien, mallinnusparametrien ja -oletusten perusteena on käytetty vastaavasti näiden maiden viranomaisten ohjejulkaisuja [2,3,4].

Taulukko 1. Raja-arvoja ja suosituksia suurimmasta hyväksyttävän välkevaikutuksen määrästä muissa maissa (Ympäristöhallinnon ohjeita 5/2016).

Maa	Todellinen tilanne (real case)	Laskennallinen maksimitilanne (worst case)
Saksa (raja-arvo)	8 h / vuosi	30 h / vuosi 30 min / vrk
Tanska (raja-arvo)	10 h / vuosi	-
Ruotsi (suositus)	8 h / vuosi 30 min / vrk	-

4. Lähtötiedot ja mallinnusmenetelmä

4.1. Hankkeen lähtötiedot

Hankevaihtoehto VE1 sisältää 13 tuulivoimalaa. Tarkastelussa kaikkien voimaloiden mallina on käytetty VESTAS V172 -voimalamallia, napakorkeutta 215 m ja roottorin halkaisijaa 210 m.

Hankevaihtoehdossa VE2 on poistettu voimalat no 5 ja 9, muutoin voimalasijainnit ovat samat kuin vaihtoehdossa VE1. Hankevaihtoehto VE2 sisältää siis 11 voimalaa. Voimaloiden sijaintitiedot on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 mukaiset voimaloiden sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa sekä maaston korkeudet vastaavasti.

Voimala	E	N	Maaston korkeus [m]
WTG01	491334	7029256	142,3
WTG02	491470	7033471	162,6
WTG03	491211	7034973	138,6
WTG04	490970	7035925	132,4
WTG05 (vain VE1)	491986	7032315	167,5
WTG06	490773	7029890	143,1
WTG07	491944	7030273	144,5
WTG08	491247	7030665	147,4
WTG09 (vain VE1)	492646	7030956	143,4
WTG10	491948	7031326	147,1

WTG 11	490429	7031378	143,8
WTG 12	491251	7031611	147,9
WTG 13	492589	7031847	157,6

4.2. Laskennassa käytetty tietoaaineisto

Alueen korkeustiedot saatiin Maanmittauslaitoksen maastotietokannasta 10 m resoluutiolla ja vähintään 2,0 m korkeustarkkuudella. Maastomallissa ei huomioitu puuston tai rakennusten vaikutusta välkevaikutuksen leviämiseen.

Alueen asuin- ja lomarakennusten sijainnit on saatu Maanmittauslaitoksen maastotietokannasta.

Todennäköisen tilanteen laskennalliseen arviointiin on käytetty Ilmatieteenlaitoksen Jyväskylän lentoaseman säähavaintoaseman keskiarvoisia auringonpaisteisuustietoja ilmastolliselta vertailukaudelta 1991-2020 [5]. Keskimääräinen päivittäinen aurinkoisten tuntien määrä kuukausittain on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Keskimääräinen päivittäinen aurinkoisten tuntien määrä kuukausittain Jyväskylän lentoaseman säähavaintoaseman aurinkoisuustietojen mukaan.

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0,81	2,25	4,39	5,97	8,13	8,13	8,42	6,71	4,10	1,90	0,67	0,32

Tuulisuustietona on käytetty Ilmatieteenlaitoksen Tuuliatlas -tietokannassa olevaa paikallisen mittaustilaston perusteella mallinnettua tuulisuustietoa hankkeen voimalamallin napakorkeutta lähimmässä mallinnuskorkeudessa (200 m) [6]. Tuulisuustiedoista on laskettu arvio tuulivoimaloiden vuotuiseksi toiminta-ajaksi ilmansuunnittain. Toiminta-aikaa laskettaessa on oletettu, että tuulivoimalat ovat toiminnassa tuulen nopeuden ollessa vähintään 3 m/s napakorkeudella. Arvio vuotuisesta kokonaistoiminta-ajasta on 98 %. Toiminta-aika on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Tuuliatlaksen paikallisista tuulisuustiedoista laskettu tuulivoimalaitoksen vuotuinen toiminta-aika tunteina ilmansuunnittain.

N	NNE	ENE	E	ESE	SSE	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW	Sum
597	411	361	348	542	804	924	1302	960	843	752	728	8572

4.3. Mallinnusmenetelmä

Tuulivoimaloiden aiheuttaman välkevaikutuksen esiintymisalue ja välkemäärät laskettiin EMD WindPRO 4.0 -ohjelman Shadow-moduulilla [7]. Ohjelma on yleisesti käytössä tuulivoimaloiden aiheuttaman välkkeen mallinnuksessa. Mallinnusparametrien ja -oletusten valinnan perusteena käytettiin Saksan, Ruotsin ja Tanskan viranomaisten ohjejulkaisuja

[2,3,4] sekä Suomessa aiemmin raportoituja tuulivoimalaitosten välkemallinnuksia soveltuvin osin.

Laskentapisteen väliseksi etäisyydeksi asetettiin 10 metriä ja tarkastelukorkeudeksi 1,5 metriä maan pinnasta. Yleisesti käytössä olevan laskentatavan mukaan välkevaikutusta laskettaessa auringonpaistekulma horisontista on vähintään kolme astetta, jonka alle menevää auringon säteilyä ei huomioida.

Laskenta tehtiin 1 minuutin tarkkuudella. Välkkeen ilmenemisajaksi lasketaan se osa ajasta, jonka roottorin lapa peittää vähintään 20 % auringosta. Mallinuksissa ei huomioida puuston ja rakennusten aiheuttamaa peittovaikutusta.

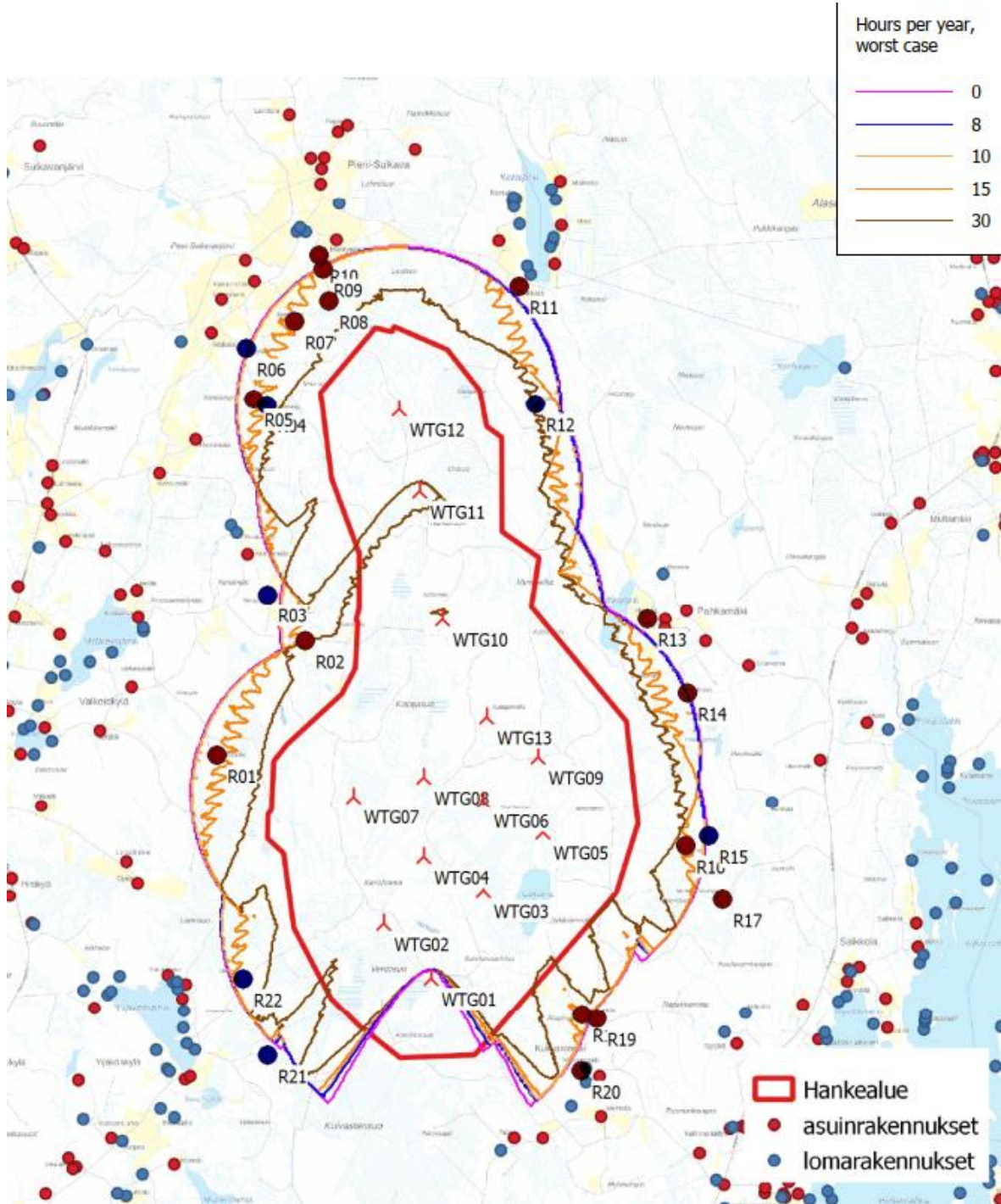
Reseptorikohtaisessa todennäköisen välkemäärän laskennassa tehdään maksimaalisen välkemäärän tuloksiin vähennykset alueellisiin tilastollisiin aurinkoisuus- ja tuulusuustietoihin perustuen.

5. Välkevaikutukset

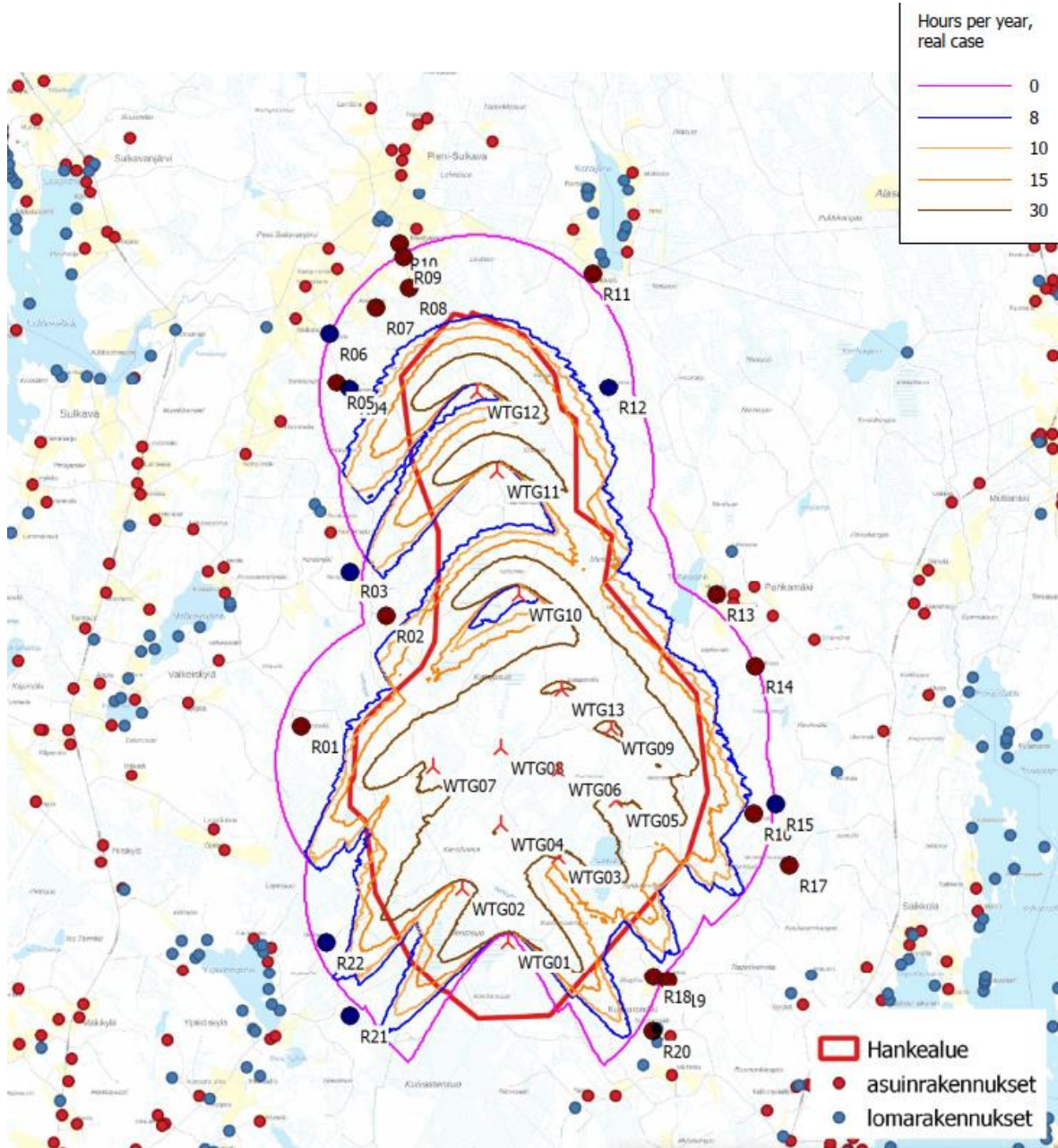
5.1. Välkkeen vaikutusalue

Hankevaihtoehdoissa esitettyjen voimalaryhmien mallinnukseen perustuva arvio maksimivälkevaikutuksesta on esitetty välkevyöhykekarttana, jossa vyöhykkeet kuvaavat suurinta mahdollista välkemäärää tunteina vuodessa. Kunkin vyöhykerajan sisäpuolella välkemäärä on rajan merkitsemää tuntimäärää suurempi, vyöhykerajan ulkopuolella taas pienempi.

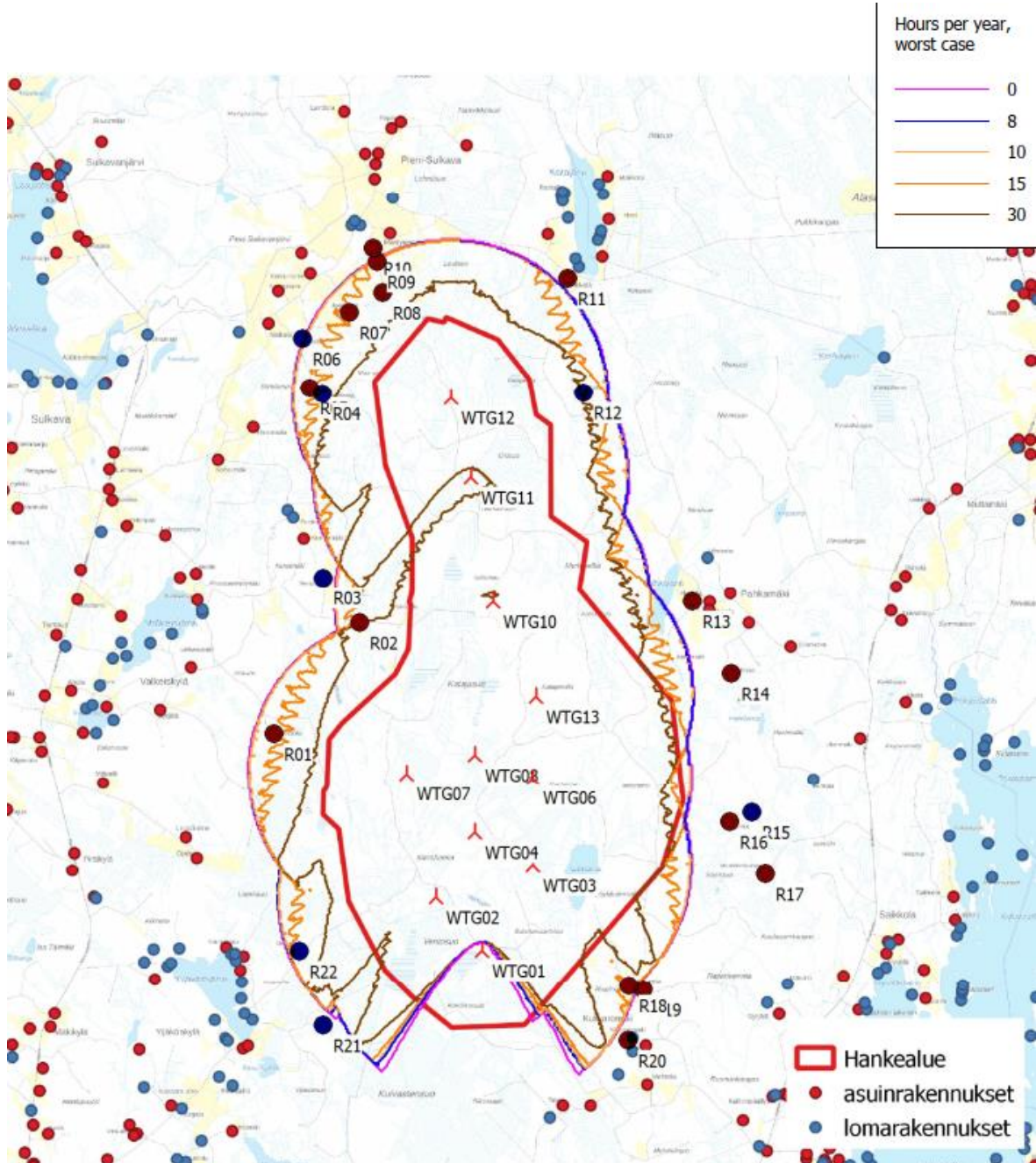
Arvio välkkeen vaikutusalueesta on laskettu myös todennäköisessä tilanteessa, eli huomioiden tilastotiedon paikallisista paisteisuus- ja tuulusuolosuhteista. Välkevyöhykekartta maksimitilanteelle ja todennäköiselle tilanteelle on esitetty hankevaihtoehdolle VE1 kuvissa 1 ja 2, ja hankevaihtoehdolle VE2 kuvissa 3 ja 4. Mallinnusohjelmistosta tulostetut vastaavat välkevyöhykekartat mallinnusparametreineen ovat liitteinä 1 - 4.



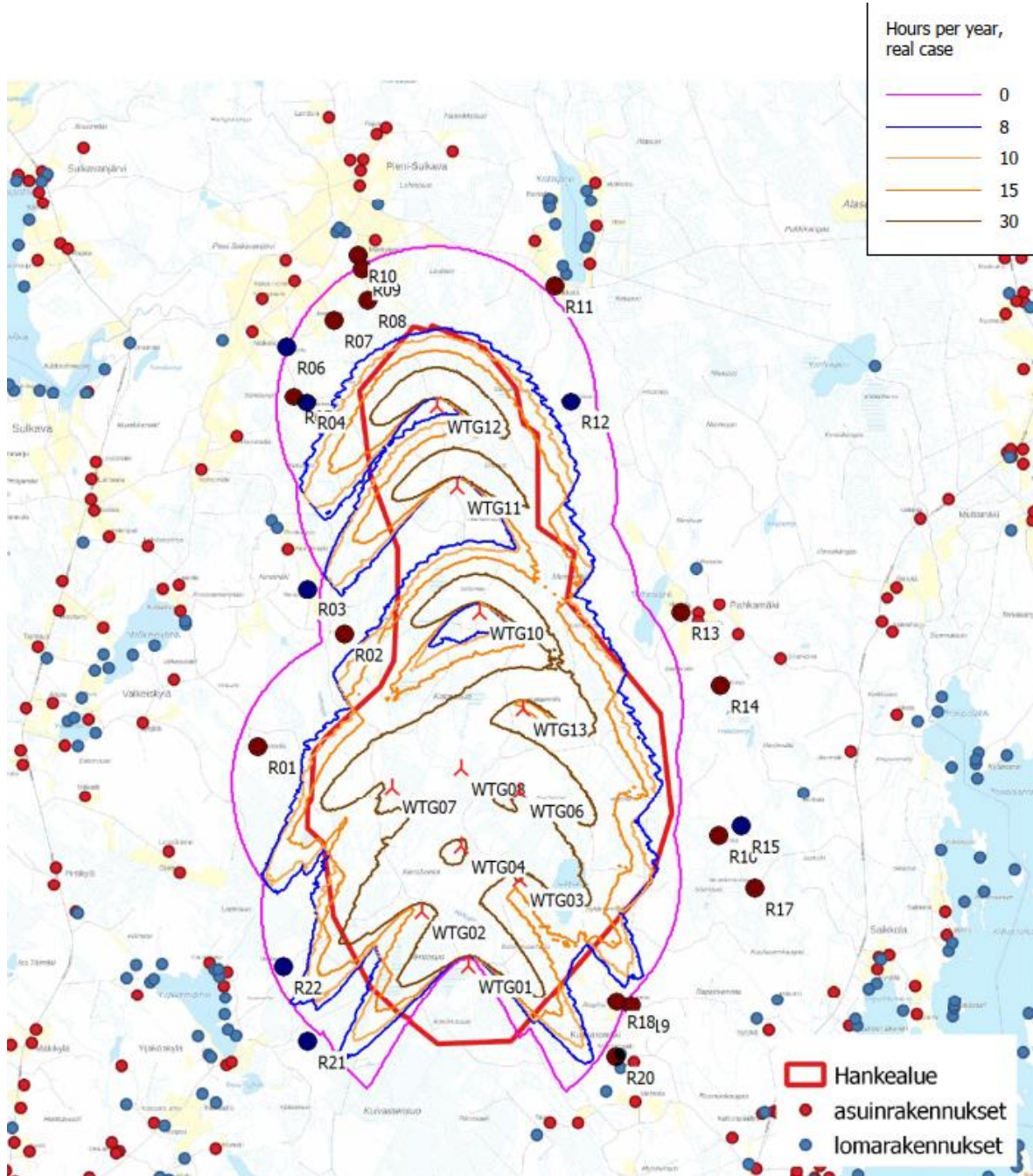
Kuva 1. Hankevaihtoehdon VE1 maksimivälkevaikutus vyöhykekarttana. Kunkin vyöhykerajan sisäpuolella välkemäärä on rajan merkittävää tuntimäärää suurempi, vyöhykerajan ulkopuolella taas pienempi.



Kuva 2. Hankevaihtoehdolle VE1 arvioitu todennäköisen tilanteen välkevaikutus vyöhykekarttana. Kunkin vyöhykerajan sisäpuolella väkemmäärä on rajan merkitsemää tuntimäärää suurempi, vyöhykerajan ulkopuolella taas pienempi.



Kuva 3. Hankevaihtoehdon VE2 maksimivälkevaikutus vyöhykekarttana.



Kuva 4. Hankevaihtoehdolle VE2 arvioitu todennäköisen tilanteen välkevaikutus vyöhykekarttana.

5.2. Reseptorikohtaiset välkemäärät

Kaikki välkkeen vaikutusalueella sijaitsevat, sekä lisäksi muutama lähimpänä vaikutusaluetta sijaitseva, asuin- tai lomarakennus on valittu reseptoripisteiksi, jolle tehdään reseptorikohtainen todennäköisen välkemäärän mallinnus. Valitut 22 reseptoria on esitetty taulukossa 5 sekä välkevyöhykekarttoja esittävässä kuvissa.

Taulukko 5. Reseptorien sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa sekä maaston korkeudet vastaavasti.

Reseptorit	E	N	Maaston korkeus [m]	Rakennusluokitus
R01	488823	7031869	143,7	Asuinrakennus
R02	489865	7033206	129	Asuinrakennus
R03	489427	7033750	126,5	Lomarakennus
R04	489416	7035979	127,9	Lomarakennus
R05	489264	7036043	124	Asuinrakennus
R06	489182	7036647	126,6	Lomarakennus
R07	489743	7036964	124,1	Asuinrakennus
R08	490146	7037199	121,6	Asuinrakennus
R09	490082	7037574	124,7	Asuinrakennus
R10	490033	7037738	117,9	Asuinrakennus
R11	492378	7037377	137,9	Asuinrakennus
R12	492572	7035986	143,7	Lomarakennus
R13	493873	7033470	186,7	Asuinrakennus
R14	494338	7032589	165,3	Asuinrakennus
R15	494585	7030907	147,2	Lomarakennus
R16	494316	7030790	144,7	Asuinrakennus
R17	494744	7030175	144,9	Asuinrakennus
R18	493103	7028819	170,1	Asuinrakennus
R19	493276	7028772	183,5	Asuinrakennus
R20	493089	7028156	188,5	Asuinrakennus
R21	489412	7028346	142,4	Lomarakennus
R22	489130	7029243	143,7	Lomarakennus

Reseptorikohtaisen mallinnustuloksen perusteella voidaan todeta, että hankevaihtoehdon VE1 mallinnustuloksessa reseptorit R04, R07, R08 ja R12 sijaitsevat vyöhykkeellä, jolla maksimitilanteen vuorokautisen väkemäärän vertailuarvo, Saksassa raja-arvona käytetty 30 min / vrk, ylittyy. Maksimitilanteen vuotuisen väkemäärän vertailuarvo 30 h ei ylitä, mutta reseptorille R12 kohdistuva määrä, 29 h 54 min, on lähellä vertailuarvoa.

Reseptorikohtaisen todennäköisen tilanteen mallinnuksen perusteella todellisen tilanteen vertailuarvo (8 h / vuosi) ei ylitä millekään reseptorille.

Taulukossa 6 on esitetty hankevaihtoehdossa VE1 reseptoreihin kohdistuvat väkemäärät sekä väkettä aiheuttavat tuulivoimat.

Taulukko 6. Hankevaihtoehdossa VE1 reseptoreihin kohdistuva välkemäärä maksimitilanteessa sekä todennäköisessä tilanteessa. Värillisellä taustalla esitetyt voimalat WTG05 ja WTG09 sisältyvät vain vaihtoehtoon VE1.

Reseptori	Todennäköinen tilanne		Maksimitilanne (maksimivälkevyöhykkeen määrittämistä varten)		Välkettä aiheuttavat voimalat
	Tuntia / vuosi	Min / vrk	Tuntia / vuosi	Min / vrk	
R01	2 h 39 min	-	13 h 34 min	29	WTG07
R02	4 h 07 min	-	17 h 06 min	30	WTG10
R03	0	-	0	0	-
R04	3 h 36 min	-	16 h 38 min	31	WTG12
R05	2 h 49 min	-	13 h 26 min	29	WTG12
R06	0	-	0	0	-
R07	2 h 22 min	-	15 h 57 min	31	WTG12
R08	2 h 42 min	-	20 h 34 min	33	WTG12
R09	1 h 37 min	-	15 h 42 min	27	WTG12
R10	0	-	0	0	-
R11	0	-	0	0	-
R12	5 h 25 min	-	29 h 54 min	31	WTG11, WTG12
R13	0	-	0	0	-
R14	1 h 54 min	-	10 h 44 min	26	WTG09
R15	0	-	0	0	-
R16	3 h 25 min	-	14 h 52 min	29	WTG05
R17	0	-	0	0	-
R18	4 h 12 min	-	17 h 27 min	27	WTG01, WTG03
R19	0	-	0	0	-
R20	0	-	0	0	-
R21	0	-	0	0	-
R22	4 h 27 min	-	17 h 33 min	29	WTG02

Reseptoreihin R04, R07, R08 ja R12 kohdistuvan välkkeen lähteenä on pääasiallisesti hankkeen voimala WTG12. Reseptoriin R12 kohdistuu välkettä lisäksi myös voimalasta WTG11. Reseptoriin R18 kohdistuu välkettä voimaloista WTG01 ja WTG03.

Hankevaihtoehdon VE2 välkevaikutus ei mallinnustuloksen perusteella ulotu reseptoreihin R14 ja R16. Muille reseptoreille arvioitu välkevaikutus on sama kuin hankevaihtoehdossa VE1.

Mallinnusohjelmistosta tulostetut reseptorikohtaiset välkkeen esiintyvyydiagrammit hankevaihtoehdoille VE1 ja VE2 ovat liitteenä 5 ja 6.

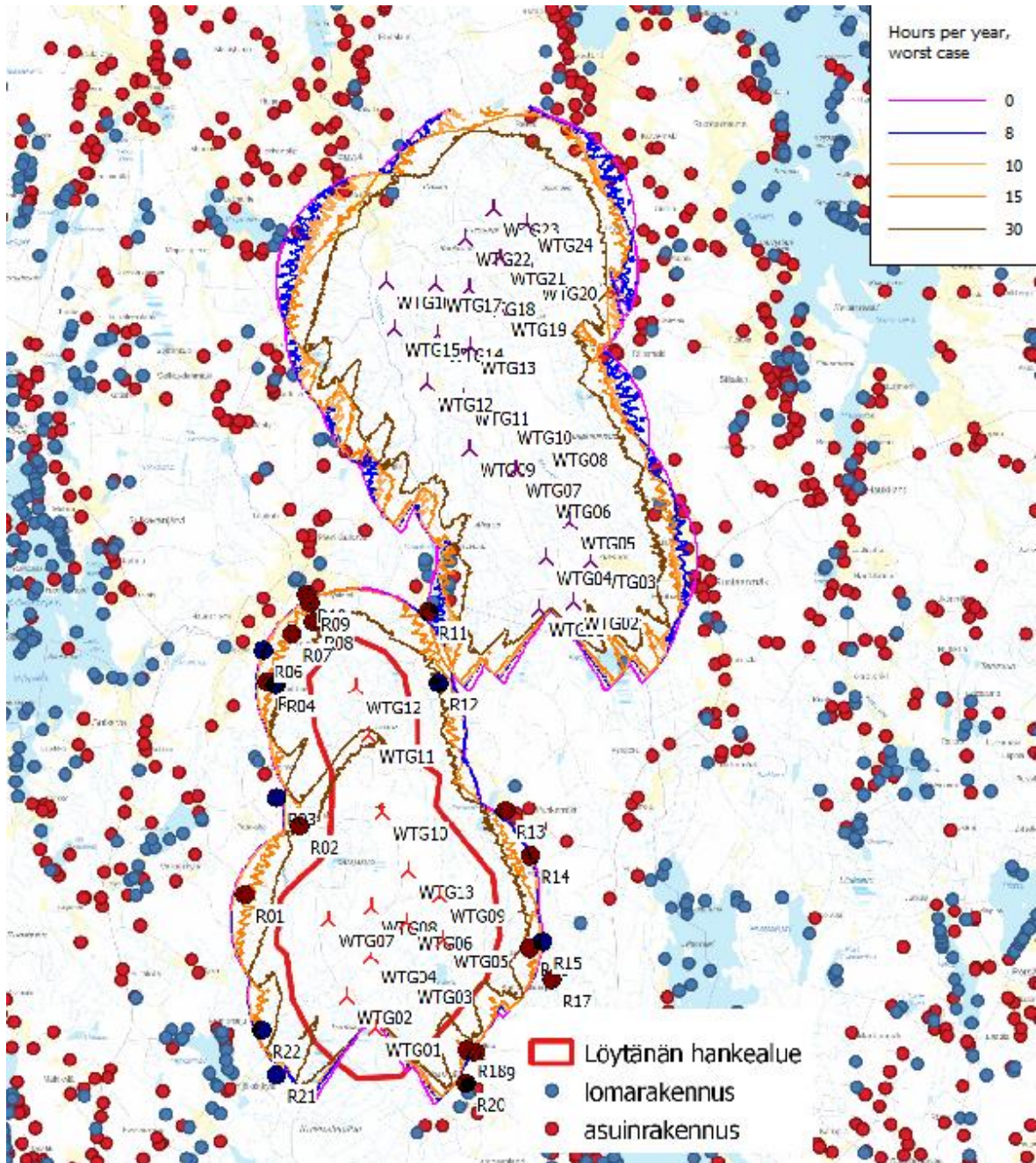
6. Löytänän ja läheisten tuulivoimalaitosten yhteisvaikutus

Ympäristöministeriön ohjeen [1] mukaan välkevaikutus ulottuu enintään 3 km etäisyydelle voimaloista. Vuorimäen tuulivoimahanketta lukuun ottamatta etäisyydet muista tuulivoimala-alueista Löytänän tuulivoima-alueelle ovat niin pitkiä, ettei välkkeen yhteisvaikutuksia synny. Löytänän kaakkoispuolella sijaitsevan suunnitteluvaiheessa olevan Vuorimäen tuulivoimalaitoksen hankealueelle ja Löytänän alueelle suunniteltujen voimalasijaintien välinen etäisyys on lyhimmillään n. 3850 m, jolloin yhteisvaikutus on mahdollinen.

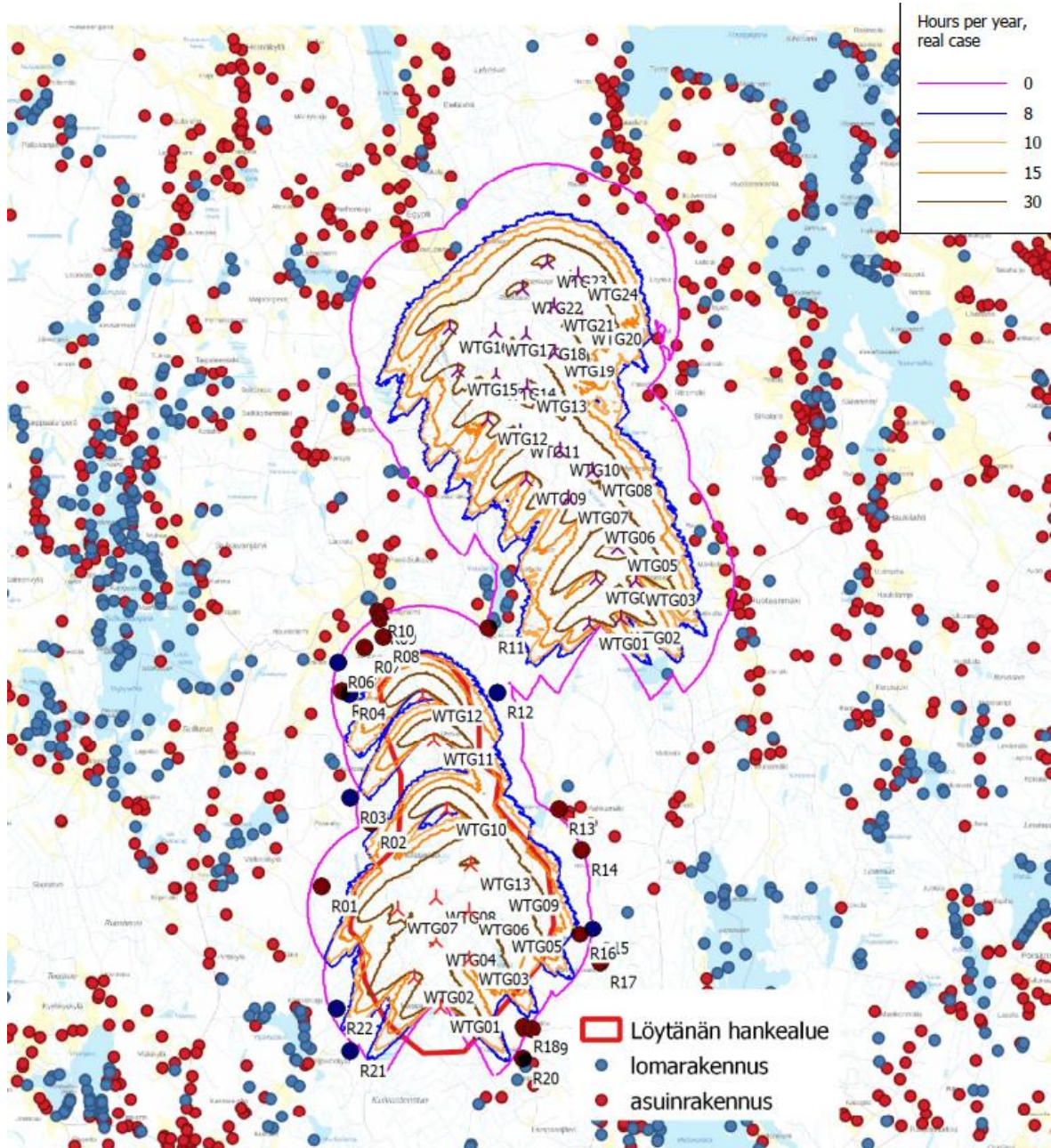
Yhteisvaikutuksen mallinnus tehtiin Vuorimäen tuulivoimalan hankevaihtoehdolle VE2, joka sisältää 24 voimalaa. Voimalamallina käytettiin suunnitelmien mukaista mallia VESTAS V172, napakorkeutta 214 m ja roottorin halkaisijaa 172 m. Yhteisvaikutus on mallinnettu Löytänän hankevaihtoehdolla VE1 ja Vuorimäen 24 voimalan vaihtoehdolla, joiden yhteisvaikutukset olisivat suurimmat.

Löytänän ja Vuorimäen tuulivoimahankkeiden voimaloiden laskennallinen yhteisvaikutus on esitetty maksimitilanteen ja todennäköisen tilanteen välkevyöhykekarttana kuvissa 5 ja 6.

Mallinnuksen perusteella vaikutusalueet ovat pieneltä osin päällekkäiset Eerikkälän eteläpuolisella alueella. Yhteisvaikutusalueella ei sijaitse asuin- tai lomarakennuksia. Tarkasteltaessa hankkeiden välialueen reseptoreita havaitaan että reseptori R11 ei sijaitse kummankaan hankkeen välkevaikutusalueella. Reseptoriin R12 kohdistuva välke aiheutuu kokonaisuudessaan Löytänän hankesuunnitelman voimaloista. Laskennallinen arvio välkkeen yhteisvaikutuksista välialueen reseptoreissa on esitetty taulukossa 7.



Kuva 5. Löytänän (VE1) ja Vuorimäen (VE1) tuulivoimalaitosten yhteisvaikutusalue maksimivälkkeen vyöhykekarttana.



Kuva 6. Löytänä (VE1) ja Vuorimäen (VE1) tuulivoimalaitosten yhteisvaikutusalue todennäköisen tilanteen välkevyöhykekarttana.

Taulukko 7. Löytänän VE1 ja Vuorimäen VE1 hankevaihtoehtojen välkevaikutusalueiden läheisyydessä sijaitsevien reseptorien laskennalliset välkemäärät.

Reseptori	Todennäköinen tilanne		Maksimitilanne (maksimivälkevyöhykkeen määrittämistä varten)		Välkettä aiheuttavat voimalat
	Tuntia / vuosi	Min / vrk	Tuntia / vuosi	Min / vrk	
R11	0 h	-	0 h	0	-
R12	6 h 02 min	-	29 h 54 min	31	WTG11, WTG12

7. Vaikutusten lieventäminen

Pysäytettynä voimala ei aiheuta välkettä. Välkkeen määrän vähentämiseksi herkissä kohteissa yksittäisiä voimaloita voidaan ohjelmoida pysähtymään välkkeen kannalta kriittisiksi ajoiksi. Välkkeen torjunnan suunnittelussa voidaan hyödyntää selvityksessä esitettyjä arvioita välkkeen esiintyvyydestä vuodenajan ja kellonajan mukaan.

8. Mallinnuksen epävarmuudet

Maksimaalisen välkemäärän laskenta perustuu hyvin tunnettuun ja pysyvään geometriaan, joten laskennallisen ennusteen ylittyminen ei ole todennäköistä. Epävarmuustekijät vaikuttavat toteutuvaa välkemäärää vähentävästi.

Vaikutusalueen määrittäminen suoritetaan rajallisella määrällä laskentapisteitä sekä ajallisesti että sijainneittain, mikä vähentää tuloksen tarkkuutta. Mikäli maksimivälkealueella tai sen läheisyydessä on herkkiä kohteita, mallinnetaan lisäksi välkkeen esiintyvyys tarkemmin näissä kohteissa.

Puusto ja rakennukset voivat rajoittaa merkittävästi näkyvyyttä turbiineille ja vähentää vuotuista välkevaikutusta. Puuston näkyvyyttä peittävä vaikutus vaihtelee kuitenkin vuosien ja vuodenaikojen suhteen, ja niiden sekä rakennusten peittovaikutus voi muuttua tuulivoimalan käyttöänsä aikana.

Herkän kohteen reseptorikohtaista todennäköisen välkemäärän esiintyvyyttä mallinnettaessa huomioidaan tilastolliset aurinkoisuus- ja tuulisuusolosuhteet kohdealueella. Yksittäisen vuoden aurinkoisuus- ja tuulisuusolosuhteet saattavat poiketa merkittävästi laskennassa käytetyistä tilastollisesti keskimääräisistä sääolosuhteista, jolloin vuosittain toteutunut välkemäärä vaihtelee ja voi poiketa merkittävästi todennäköiselle tilanteelle mallinnetusta arvosta.

Rakennuksiin kohdistuvan välkkeen laskennassa käytetään ns. kasvihuone-oletusta, eli rakennukseen kohdistuva välkevaikutus huomioidaan riippumatta suunnasta. Todellisuudessa välkevaikutus kohdistuu rakennuksen sisätiloihin vain ikkunoiden suunnasta. Sisätiloissa havaittavissa oleva välkemäärä on siis selvästi mallinnettua vähäisempi.

Viitteet

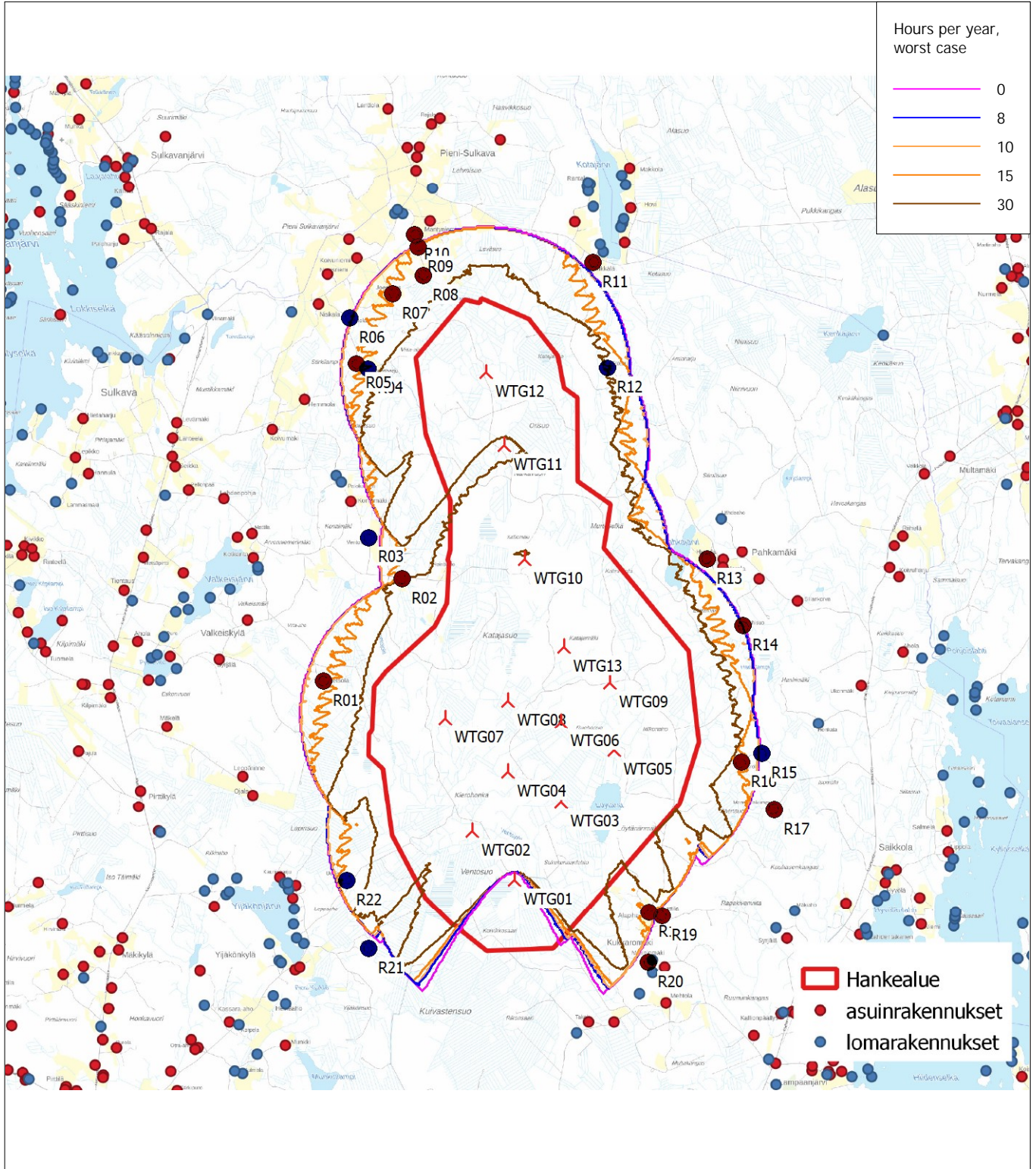
- 1) Tuulivoimarakentamisen suunnittelu, Ympäristöhallinnon ohjeita 5/2016
- 2) Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen, WEA-Shattenwurf-Hinweise
- 3) Vindkraftshandboken - Planering och prövning av vindkraftverk på land och i kustnära vattenområden, Boverket 2009
- 4) Vejledning om planlægning for og tilladelse til opstilling af vindmøller, Naturstyrelsen, Miljøministeriet 2015
- 5) Ilmatieteen laitos, Tilastoja Suomen ilmastosta ja merestä 1991–2020, Raportteja 2021:8
- 6) Suomen Tuuliatlas, <http://tuuliatlas.fmi.fi/fi/> (19.10.2023)
- 7) WindPRO 4.0 Knowledge base, <https://help.emd.dk/knowledgebase/> (19.10.2023)

Liitteet

- 1) Välkevyöhykekartta VE1
- 2) Välkevyöhykekartta VE2
- 3) Välkevyöhykekartta VE1 – Todennäköinen tilanne
- 4) Välkevyöhykekartta VE2 – Todennäköinen tilanne
- 5) Välkkeen esiintyvyys reseptorikohteissa VE1
- 6) Välkkeen esiintyvyys reseptorikohteissa VE2
- 7) Yhteisvaikutuskartta Löytänä VE1 ja Vuorimäki VE1
- 8) Yhteisvaikutuskartta Löytänä VE1 ja Vuorimäki VE1 – Todennäköinen tilanne

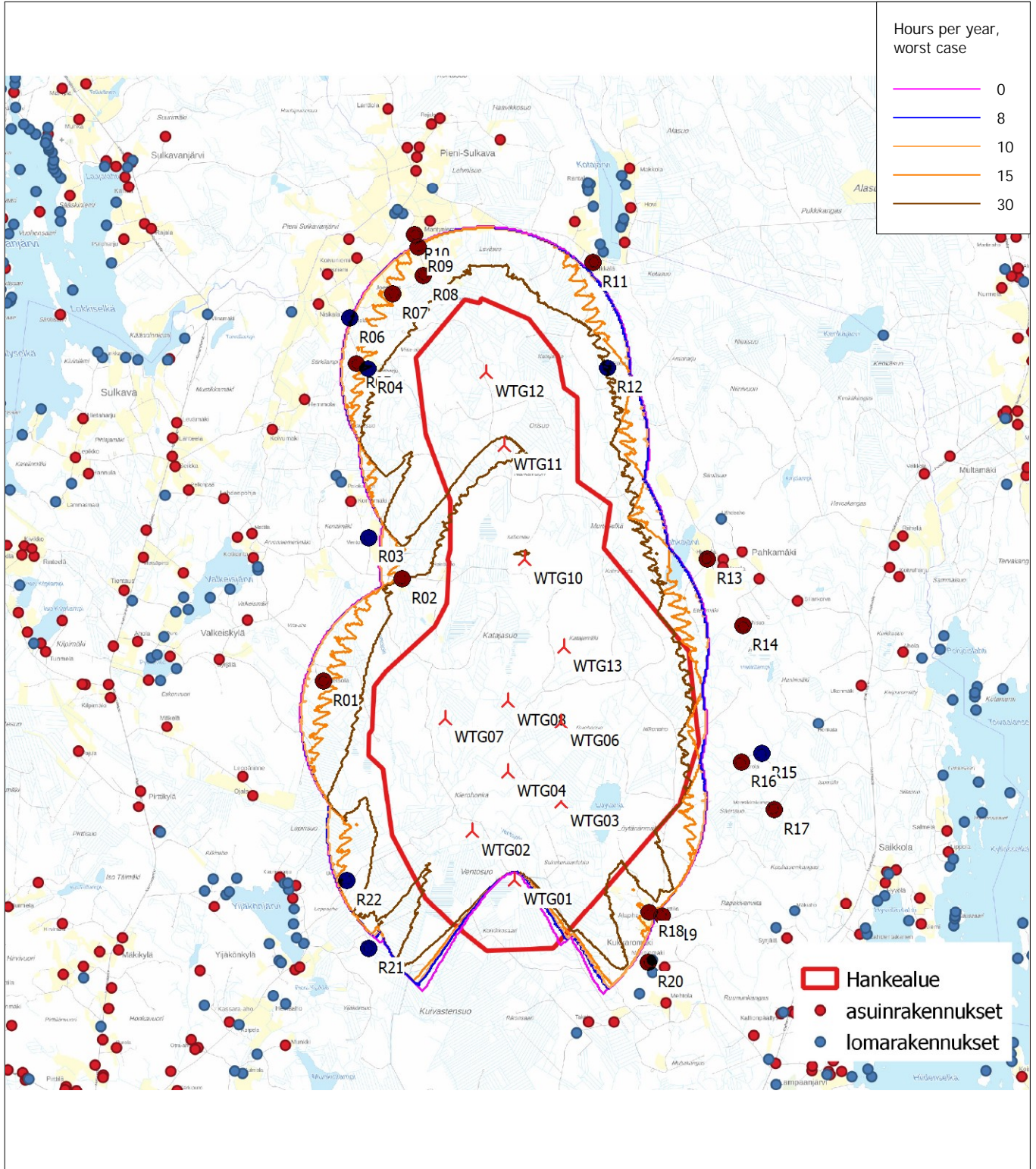
SHADOW - Map

Calculation: VE1



Map: Löytänä hankealue ja herkät kohteet, Print scale 1:75 000, Map center Finish TM ETRS-TM35FIN-ETRS89 East: 491 360 North: 7 033 140
 New WTG Shadow receptor
 Flicker map level: Project Wizard Elevation Data Grid (Finnish Elevation Model - 10m grid)
 Time step: 3 minutes, Day step: 7 days, Map resolution: 20 m, Visibility resolution: 10 m, Eye height: 1,5 m

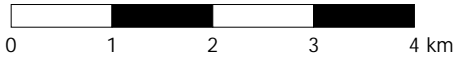
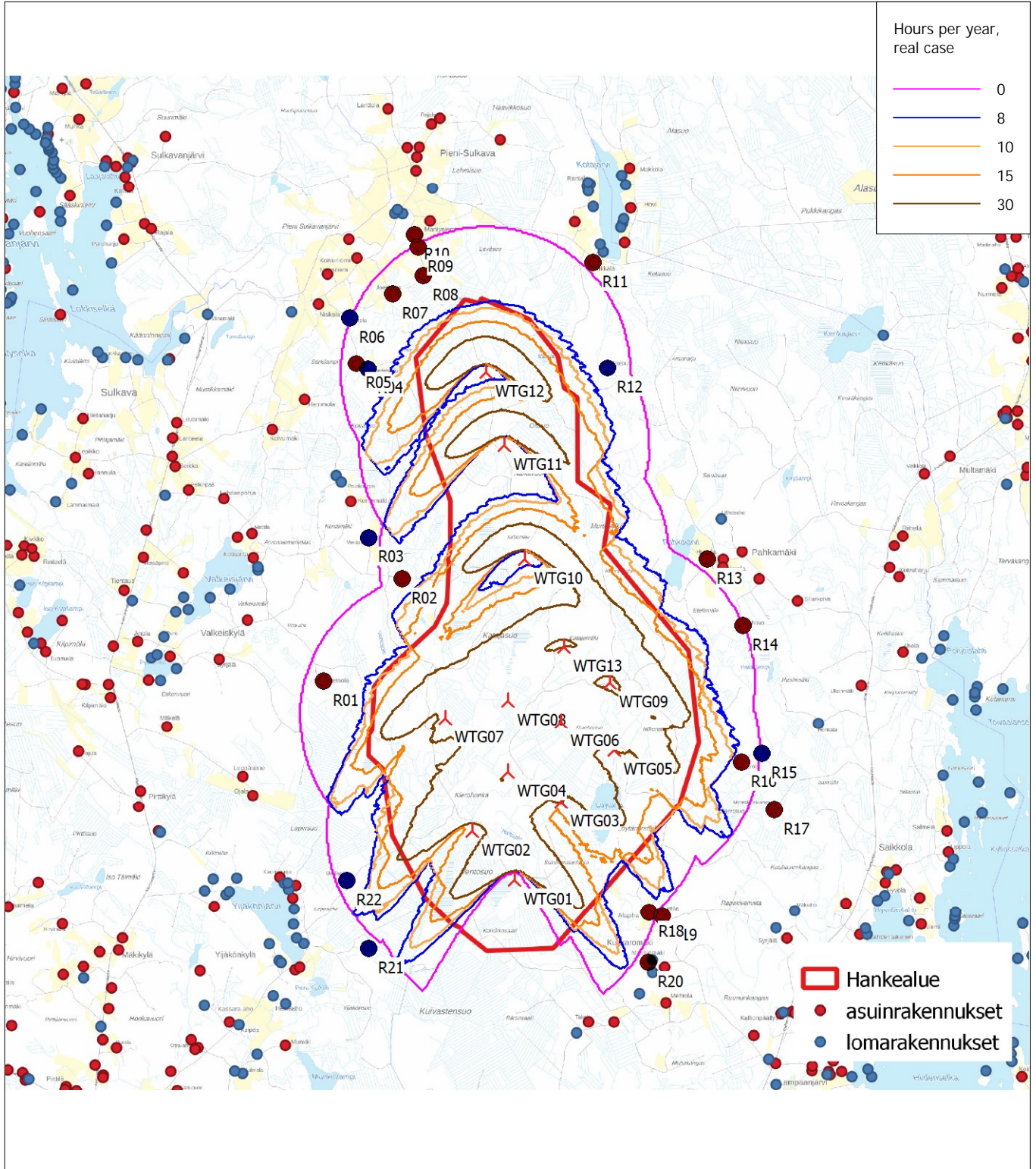
SHADOW - Map
Calculation: VE2



Map: Löytänä hankealue ja herkät kohteet, Print scale 1:75 000, Map center Finish TM ETRS-TM35FIN-ETRS89 East: 491 360 North: 7 033 140
 New WTG (Red triangle icon) Shadow receptor (Yellow triangle icon)
 Flicker map level: Project Wizard Elevation Data Grid (Finnish Elevation Model - 10m grid)
 Time step: 3 minutes, Day step: 7 days, Map resolution: 20 m, Visibility resolution: 10 m, Eye height: 1,5 m

SHADOW - Map

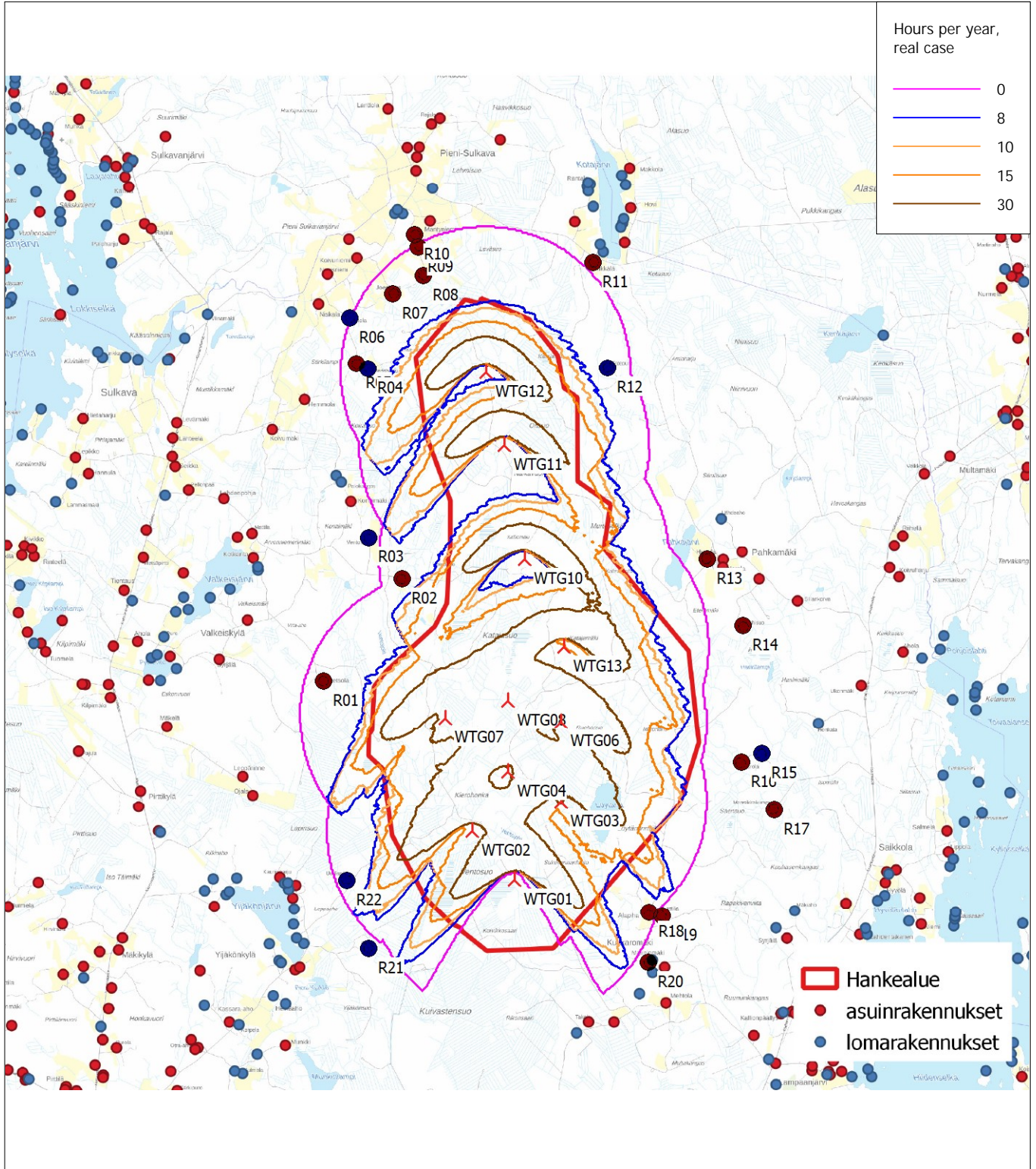
Calculation: VE1 Todennäköinen tilanne



Map: Löytänä hankealue ja herkät kohteet, Print scale 1:75 000, Map center Finish TM ETRS-TM35FIN-ETRS89 East: 491 360 North: 7 033 140
 🚧 New WTG 📍 Shadow receptor
 Flicker map level: Project Wizard Elevation Data Grid (Finnish Elevation Model - 10m grid)
 Time step: 3 minutes, Day step: 7 days, Map resolution: 20 m, Visibility resolution: 10 m, Eye height: 1,5 m

SHADOW - Map

Calculation: VE2 Todennäköinen tilanne

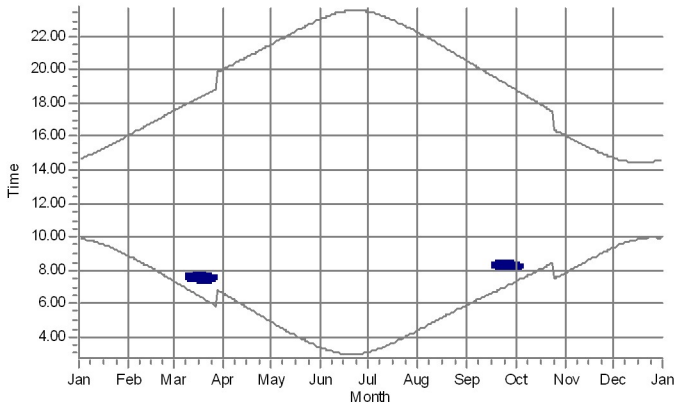


Map: Löytänä hankealue ja herkät kohteet, Print scale 1:75 000, Map center Finish TM ETRS-TM35FIN-ETRS89 East: 491 360 North: 7 033 140
 🚧 New WTG 📍 Shadow receptor
 Flicker map level: Project Wizard Elevation Data Grid (Finnish Elevation Model - 10m grid)
 Time step: 3 minutes, Day step: 7 days, Map resolution: 20 m, Visibility resolution: 10 m, Eye height: 1,5 m

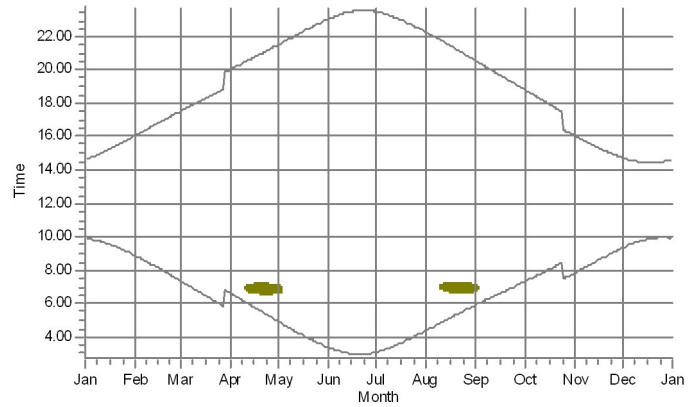
SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: VE1

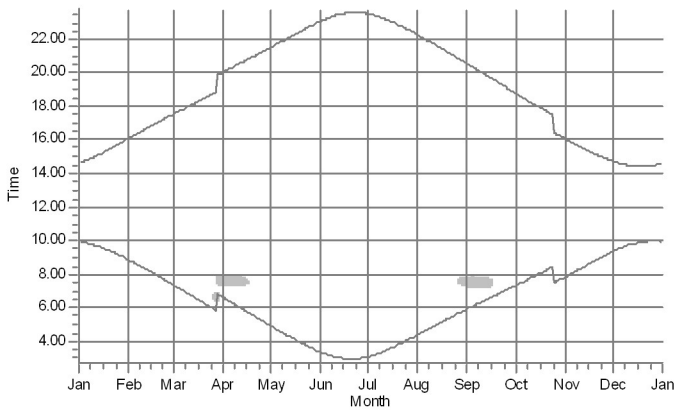
R01: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (22)



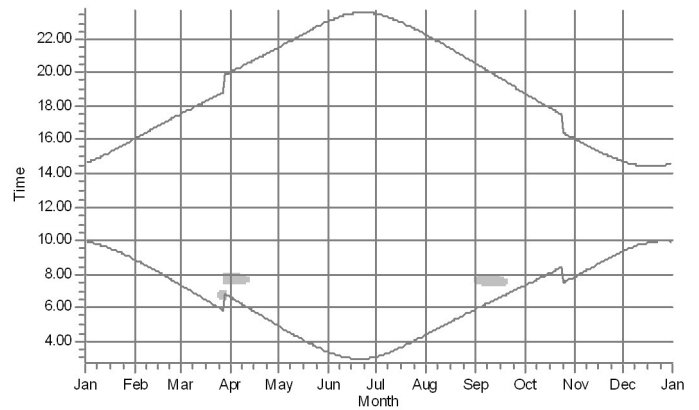
R02: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (2)



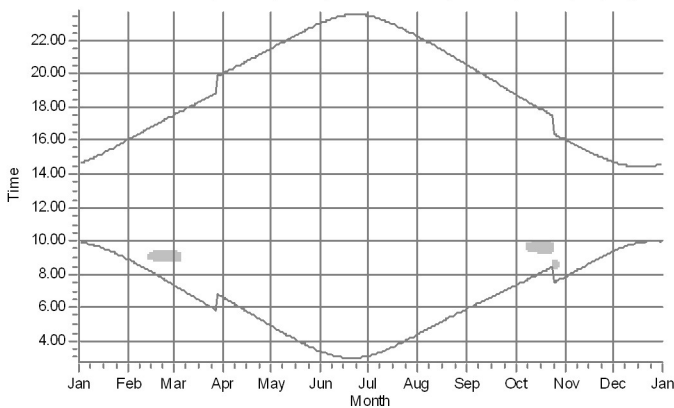
R04: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (8)



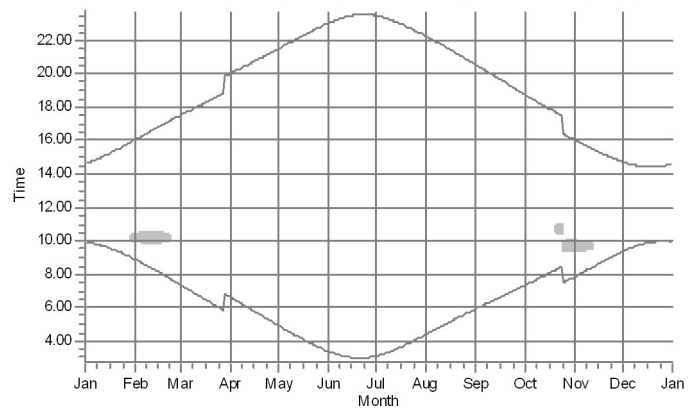
R05: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (9)



R07: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (11)



R08: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (3)



WTGs

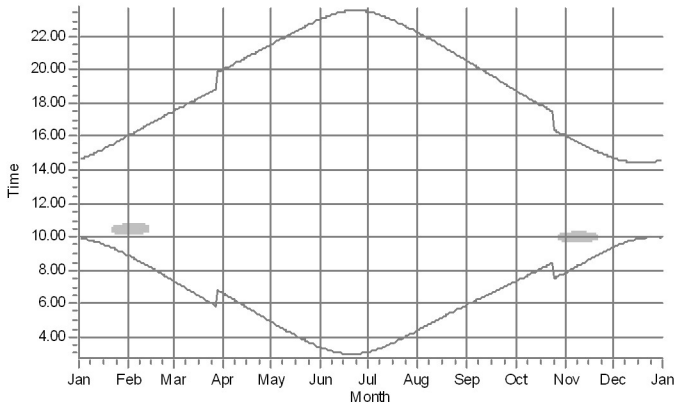
- WTG07: VESTAS V172-7.2 mod 7200 210.0 !O! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (7)
- WTG10: VESTAS V172-7.2 mod 7200 210.0 !O! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (10)

- WTG12: VESTAS V172-7.2 mod 7200 210.0 !O! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (12)

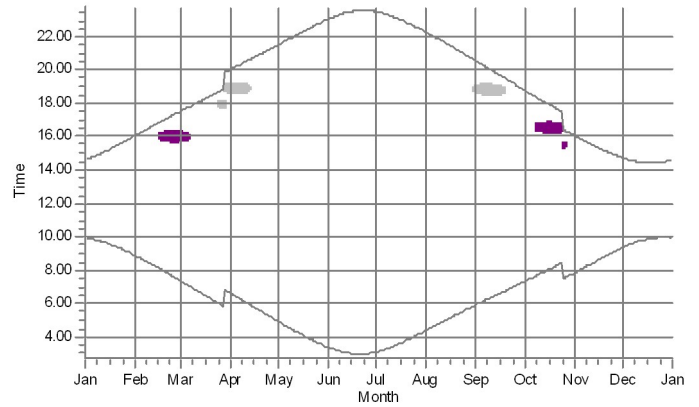
SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: VE1

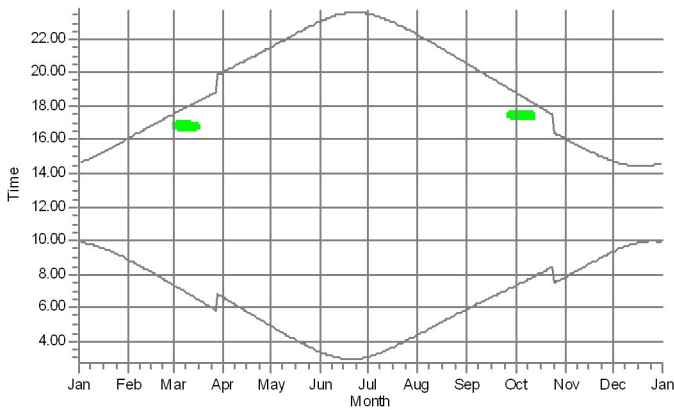
R09: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (12)



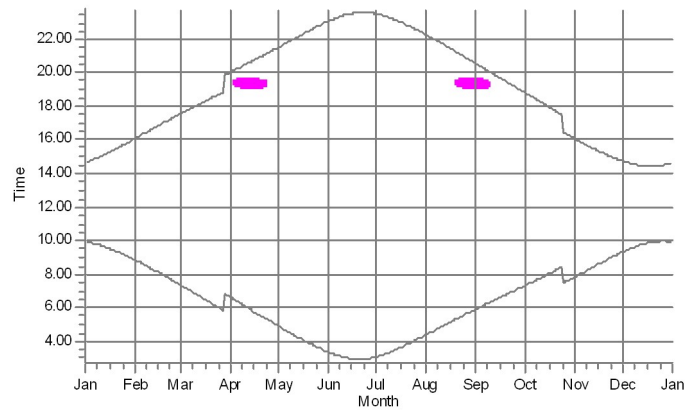
R12: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (4)



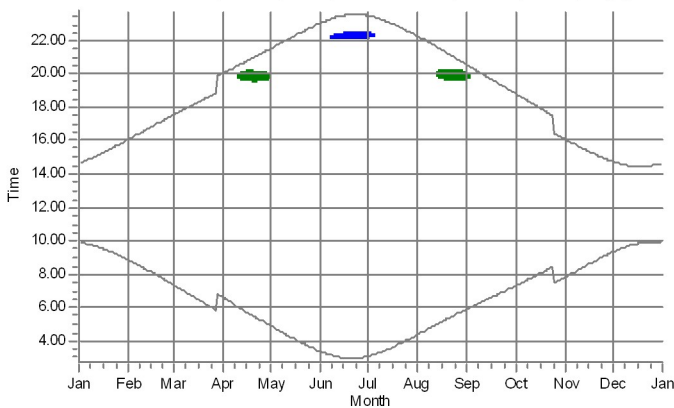
R14: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (14)



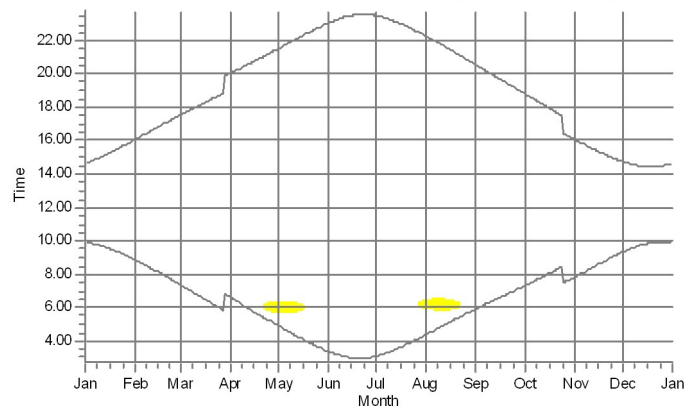
R16: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (16)



R18: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (6)



R22: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (21)



WTGs

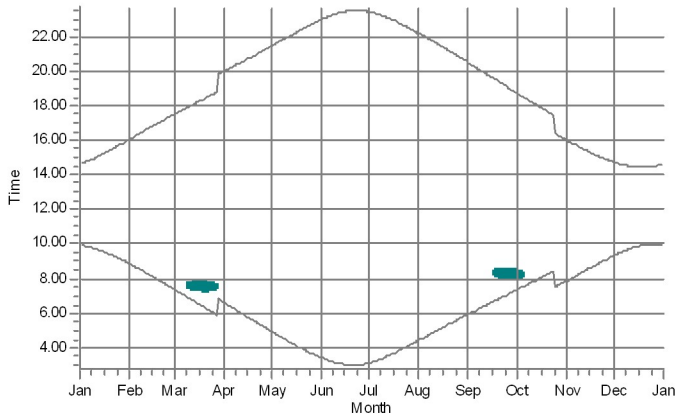
- WTG01: VESTAS V172-7.2 Loytana 7200 210.0 IO! hub: 215,0 m (TOT: 215,0 m) (1)
- WTG02: VESTAS V172-7.2 mod 7200 210.0 IO! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (2)
- WTG03: VESTAS V172-7.2 mod 7200 210.0 IO! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (3)
- WTG05: VESTAS V172-7.2 mod 7200 210.0 IO! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (5)

- WTG09: VESTAS V172-7.2 mod 7200 210.0 IO! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (9)
- WTG11: VESTAS V172-7.2 mod 7200 210.0 IO! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (11)
- WTG12: VESTAS V172-7.2 mod 7200 210.0 IO! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (12)

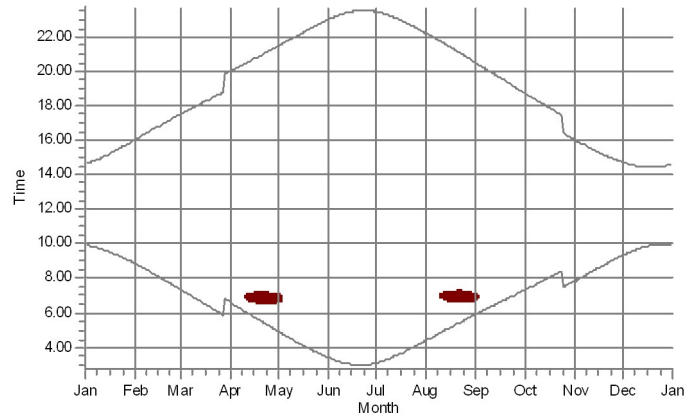
SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: VE2

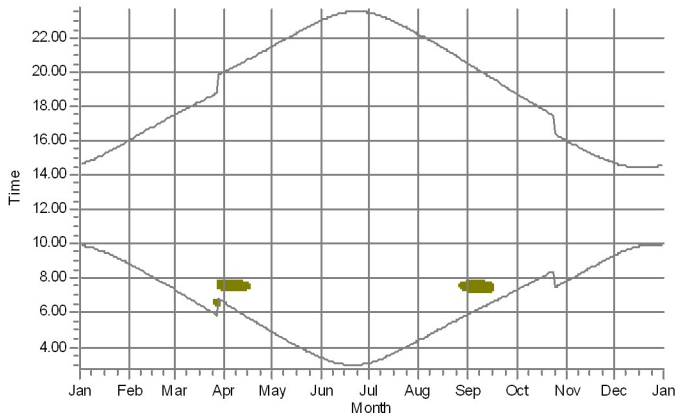
R01: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (22)



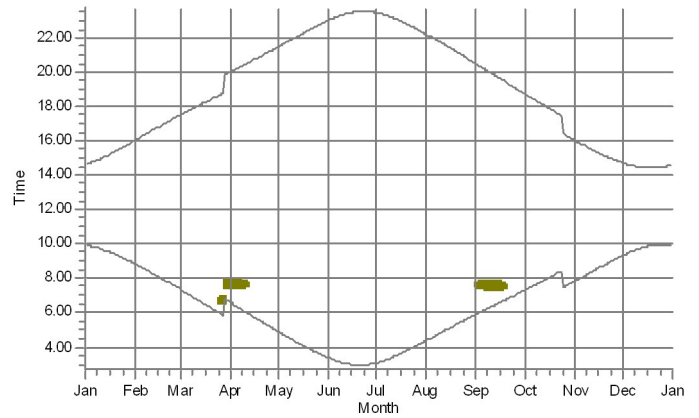
R02: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (2)



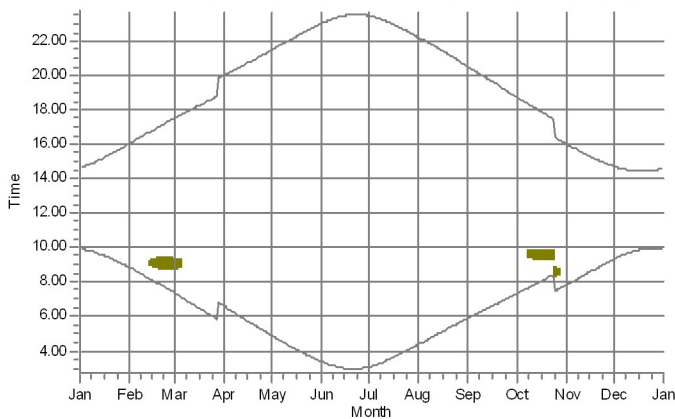
R04: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (8)



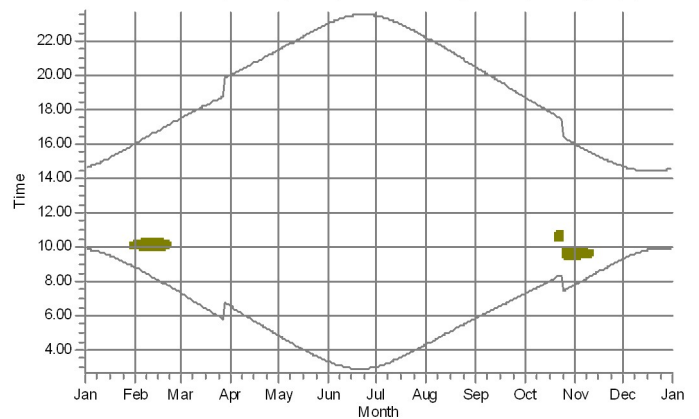
R05: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (9)



R07: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (11)



R08: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (3)



WTGs

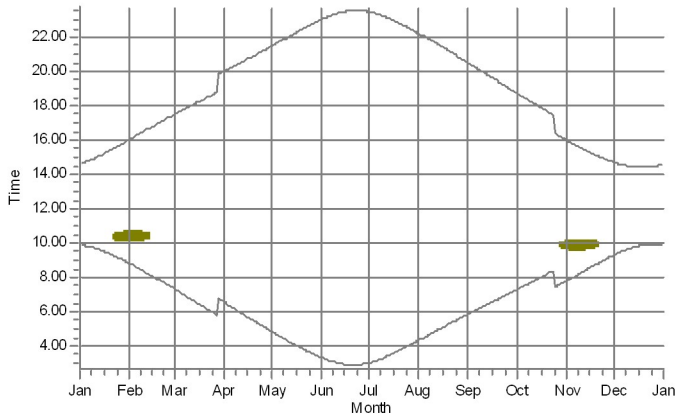
WTG07: VESTAS V172-7.2 mod 7200 210.0 !OI! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (68)
 WTG10: VESTAS V172-7.2 mod 7200 210.0 !OI! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (71)

WTG12: VESTAS V172-7.2 mod 7200 210.0 !OI! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (73)

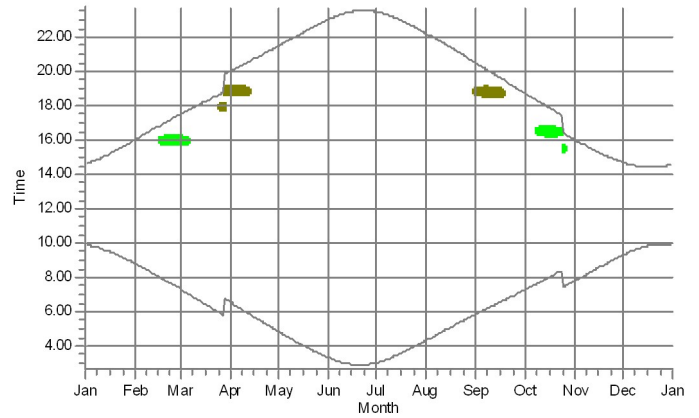
SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: VE2

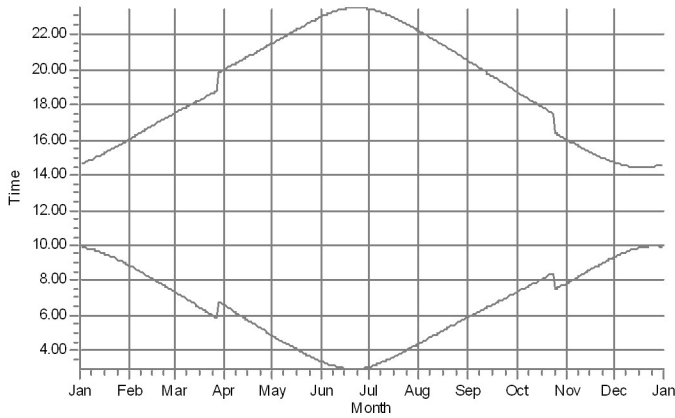
R09: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (12)



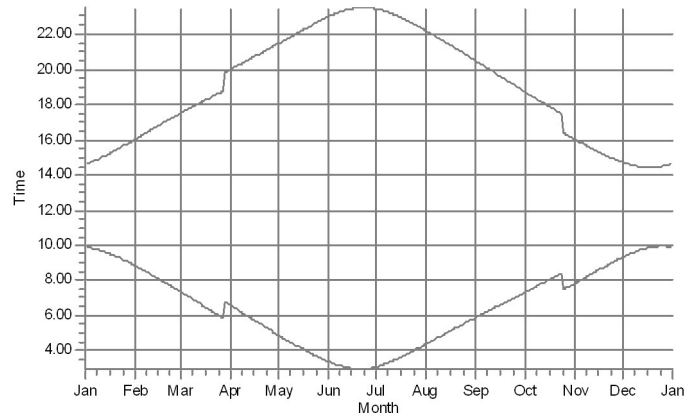
R12: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (4)



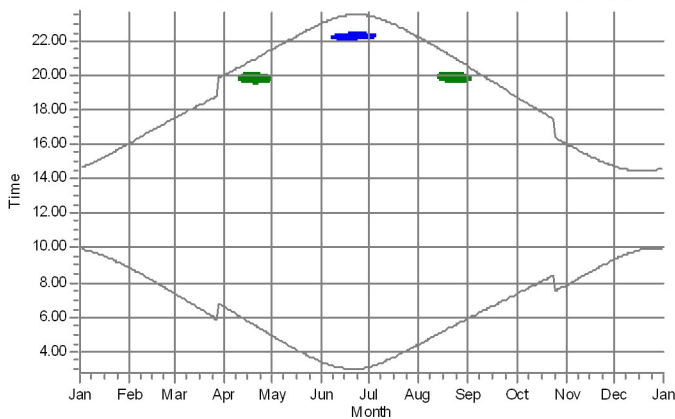
R14: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (14)



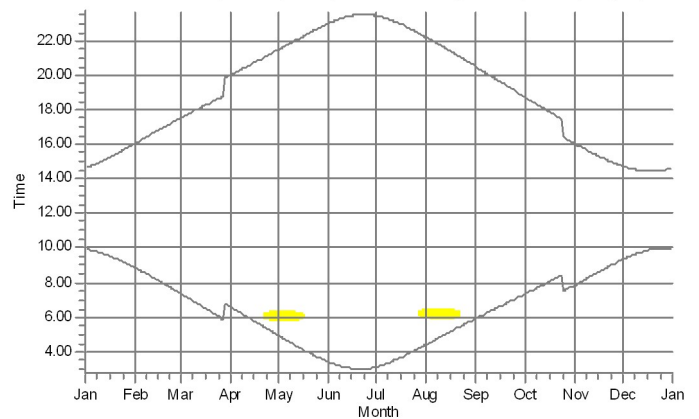
R16: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (16)



R18: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (6)



R22: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (21)



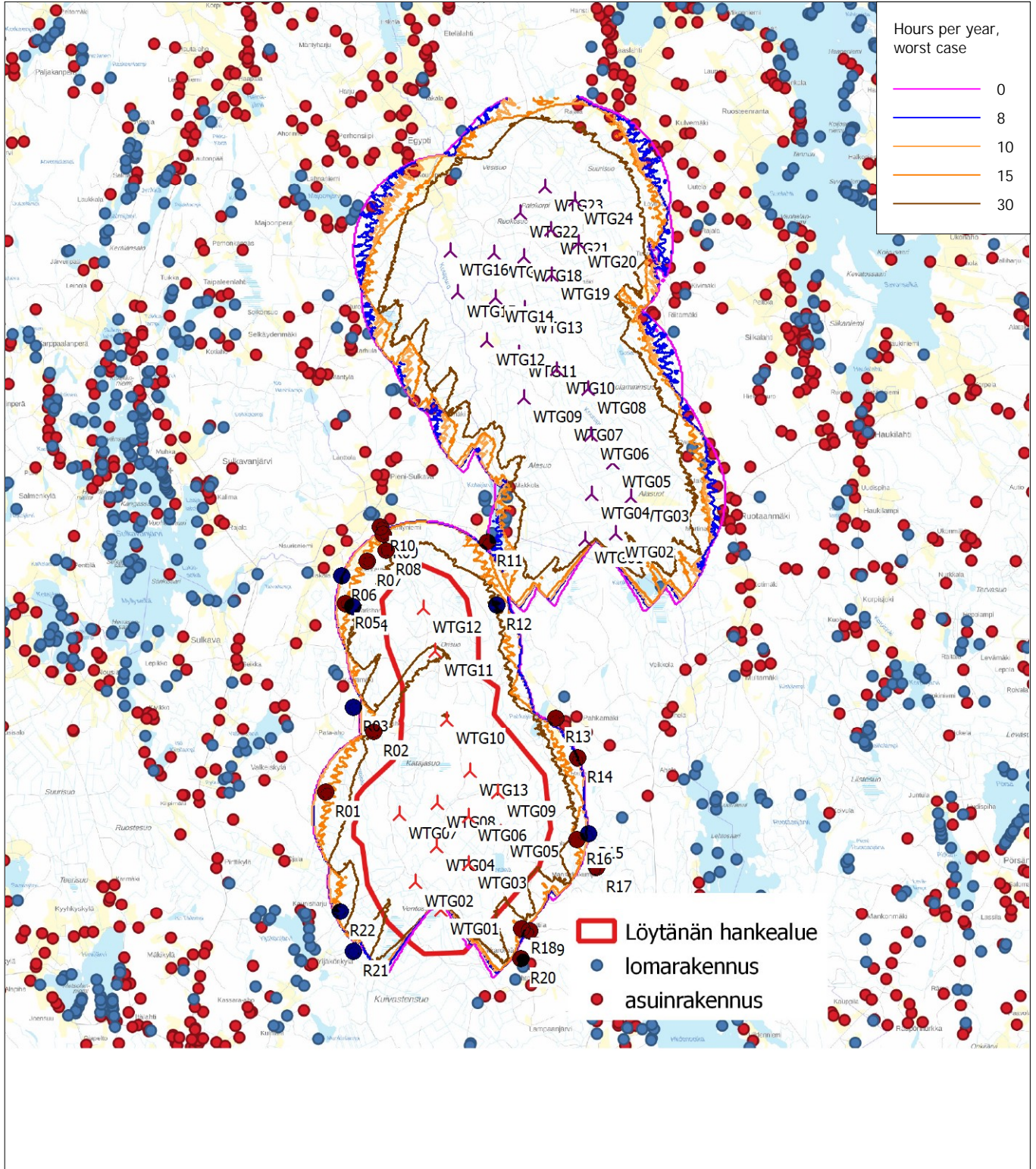
WTGs

- WTG01: VESTAS V172-7.2 Loytana 7200 210.0 IO! hub: 215,0 m (TOT: 215,0 m) (1)
- WTG02: VESTAS V172-7.2 mod 7200 210.0 IO! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (63)
- WTG03: VESTAS V172-7.2 mod 7200 210.0 IO! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (64)

- WTG11: VESTAS V172-7.2 mod 7200 210.0 IO! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (72)
- WTG12: VESTAS V172-7.2 mod 7200 210.0 IO! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (73)

SHADOW - Map

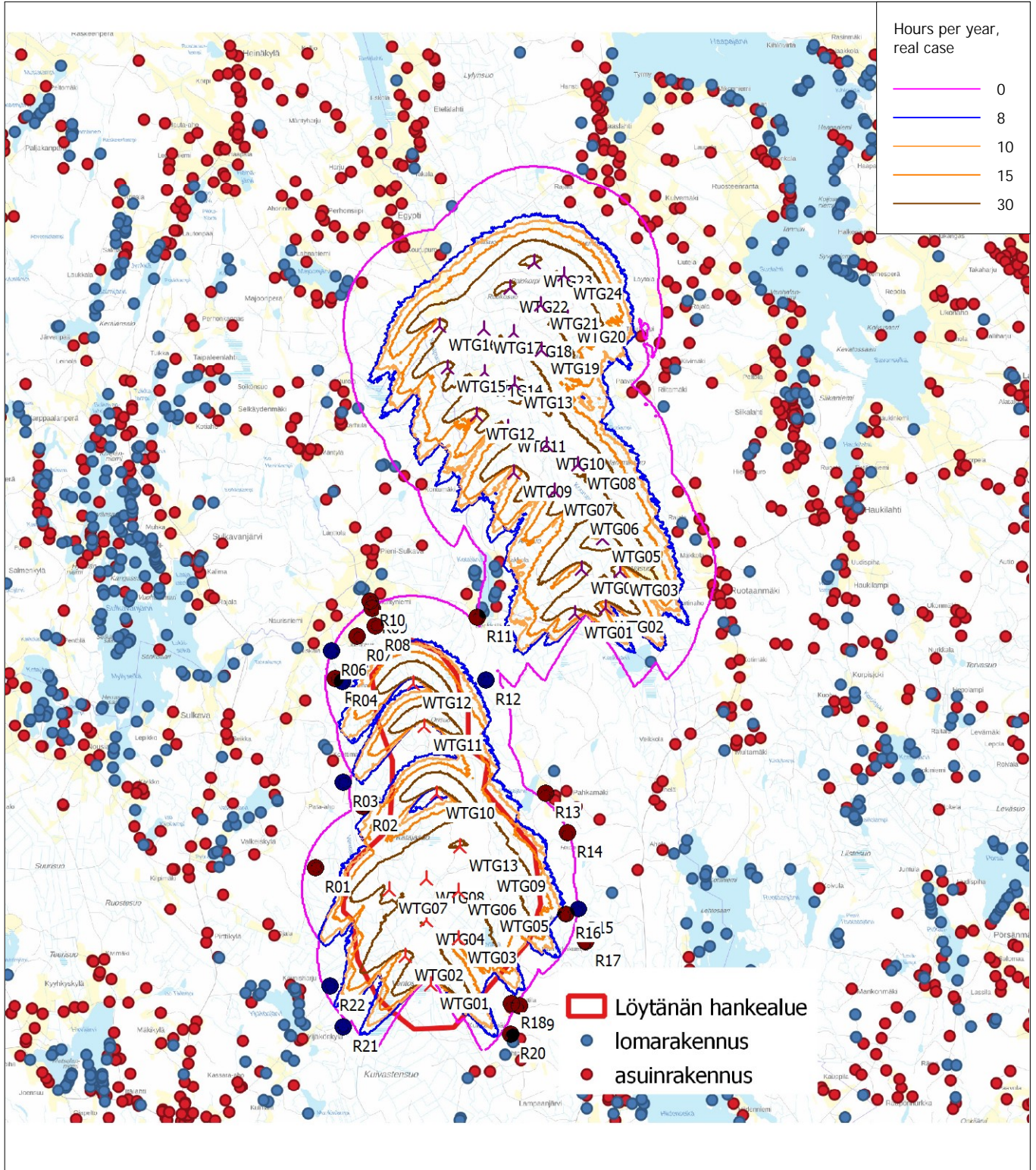
Calculation: Löytänä YVA yhteisvaikutus



Map: Löytänä Vuorimäki ja herkäet kohteet , Print scale 1:125 000, Map center Finish TM ETRS-TM35FIN-ETRS89 East: 492 990 North: 7 036 620
 ▲ New WTG ▲ Shadow receptor
 Flicker map level: Project Wizard Elevation Data Grid (Finnish Elevation Model - 10m grid)
 Time step: 4 minutes, Day step: 14 days, Map resolution: 30 m, Visibility resolution: 15 m, Eye height: 1,5 m

SHADOW - Map

Calculation: VE1 yhteisvaikutus Vuorimäki Todennäköinen tilanne



Map: Löytänä Vuorimäki ja herkäet kohteet , Print scale 1:125 000, Map center Finish TM ETRS-TM35FIN-ETRS89 East: 493 220 North: 7 038 280
 🚧 New WTG 📍 Shadow receptor
 Flicker map level: Project Wizard Elevation Data Grid (Finnish Elevation Model - 10m grid)
 Time step: 3 minutes, Day step: 7 days, Map resolution: 20 m, Visibility resolution: 10 m, Eye height: 1,5 m