



UNITED
BY OUR
DIFFERENCE



Tyrnävän Kivimaan tuulipuisto Varjostusmallinnukset

26.11.2015

Projektinnumero: 306712

Sisällysluettelo

1	Johdanto	1
2	Lähtötiedot ja menetelmät	1
2.1	Hankealueen sijainti.....	1
2.2	Suunnitteluohjeet	2
2.3	Mallinnus.....	2
3	Tulokset.....	3
4	Lopuksi	4
	Viitteet	4

Liite 1 Varjostusmallinnuksen WindPro -tulosteet

1 Johdanto

Winda Invest / Tuulipuisto Oy Kivimaa suunnittelee yhteensä 8 tuuliturbiinia käsittävää tuulipuistoa Tyrnävän Kivimaan alueelle. WSP on laatinut hankkeen varjostusmallinnuksen. Työn tarkoituksena on ollut selvittää suunniteltujen tuulivoimaloiden vilkkuvan varjon vaikutukset eli välkevaikutukset alueen ympäristössä.

Varjostusmallinnuksen ja tämän raportin on laatinut Kai Jussila WSP Finland Oy:stä. Työ on tehty Winda Invest Oy:n toimeksiannosta.

2 Lähtötiedot ja menetelmät

2.1 Hankealueen sijainti

Kivimaan tuulivoimahanke käsittää 8 tuulivoimalaa. Suunniteltu tuulipuisto sijaitsee Tyrnävän kunnan alueella, noin 6,5 kilometriä Tyrnävän keskustasta kaakkoon (Kuva 1). Lähin asuinrakennus sijaitsee noin 1,1 kilometrin etäisyydellä lähimmästä tuulivoimalasta hankealueen länsipuolella. Lähin loma-asunto sijaitsee hankealueen eteläpuolella, noin 1,8 km etäisyydellä eteläisimmästä voimalasta. Myös hankealueen itäpuolelle, Ängeslevänjoen varteen, sijoittuu useita loma-asuinrakennuksia.



Kuva 1. Tuulipuiston sijainti (pohjakartta © MML 2015).

Alueelle on suunniteltu yhteensä 8 tuuliturbiinia. Voimaloiden mallina on tässä mallinnuksessa ollut Vestas V126, jonka napakorkeutena on käytetty 137 metriä ja kokonaiskorkeutena 200 metriä.

2.2 Suunnitteluohjearvot

Tuulivoimaloista aiheutuvalle vilkkuvalle varjostukselle ei ole määritelty Suomessa raja- tai ohje-arvoja. Ympäristöministeriön (2012) laatimassa ohjeistuksessa suositellaan käytettävän apuna muiden maiden suosituksia välkkeen rajoittamisesta. Euroopassa on yleisesti käytetty välkkeen suunnitteluohjearvona 8-10 tuntia vuodessa (real case) (Taulukko 1).

Taulukko 1. Euroopassa käytetyt välkkeen suunnitteluohjearvot.

Maa	Real Case	Worst Case
Saksa	8 h/vuosi	30 h/vuosi
Ruotsi	8 h/vuosi 30 min/päivä	-
Tanska	10 h/vuosi	-

2.3 Mallinnus

Hankkeen varjostusmallinnus on suoritettu EMD WindPro 3.0 -ohjelmiston Shadow-mallinnusmoduulin avulla. Kyseisellä moduulilla voidaan mallintaa tuulivoimalasta syntyvä varjostusvaikutus tiettyyn määriteltyyn pisteeseen. Mallinnus voidaan tehdä niin sanotulle pahimmalle mahdolliselle tilanteelle (Worst case), jolloin laskenta perustuu ainoastaan auringon sijaintiin suhteessa tuulivoimaloihin. Laskenta ei huomioi tuulensuuntaa tai pilvisyyttä ja oletuksena on, että aurinko paistaa koko sen ajan, kun se on horisontin yläpuolella. Todellisuudessa varjostusvaikutukset eivät muodostu yhtä suuriksi, kuin worst case -laskelma osoittaa. Tämä johtuu siitä, että tuulivoimalat eivät ole koko ajan käytössä ja pilvisellä säällä varjostusvaikutuksia ei synny. Myös, mikäli roottorin taso on samansuuntainen kuin auringon ja katselupisteen välinen jana, ei varjostusvaikutusta pääse syntymään.

Mallinnuksessa on myös mahdollista huomioida alueen todelliset tilastoidut auringonpaistettunnit ja turbiinin todennäköinen käyntiaika, jolloin mallinnuksen tulokset vastaavat paremmin todellista tilannetta (Real case/Expected values).

Mallinnuksen tuloksena saadaan kartta, jolla on esitetty vyöhykkeet, joille kohdistuu tietty määrä varjostustunteja vuodessa. Lisäksi tuulipuistoa ympäröivien lähimpien asuin- tai lomaa-asuinrakennusten kohdalle on määritelty havaintopisteet (shadow receptors), joihin kohdistuva varjostusvaikutus on voitu mallintaa tarkemmin. Havaintopisteet on mallinnuksessa määritelty ns. kasvihuonetyyppisiksi, mikä tarkoittaa sitä, että ne huomioivat mistä tahansa suunnasta syntyvän varjostuksen. Tällöin niiden suuntauksella suhteessa tuulivoimaloihin ei ole merkitystä. Laskennassa varjot on huomioitu, mikäli aurinko on yli 3 astetta horisontin yläpuolella ja varjoksi lasketaan, jos voimalan lapa peittää vähintään 20 % auringosta.

Mallinnuksen lähtötietoina on käytetty:

- tuulivoimaloiden käyntitunteja eli ajanjaksoa, jonka tuulivoimala on toiminnassa kuhunkin tuulensuuntaan nähden kalenterivuoden aikana.
- auringonpaistetuntien määrää eli ajanjaksoa, jonka aurinko paistaa sen noususta laskuun saakka kalenterivuoden kunakin päivänä. Havaintotietoina käytettiin Oulunsalon lentoaseman tilastoituja keskimääräisiä auringonpaistetunteja tilastokautena 1981–2010 (Taulukko 2).
- alueelle laadittua maastomallia (Maanmittauslaitoksen maastotietokannan korkeusaineisto)

Arvio hankealueen voimaloiden käyntituntien määrästä perustuu Tuuliatlaksesta saataviin aluetta koskeviin tuulisuustietoihin ja kirjallisuudesta saataviin tilastotietoihin voimaloiden seisokiajoista. Vuotuisen käyntiajan on oletettu tässä yhteydessä olevan 8 497 tuntia/vuosi (97 % vuoden tunneista).

Taulukko 2. Auringonpaistetunnit Oulunsalon lentoasemalla, pitkän aikavälin 1981–2010 keskiarvo (Pirinen et al. 2012).

Kuukausi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Auringonpaistetunteja (h/kk)	24	69	137	208	273	296	283	212	133	69	28	8

Tuulivoimaloiden näkyvyyttä estäviä esteitä (esim. metsiä) ei ole huomioitu mallinnuksessa.

3 Tulokset

Tehdyn varjostusmallinnuksen mukaan tuulivoimaloista aiheutuva välkevaikutus hankealuetta ympäröivillä alueilla jää pääosin vähäiseksi. Tilastoihin perustuvan Real Case –laskennan mukaan Kivimaan tuulipuiston suunniteltujen tuulivoimaloiden välkevaikutus jää kaikkien lähimpien häiriötyvien kohteiden kohdalla alle 8 tuntiin vuodessa (Liite 1, sivu 6; pohjakartta © MML 2015). Tuulipuiston varjostusvaikutus jää suurimmaksi osaksi hankealuetta ympäröiville metsäalueille.

Yksittäisistä havaintopisteistä suurin varjostusvaikutus näyttäisi kohdistuvan hankealueen lounaispuolella sijaitsevan Korhosen asuinrakennuksen kohdalle, ollen vuosittain 6 tuntia 22 minuuttia vuodessa (Taulukko 3). Seuraavaksi eniten varjostustunteja kohdistuu Viitalan asuinrakennuksen kohdille, 3 tuntia 42 minuuttia vuodessa. Muiden laskentapisteiden varjostusajat ovat taulukossa 3.

Välkevaikutuksen ajoittuminen riippuu paljon kohteesta. Korhosen asuinrakennuksen kohdalla välkettä esiintyy lyhyen aikaa maaliskuussa, sitten toukokuusta kesäkuuhun ja heinäkuun alusta elokuun alkuun ja jälleen syyskuun loppupuolella. Korhosen asuinrakennuksen kohdalla varjostus ajoittuu tällöin aamuun, noin klo 5-8 välille (liite 1, sivu 3). Viitalan asuinrakennuksen kohdalla varjostusta esiintyy toukokuun alkupuolelta kesäkuun alkupuolelle ja koko heinäkuun noin klo 5 aikaan aamulla.

Taulukko 3. Tuulivoimaloiden aiheuttama välkevaikutus lähimpien asuin- ja loma-asuinrakennusten kohdalla (h/v, Real Case).

Varjostus			Varjostus		
Kohde		h/vuosi (Real Case)	Kohde		h/vuosi (Real Case)
A	Kujanperä	0:00	L	Suotalo	2:18
B	Hakala, loma-asunto	0:00	M	Tärvelä	0:00
C	Lippola	0:00	N	Ylipää, loma-asunto	0:00
D	Viitala	3:42	O	Asuinrakennus	0:00
E	Uitto	2:41	P	Kirkkoharju, loma-asunto	0:00
F	Korhonen	6:22	Q	Paarmakangas, loma-asunto	0:00
G	Asuinrakennus	3:20			
H	Rymylä	1:54			
I	Vesala	2:01			
J	Koivula	0:00			
K	Takalo	0:55			

4 Lopuksi

WSP Finland Oy on laatinut Tyrnävän Kivimaahan suunnitellun tuulivoimapuiston varjostusmallinnuksen. Tuulivoimaloiden aiheuttamaa varjostusta on lähimpien asuinrakennusten kohdalla alle suunnitteluohjearvojen.

Ympäristöön kohdistuvia välkevaikutuksia voidaan tarvittaessa vähentää tuulivoimalaan liitettävällä välkkeen rajoitusjärjestelmällä. Välkkeen muodostumista tietyssä kohteessa voidaan monitoroida voimalan nasellin päälle tai runkoon asennettavilla valosensoreilla, jotka laskevat välkkeen muodostumisen mahdollisuutta tietyssä suunnassa valoisuuden ja roottorin asennon mukaan. Järjestelmä ohjaa tuulivoimalan toimintaa tietojen perusteella eli käytännössä pysäyttää tuulivoimalan kriittisinä ajankohtina. Myös tuulivoimalan ja häiriintyvän kohteen väliin sijoittuvat metsäalueet suojaavat tehokkaasti välkkeeltä.

Yleisesti käytettyjen varjostuksen suunnitteluohjearvojen myötä tuulivoimalaa ei tarvitse pysäyttää aina kun välkettä esiintyy. Jos välkemäärän rajana käytetään Euroopassa yleisesti käytettyä 8 tai 10 tuntia vuodessa, ei Kivimaan tuulipuiston toimintaa tarvitsisi mallinnuksen mukaan välkevaikutuksien takia rajoittaa.

Viitteet

Ympäristöministeriö (2012). Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Ympäristöhallinnon ohjeita 4/2012.

Pirinen, P., Simola, H., Aalto, J., Kaukoranta, J-P., Karlsson, P. & Ruuhela, R. (2012). Tilastoja Suomen ilmastosta 1981-2010. Ilmatieteen laitos, raportteja 2012:1.

Suomen Tuuliatlas. Karttaliittymä: <http://www.tuuliatlas.fi/fi/index.html>

Helsingissä 26.11.2015



Kai Jussila, DI
WSP Finland Oy

Project:

Kivimaa_Tyrnävä

Licensed user:

WSP Finland Oy / WSP Finland Ltd.

Kiviharjunlenkki 1 D

FI-90220 Oulu

+358 207 864 16

Kai Jussila / kai.jussila@wspgroup.fi

Calculated:

11.11.2015 14:24/3.0.619

SHADOW - Main Result

Calculation: Varjostusmallinnus - Tyrnävän Kivimaa

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	0,93	0,26

Operational time

N	NNE	ENE	E	ESE	SSE	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW	Sum
382	340	382	425	680	807	1 147	1 105	1 062	680	680	807	8 497

Idle start wind speed: Cut in wind speed from power curve

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: Height Contours: Maastomalli_Kivimaa.wpo (1)

Obstacles used in calculation

Eye height: 1,5 m

Grid resolution: 10,0 m

All coordinates are in

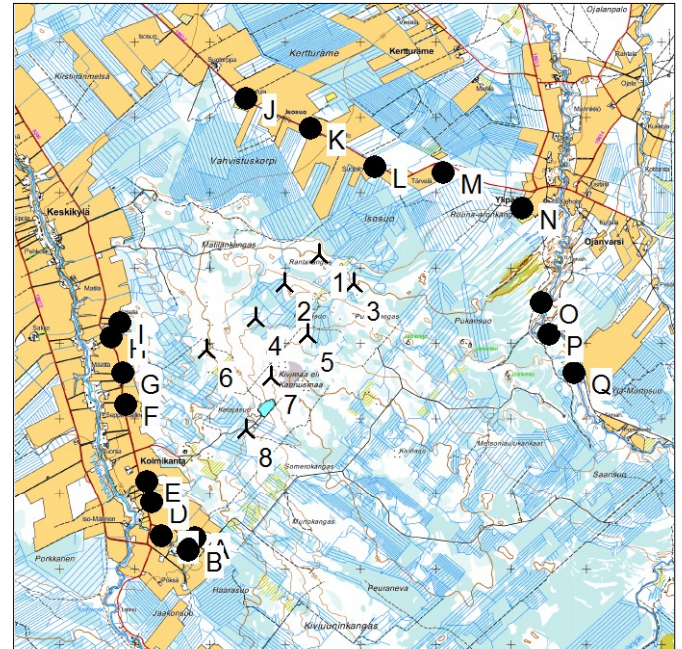
Finish TM ETRS-TM35FIN-ETRS89

WTGs

	East	North	Z	Row data/Description	WTG type			Power, rated	Rotor diameter	Hub height	Shadow data	
					Valid	Manufact.	Type-generator				Calculation distance	RPM
			[m]					[kW]	[m]	[m]	[m]	[RPM]
1	441 462	7 178 183	42,2	WTG1	Yes	VESTAS	V126-3.3 GridStreame-3 300	3 300	126,0	137,0	1 715	0,0
2	440 999	7 177 793	48,0	WTG2	Yes	VESTAS	V126-3.3 GridStreame-3 300	3 300	126,0	137,0	1 715	0,0
3	441 920	7 177 791	42,0	WTG3	Yes	VESTAS	V126-3.3 GridStreame-3 300	3 300	126,0	137,0	1 715	0,0
4	440 613	7 177 333	53,6	WTG4	Yes	VESTAS	V126-3.3 GridStreame-3 300	3 300	126,0	137,0	1 715	0,0
5	441 297	7 177 117	51,7	WTG5	Yes	VESTAS	V126-3.3 GridStreame-3 300	3 300	126,0	137,0	1 715	0,0
6	439 963	7 176 907	44,1	WTG6	Yes	VESTAS	V126-3.3 GridStreame-3 300	3 300	126,0	137,0	1 715	0,0
7	440 815	7 176 551	56,0	WTG7	Yes	VESTAS	V126-3.3 GridStreame-3 300	3 300	126,0	137,0	1 715	0,0
8	440 479	7 175 847	46,7	WTG8	Yes	VESTAS	V126-3.3 GridStreame-3 300	3 300	126,0	137,0	1 715	0,0

Shadow receptor-Input

No.	Name	East	North	Z	Width	Height	Height a.g.l.	Degrees from south cw	Slope of window	Direction mode
				[m]	[m]	[m]	[m]	[°]	[°]	
A	Kujanperä	439 802	7 174 406	37,1	1,0	1,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
B	Hakala, loma-asunto	439 723	7 174 239	40,2	1,0	1,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
C	Lippola	439 357	7 174 440	34,2	1,0	1,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
D	Viitala	439 230	7 174 876	34,0	1,0	1,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
E	Uitto	439 170	7 175 157	32,0	1,0	1,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
F	Korhonen	438 883	7 176 187	30,0	1,0	1,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
G	Asuintalo, A	438 847	7 176 606	30,0	1,0	1,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
H	Rymylä	438 695	7 177 081	28,9	1,0	1,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
I	Vesala	438 805	7 177 271	30,8	1,0	1,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
J	Koivula	440 481	7 180 247	29,1	1,0	1,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
K	Takalo	441 339	7 179 852	30,0	1,0	1,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
L	Suotalo	442 198	7 179 340	32,0	1,0	1,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
M	Tärvälä	443 108	7 179 270	34,0	1,0	1,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
N	Ylipää, loma-asunto	444 150	7 178 788	36,0	1,0	1,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
O	Asuinrakennus, B	444 414	7 177 538	36,9	1,0	1,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
P	Kirkkoharju, loma-asunto	444 508	7 177 122	42,0	1,0	1,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
Q	Paarmakangas, loma-asunto	444 845	7 176 601	46,1	1,0	1,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"



New WTG

Scale 1:100 000
Shadow receptor

Project:

Kivimaa_Tyrnävä

Licensed user:

WSP Finland Oy / WSP Finland Ltd.

Kiviharjunlenkki 1 D

FI-90220 Oulu

+358 207 864 16

Kai Jussila / kai.jussila@wspgroup.fi

Calculated:

11.11.2015 14:24/3.0.619

SHADOW - Main Result

Calculation: Varjostusmallinnus - Tyrnävän Kivimaa

Calculation Results

Shadow receptor

No.	Name	Shadow, worst case			Shadow, expected values
		Shadow hours	Shadow days	Max shadow	Shadow hours
		per year [h/year]	per year [days/year]	hours per day [h/day]	per year [h/year]
A	Kujanperä	0:00	0	0:00	0:00
B	Hakala, loma-asunto	0:00	0	0:00	0:00
C	Lippola	0:00	0	0:00	0:00
D	Viitala	13:24	54	0:20	3:42
E	Uitto	9:59	37	0:21	2:41
F	Korhonen	24:13	86	0:24	6:22
G	Asuintalo, A	13:11	39	0:26	3:20
H	Rymylä	8:35	28	0:23	1:54
I	Vesala	9:27	30	0:24	2:01
J	Koivula	0:00	0	0:00	0:00
K	Takalo	10:00	40	0:19	0:55
L	Suotalo	20:30	70	0:22	2:18
M	Tärvelä	0:00	0	0:00	0:00
N	Ylipää, loma-asunto	0:00	0	0:00	0:00
O	Asuinrakennus, B	0:00	0	0:00	0:00
P	Kirkkoharju, loma-asunto	0:00	0	0:00	0:00
Q	Paarmakangas, loma-asunto	0:00	0	0:00	0:00

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

No.	Name	Worst case [h/year]	Expected [h/year]
1	WTG1	19:53	2:15
2	WTG2	0:00	0:00
3	WTG3	10:37	0:58
4	WTG4	0:00	0:00
5	WTG5	0:00	0:00
6	WTG6	50:05	12:30
7	WTG7	0:00	0:00
8	WTG8	28:44	7:32

Project:

Kivimaa_Tyrnävä

Licensed user:

WSP Finland Oy / WSP Finland Ltd.

Kiviharjunlenkki 1 D

FI-90220 Oulu

+358 207 864 16

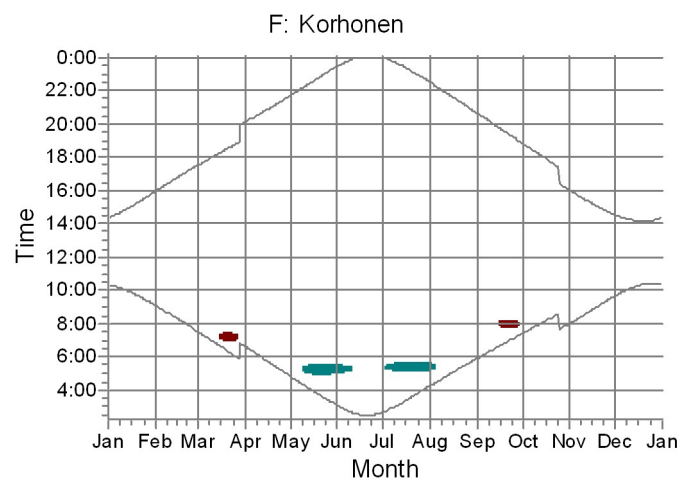
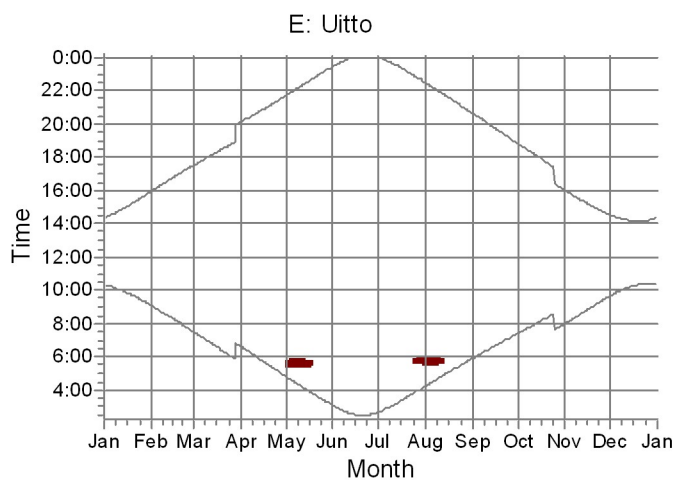
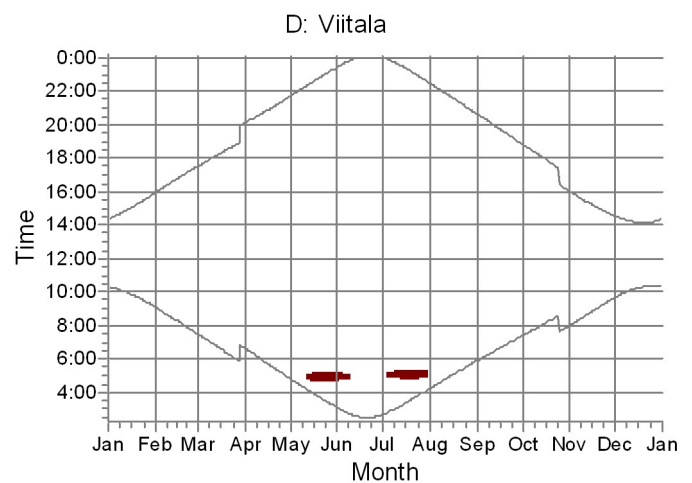
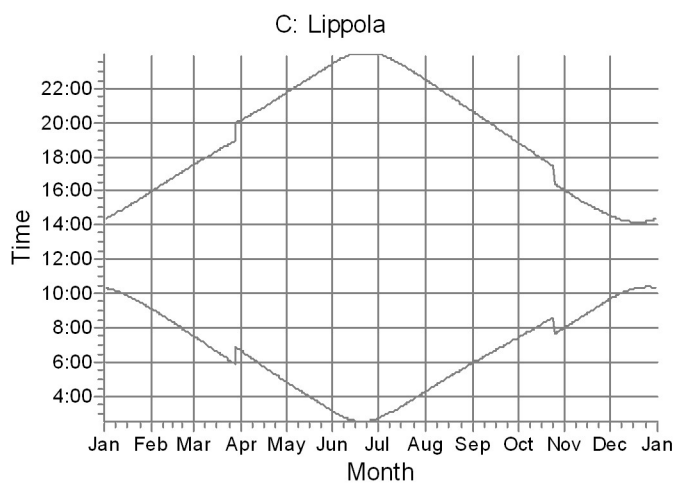
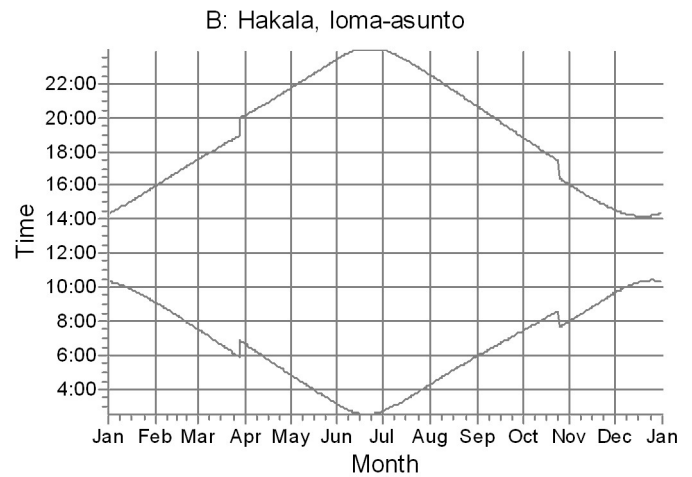
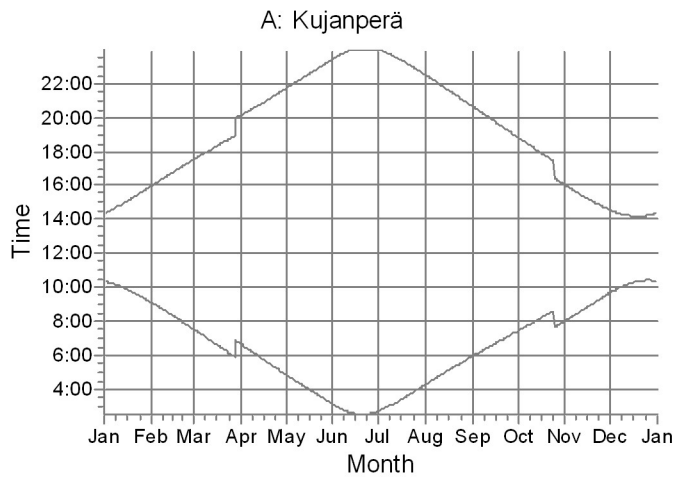
Kai Jussila / kai.jussila@wspgroup.fi

Calculated:

11.11.2015 14:24/3.0.619

SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Varjostusmallinnus - Tyrnävän Kivimaa



WTGs



6: WTG6



8: WTG8

Project:

Kivimaa_Tyrnävä

Licensed user:

WSP Finland Oy / WSP Finland Ltd.

Kiviharjunlenkki 1 D

FI-90220 Oulu

+358 207 864 16

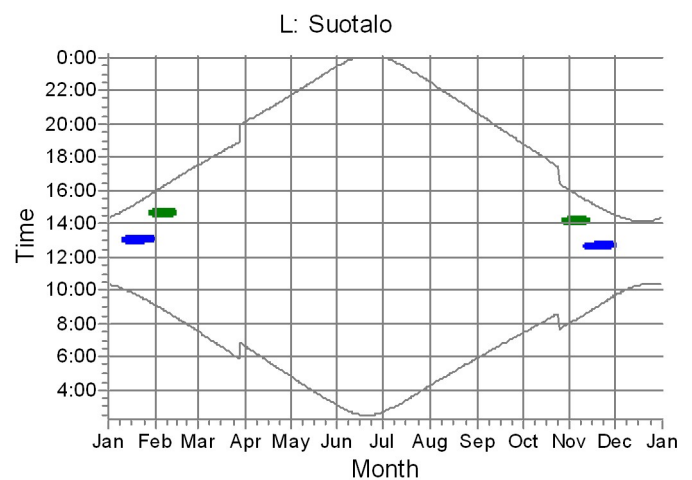
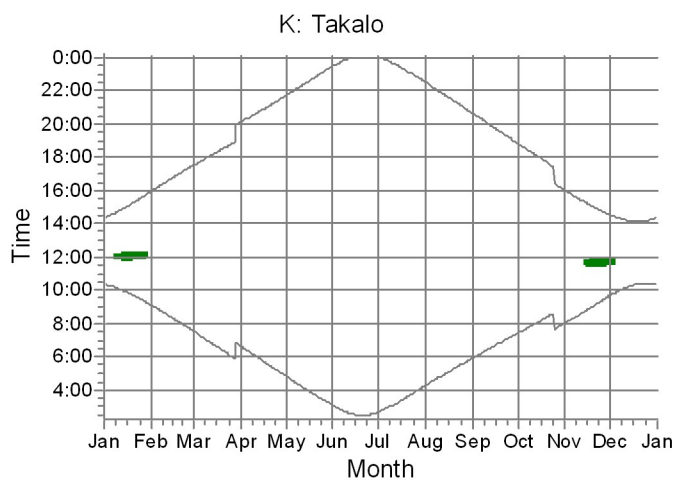
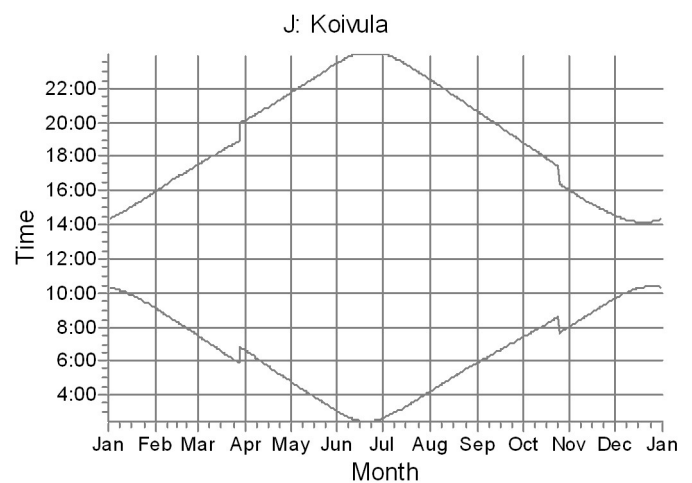
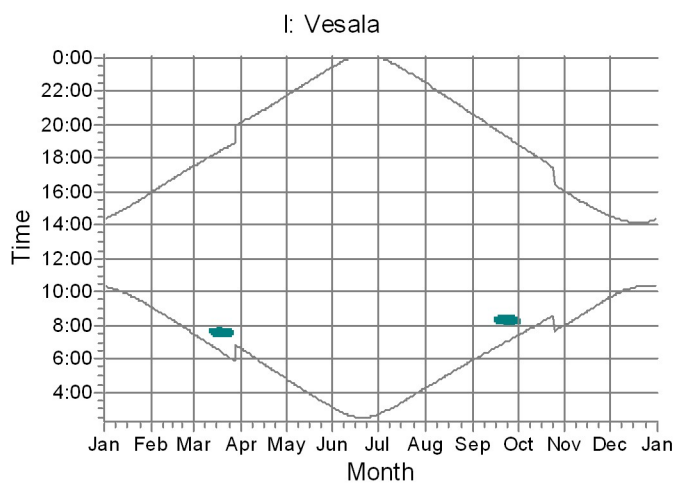
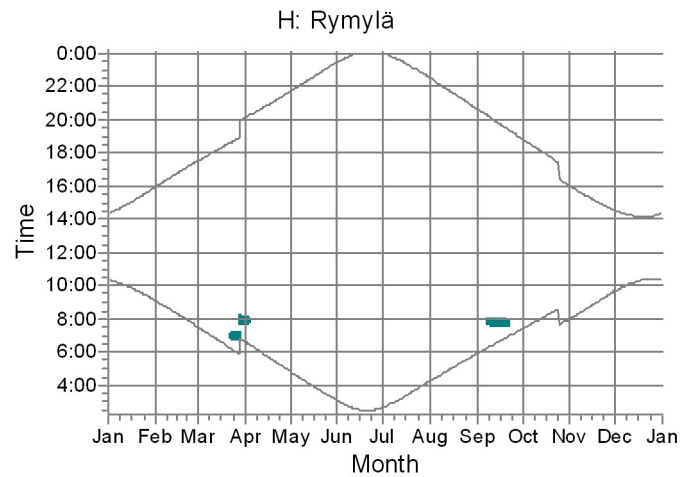
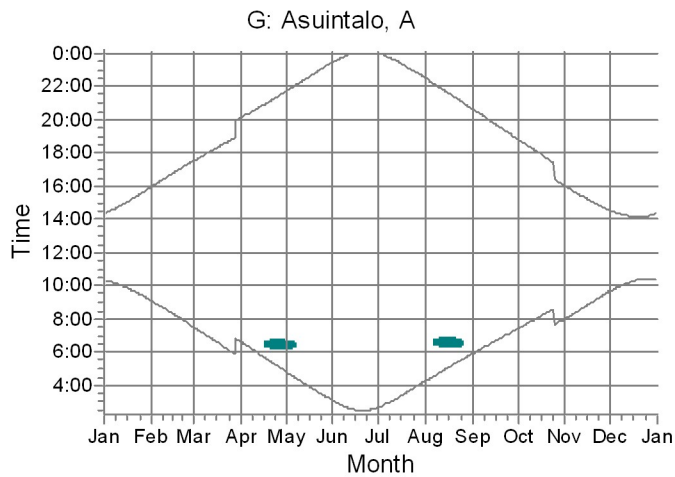
Kai Jussila / kai.jussila@wspgroup.fi

Calculated:

11.11.2015 14:24/3.0.619

SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Varjostusmallinnus - Tyrnävän Kivimaa



WTGs



1: WTG1



3: WTG3



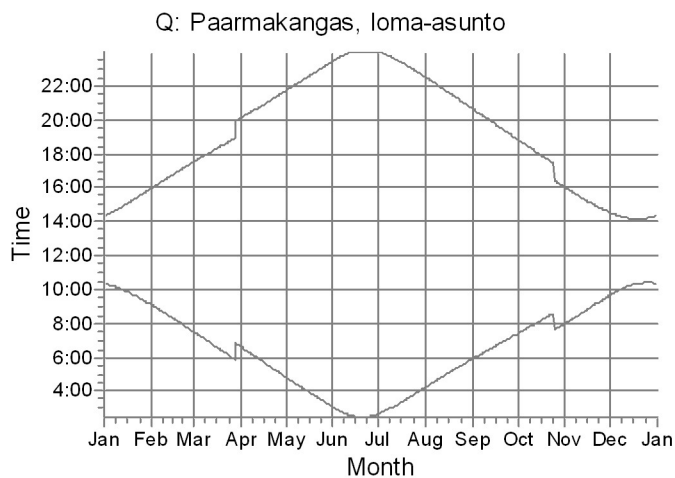
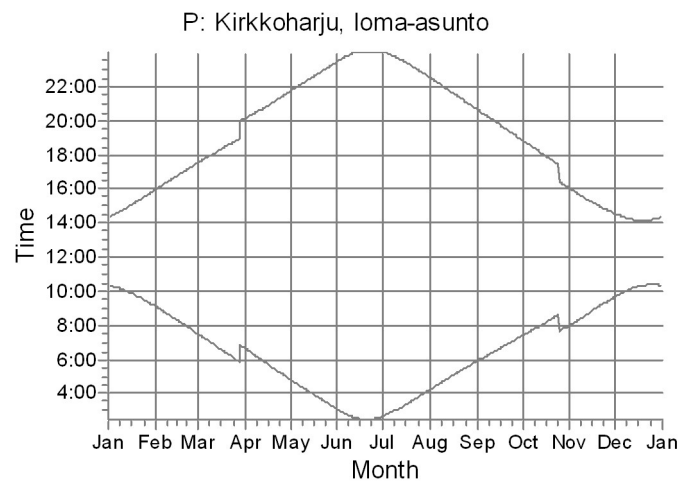
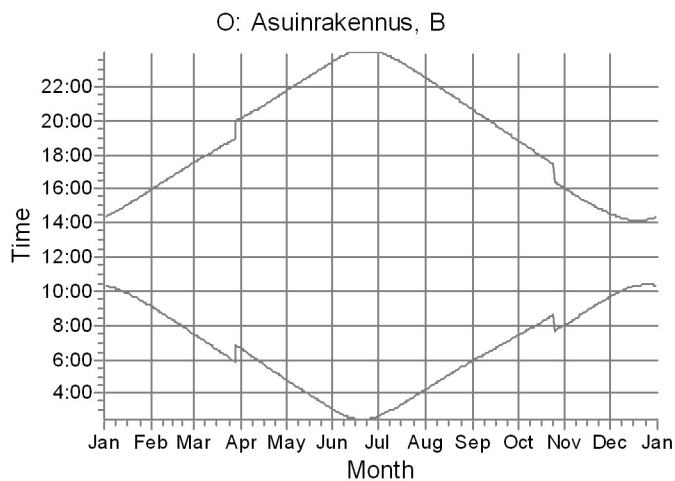
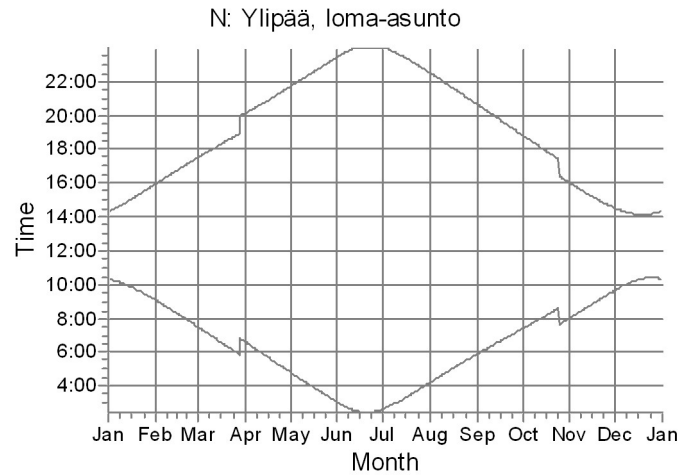
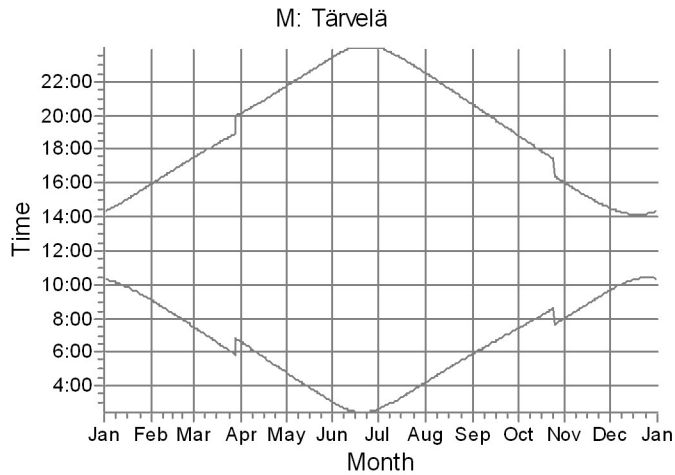
6: WTG6

Project:
Kivimaa_Tyrnävä

Licensed user:
WSP Finland Oy / WSP Finland Ltd.
Kiviharjunlenkki 1 D
FI-90220 Oulu
+358 207 864 16
Kai Jussila / kai.jussila@wspgroup.fi
Calculated:
11.11.2015 14:24/3.0.619

SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Varjostusmallinnus - Tyrnävän Kivimaa



WTGs

