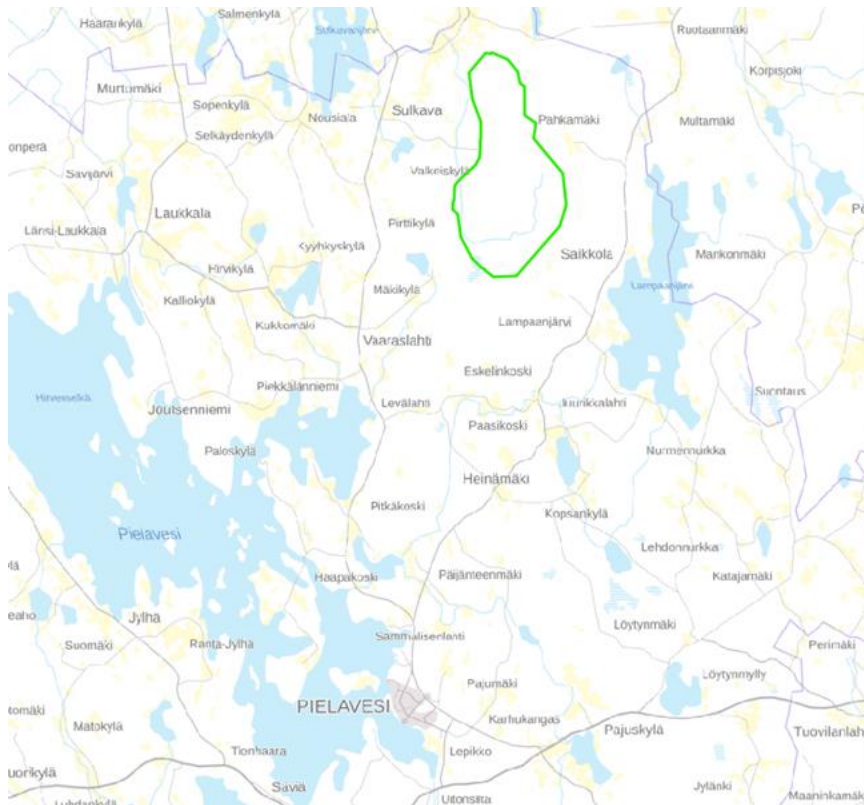


ABO WIND OY

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 tuulisuusolosuhteet.

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.

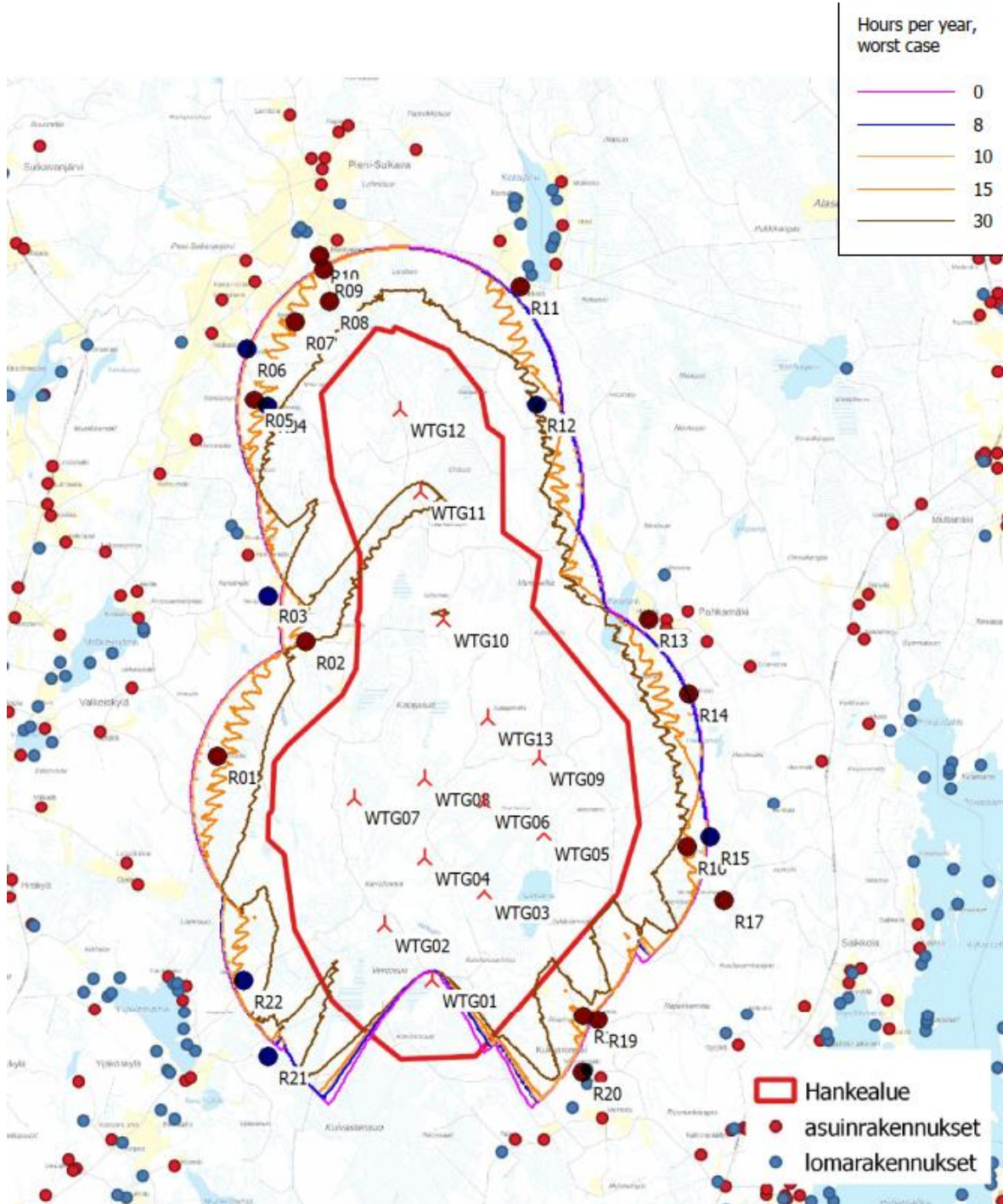
Reseptorikohtaisessa todennäköisen välkemäärän laskennassa tehdään maksimaalisen välkemäärän tuloksiin vähennykset alueellisiin tilastollisiin aurinkoisuus- ja tuulusuustietoihin perustuen.

5. Välkevaikutukset

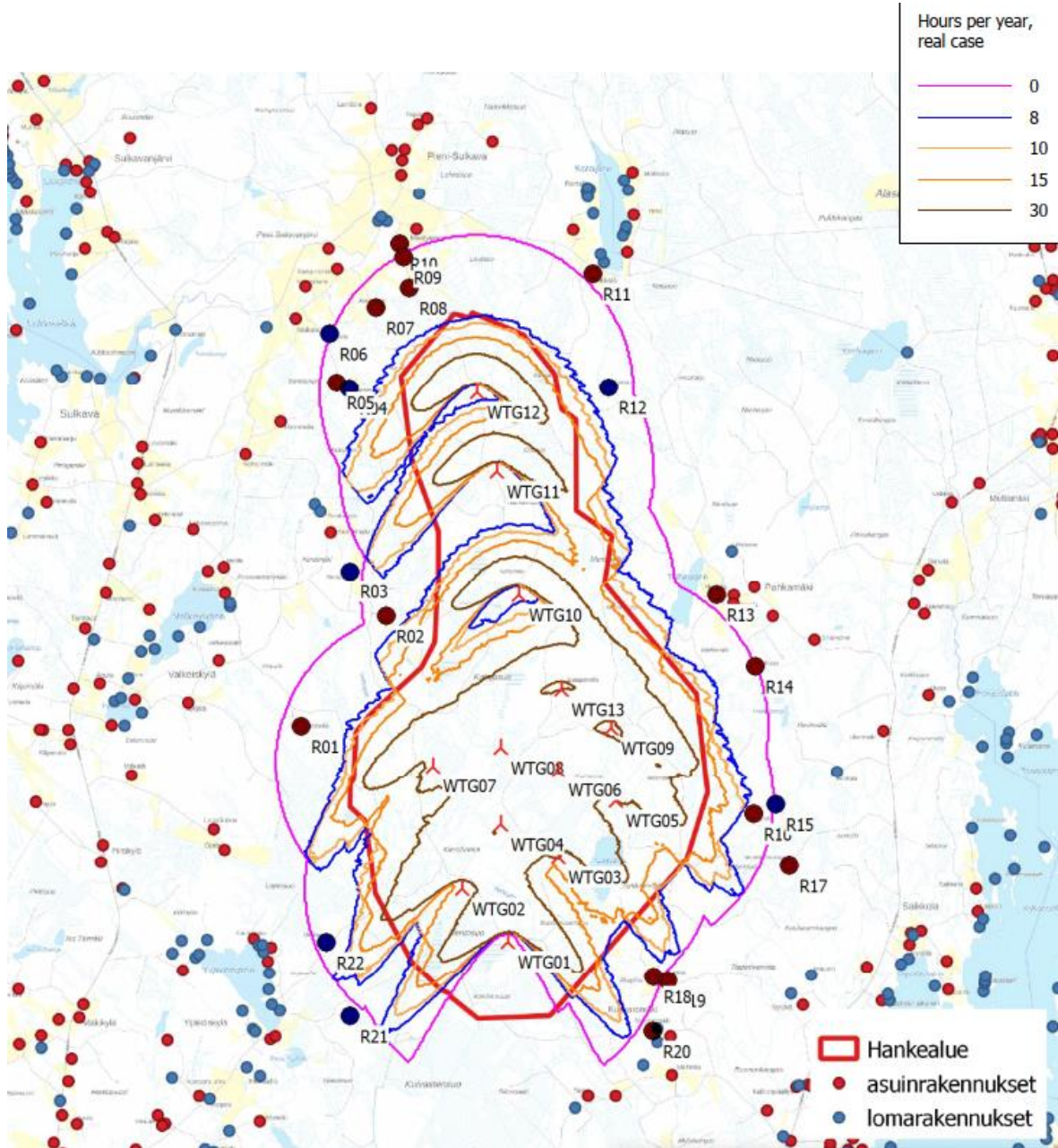
5.1. Välkkeen vaikutusalue

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.

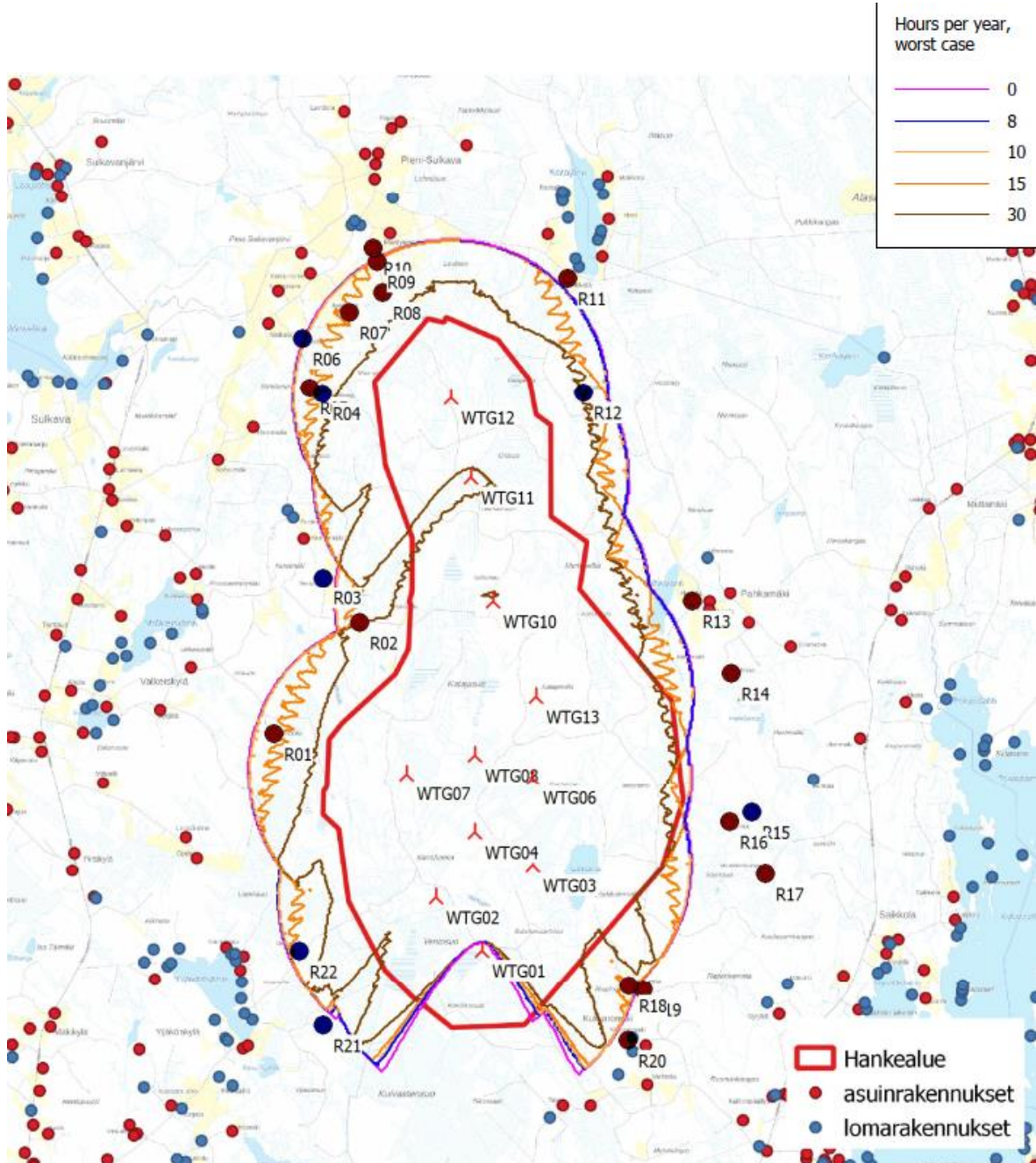
Arvio välkkeen vaikutusalueesta on laskettu myös todennäköisessä tilanteessa, eli huomioiden tilastotiedon paikallisista paisteisuus- ja tuulusuolosuhteista. Välkevyöhykekartta maksimitilanteelle ja todennäköiselle tilanteelle on esitetty hankevaihtoehdolle VE1 kuvissa 1 ja 2, ja hankevaihtoehdolle VE2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



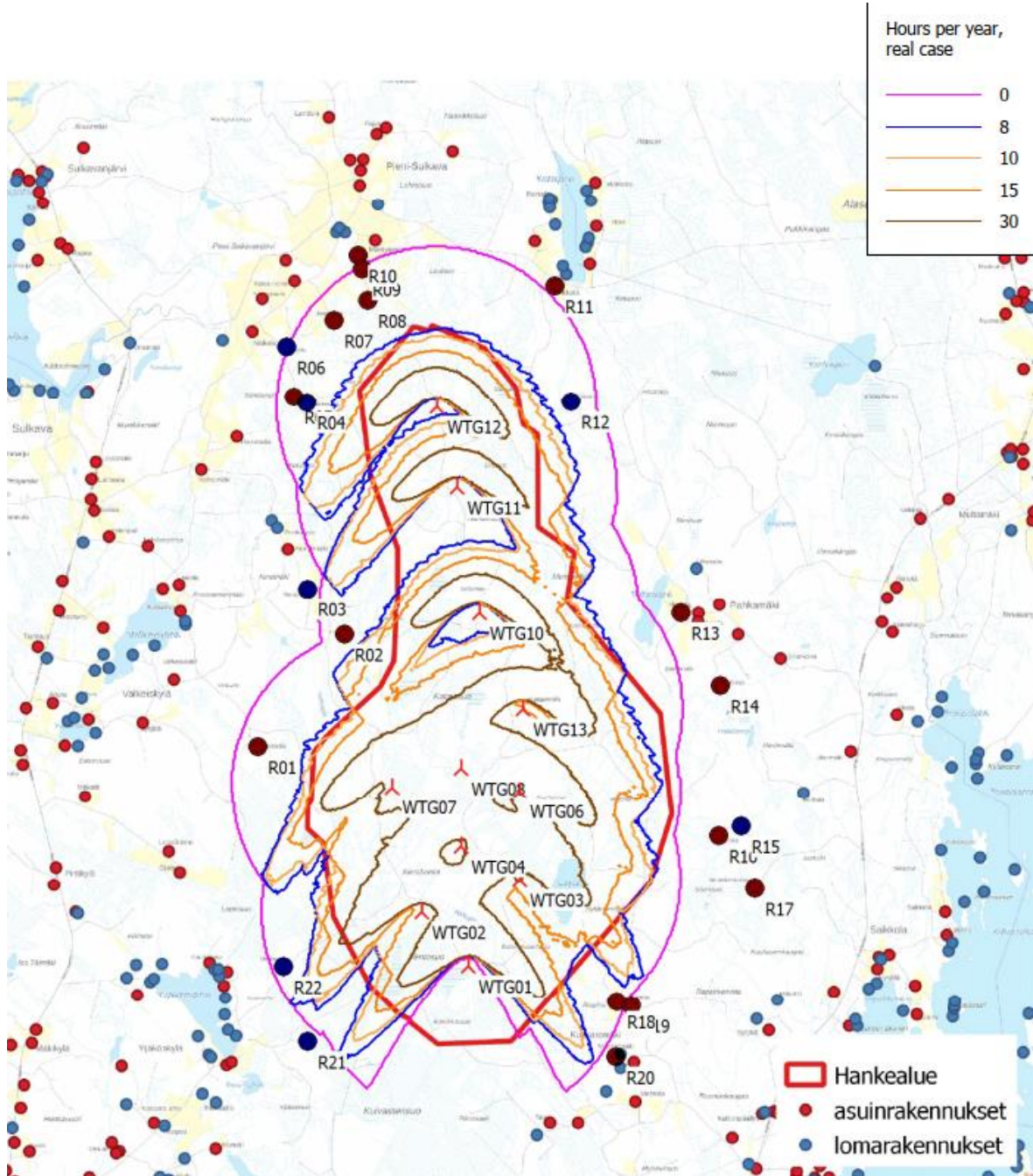
Kuva 1. Hankevaihtoehdon VE1 maksimivälkevaikutus vyöhykekarttana. Kunkin vyöhykerajan sisäpuolella välkemäärä on rajan merkittävää tuntimäärää suurempi, vyöhykerajan ulkopuolella taas pienempi.



Kuva 2. Hankevaihtoehdolle VE1 arvioitu todennäköisen tilanteen välkevaikutus vyöhykekarttana. Kunkin vyöhykerajan sisäpuolella väikemäärä 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 väkემäärän vertailuarvo, Saksassa raja-arvona käytetty 30 min / vrk, ylittyy. Maksimitilanteen vuotuisen väkემäärän 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 väkემäärät 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.

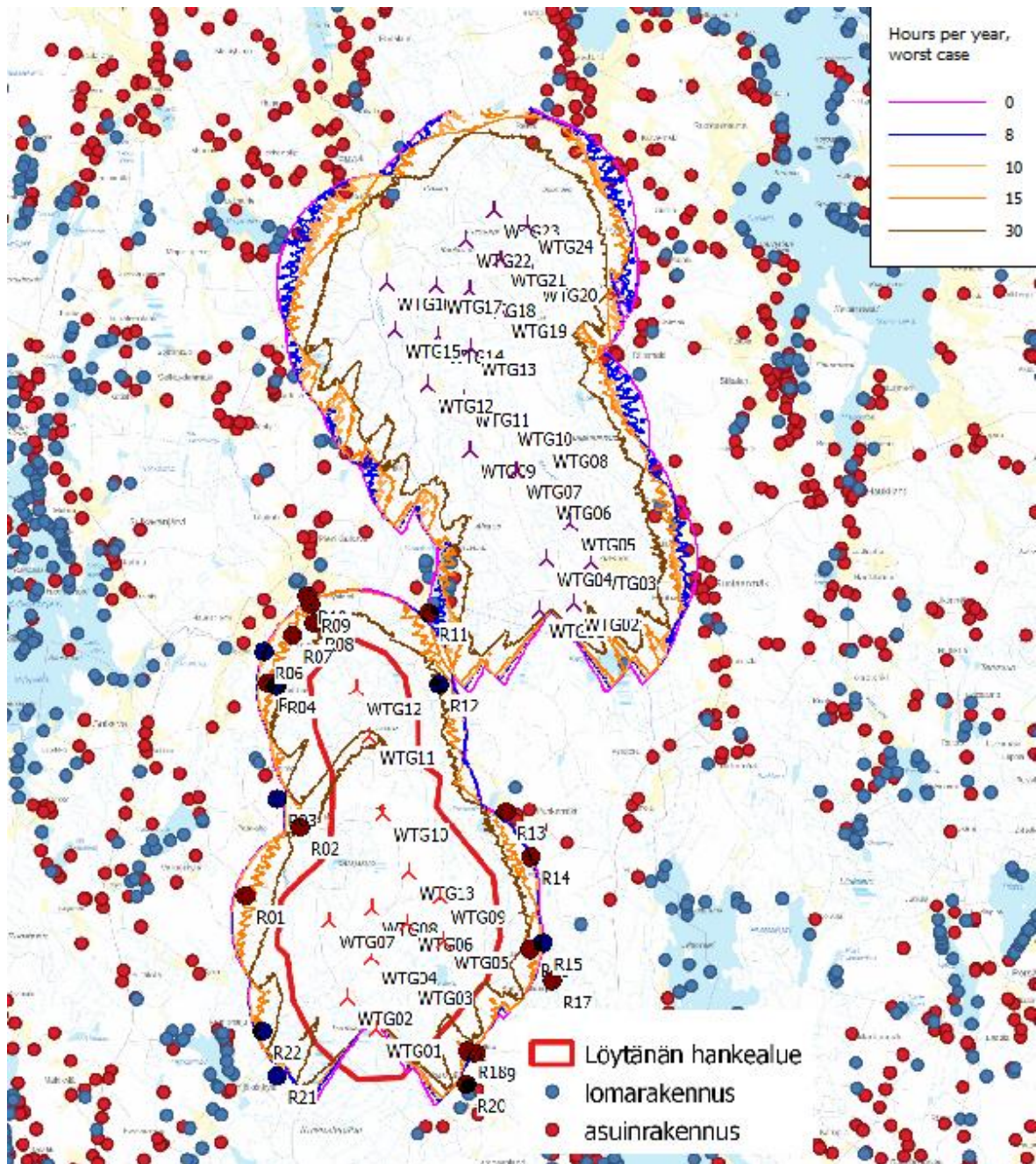
6. Löytänän ja läheisten tuulivoimalaitosten yhteisvaikutus

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.

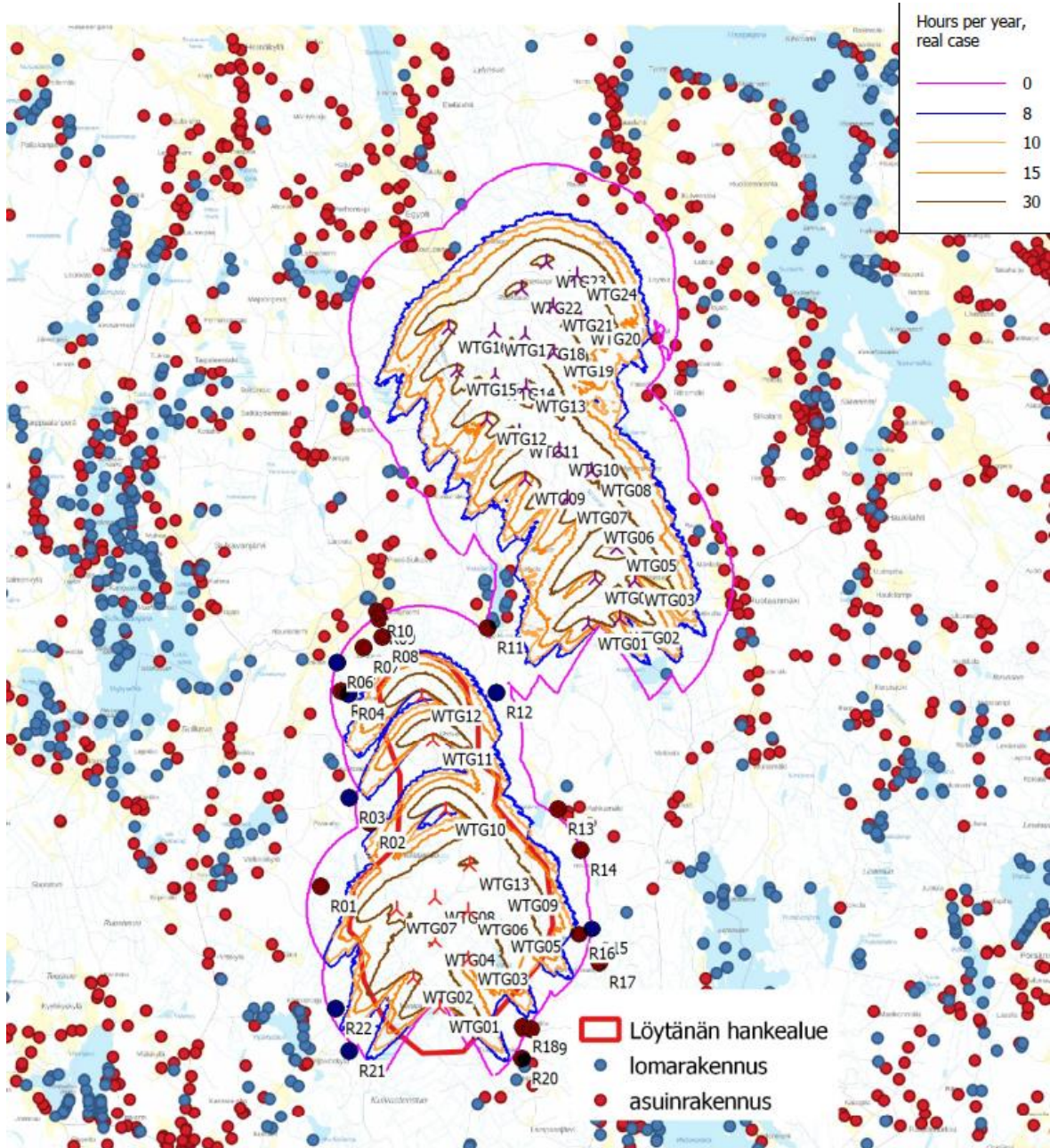
Yhteisvaikutuksen mallinnus tehtiin Vuorimäen tuulivoimalan hankevaihtoehdolle VE2, joka sisältää 24 voimalaa. Voimalamallina käytettiin suunnitelmien mukaista mallia VESTAS V172, napakorkeutta 214 m ja roottorin halkaisijaa 172 m. Yhteisvaikutus on mallinnettu Löytänän hankevaihtoehdolla VE1 ja Vuorimäen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

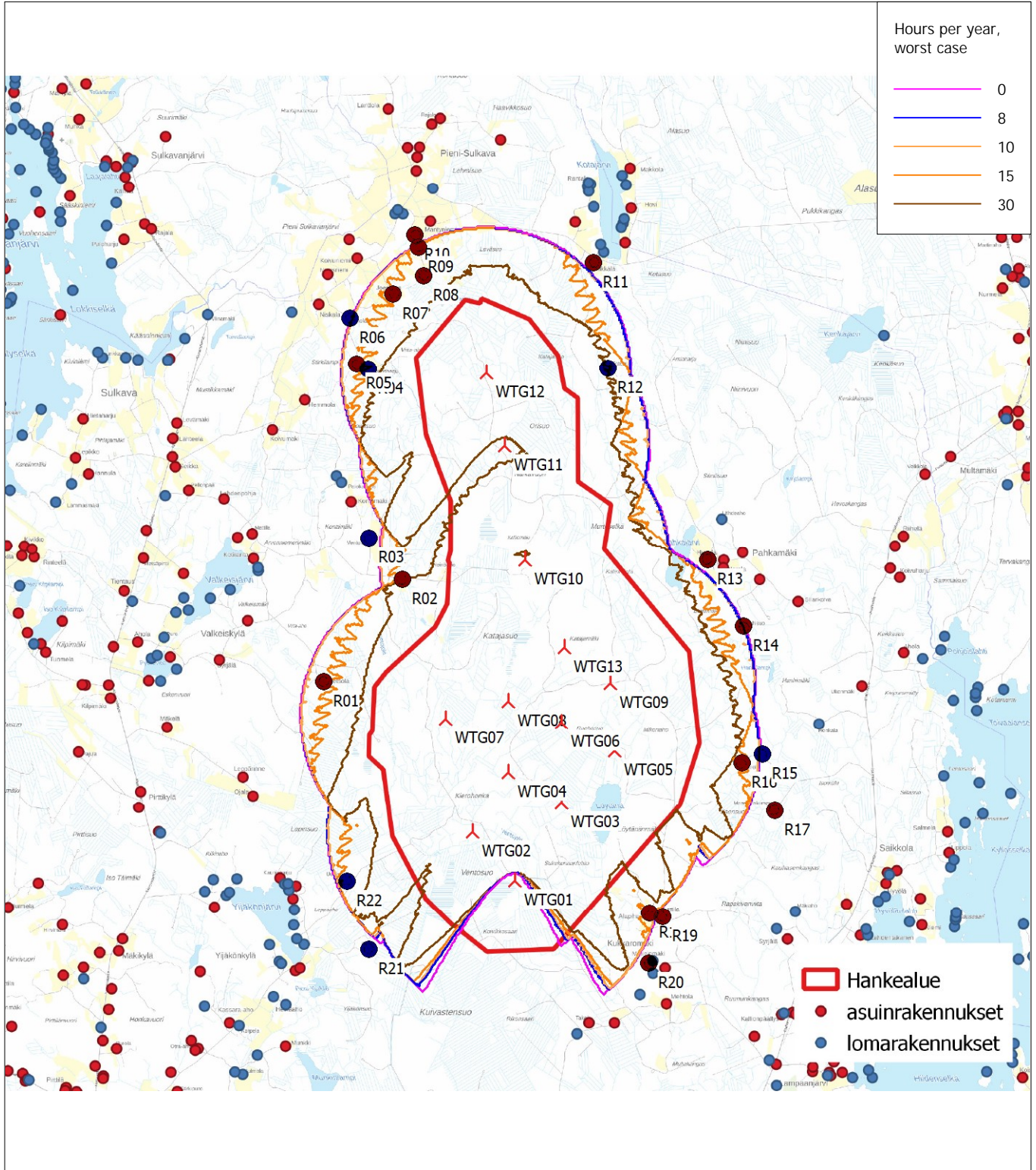
- 1) Tuulivoimarakentamisen suunnittelu, Ympäristöhallinnon ohjeita 5/2016
- 2) Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen, WEA-Shattenwurf-Hinweise
- 3) Vindkraftshandboken - Planering och prövning av vindkraftverk på land och i kustnära vattenområden, Boverket 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

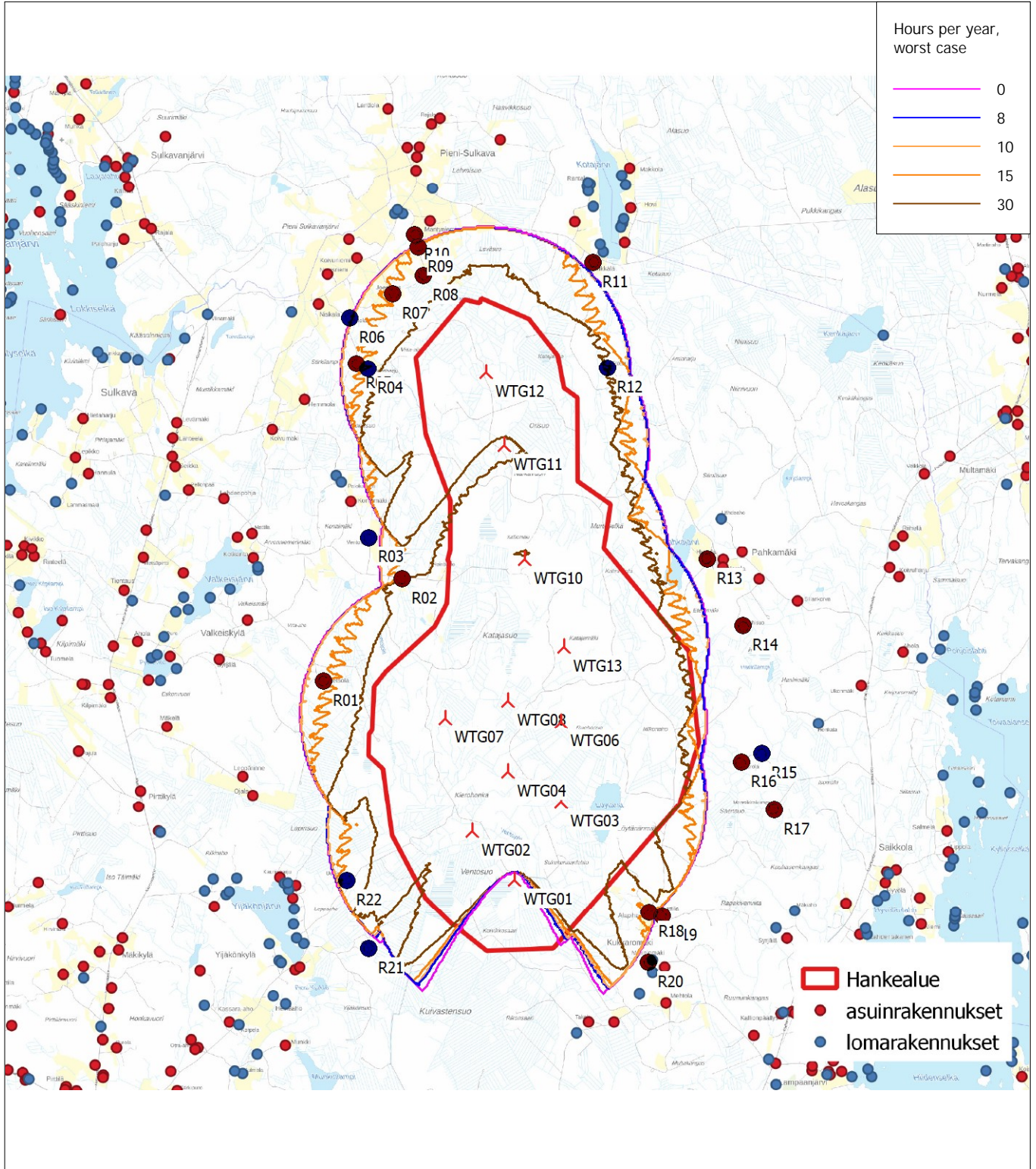
Calculation: VE1



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

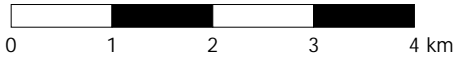
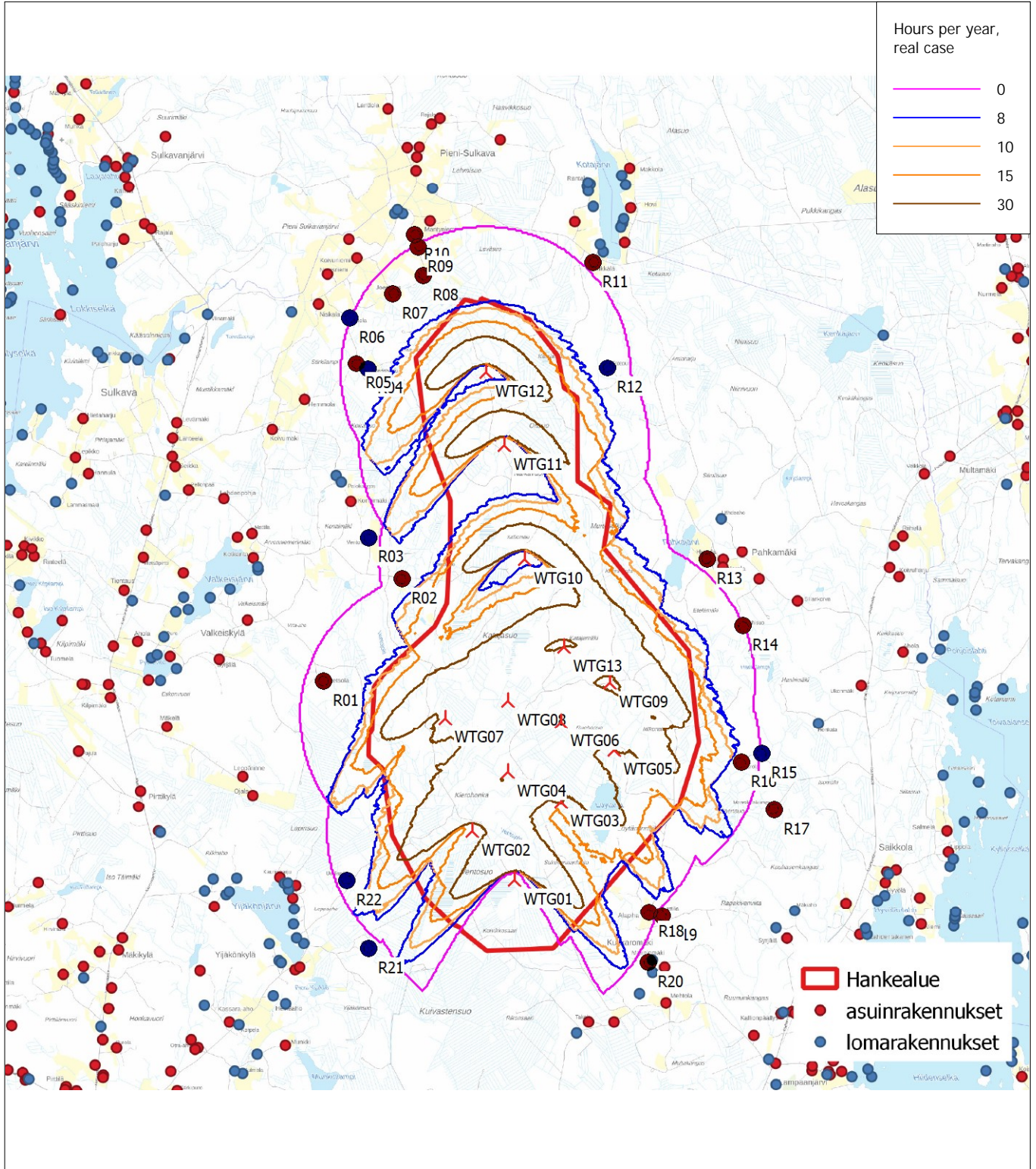
Calculation: VE2



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 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

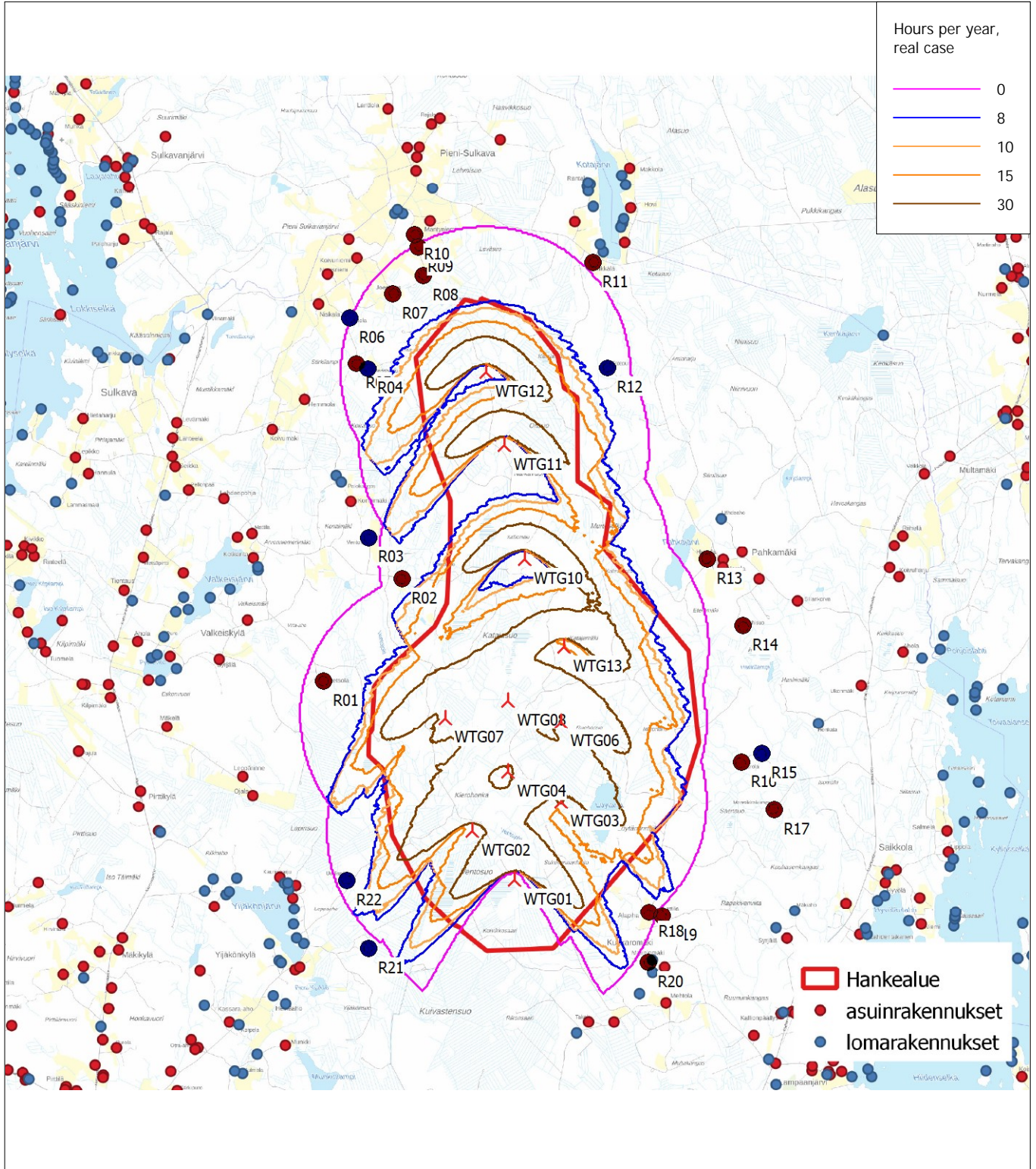
Calculation: VE1 Todennäköinen tilanne



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

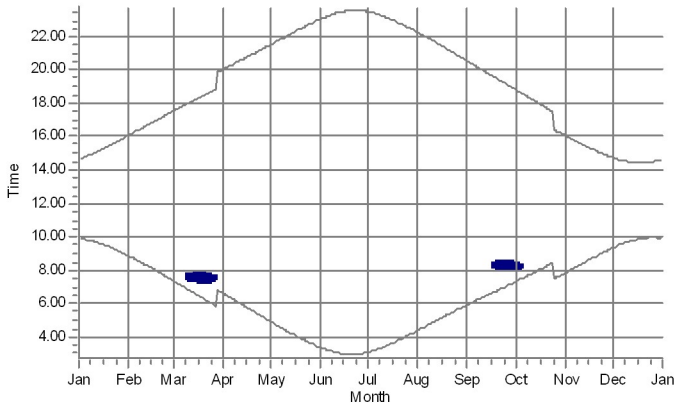


Map: Löytänä hankealue ja herkät kohteet, Print scale 1:75 000, Map center Finish TM ETRS-TM35FIN-ETRS89 East: 491 360 North: 7 033 140
 🚧 New WTG 📍 Shadow receptor
 Flicker map level: Project Wizard Elevation Data Grid (Finnish Elevation Model - 10m grid)
 Time step: 3 minutes, Day step: 7 days, Map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

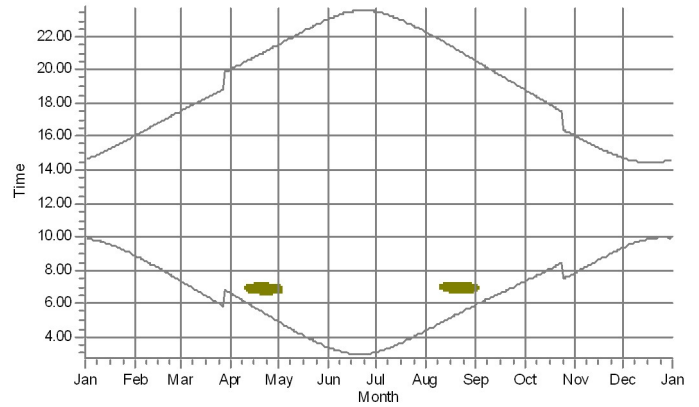
SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: VE1

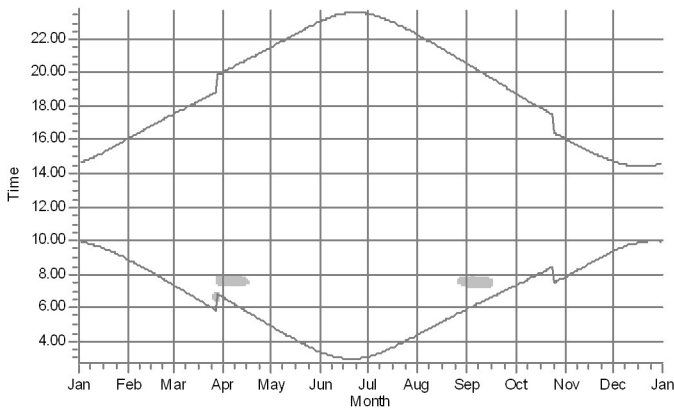
R01: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (22)



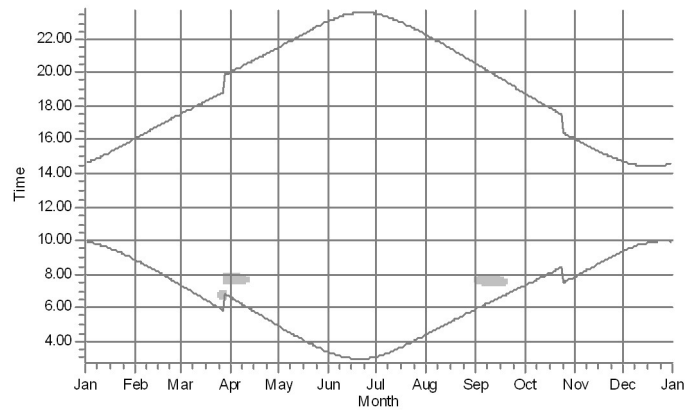
R02: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (2)



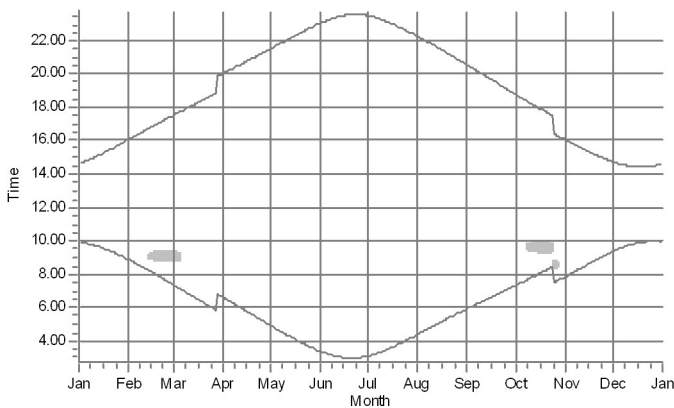
R04: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (8)



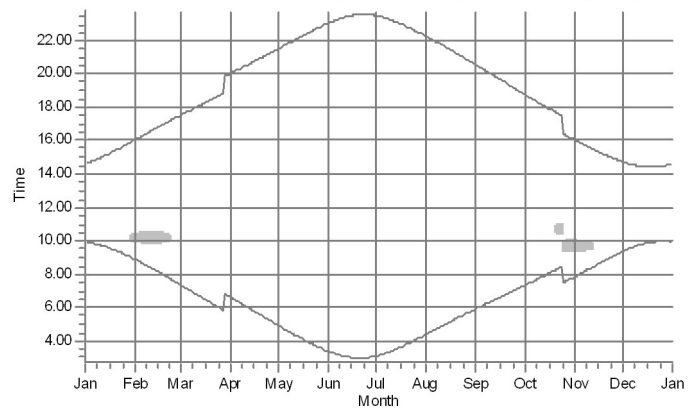
R05: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (9)



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

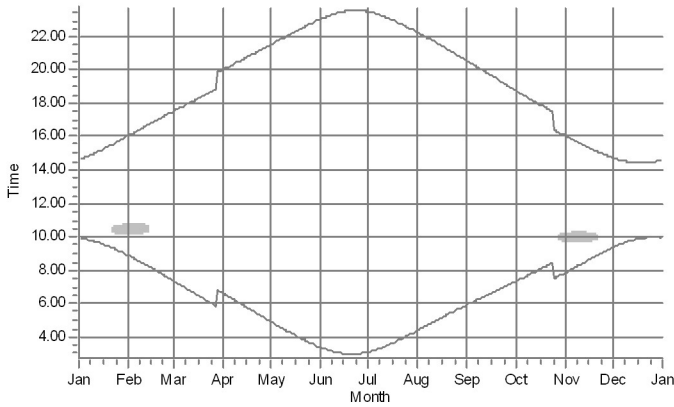
- WTG07: VESTAS V172-7.2 mod 7200 210.0 !O! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (7)
- WTG10: VESTAS V172-7.2 mod 7200 210.0 !O! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (10)

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

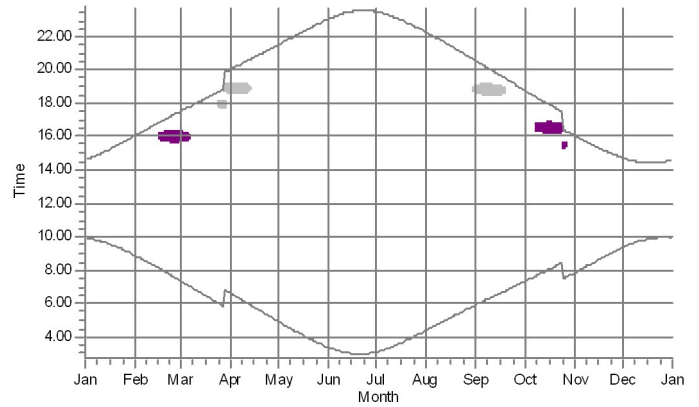
SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: VE1

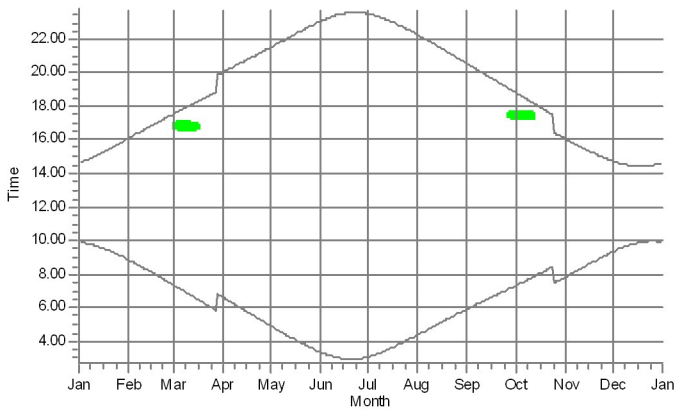
R09: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (12)



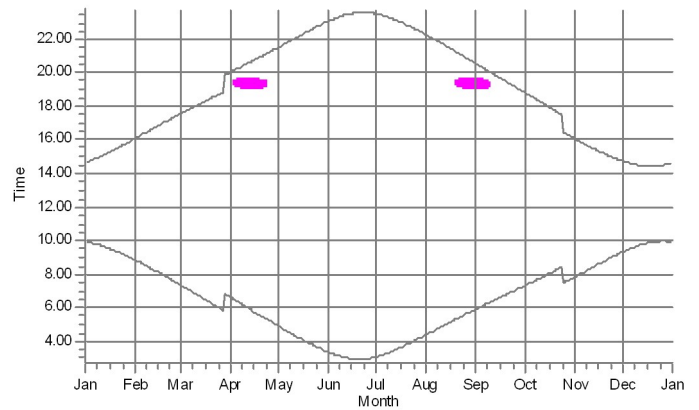
R12: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (4)



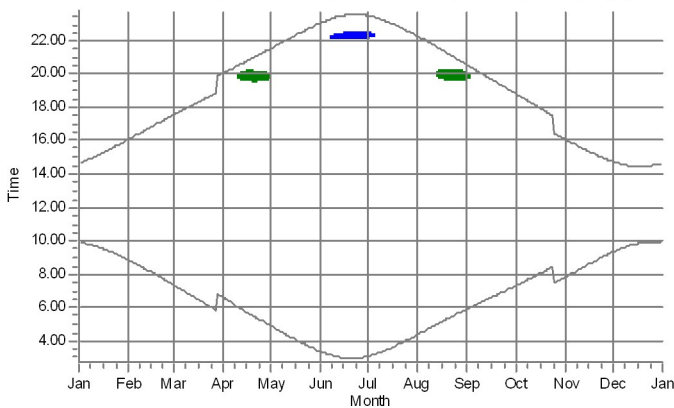
R14: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (14)



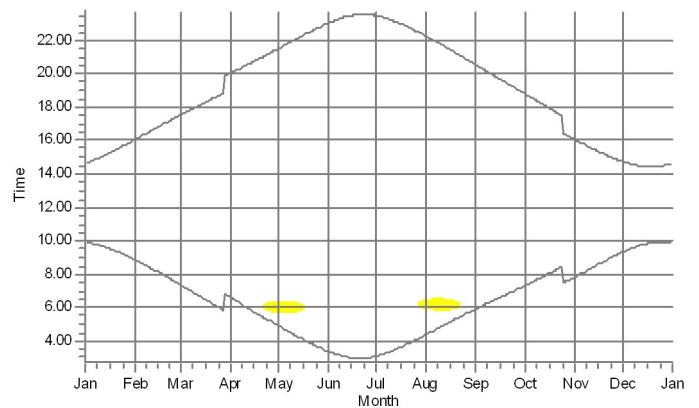
R16: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (16)



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

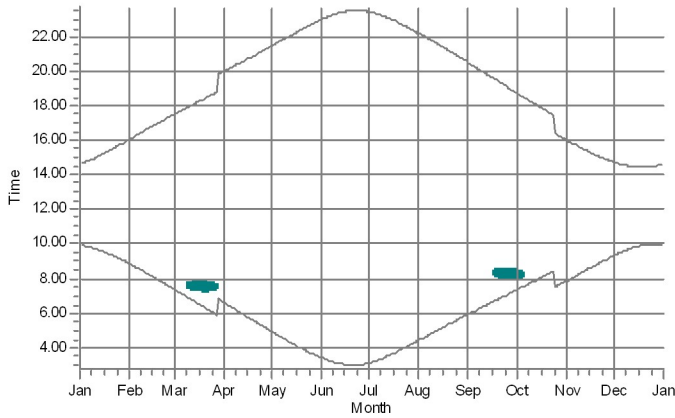
- WTG01: VESTAS V172-7.2 Loytana 7200 210.0 IO! hub: 215,0 m (TOT: 215,0 m) (1)
- WTG02: VESTAS V172-7.2 mod 7200 210.0 IO! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (2)
- WTG03: VESTAS V172-7.2 mod 7200 210.0 IO! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (3)
- WTG05: VESTAS V172-7.2 mod 7200 210.0 IO! hub: 215,0 m (TOT: 320,0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

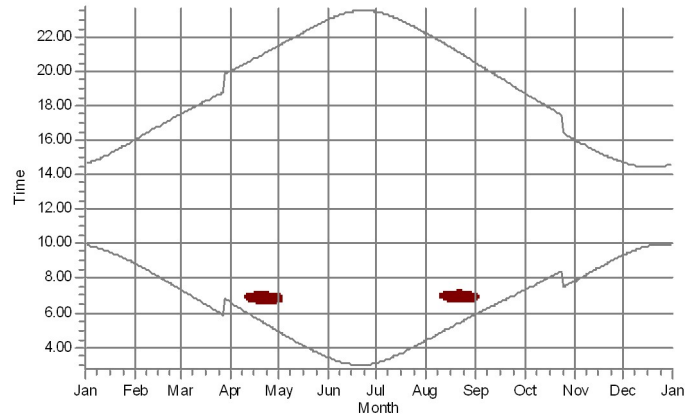
SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: VE2

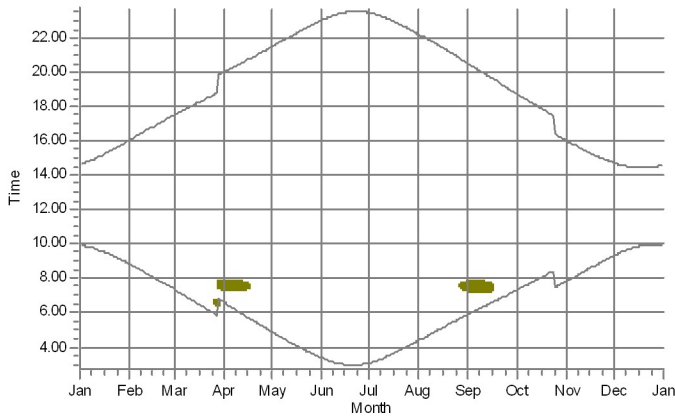
R01: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (22)



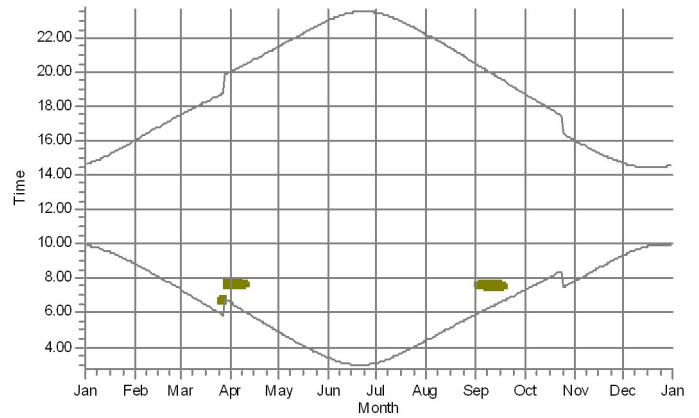
R02: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (2)



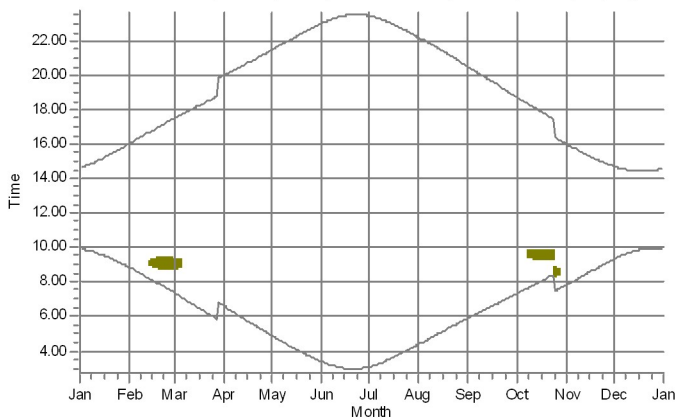
R04: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (8)



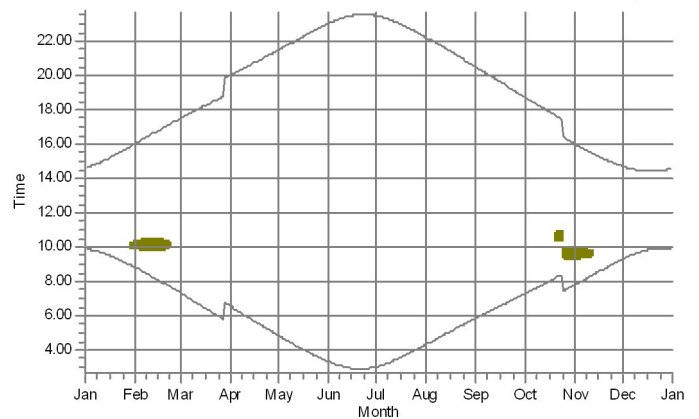
R05: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (9)





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)

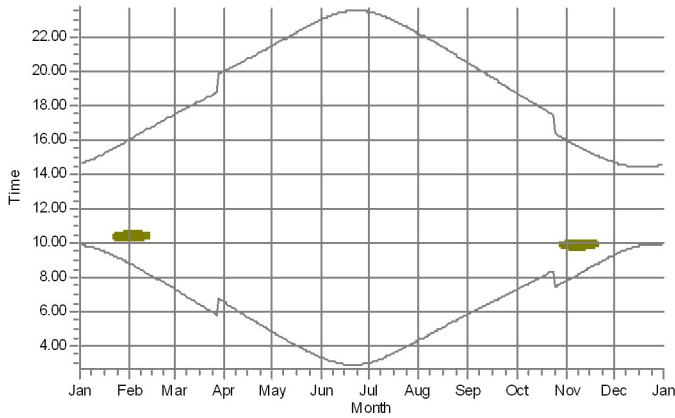
 WTG12: VESTAS V172-7.2 mod 7200 210.0 !OI! hub: 215,0 m (TOT: 320,0 m) (73)



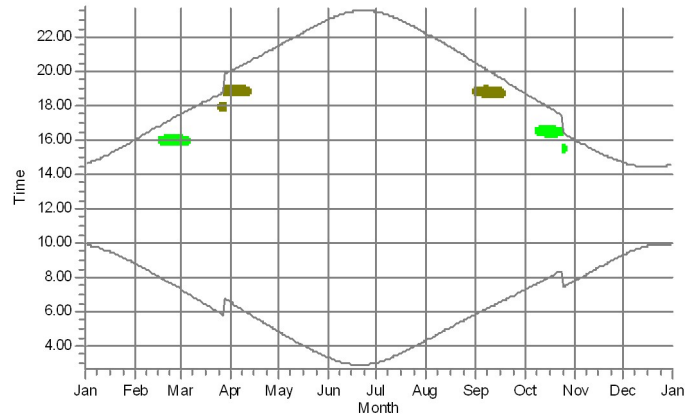
SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: VE2

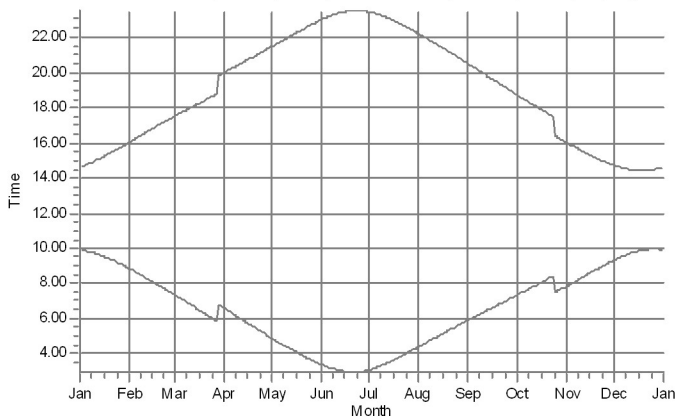
R09: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (12)



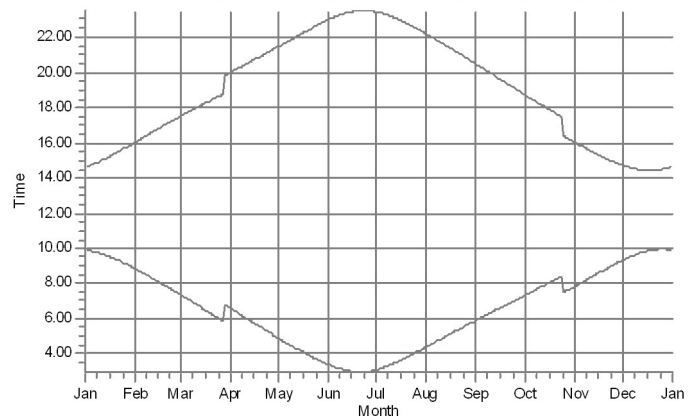
R12: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (4)



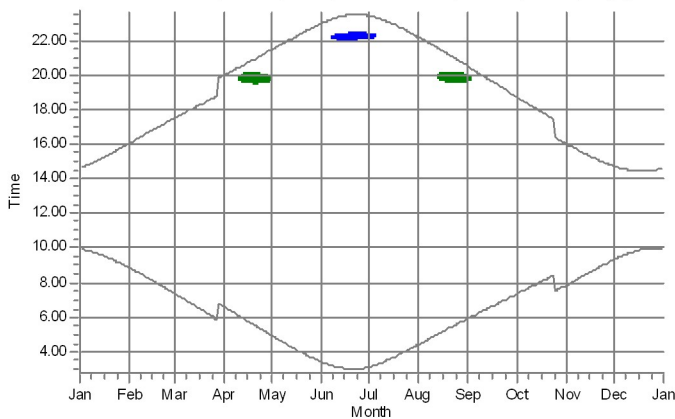
R14: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (14)



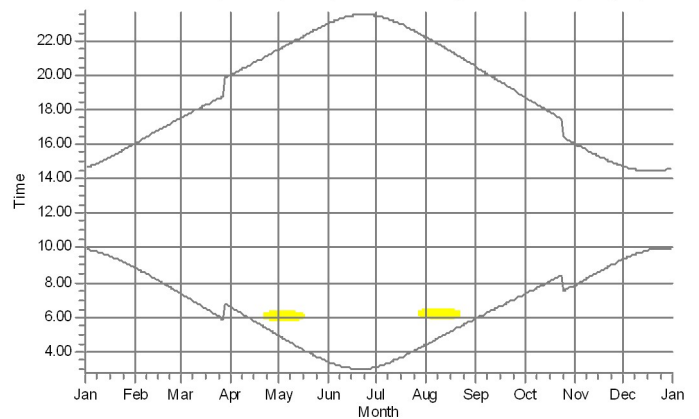
R16: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (16)



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)



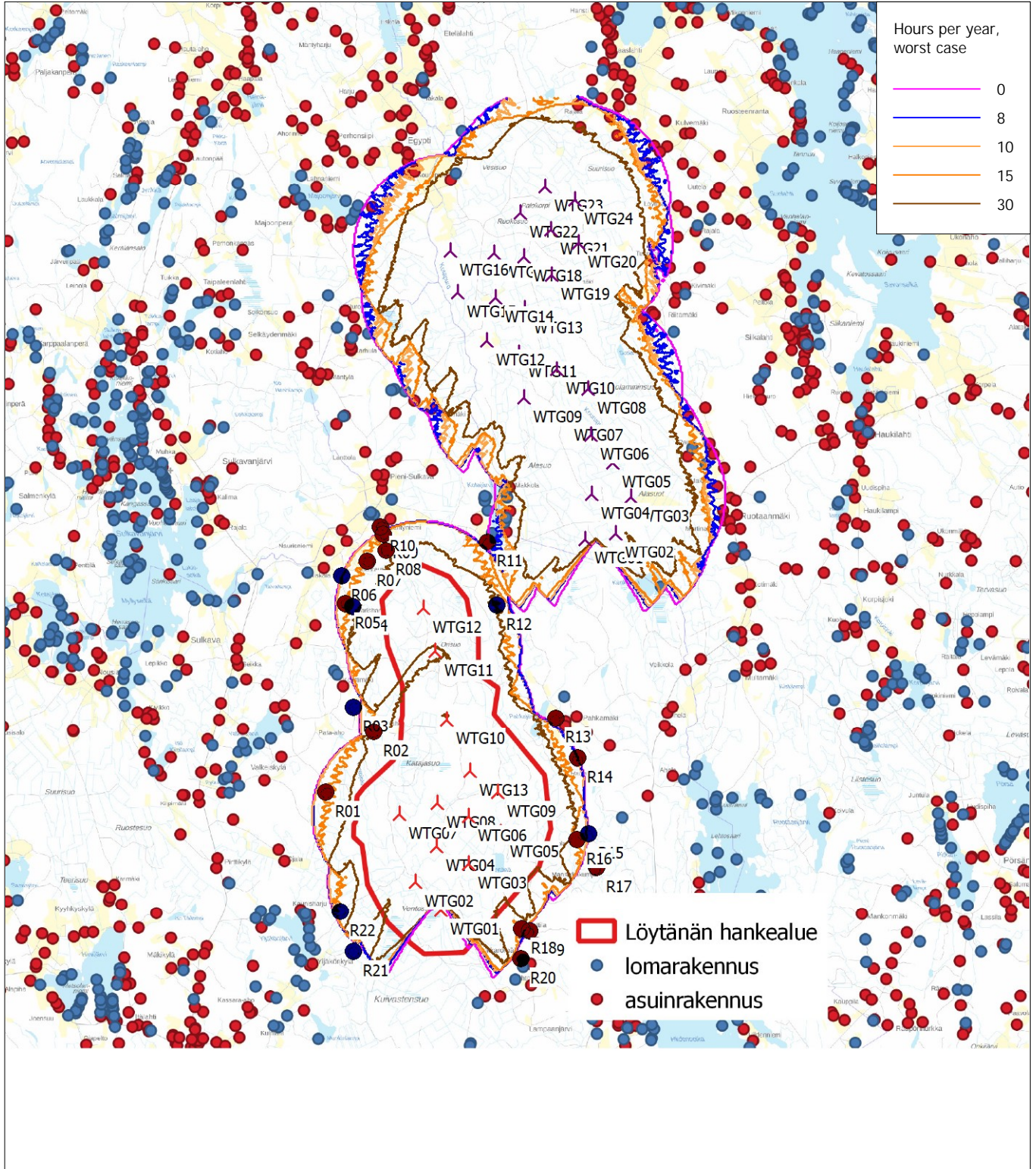
WTGs

- 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

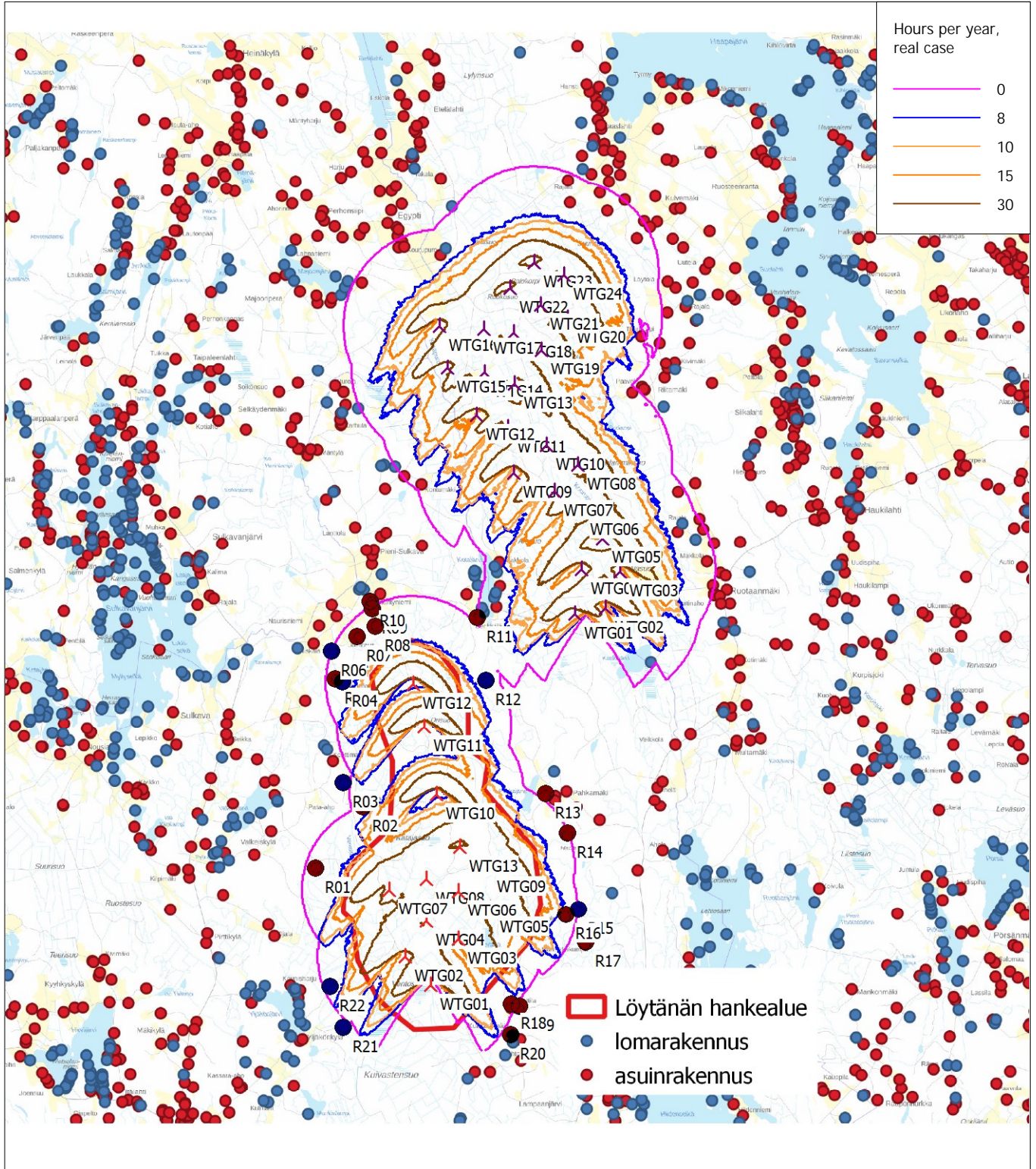
Calculation: Löytänä YVA yhteisvaikutus



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