

Vastaanottaja
Winda Energia Oy

Asiakirjatyyppe
Raportti

Päivämäärä
21.11.2022

Viite
1510067705-008

LAULURÄMEEN TUULIVOIMAHANKE

VÄLKEMALLINNUS

Päivämäärä **21.11.2022**
Laatija **Maria Niemi**
Tarkastaja **Ville Virtanen**

Sisältää Maanmittauslaitoksen Maastotietokannan 11/2022 aineistoa.

Viite 1510067705-008

SISÄLTÖ

1.	Yleistä	1
2.	Vertailuarvot	1
3.	Vaikutusmekanismit	1
4.	Mallinnusmenetelmä ja lähtötiedot	2
4.1	Mallinnusohjelma ja laskentamalli	2
4.2	Väkelaskenta	2
4.3	Maastomalli	3
4.4	Tuulivoimalatiedot	3
4.5	Laskentojen epävarmuus	4
5.	Mallinnustulokset	4
6.	Yhteenveto ja johtopäätökset	5
LÄHTEET		6
LIITTEET		6

1. YLEISTÄ

Winda Energia Oy suunnittelee tuulivoimapuiston rakentamista Laulurämeen alueelle Pyhäjärvelle ja Kiuruvedelle. Hankkeesta on käynnissä ympäristövaikutusten arviointi ja osayleiskaavan laatiminen. Tässä työssä tarkasteltiin Laulurämeen tuulivoimapuiston välkevaikutuksia. Ympäristöministeriön Tuulivoimarakentamisen suunnittelu (Ympäristöhallinnon ohjeita 5/2016) oppaan mukaisesti liikkuvasta varjosta puhutaan välkkeenä.

Työ on tehty Winda Energia Oy:n toimeksiannosta. Rambollissa YVA-kaavan laatimisen projektipäällikkönä toimii Ulla Lehtinen. Välkemallinnuksen ja raportoinnin on tehnyt Ramboll Finland Oy:stä suunnittelija ins.(AMK) Maria Niemi.

2. VERTAILUARVOT

Tuulivoimaloista aiheutuvalle välkkeelle ei ole määritelty Suomessa raja- tai ohjearvoja. Ympäristöministeriön julkistamassa Tuulivoimarakentamisen suunnittelu (Ympäristöhallinnon ohjeita 5/2016) oppaassa suositellaan käyttämään apuna muiden maiden suosituksia välkkeen rajoittamisesta. ^[1]

Eri maissa on annettu suunnitteluarvoja tai raja-arvoja välkkeen määrälle asutukselle tai muille altistuville kohteille. Saksassa on annettu ohjeistus (WEA-Schattenwurf-Hinweise) mallintamiseen sekä raja-arvot maksimivälketilanteessa (Worst Case) sekä todellisessa tilanteessa (Real Case) ^[2]. Ruotsalaisessa suunnitteluohjeistuksessa viitataan saksalaiseen ohjeistukseen ja suositukset perustuvat pitkälti saksalaiseen ohjeistukseen ^[3]. Tanskassa on ohjeistuksena annettu, että vuotuisen todellinen välkemäärä tulee rajoittaa kymmeneen tuntiin vuodessa ^[4].

Taulukko 1. Esimerkkejä muiden maiden suosituksista ja raja-arvoista välkkeen esiintymisen osalta

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

3. VAIKUTUSMEKANISMIT

Toiminnassa olevat tuulivoimalat voivat aiheuttaa liikkuvaa varjoa eli välkettä ympäristöönsä, kun auringon säteet suuntautuvat tuulivoimalan lapojen takaa tiettyyn katselupisteeseen. Tällöin roottorin lapojen pyöriminen aiheuttaa liikkuvan varjon ja varjojen liikkumisnopeus riippuu roottorin pyörimisnopeudesta.

Välkevaikutus syntyy sääolojen, vuodenajan ja vuorokauden ajan mukaan, joten välkettä on havaittavissa tietyssä katselupisteessä vain tiettyjen valaistusolosuhteiden täytyessä ja tiettyinä aikoina vuorokaudesta ja vuodesta. Välkettä ei esiinny, kun aurinko on pilvessä tai kun tuulivoimala ei ole käynnissä, tai auringon asema on välkkeen muodostumiselle epäedullinen. Myös tuulen suunnalla on vaikutusta varjon muodostukselle. Poikittain aurinkoon oleva voimala aiheuttaa erilaisen varjon kuin kohtisuoraan aurinkoon suuntautunut voimala.

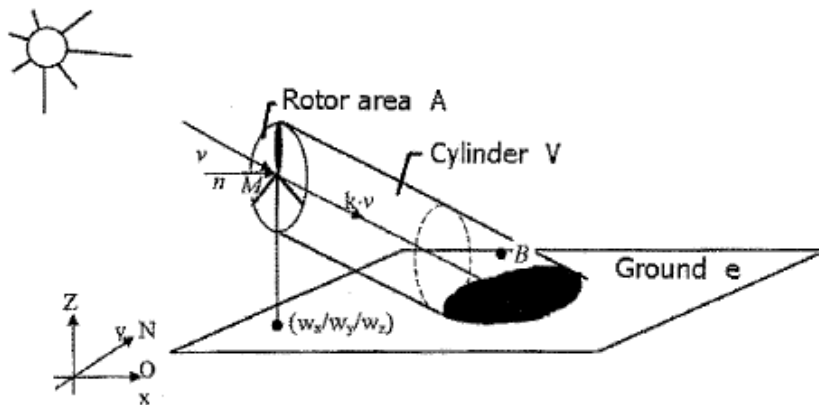
Laajimmalle varjo ulottuu, kun aurinko on matalalla. Toisaalta kun aurinko laskee riittävän matalalle, yhtenäistä varjoa ei enää muodostu. Tällöin valonsäteet joutuvat kulkemaan pitemmän matkan ilmakehän läpi, jolloin säteily hajaantuu. Vaikutusalueen koko riippuu tuulivoimalamallin dimensioista ja lavan muodosta sekä alueellisista sääolosuhteista sekä maasto-olosuhteista (metsä, mäki jne.).

4. MALLINNUSMENETELMÄ JA LÄHTÖTIEDOT

4.1 Mallinnusohjelma ja laskentamalli

Tuulivoimaloiden aiheuttaman välkkeen esiintymisalue ja esiintymistiheys laskettiin EMD WindPRO 3.5 -ohjelman Shadow -moduulilla, joka laskee kuinka usein ja minkälaisina jaksoina tietty kohde on tuulivoimaloiden luoman liikkuvan varjon alaisena. Ohjelma on yleisesti käytössä tuulivoimaloiden aiheuttaman välkkeen mallinnuksessa. Lisätietoja ohjelmasta ja laskentamallin kuvauksen saa internet-osoitteesta <http://www.emd.dk/> löytyvästä ohjelman käyttöohjeesta [5].

Ohjelmalla voidaan tehdä kahdentyyppisiä laskentoja, ns. Pahin tilanne (*Worst Case*)- ja Todellinen tilanne (*Real Case*) -laskelmia. Välkevyöhykekartan lisäksi ohjelmalla voidaan laskea yksittäisiin reseptoripisteisiin kohdistuvaa välkevaikutusta.



Kuva 1. Tuulivoimalan aiheuttaman liikkuvan varjon alue [5]

4.2 Välkelaskenta

Laskentapisteen väliseksi etäisyydeksi määritettiin 10 metriä. Laskennan tarkastelukorkeutena käytettiin 1,5 metriä, eli noin ihmisen silmäkorkeutta. Laskennassa käytetyn saksalaisen ohjeistuksen (joka on yleisesti käytössä oleva laskentatapa) mukaan välkevaikutusta laskettaessa auringonpaistekulman raja horisontista on kolme astetta, jonka alle menevää auringon säteilyä ei oteta huomioon ja laskennassa roottorin lavan tulee peittää vähintään 20 % auringosta [2].

Mallinnuksessa ei huomioida puuston ja rakennusten aiheuttamaa peittovaikutusta, jotka voivat rajoittaa merkittävästi välkkeen esiintyvyyttä maanpinnan tasolla.

Worst Case -laskenta antaa teoreettisen maksimivälkemäärän. Laskenta olettaa auringon paistavan koko ajan (auringonnoususta auringonlaskuun) ja tuulivoimaloiden oletetaan käyvän koko ajan sekä tuulen suunnan seuraavan aurinkoa siten, että välkettä syntyy tarkastelupisteeseen aina maksimaalinen määrä. Worst Case -laskennan vuosi-arvot eivät siten vastaa tulevaa todellista vuositaitaista välkevaikutusta tuulivoimaloiden ympäristössä.

Real Case -laskennoissa huomioidaan alueen tuulisuus- ja auringonpaistetiedot. Worst case -tuloksista tehdään vähennykset auringonpaistetietoihin ja käyttötuntitietoihin (tuulensuunta sektoreittain) perustuen, josta saadaan Real case -tulos. Auringonpaisteisuustietona käytettiin Ilmatieteen laitoksen Jyväskylän sääaseman keskiarvoisia auringonpaisteisuustietoja ilmastolliselta vertailukaudesta 1991–2020 [6]. Tuulivoimaloiden vuotuisiksi toiminta-ajaksi määritettiin Suomen Tuuliatlaksen tiedoista 96 %. Toiminta-ajat laskettiin 12 suuntasektorille olettaen, että tuulivoimalat toimivat tuulennopeuden ollessa napakorkeudella yli 3 m/s.

Taulukko 2 Real Case -laskennassa käytetyt keskimääräiset auringonpaisteisuustunnit eri kuukausina (tuntia päivässä)

Tam	Hel	Maa	Huh	Tou	Kes	Hei	Elo	Syy	Lok	Mar	Jou
0,81	2,25	4,39	5,97	8,13	8,13	8,42	6,71	4,10	1,90	0,67	0,32

Taulukko 3. Real Case -laskennassa käytetty vuotuinen toiminnallinen aika (tuntia vuodessa) tuulen-suuntasektoreittain

N	NNE	ENE	E	ESE	SSE	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW	Sum
620	392	336	333	467	744	1081	1087	978	954	782	670	8444

Real Case -välkeyvyöhykelaskennan lisäksi laskentoja tehtiin myös yksittäisiin reseptoripisteisiin hankealueen ympäristössä.

4.3 Maastomalli

Maastomalli on laadittu Maanmittauslaitoksen maastotietokannan aineistosta. Maastomallissa ei huomioitu puustoa tai rakennuksia.

4.4 Tuulivoimalatiedot

Laskennoissa huomioitiin Laulurämeen tuulivoimalavaihtoehdot VE1, VE2 ja VE3 taulukon 4 mukaisilla sijainneilla.

Voimaloiden napakorkeutena käytettiin 220 m ja roottorin halkaisija oli 200 metriä. Roottorikoon ja napakorkeuden lisäksi myös lavan muoto ja leveys vaikuttavat maksimivälke-etäisyyteen, joka mallinnusohjelman mukaan on tälle laitosmallille noin 2 443 metriä. Lavan leveystietoina käytettiin:

- Max blade width = 4,90 m
- Blade width for 90 % radius = 1,8 m

Taulukko 4. Tuulivoimalaitosten koordinaatit (ETRS-TM35FIN)

VE1	X	Y
1	464883	7054937
2	465508	7054762
3	464985	7053810
4	465903	7054162
5	465059	7053040
6	466287	7053597
7	465473	7052410
8	466547	7052983
9	466302	7052106
10	467134	7052477
11	466333	7051362
12	467117	7051671
13	464210	7055220
14	464228	7054373
15	463567	7056808
16	463414	7055819
17	463304	7054784
18	462690	7056426
19	462382	7055171
20	461740	7057020
21	461798	7056003
22	461455	7054986
23	460887	7055686

VE2	X	Y
13	464210	7055220
14	464228	7054373
15	463567	7056808
16	463414	7055819
17	463304	7054784
18	462690	7056426
19	462382	7055171
20	461740	7057020
21	461798	7056003
22	461455	7054986
23	460887	7055686

VE3	X	Y
1	464883	7054937
2	465508	7054762
3	464985	7053810
4	465903	7054162
5	465059	7053040
6	466287	7053597
7	465473	7052410
8	466547	7052983
9	466302	7052106
10	467134	7052477
11	466333	7051362
12	467117	7051671

4.5 Laskentojen epävarmuus

Koska Worst Case -laskenta perustuu auringon asemaan suhteessa tuulivoimalaitokseen ja tarkastelupisteeseen, voidaan laskennan tarkkuutta pitää hyvinkin luotettavana, kun määritetään välkkeen mahdollisia esiintymisajankohtia. Kun tarkoituksena on ennustaa todellista välkkeen esiintyvyyttä alueella vuoden aikana, ei Worst Case -mallinnus vastaa todellisuutta.

Real Case -mallinnuksessa käytetään keskimääräisiä auringonpaisteisuustietoja ja Tuuliatlaksen mukaan määritettyjä tuulen suuntien toiminnallisia aikoja. Mallinnuksen mukainen Real case -tulos kuvaa tavanomaisen vuoden tilannetta. Välkevaikutusten todellinen tilanne siis vaihtelee eri vuosina, koska välkkeen esiintyminen tietyssä katselupisteessä tietyllä hetkellä edellyttää, että

- aurinko paistaa tuulivoimalaitosten roottorin takaa tarkastelupisteeseen
- tuulivoimala pyörii ja tuulivoimalan roottorin asento mahdollistaa liikkuvan varjon syntymisen takana olevaan tarkastelupisteeseen
- ilman kirkkaus mahdollistaa varjon syntymisen

Real Case -mallinnuksessa tuotetaan paras mahdollinen ennuste tulevasta välke-tilanteesta alueella. Mallissa ei kuitenkaan huomioida rakennusten ja puuston peitevaikutusta. Jos tuulivoimalat eivät ole nähtävissä, eivät ne myöskään aiheuta välkevaikutuksia.

5. MALLINNUSTULOKSET

Laulurämeen tuulivoimahankkeen välkkeen esiintymiskartat on esitetty liitteessä 1, 2 ja 3. Välkevyöhykelaskennan lisäksi tehtiin laskentoja 15 reseptoripisteeseen, joiden sijainnit on esitetty liitteenä olevassa välkekartassa ja tulokset taulukossa 5.

Laulurämeen tuulivoimaloista aiheutuvat vuotuiset välkemäärät ylittävät 8 tuntia vuodessa yhden asuintalon ja yhden loma-asunnon kohdalla (reseptoripisteet 6 ja 14) vaihtoehtoisissa VE1 ja VE2. Hankevaihtoehdossa VE3 ei ylitetä 8 tunnin välkemääriä yhdenkään asuin- tai loma-asunnon osalta.

Taulukko 5. Reseptoripistelaskentojen tulokset.

Reseptori	VE1 Real Case, h/a*	VE2 Real Case, h/a*	VE3 Real Case, h/a*
1	1:42	1:42	0:00
2	5:52	5:52	0:00
3	2:28	2:28	0:00
4	1:16	1:16	0:00
5	3:45	1:33	2:08
6	28:14	23:48	4:24
7	2:29	0:00	2:29
8	3:25	0:00	3:25
9	1:38	0:00	1:38
10	0:00	0:00	0:00
11	2:00	0:00	2:00
12	3:08	0:00	3:08
13	0:00	0:00	0:00
14	12:11	8:59	3:12
15	3:33	3:33	0:00

*tuntia vuodessa

Potentiaaliset välkkeen esiintymisajankohdat reseptorissa on esitetty liitteessä 2.

6. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Mallinnuksella tarkasteltiin Laulurämeen alueelle suunniteltujen tuulivoimaloiden välkevaikutuksia tuulivoimaloiden ympäristössä. Laitosmallin napakorkeutena käytettiin 220 m ja roottorin halkaisijana 200 m, josta yhteenlaskettuna tuulivoimalan kokonaiskorkeudeksi tulee enimmäiskokonaiskorkeus 320 m. Voimaladimensioista roottorin läpimitalla ja lavan paksuudella, on merkittävin vaikutus välkemääriin ympäristössä. Mikäli rakennettava tuulivoimalaitos on mitoiltaan pienempi, ovat välkevaikutukset mallinnettuja vähäisempiä.

Mallinnuksen mukaan Laulurämeen tuulivoimahankkeen ympäristössä jää molemmissa vaihtoehtoissa VE1 ja VE2 yksi asuinrakennus ja yksi lomarakennus välkevaikutusalueelle, jossa vuotuinen välkemäärä ylittää 8 tuntia. Tuulivoimahankkeen vaihtoehdossa VE3 ei ylitetä 8 tunnin välkemääriä.

Välkkeen määrän lisäksi myös välkynnän ajankohdalla (vuoden- ja kellonaika) sekä kiinteistön käyttötavalla ja -tarkoituksella on vaikutusta potentiaalisen häiriön muodostumiseen ja kokemiin.

Vuosittaiseen todelliseen välkevaikutukseen vaikuttaa, kuinka tarkkaan vuosittainen tuulivoimaloiden toiminta ja sääolosuhteet vastaavat mallinnuksessa käytettyjä arvoja, sekä lisäksi muun muassa voimaloiden näkyminen tai näkymisen estyminen esimerkiksi puuston tai rakennusten vuoksi. Rakennusten ohella myös puustovyöhykkeet rajoittavat välkevaikutuksia ympäristössä, mutta puuston on kuitenkin oltava riittävän tiheää ja korkeata sekä suojata altistuvaa kohdetta kattavasti. Myös vuodenajan vaihtelut on huomioitava puuston kyvyssä rajoittaa tuulivoimaloiden näkyvyyttä. Jos tuulivoimalat eivät näy häiriintyvään kohteeseen, ei myöskään välkettä aiheudu.

Suomen säädöksissä ei ole määritetty sitovia ohje- tai raja-arvoja tuulivoimaloiden aiheuttamalle välkkeelle. Mikäli tuulivoimaloiden todetaan aiheuttavan välkettä eniten altistuvien kohteiden luona puuston peitteisyyden vähäisyydestä johtuen yli sallitun rajan, tulisi molemmilla hankealueilla välkevaikutuksien vähentämiseksi tiettyjen voimaloiden toimintaa rajoittaa. Rajoitustoimet tulee kohdistaa voimaloihin, joilla on suurin vaikutus välkealueen ympäristön asuinrakennusten välkemäärään.

Välkkeen syntyyn voidaan vaikuttaa tuulivoimalaan liitettävällä teknisellä ohjauksella. Järjestelmä monitoroi jatkuvasti ja automaattisesti välkkeen muodostumista voimalan nasellin päälle tai runkoon asennettavilla valosensoreilla. Järjestelmä laskee muodostumisen mahdollisuutta tietystä suunnassa valoisuuden ja roottorin asennon mukaan ja järjestelmä pysäyttää tuulivoimalan, kun

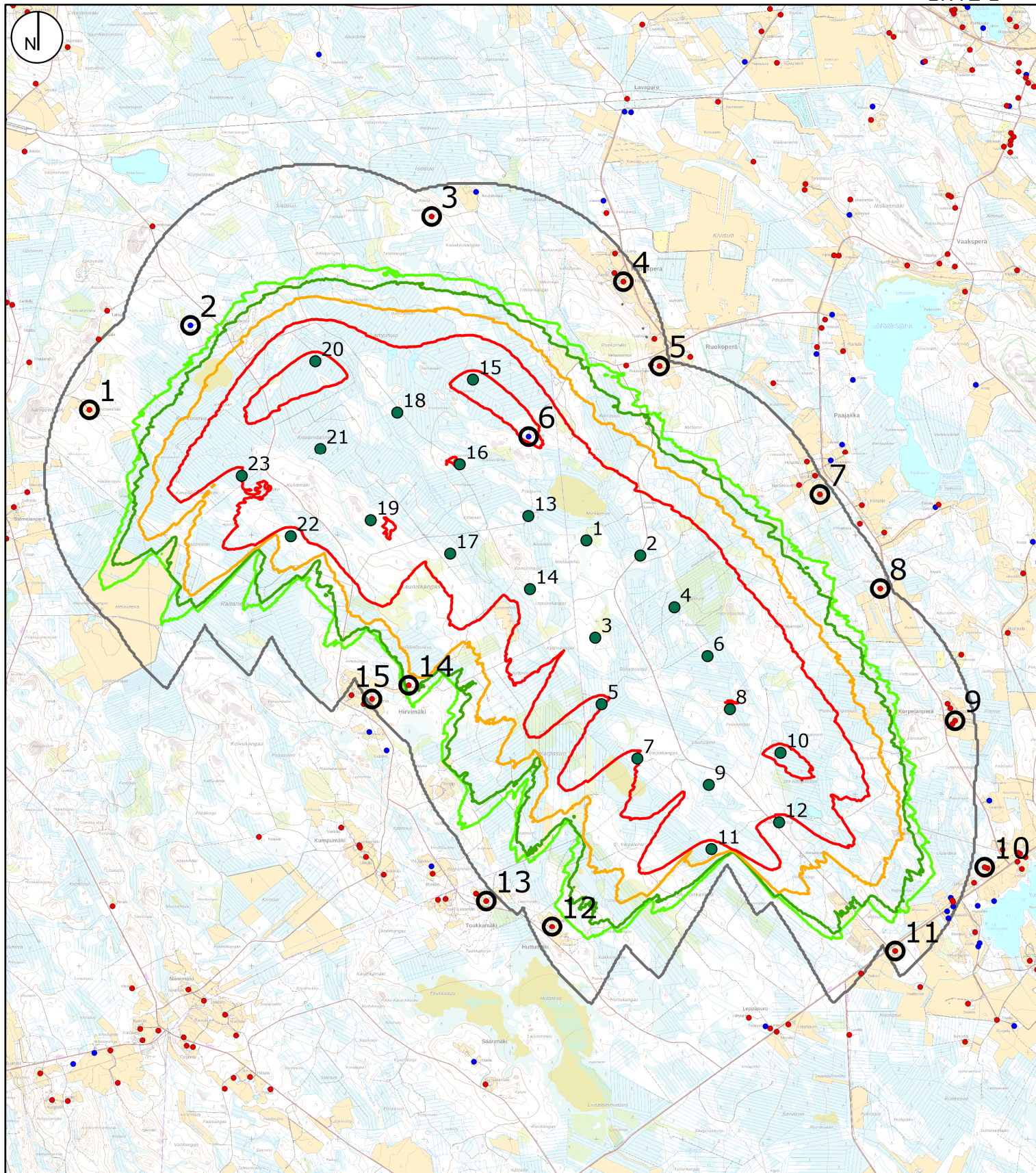
ennalta asetettu välkemäärän raja saavutetaan. Ohjaustarve on vuositasolla ajallisesti vähäinen, eikä siten vaikutus voimalan vuotuisen sähkön tuottoon ole suuri.

LÄHTEET

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. WindPRO 3.3 User Manual
6. Ilmatieteen laitos, Tilastoja Suomen ilmastosta ja merestä 1991-2020 Raportteja 2021:8
7. Suomen Tuuliatlas

LIITTEET

- | | |
|---------|--|
| Liite 1 | Real Case -laskennan välkevyöhykkeet VE1 |
| Liite 2 | Real Case -laskennan välkevyöhykkeet VE2 |
| Liite 3 | Real Case -laskennan välkevyöhykkeet VE3 |
| Liite 4 | Kalenterit välkkeen mahdollisen esiintymisen ajankohdista reseptoripisteissä VE1 |
| Liite 5 | Kalenterit välkkeen mahdollisen esiintymisen ajankohdista reseptoripisteissä VE2 |
| Liite 6 | Kalenterit välkkeen mahdollisen esiintymisen ajankohdista reseptoripisteissä VE3 |



RAMBOLL

Winda Energia Oy
Laulurämeen tuulivoimahanke

Välkemallinnus
(WindPro 3.5)

Layout VE1
Nordex N163-6.X
Napakorkeus (HH) 220 m
Roottorin halkaisija (RD) 200 m

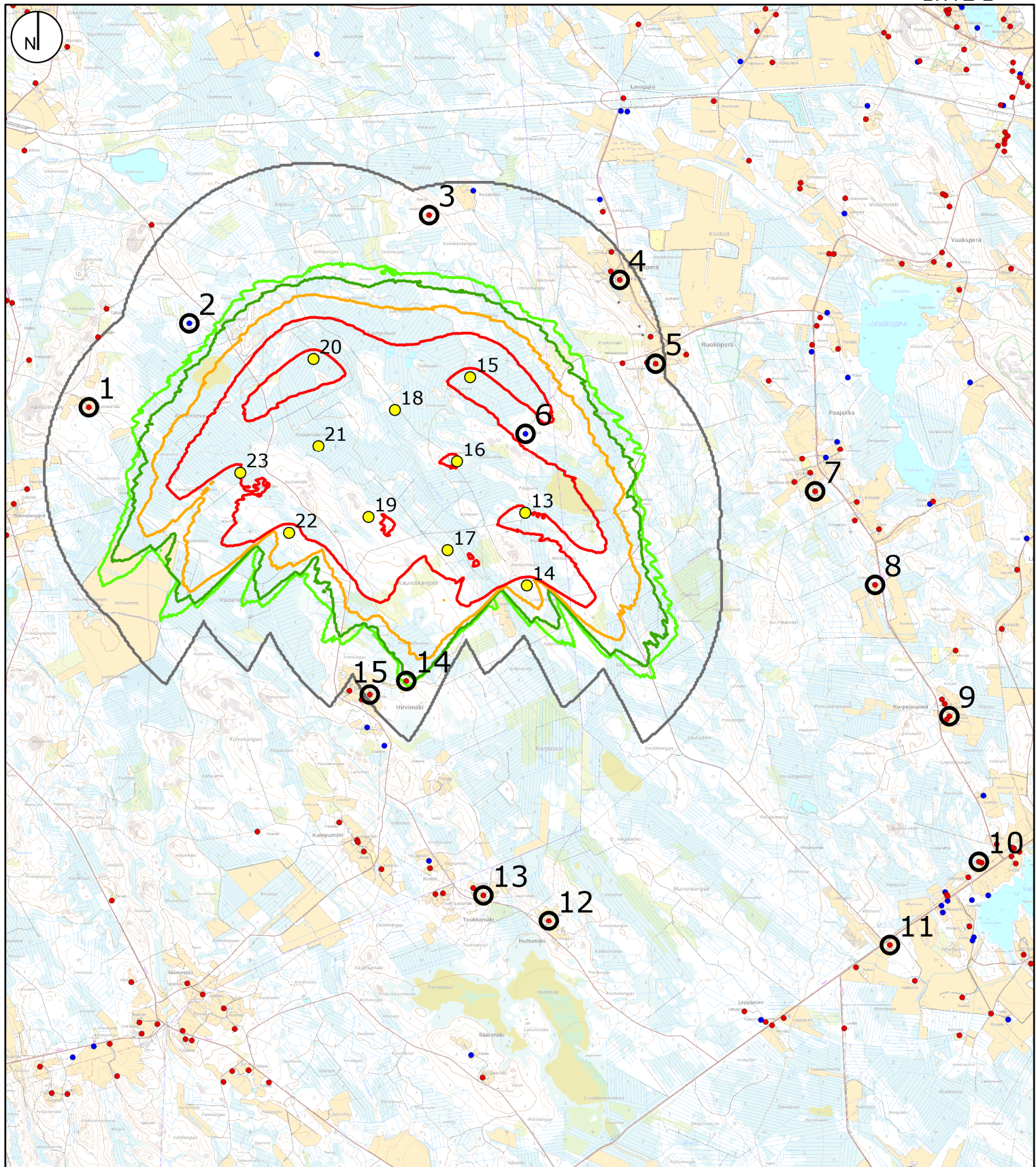
Välketuntia vuodessa
Real Case -mallinnus

- 0
- 8
- 10
- 15
- 30
- Tuulivoimala VE1
- Reseptori
- Asuinrakennus
- Lomarakenus

Mittakaava (A4): 1:60 000

0 0.5 1 2 km

21.11.2022 MN


RAMBOLL

Winda Energia Oy
Laulurämeen tuulivoimahanke

Välkemallinnus
(WindPro 3.5)

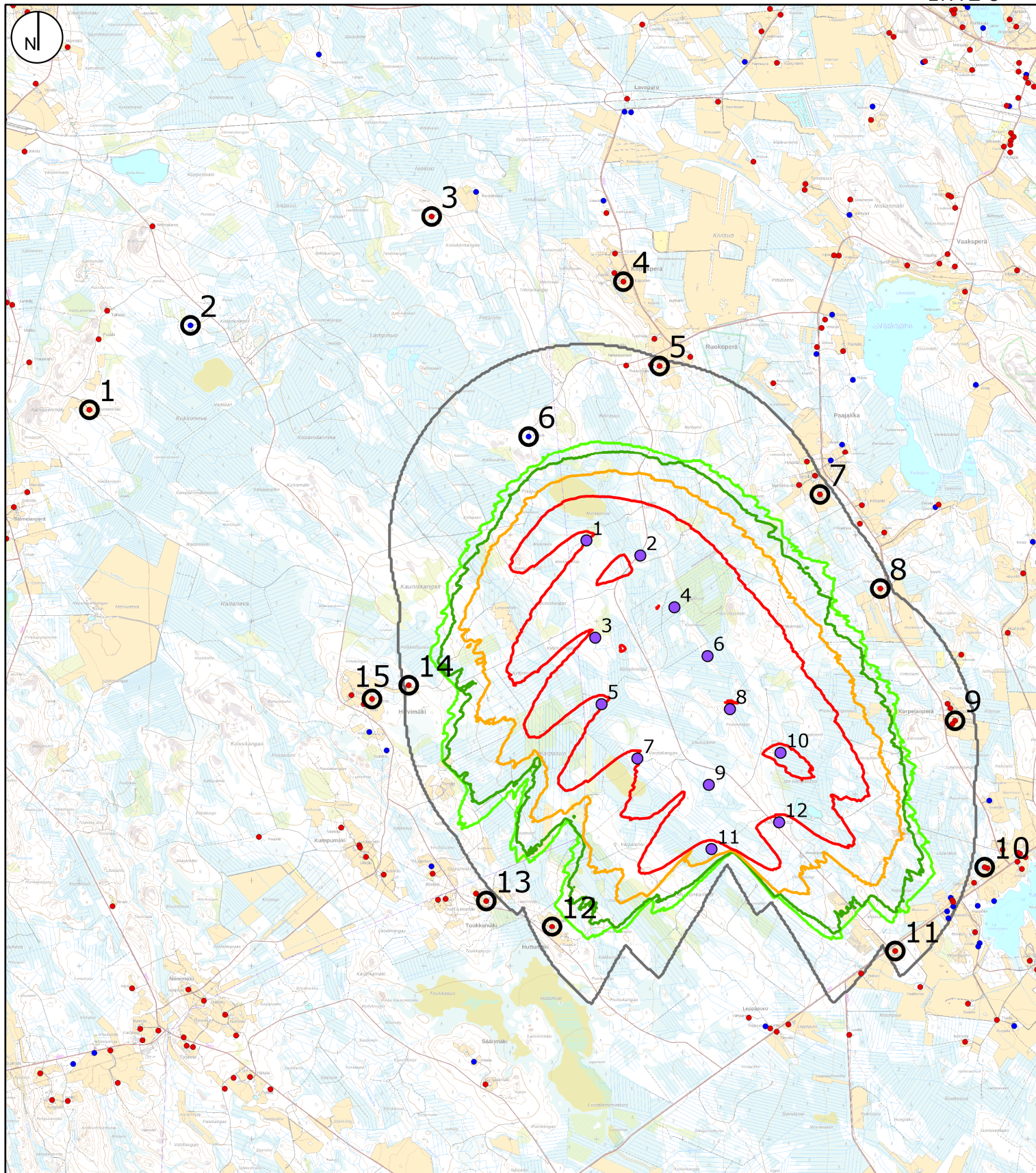
Layout VE2
Nordex N163-6.X
Napakorkeus (HH) 220 m
Roottorin halkaisija (RD) 200 m

Mittakaava (A4): 1:60 000
0 0.5 1 2 km

21.11.2022 MN

Välketuntia vuodessa
Real Case -mallinnus

- 0
- 8
- 10
- 15
- 30
- Tuulivoimala VE2
- Reseptori
- Asuinrakennus
- Lomarakenus



RAMBOLL

Winda Energia Oy
Laulurämeen tuulivoimahanke

Välkemallinnus
(WindPro 3.5)

Layout VE3
Nordex N163-6.X
Napakorkeus (HH) 220 m
Roottorin halkaisija (RD) 200 m

Välketuntia vuodessa
Real Case -mallinnus

- 0
- 8
- 10
- 15
- 30
- Tuulivoimala VE3
- Reseptori
- Asuinrakennus
- Lomarakenus

Mittakaava (A4): 1:60 000
0 0.5 1 2 km

21.11.2022 MN

Project:

Laulurame_valke

Licensed user:

Ramboll Deutschland GmbH
 Elisabeth-Consbruch-Straße 3
 DE-34131 Kassel

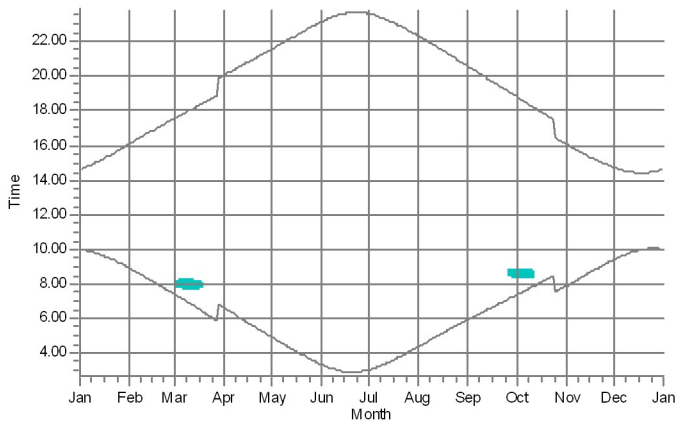
Maria Niemi / maria.niemi@ramboll.fi
 Calculated:

21.11.2022 10.17/3.5.584

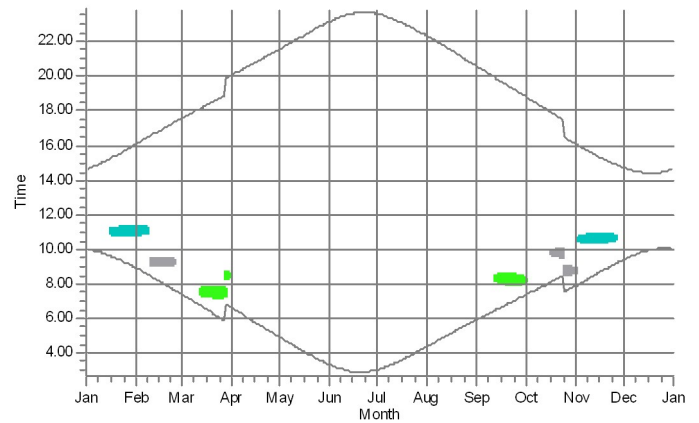
SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: res_VE1_21112022

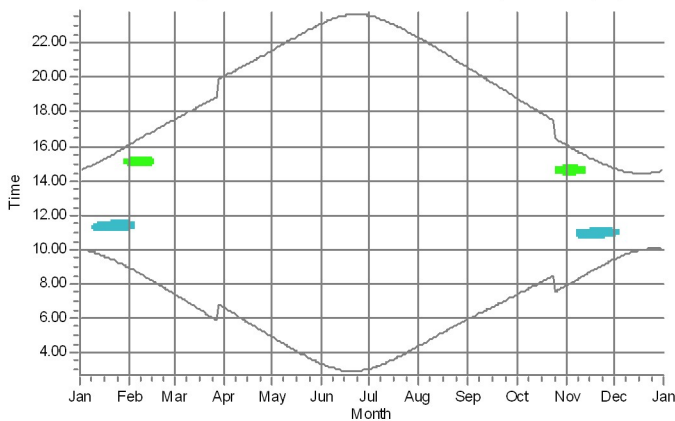
1: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (13)



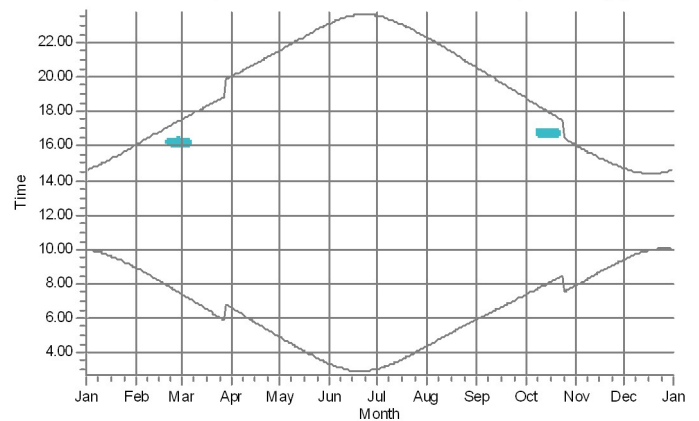
2: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (15)



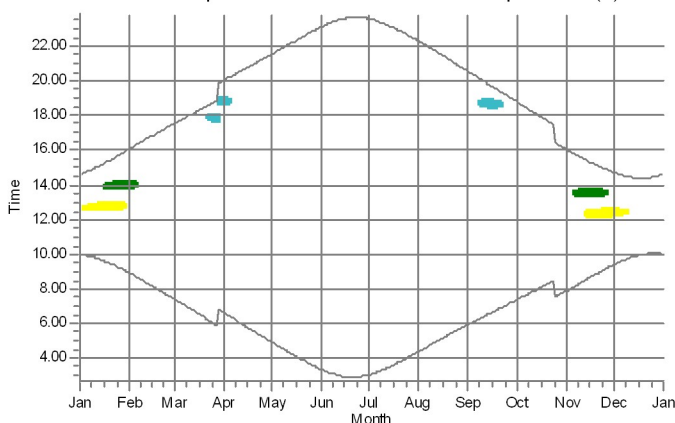
3: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (12)



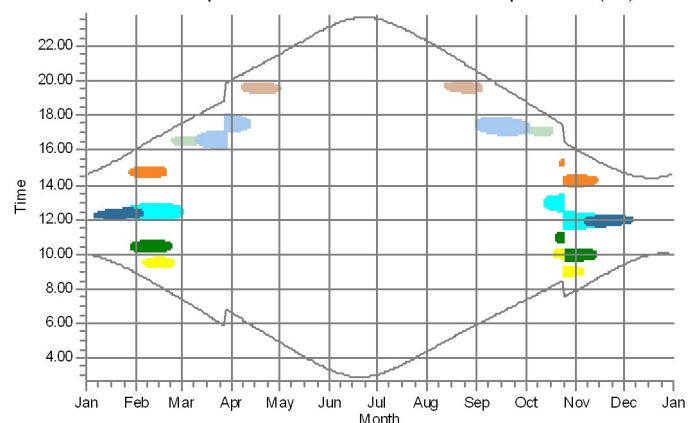
4: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (2)



5: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (3)



6: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (14)



WTGs

1: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 !OI! hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (47)
 2: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 !OI! hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (48)
 13: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 !OI! hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (59)
 19: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 !OI! hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (60)
 16: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 !OI! hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (61)
 21: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 !OI! hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (62)

18: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 !OI! hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (63)
 20: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 !OI! hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (64)
 15: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 !OI! hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (65)
 23: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 !OI! hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (67)
 14: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 !OI! hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (68)
 17: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 !OI! hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (69)

Project:

Laulurame_valke

Licensed user:

Ramboll Deutschland GmbH
 Elisabeth-Consbruch-Straße 3
 DE-34131 Kassel

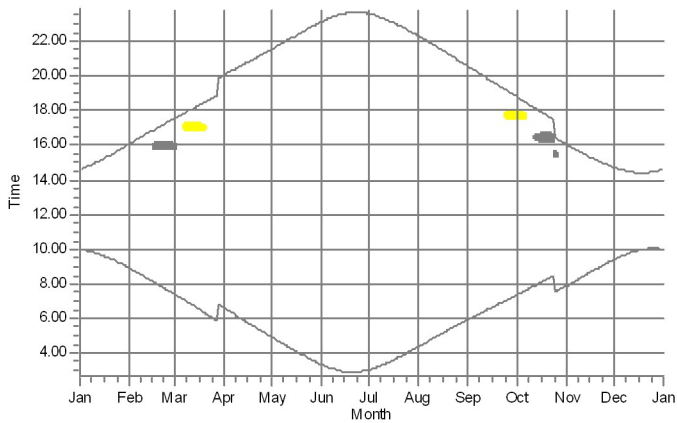
Maria Niemi / maria.niemi@ramboll.fi
 Calculated:

21.11.2022 10.17/3.5.584

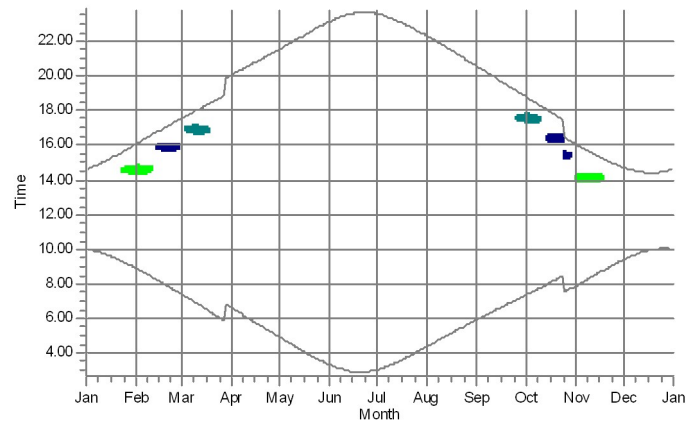
SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: res_VE1_21112022

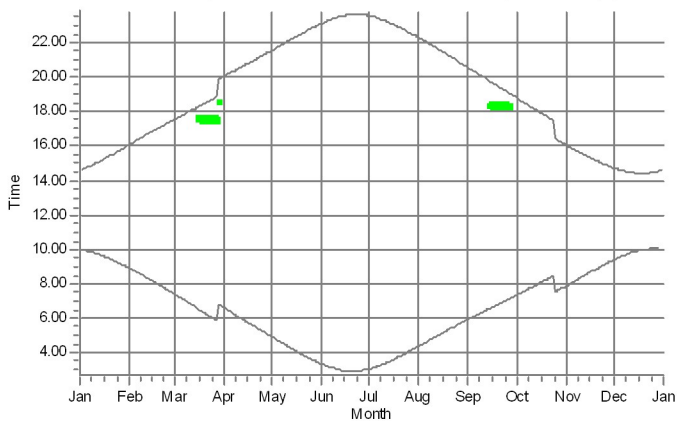
7: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (5)



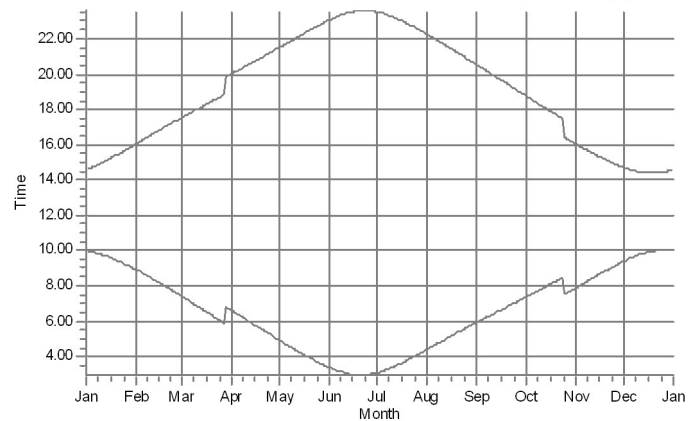
8: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (6)



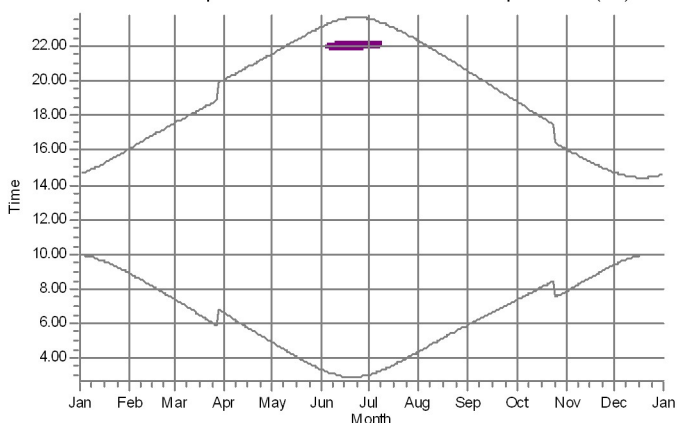
9: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (8)



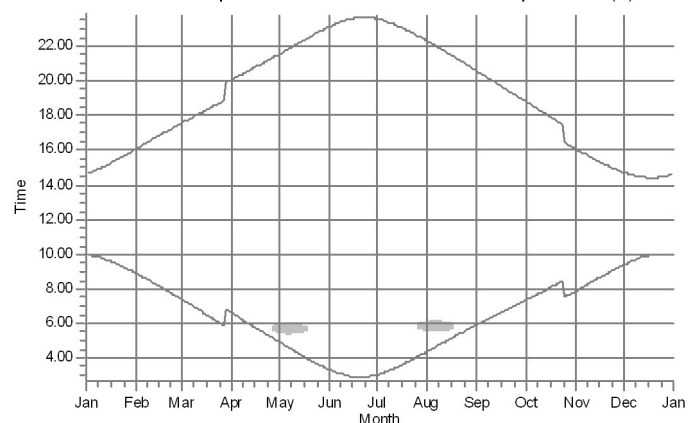
10: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (9)



11: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (10)



12: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (7)



WTGs

2: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 !OI hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (48)
 4: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 !OI hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (50)
 6: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 !OI hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (52)
 8: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 !OI hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (53)

10: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 !OI hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (55)
 12: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 !OI hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (57)
 11: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 !OI hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (58)

Project:

Laulurame_valke

Licensed user:

Ramboll Deutschland GmbH
 Elisabeth-Consbruch-Straße 3
 DE-34131 Kassel

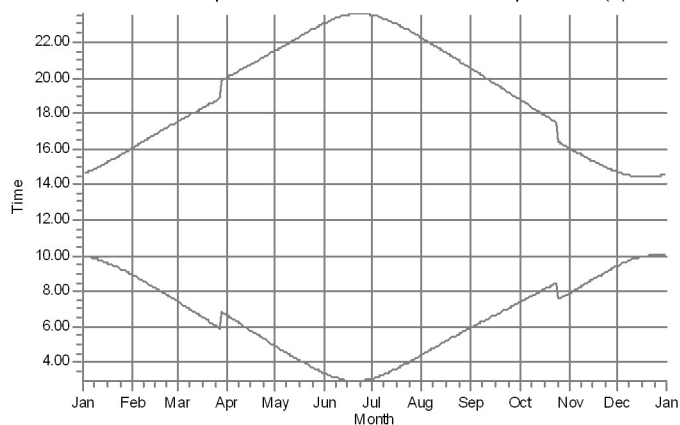
Maria Niemi / maria.niemi@ramboll.fi
 Calculated:

21.11.2022 10.17/3.5.584

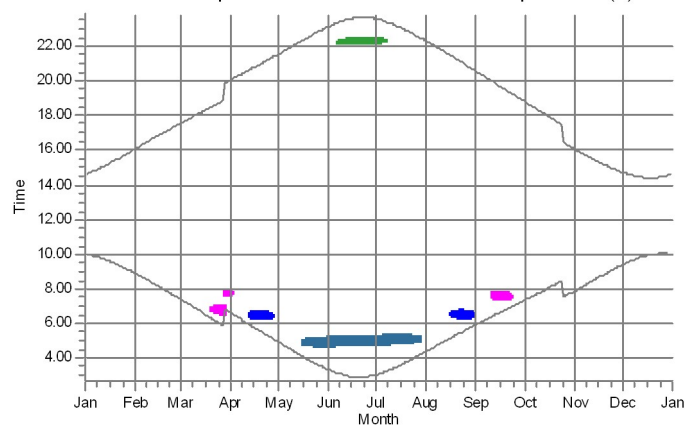
SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: res_VE1_21112022

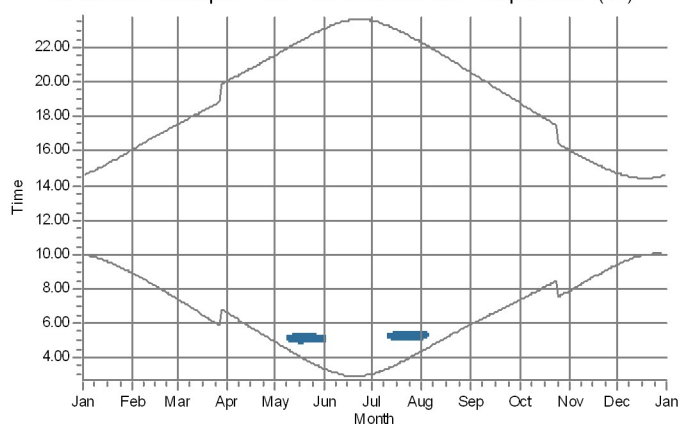
13: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (4)



14: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (1)



15: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (11)



WTGs

3: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 !OI! hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (49)
 5: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 !OI! hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (51)

22: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 !OI! hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (66)
 14: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 !OI! hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (68)

Project:

Laulurame_valke

Licensed user:

Ramboll Deutschland GmbH
 Elisabeth-Consbruch-Straße 3
 DE-34131 Kassel

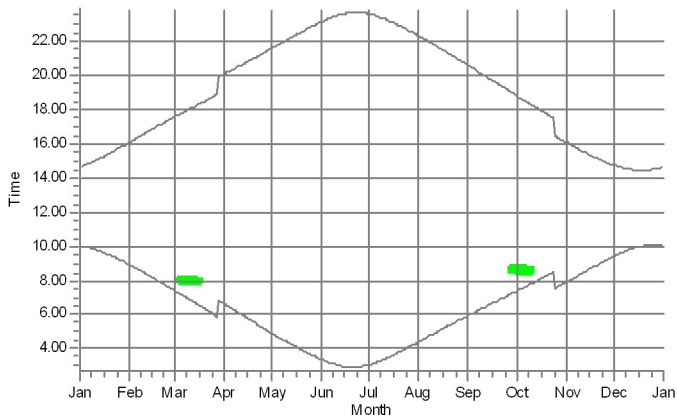
Maria Niemi / maria.niemi@ramboll.fi
 Calculated:

21.11.2022 10.23/3.5.584

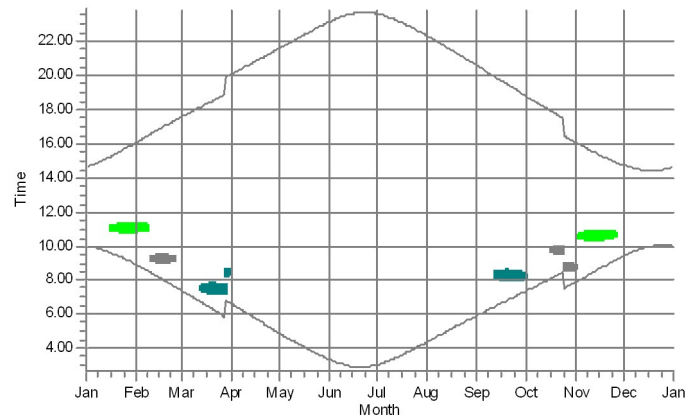
SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Res_VE2_21112022

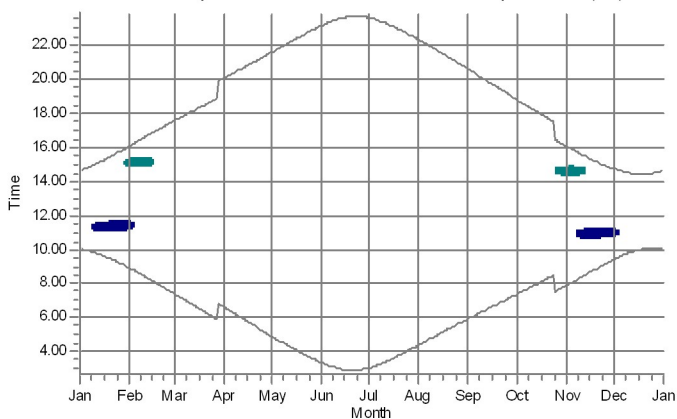
1: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (13)



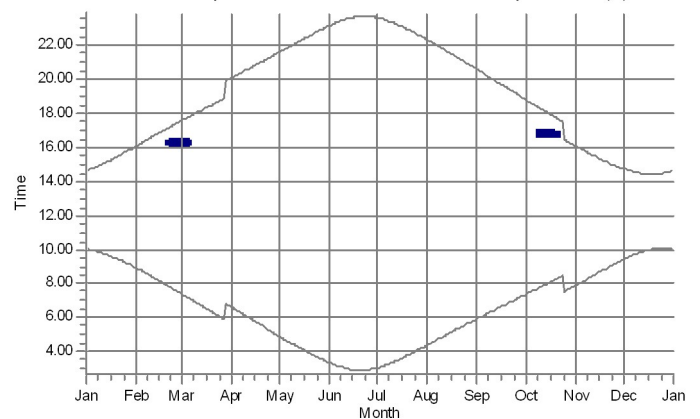
2: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (15)



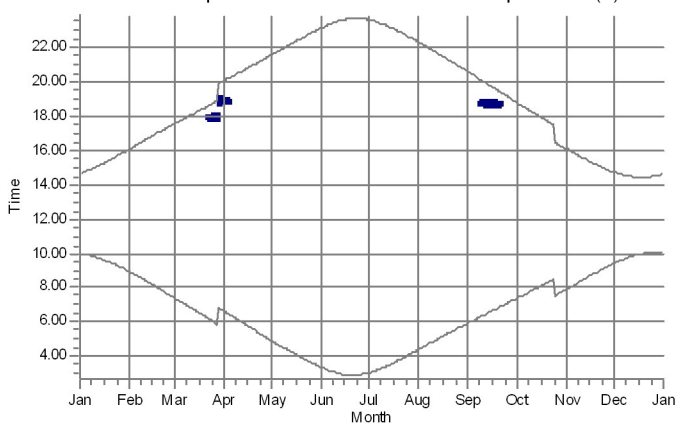
3: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (12)



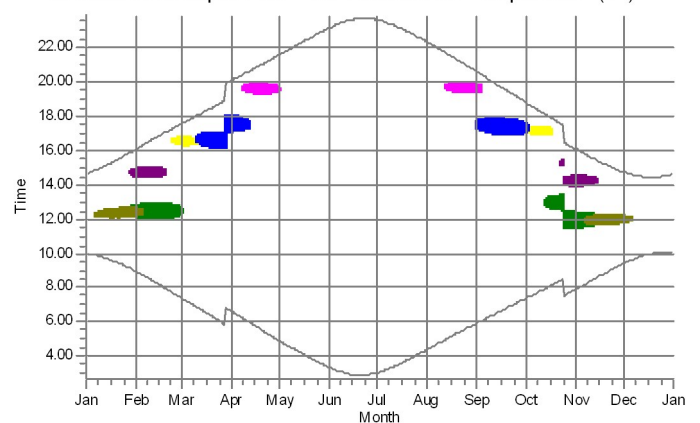
4: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (2)



5: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (3)



6: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (14)



WTGs

13: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 !O! hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (70)
19: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 !O! hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (71)
16: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 !O! hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (72)
21: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 !O! hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (73)
18: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 !O! hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (74)

20: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 !O! hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (75)
15: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 !O! hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (76)
23: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 !O! hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (78)
14: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 !O! hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (79)
17: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 !O! hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (80)

Project:

Laulurame_valke

Licensed user:

Ramboll Deutschland GmbH
 Elisabeth-Consbruch-Straße 3
 DE-34131 Kassel

-
 Maria Niemi / maria.niemi@ramboll.fi

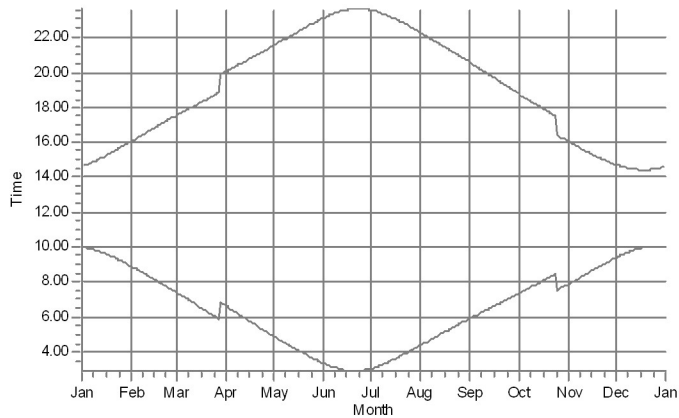
Calculated:

21.11.2022 10.23/3.5.584

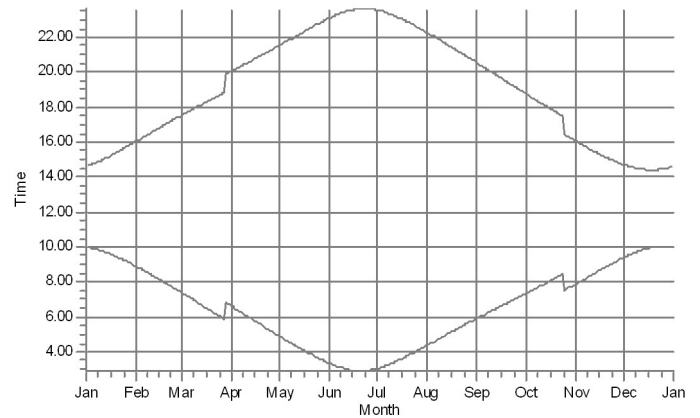
SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Res_VE2_21112022

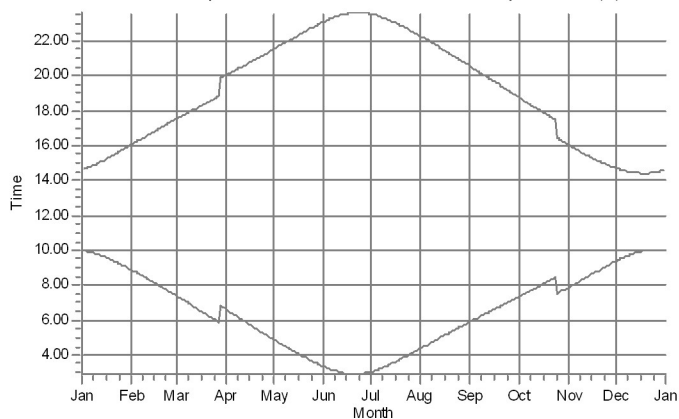
7: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (5)



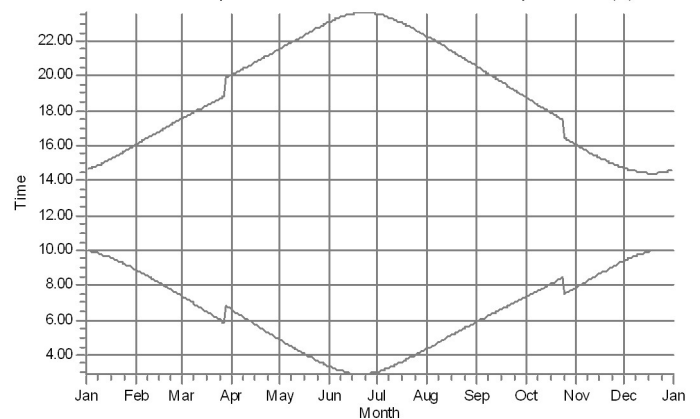
8: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (6)



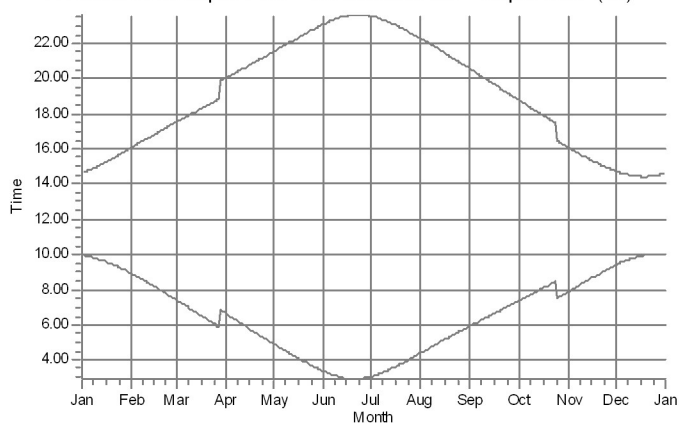
9: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (8)



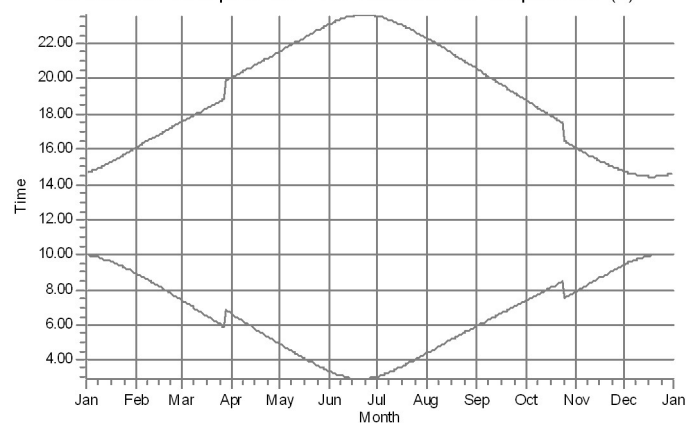
10: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (9)



11: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (10)



12: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (7)



WTGs

Project:

Laulurame_valke

Licensed user:

Ramboll Deutschland GmbH
 Elisabeth-Consbruch-Straße 3
 DE-34131 Kassel

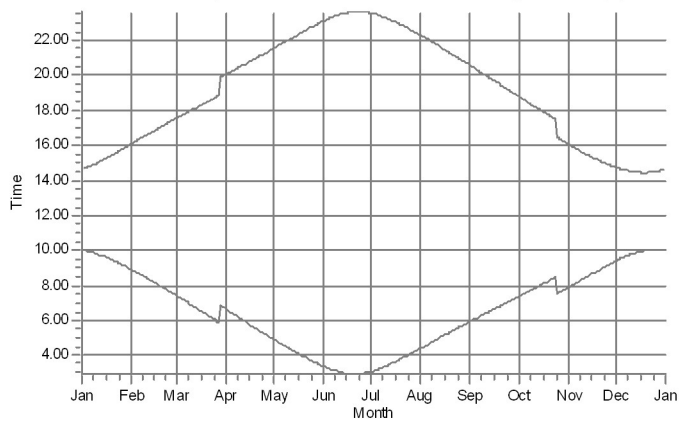
Maria Niemi / maria.niemi@ramboll.fi
 Calculated:

21.11.2022 10.23/3.5.584

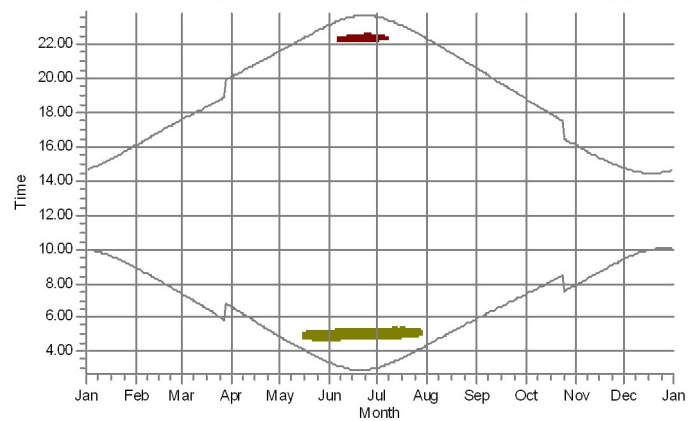
SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Res_VE2_21112022

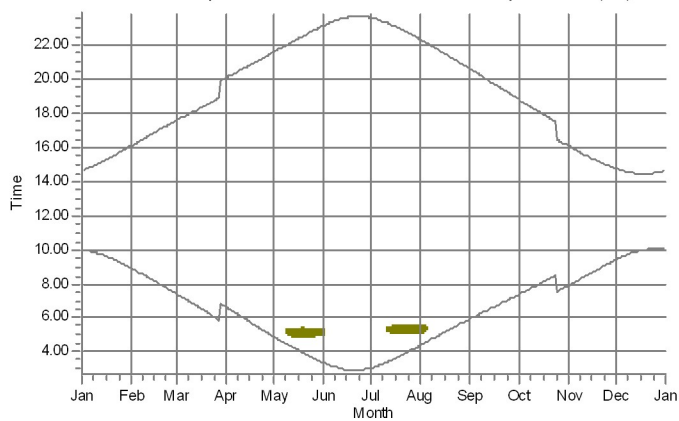
13: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (4)



14: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (1)



15: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (11)



WTGs

22: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 !OI hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (77)

14: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 !OI hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (79)

Project:

Laulurame_valke

Licensed user:

Ramboll Deutschland GmbH
 Elisabeth-Consbruch-Straße 3
 DE-34131 Kassel

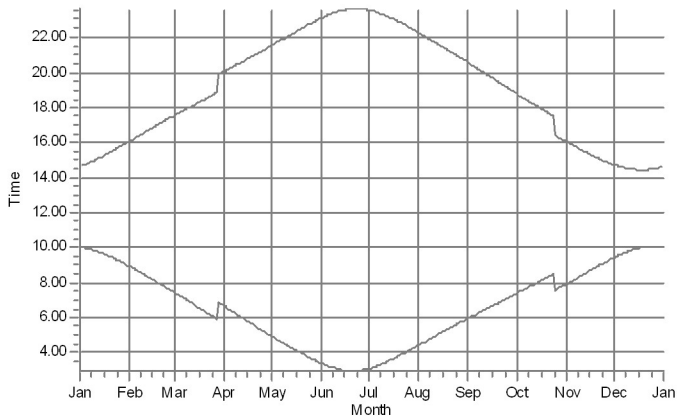
Maria Niemi / maria.niemi@ramboll.fi
 Calculated:

21.11.2022 10.29/3.5.584

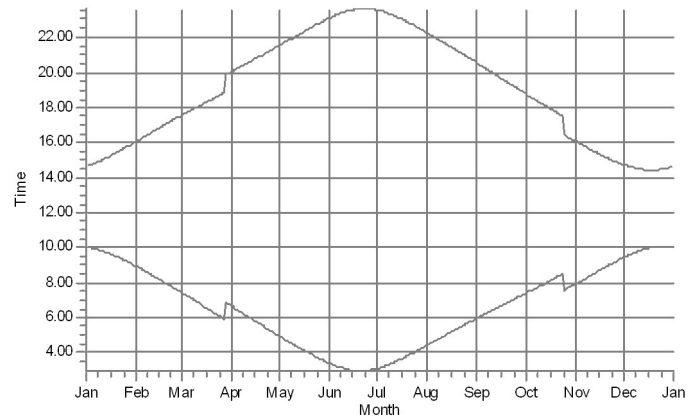
SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Res_VE3_21112022

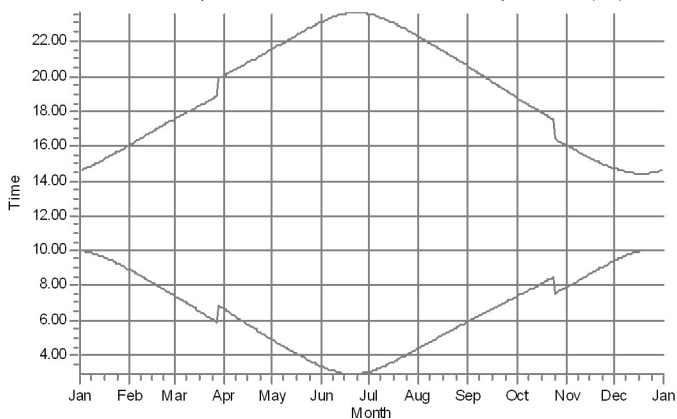
1: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (13)



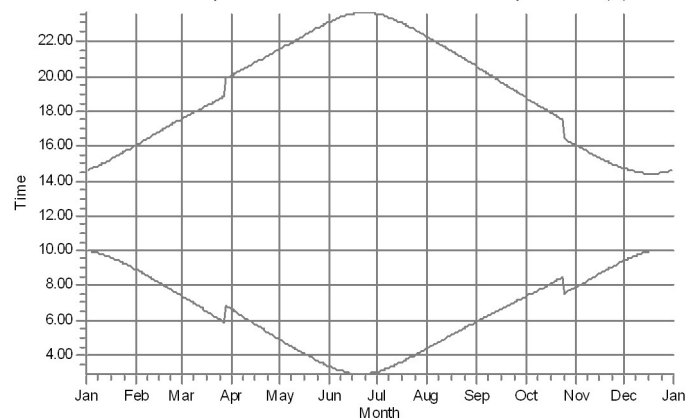
2: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (15)



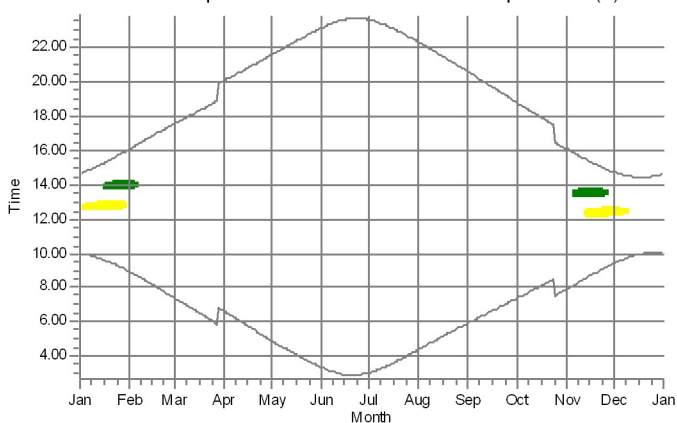
3: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (12)



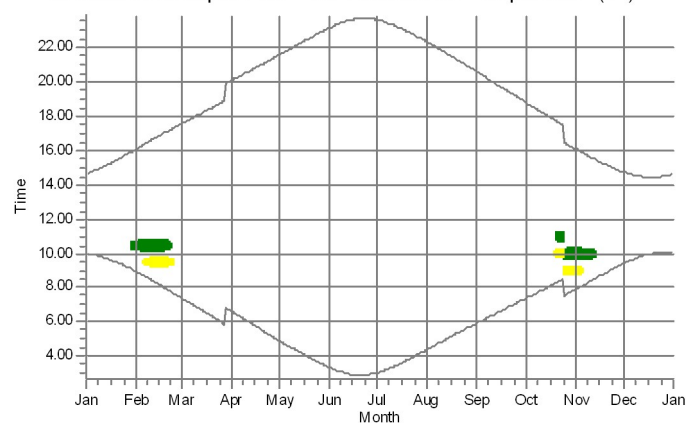
4: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (2)



5: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (3)



6: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (14)



WTGs

1: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 IO! hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (81)

2: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 IO! hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (82)

Project:

Laulurame_valke

Licensed user:

Ramboll Deutschland GmbH
 Elisabeth-Consbruch-Straße 3
 DE-34131 Kassel

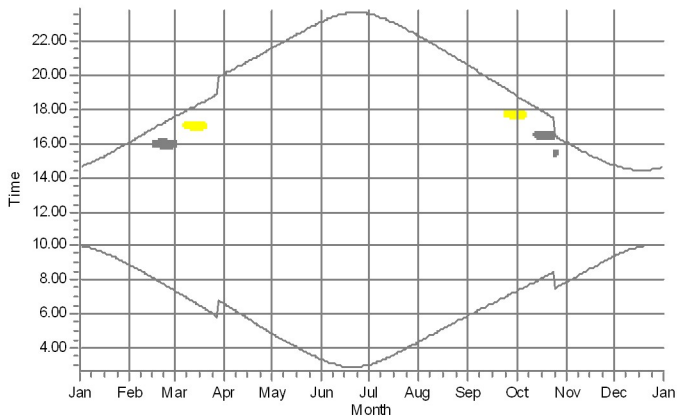
Maria Niemi / maria.niemi@ramboll.fi
 Calculated:

21.11.2022 10.29/3.5.584

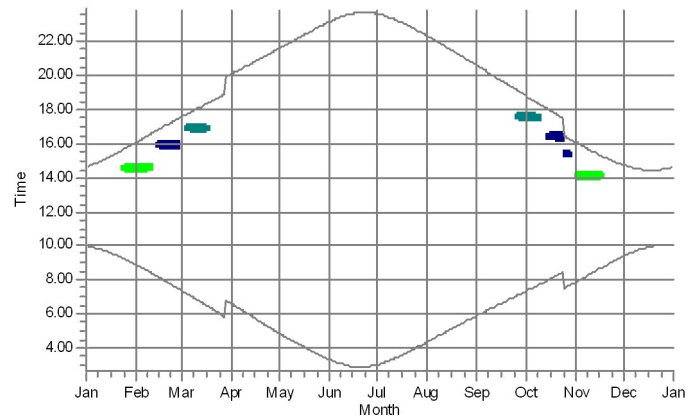
SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Res_VE3_21112022

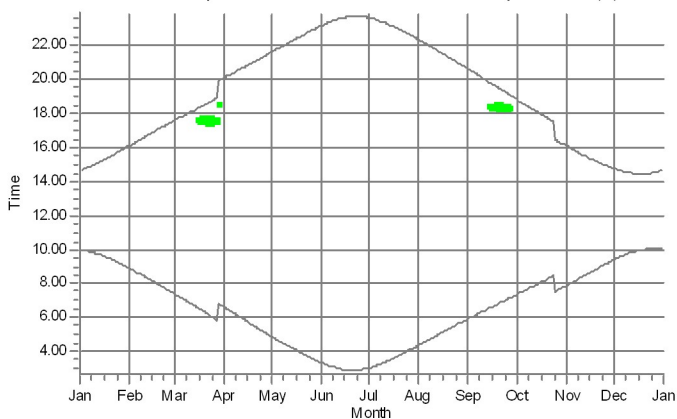
7: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (5)



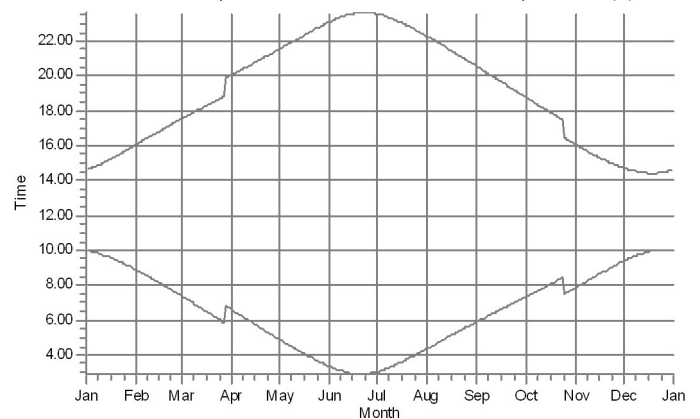
8: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (6)



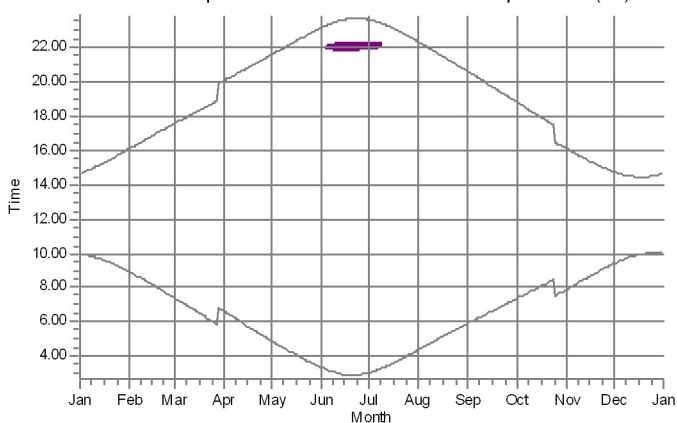
9: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (8)



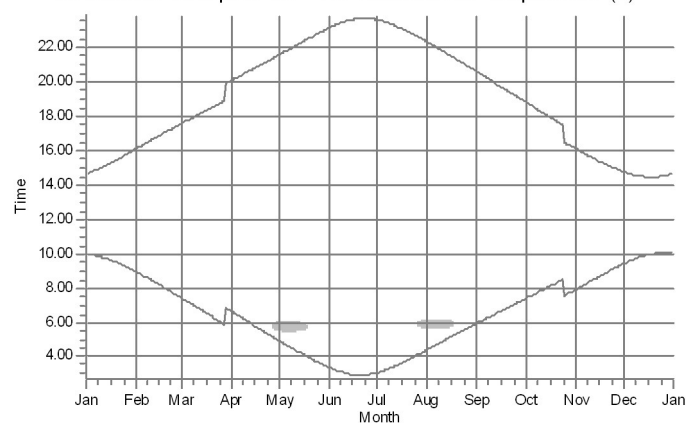
10: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (9)



11: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (10)



12: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (7)



WTGs

2: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 IO! hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (82)	
4: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 IO! hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (84)	
6: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 IO! hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (86)	
8: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 IO! hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (87)	

10: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 IO! hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (89)	
12: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 IO! hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (91)	
11: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 IO! hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (92)	

Project:

Laulurame_valke

Licensed user:

Ramboll Deutschland GmbH
 Elisabeth-Consbruch-Straße 3
 DE-34131 Kassel

-
 Maria Niemi / maria.niemi@ramboll.fi

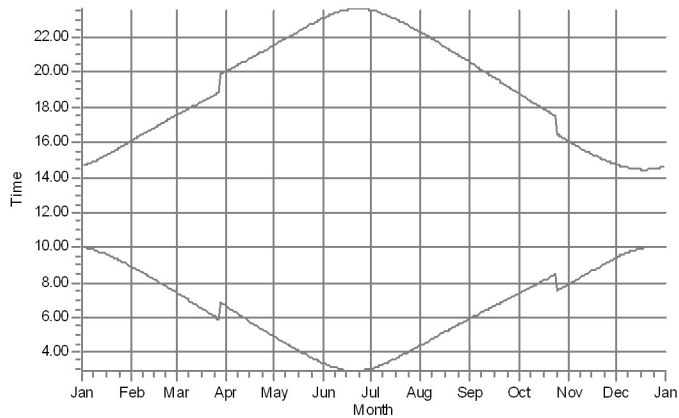
Calculated:

21.11.2022 10.29/3.5.584

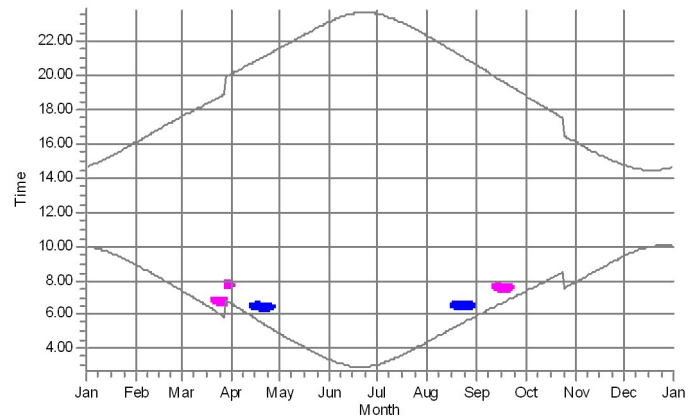
SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Res_VE3_21112022

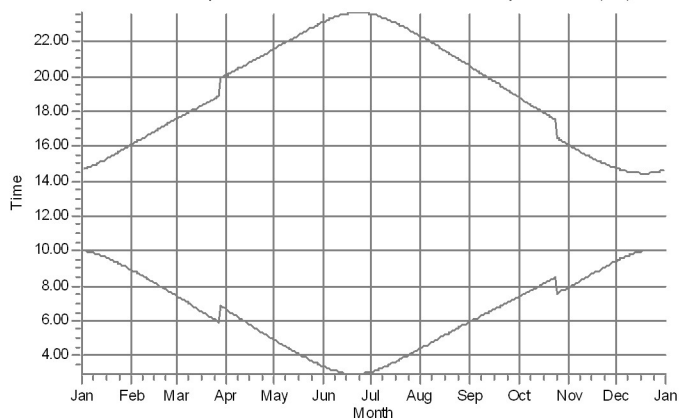
13: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (4)



14: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (1)



15: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (11)



WTGs

3: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 !O! hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (83)

5: NORDEX N163/6.X USER H220 6800 200.0 !O! hub: 220.0 m (TOT: 320.0 m) (85)