

Liite 15

Välkemmaallinnus, Ramboll Finland Oy 2025

Vastaanottaja
Järvi-Suomen Tuuli Oy

Asiakirjatyyppe
Raportti

Päivämäärä
23.1.2025

Viite
1510081052-006

HUUHTIMÄEN TUULIVOIMAHANKE

VÄLKEMALLINNUS

HUUHTIMÄEN TUULIVOIMAHANKE VÄLKEMALLINNUS

Päivämäärä **23.1.2025**
Laatija **Maria Niemi**
Tarkastaja **Ville Virtanen**

Viite 1510081052-006

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	3
5.	Mallinnustulokset	4
6.	Yhteenveto ja johtopäätökset	5
LÄHTEET		5
LIITTEET		5

1. YLEISTÄ

Järvi-Suomen Tuuli Oy suunnittelee Kangasniemen Huuhtimäen alueelle tuulivoimahanketta. Tässä selvityksessä tutkittiin Huuhtimäen tuulivoimalaitosten aiheuttamia välkevaikutuksia. Ympäristöministeriön Tuulivoimarakentamisen suunnittelu (Ympäristöhallinnon ohjeita 5/2016) oppaan mukaisesti liikkuvasta varjosta puhutaan välkkeenä.

Työ on tehty Järvi-Suomen Tuuli Oy:n toimeksiannosta. 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 maksimivälkeatilanteessa sekä todellisessa tilanteessa ^[2]. Ruotsalaisessa suunnitteluohjeistuksessa viitataan saksalaiseen ohjeistukseen ja suositukset perustuvat pitkälti saksalaiseen ohjeistukseen ^[3]. Tanskassa on ohjeistuksena annettu, että vuotuinen 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 (met-sä, mäki jne.).

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
608	414	347	375	485	687	907	1210	1057	892	638	819	8439

4.3 Maastomalli

Maastomalli on laadittu Maanmittauslaitoksen korkeusmalliaineistosta. Maastomallissa ei huomioidu puustoa tai rakennuksia.

4.4 Tuulivoimalatiedot

Laskennoissa huomioitiin Huuhtimäen tuulivoimalat taulukon 4 mukaisilla sijainneilla.

Mallinnus tehtiin käyttäen napakorkeutta 200 m ja roottorin halkaisijaa 200 metriä. Roottorikoon ja napakorkeuden lisäksi myös lavan muoto ja leveys vaikuttavat maksimivälke-etäisyyteen, joka mallinnusohjelman mukaan on tälle laitosmallille noin 2 274 metriä. Lavan leveystietoina käytettiin:

- Max blade width (lavan maksimileveys) = 4,60 m
- Blade width for 90 % radius (lavan leveys 90 % etäisyydellä tyvestä) = 2,10 m

Taulukko 4. Tuulivoimalaitosten koordinaatit (ETRS-TM35FIN).

Tuulivoimala	x	y
1	477241	6888734
3	477202	6887937
5	476620	6887119
6	477444	6887274
7	478445	6886950

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 synty-
misen takana olevaan tarkastelupisteeseen
- ilman kirkkaus mahdollistaa varjon syntyminen

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

5. MALLINNUSTULOKSET

Huutimäen tuulivoimahankkeen välkkeen esiintymiskartta on esitetty liitteessä 1. Välkevyöhykelaskennan lisäksi tehtiin laskentoja 18 reseptoripisteeseen, joiden sijainnit on esitetty liitteenä olevassa välkekartassa ja tulokset taulukossa 5 ja 6.

Mallinnuksen mukaan Huutimäen tuulivoimaloista aiheutuvat vuotuiset välkemäärät ylittävät 8 tuntia vuodessa reseptoripisteiden 1–3 ja 11 kohdalla. Päiväkohtaiset välkemäärät eivät ylitä 30 minuutin ohjearvoa yhdenkään reseptoripisteen kohdalla.

Taulukko 5. Reseptoripistelaskentojen tulokset.

Reseptori	Real Case, h/a*	Real Case, Max shadow min/day**
1	13:15	12
2	27:22	20
3	9:09	9
4	3:28	6
5	4:54	7
6	1:14	4
7	1:23	5
8	1:43	6
9	1:36	5
10	2:58	6
11	20:02	13
12	6:25	8
13	4:16	6
14	2:51	6
15	6:49	7
16	1:22	5
17	0:00	0
18	7:58	7

*tuntia vuodessa

**minuuttia päivässä

Taulukko 6. Reseptoripistelaskentojen tulokset tuulivoimaloittain (Real Case, h/a = tuntia vuodessa).

Voimala	Res 1	Res 2	Res 3	Res 4	Res 5	Res 6	Res 7	Res 8	Res 9
1	4:27	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
3	3:03	6:10	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
5	4:01	17:55	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
6	1:44	3:17	0:00	0:00	1:16	0:00	0:00	0:00	0:00
7	0:00	0:00	9:09	3:28	3:38	1:14	1:23	1:43	1:36
YHTEENSÄ	13:15	27:22	9:09	3:28	4:54	1:14	1:23	1:43	1:36

Voimala	Res 10	Res 11	Res 12	Res 13	Res 14	Res 15	Res 16	Res 17	Res 18
1	0:00	0:00	0:00	3:06	1:58	5:00	1:22	0:00	3:23
3	0:00	0:00	0:00	1:10	0:53	1:49	0:00	0:00	2:07
5	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	1:28
6	0:00	2:16	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	1:00
7	2:58	17:46	6:25	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
YHTEENSÄ	2:58	20:02	6:25	4:16	2:51	6:49	1:22	0:00	7:58

Potentiaaliset välkkeen esiintymisajankohdat reseptoreissa on esitetty liitteessä 2.

6. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Mallinnuksella tarkasteltiin Kangasniemen Huuhtimäen alueelle suunniteltujen tuulivoimaloiden välkevaikutuksia tuulivoimaloiden ympäristössä. Laitosmallin napakorkeutena käytettiin 200 m ja roottorin halkaisijana 200 m, josta yhteenlaskettuna tuulivoimalan kokonaiskorkeudeksi tulee enimmäiskokonaiskorkeus 300 m. Voimaladimensioista roottorin läpimitalla ja lavan paksuudella, on merkittävin vaikutus välkemääriin ympäristössä. Mikäli rakennettava tuulivoimalaitos on mi-toiltaan pienempi, ovat välkevaikutukset mallinnettuja vähäisempiä.

Suomen säädöksissä ei ole määritetty sitovia ohje- tai raja-arvoja tuulivoimaloiden aiheuttamalle välkkeelle. Mallinnuksen mukaan Huuhtimäen tuulivoimahankkeen ympäristössä jää reseptoripis-teet 1, 2 ja 3 sekä 11 välkevaikutusalueelle, jossa vuotuinen välkemäärä ylittää 8 tuntia. Päivä-kohtainen välkemäärä jää alle 30 minuutin ohjearvon kaikkien alueen loma- ja asuinrakennusten kohdalla.

Mallinnus antaa laskennallisen tuloksen ympäristöön kohdistuvasta välkevaikutuksesta. Vuosittai-seen todelliseen välkevaikutukseen vaikuttaa, kuinka tarkkaan vuosittainen tuulivoimaloiden toi-minta ja sääolosuhteet vastaavat mallinnuksessa käytettyjä arvoja, sekä lisäksi muun muassa voimaloiden näkyminen tai näkymisen estyminen esimerkiksi puuston tai rakennusten vuoksi. Puuston on kuitenkin oltava riittävän tiheää ja korkeata sekä suojata altistuvaa kohdetta katta-vasti. Myös vuodenajan vaihtelut on huomioitava puuston kyvyssä rajoittaa tuulivoimaloiden nä-kyvyyttä. Jos tuulivoimalat eivät näy häiriintyvään kohteeseen, ei myöskään välkettä aiheudu.

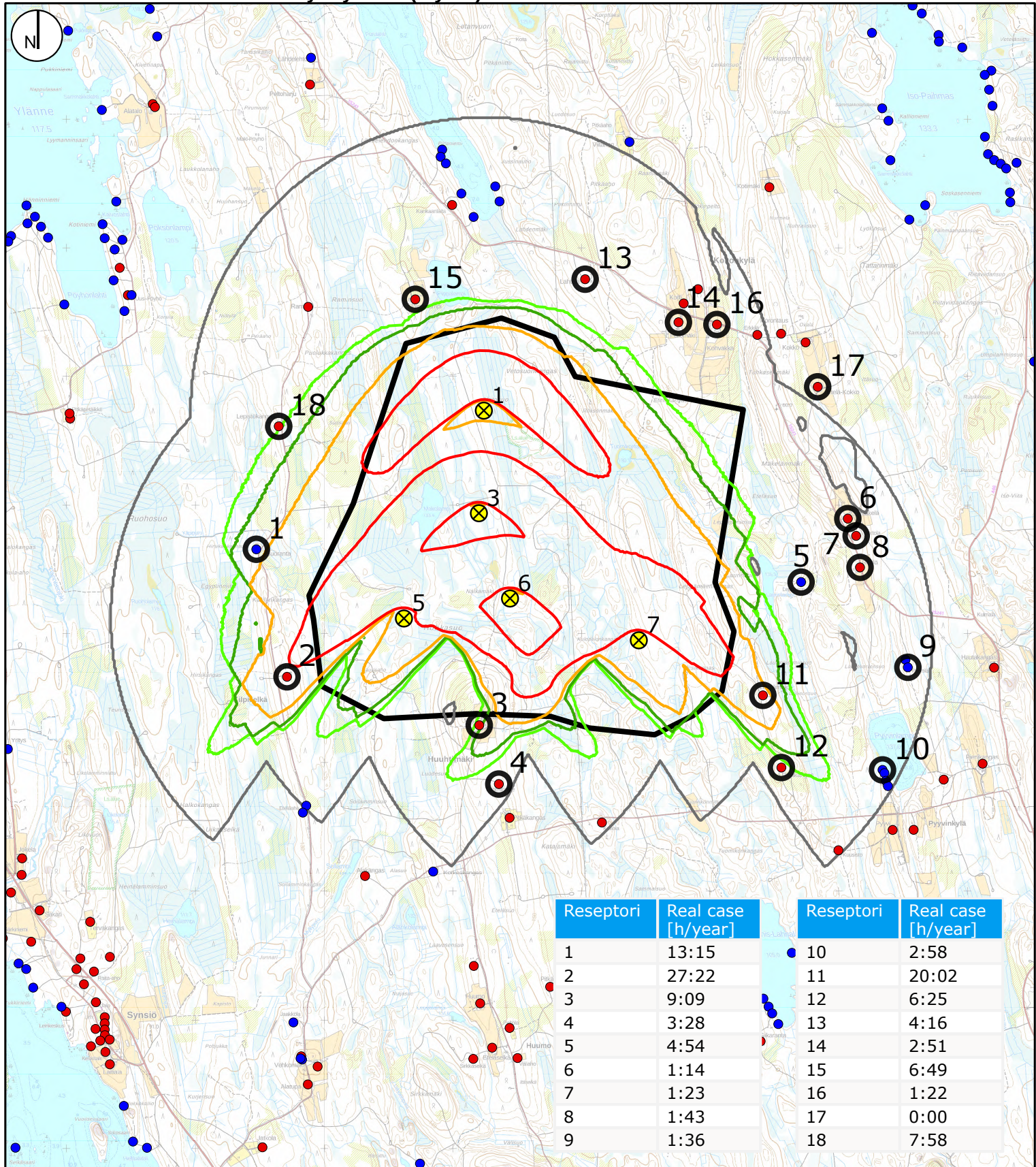
Välkkeen syntyyn voidaan vaikuttaa tuulivoimalaan liitettävällä teknisellä ohjauksella, jolla tuuli-voimala pysäytetään tarvittaessa. Järjestelmän avulla välkkeen muodostumista tietyssä kohtees-sa monitoroidaan voimalan nasellin päälle tai runkoon asennettavilla valosensoreilla, jotka laske-vat välkkeen muodostumisen mahdollisuutta tietyssä suunnassa valoisuuden ja roottorin asennon mukaan.

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 vatten-områden, Boverket 2009
4. Vejledning om planlægning for og tilladelse til opstilling af vindmøller, Naturstyrelsen, Miljømi-nisteriet 2015
5. WindPRO 3.4 User Manual
6. Ilmatieteen laitos, Tilastoja Suomen ilmastosta 1991–2020, Raportteja 2021:8
7. Suomen Tuuliatlas
8. LUKE Luonnonvarakeskus, Avoimien aineistojen tiedostopalvelu, puuston keskipituus (dm) 2021

LIITTEET

- | | |
|---------|--|
| Liite 1 | Real Case -laskennan välkeyyöhykkeet |
| Liite 2 | Kalenterit välkkeen mahdollisen esiintymisen ajankohdista reseptoripisteissä |



RAMBOLL

Järvi-Suomen Tuuli Oy:n
Huuhtimäen tuulivoimahanke

Välkemallinnus
(WindPro 4.0)

Layout 5WTG
VESTAS V162-6.0
Napakorkeus (HH) 200 m
Roottorin halkaisija (RD) 200 m
Kokonaiskorkeus (TH): 300 m

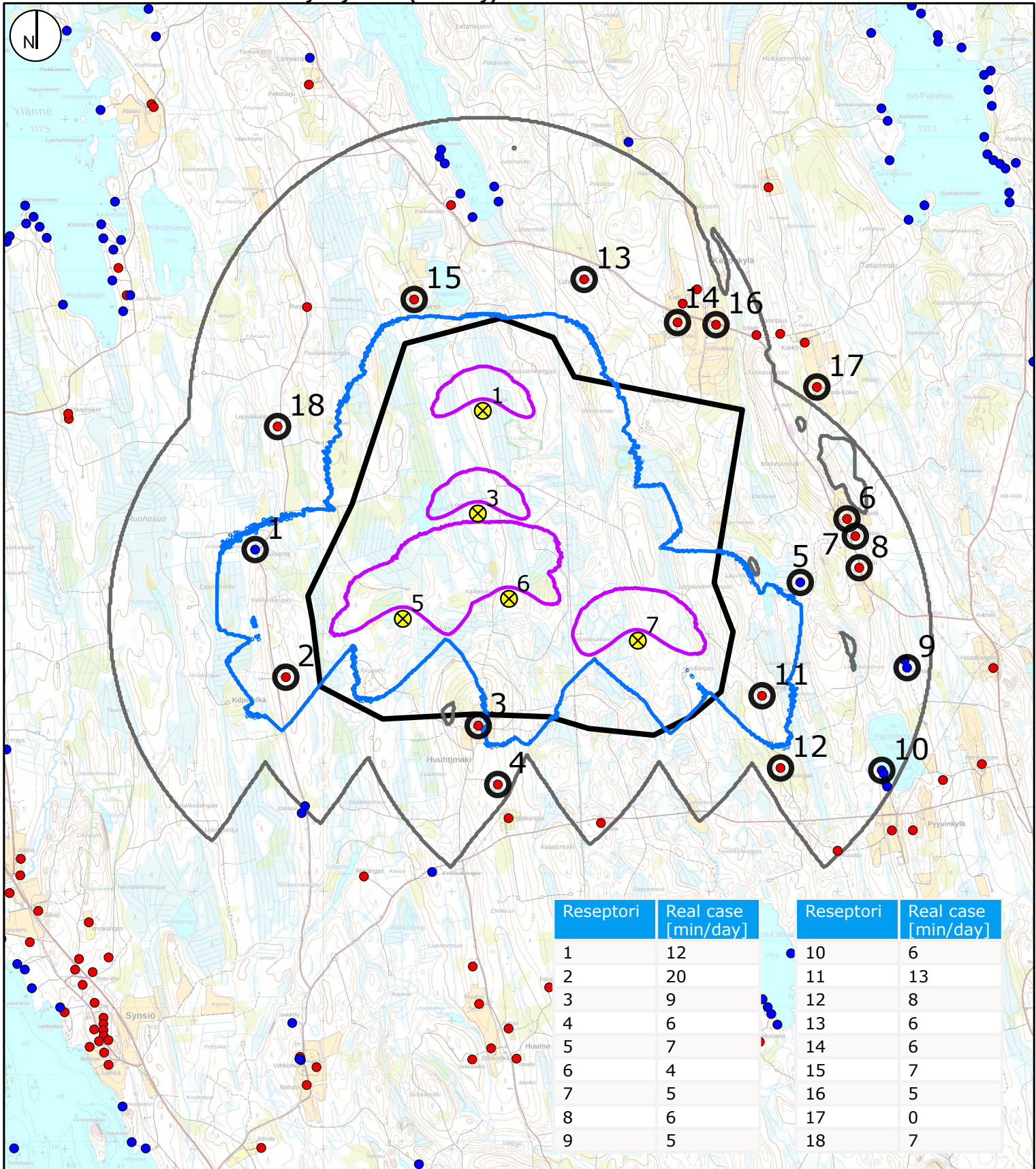
Välketuntia vuodessa
Real Case -mallinnus

- 0
- 8
- 10
- 15
- 30
- X Huuhtimäen tuulivoimala
- Hankealue
- Reseptorit
- Asuinrakennus
- Lomarakennus

Mittakaava (A4): 1:40 000

0 0.5 1 2 km

23.1.2025 MN


RAMBOLL

Järvi-Suomen Tuuli Oy:n
Huuhtimäen tuulivoimahanke

Välkemallinnus
(WindPro 4.0)

Layout 5WTG
VESTAS V162-6.0
Napakorkeus (HH) 200 m
Roottorin halkaisija (RD) 200 m
Kokonaiskorkeus (TH): 300 m

Mittakaava (A4): 1:40 000

0 0.5 1 2 km

23.1.2025 MN

Välke minuuttia päivässä (maksimi)
Real Case -mallinnus

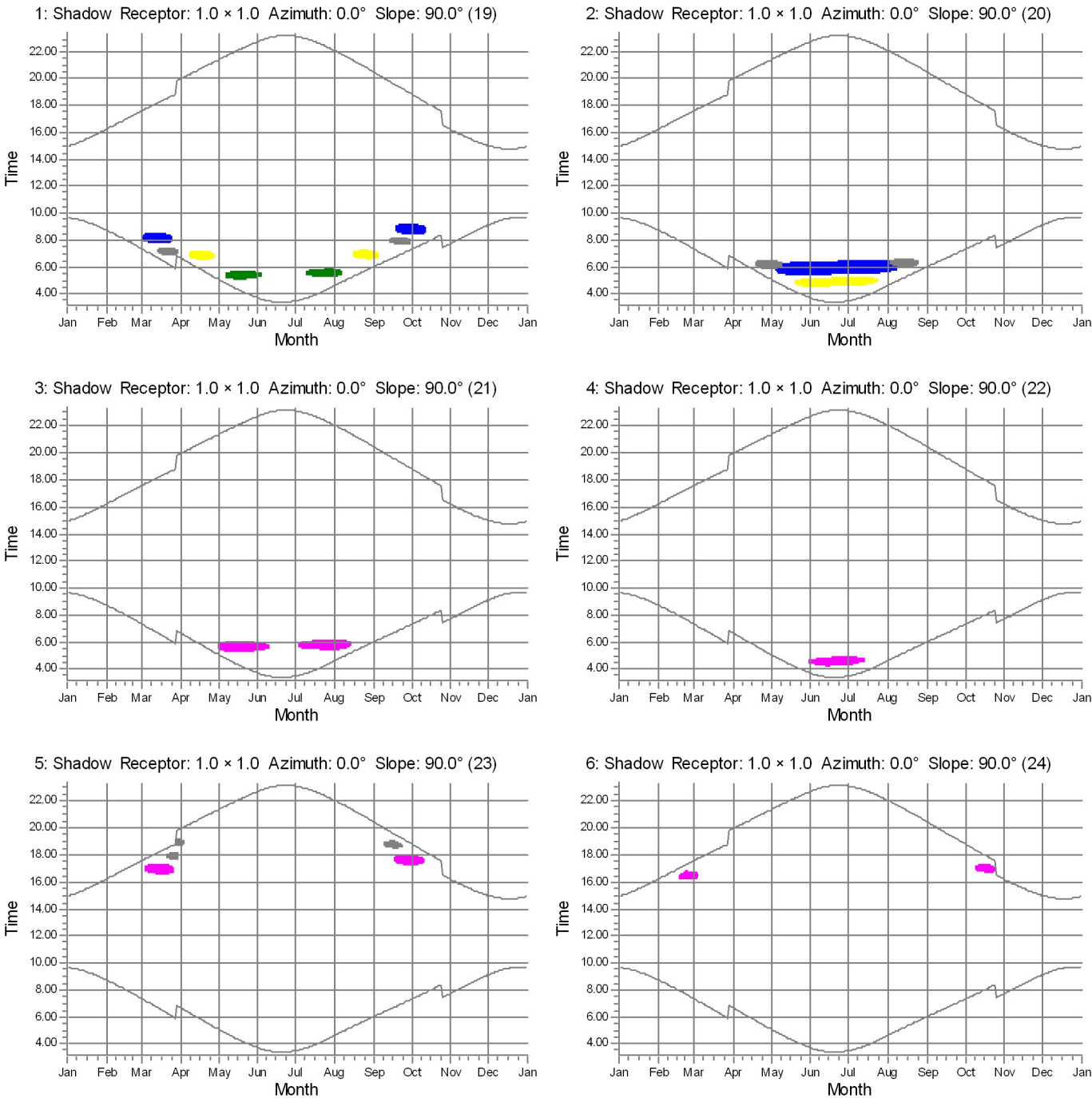
- 0
- 10
- 30
- ⊗ Huuhtimäen tuulivoimala
- Hankealue
- Reseptorit
- Asuinrakennus
- Lomarakennus

Project:
Kangasniemi_valke

Licensed user:
Ramboll Deutschland GmbH
Elisabeth-Consbruch-Straße 3
DE-34131 Kassel
-
Maria Niemi / maria.niemi@ramboll.fi
Calculated:
15.11.2024 16.40/4.0.540

SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Results_VESTAS_HH200_RD200_TH300_15112024



WTGs

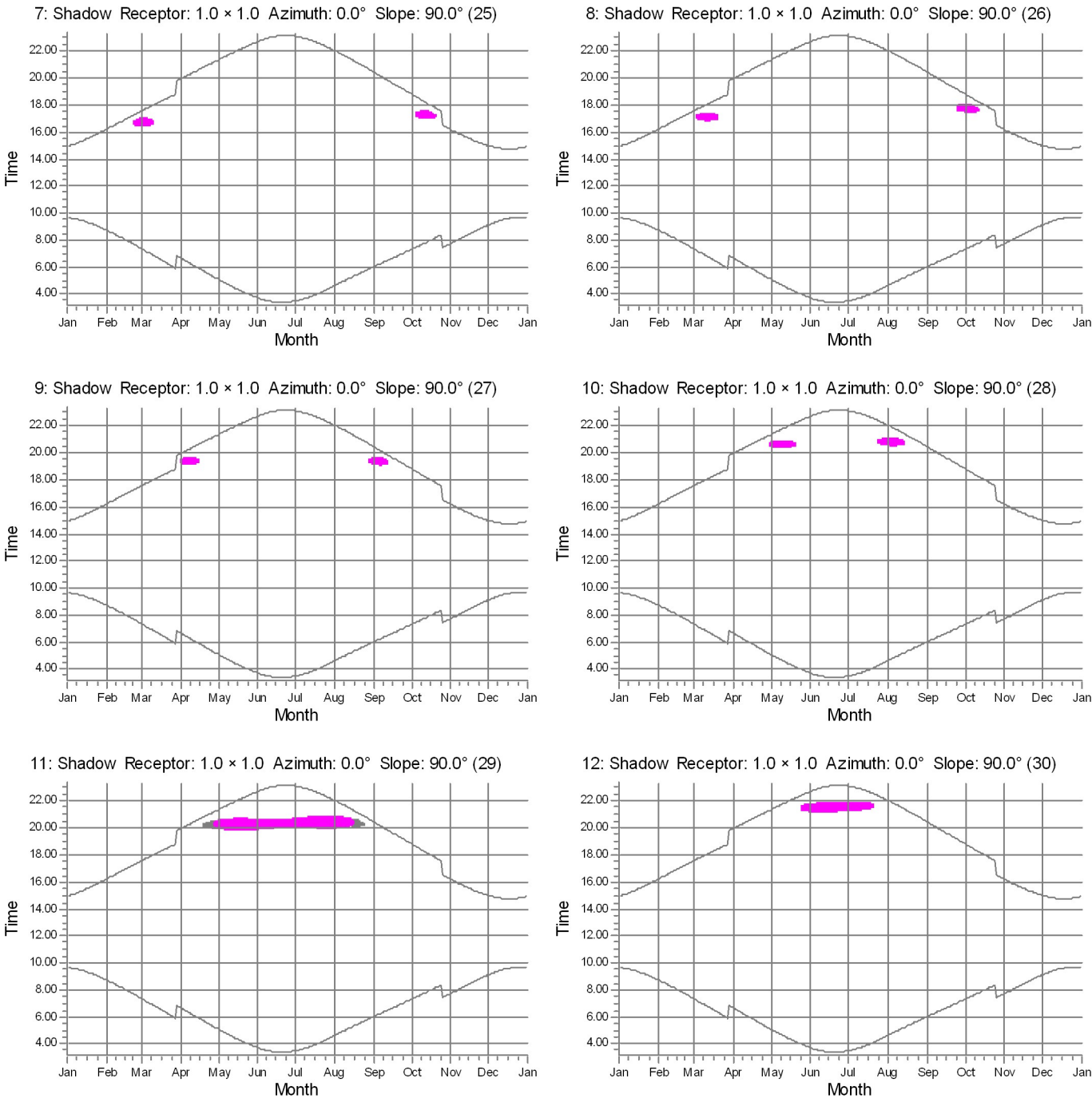
- 1: VESTAS V162-6.0 USER HH200 6000 200.0 !O! hub: 200.0 m (TOT: 300.0 m) (31)
- 3: VESTAS V162-6.0 USER HH200 6000 200.0 !O! hub: 200.0 m (TOT: 300.0 m) (32)
- 5: VESTAS V162-6.0 USER HH200 6000 200.0 !O! hub: 200.0 m (TOT: 300.0 m) (33)
- 6: VESTAS V162-6.0 USER HH200 6000 200.0 !O! hub: 200.0 m (TOT: 300.0 m) (34)
- 7: VESTAS V162-6.0 USER HH200 6000 200.0 !O! hub: 200.0 m (TOT: 300.0 m) (35)

Project:
Kangasniemi_valke

Licensed user:
Ramboll Deutschland GmbH
Elisabeth-Consbruch-Straße 3
DE-34131 Kassel
-
Maria Niemi / maria.niemi@ramboll.fi
Calculated:
15.11.2024 16.40/4.0.540

SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Results_VESTAS_HH200_RD200_TH300_15112024



WTGs

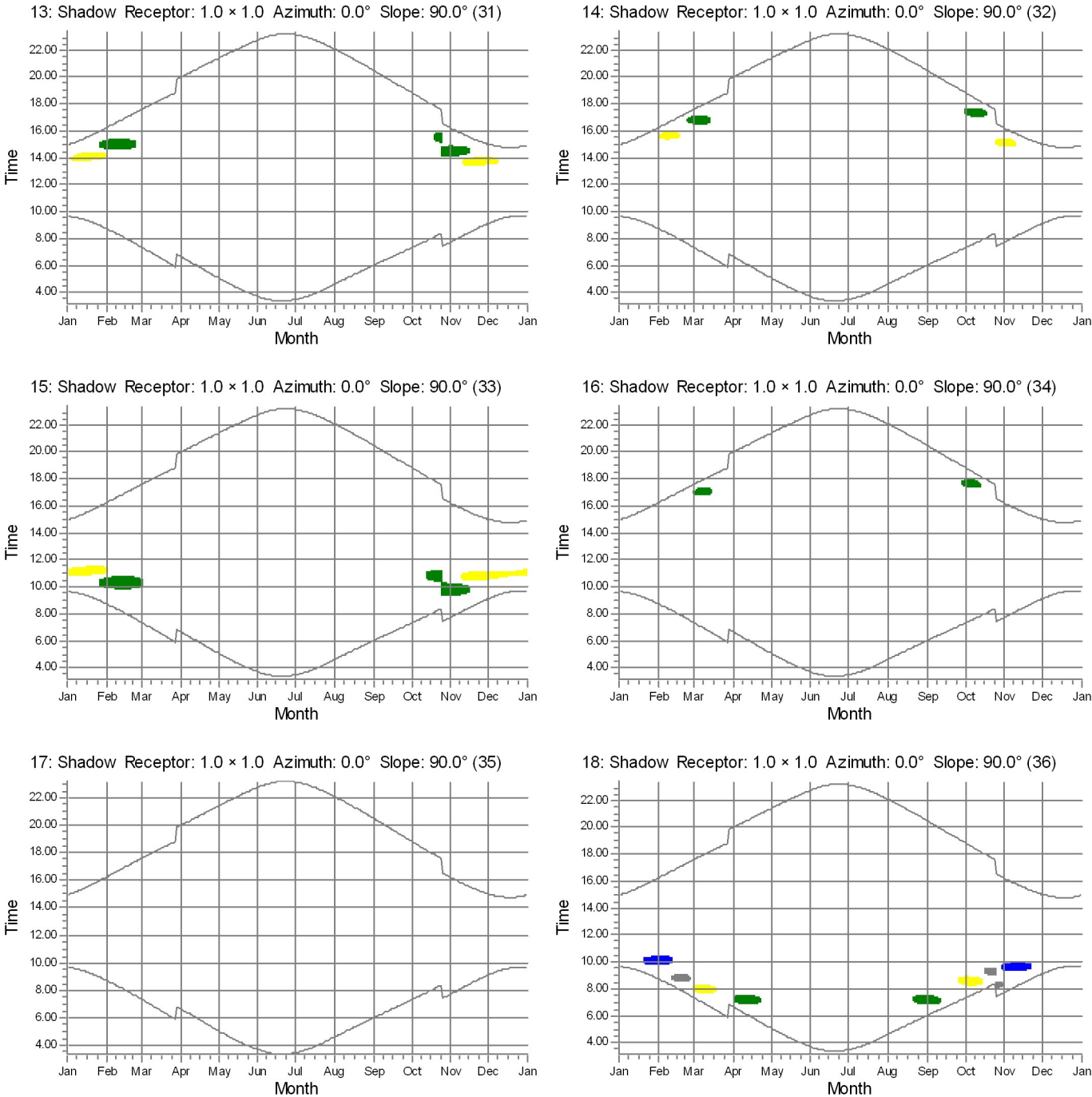
- 6: VESTAS V162-6.0 USER HH200 6000 200.0 !O! hub: 200.0 m (TOT: 300.0 m) (34)
- 7: VESTAS V162-6.0 USER HH200 6000 200.0 !O! hub: 200.0 m (TOT: 300.0 m) (35)

Project:
Kangasniemi_valke

Licensed user:
Ramboll Deutschland GmbH
Elisabeth-Consbruch-Straße 3
DE-34131 Kassel
-
Maria Niemi / maria.niemi@ramboll.fi
Calculated:
15.11.2024 16.40/4.0.540

SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Results_VESTAS_HH200_RD200_TH300_15112024



WTGs

- 1: VESTAS V162-6.0 USER HH200 6000 200.0 !O! hub: 200.0 m (TOT: 300.0 m) (31)
- 3: VESTAS V162-6.0 USER HH200 6000 200.0 !O! hub: 200.0 m (TOT: 300.0 m) (32)
- 5: VESTAS V162-6.0 USER HH200 6000 200.0 !O! hub: 200.0 m (TOT: 300.0 m) (33)
- 6: VESTAS V162-6.0 USER HH200 6000 200.0 !O! hub: 200.0 m (TOT: 300.0 m) (34)