

TM-VOIMA OY

Rahkolan tuulivoimahanke, Haapavesi

Melu- ja varjostusmallinnukset



Johanna.harju@fcg.fi

7.5.2018

Sisällysluettelo

1	MELU- JA VARJOSTUSMALLINNUKSEN TAVOITTEET	2
2	LÄHTÖTIEDOT JA MENETELMÄT	2
2.1	Melu	2
2.1.1	Melumallinnus ISO 9613-2	2
2.1.2	Matalataajuinen melumallinnus	2
2.2	Varjostusmallinnus	5
2.3	Raja- ja ohjearvoja	5
3	MELU- JA VARJOSTUSMALLINNUSTEN TULOKSET	8
3.1	Melun laskentatulokset ISO 9613-2	8
3.1.1	Nykytilanne	8
3.1.2	Rahkola 4 x V150 x HH155	8
3.2	Matalataajuiset melutasot	9
3.2.1	Nykytilanne	9
3.2.2	Rahkola 4 x V150 x HH155	9
3.3	Varjostusmallinnusten tulokset	10
3.3.1	Nykytilanne	10
3.3.2	Rahkola 4 x V150 x HH155	10

Liitteet

Liite 1: Melun leviämismallinnuksen tulokset ISO 9613-2

Liite 2: Matalataajuisen melun rakennuskohtaiset arvot

Liite 3: Varjostusmallinnusten tulokset "real case"

7.5.2018

1 MELU- JA VARJOSTUSMALLINNUKSEN TAVOITTEET

Haapaveden kunnan alueelle suunnitteilla olevan Rahkolan tuulivoimahankkeen aiheuttamia melu- ja varjostusvaikutuksia on arvioitu laatimalla mallinnukset tuulivoimaloiden aiheuttamista äänenpainetasoista ja varjostuksista. Mallinnusten tavoitteena on osoittaa, kuinka laajalle alueelle kyseiset vaikutukset ulottuvat ja arvioida vaikutukset läheiselle asutukselle.

Tuulivoimaloiden aiheuttamat melu- ja varjostusvaikutukset on mallinnettu WindPro-ohjelmalla voimaloiden sijoitussuunnitelman mukaisesti. Melu- ja varjostusmallinnukset on laatinut Johanna Harju FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy:stä. Laaduntarkistuksen on tehnyt Hans Vadbäck FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy:stä.

2 LÄHTÖTIEDOT JA MENETELMÄT

2.1 Melu

2.1.1 Melumallinnus ISO 9613-2

Tuulivoimaloiden aiheuttamat äänenpainetasot on mallinnettu WindPRO-laskentaohjelman Decibel-moduulilla ISO 9613-2 standardin mukaisesti. Ympäristöhallinnon tuulivoimaloiden melun mallintamista koskevan ohjeen 2/2014 mukaisesti tuulen nopeutena käytettiin 10 m korkeudella mitattuna 8 m/s, ilman lämpötilana 15 °C, ilmanpaineena 101,325 kPa, ilman suhteellisenä kosteutena 70 % ja maanpinnan kovuutena arvoa 0,4. Laskenta on tehty 4,0 m maan pinnan tasosta.

Lähtötietoina eli referenssivoimalana on käytetty tuulivoimalaitosvalmistaja Vestaksen voimalaitosta V150-4,2 (napakorkeus 155 m), jonka äänitehotaso (LWA) on 104,9 dB (Taulukko 1).

Valmistajan ilmoittama tuulivoimalan tuottaman äänitehotaso perustuu todellisiin mittauksilukuihin ja vastaa ylempää luottamusväliä 95%. Lähtömelutaso on arvioitu valmistajan antamien tietojen pohjalta, laskemalla ensin napakorkeudessa vallitseva tuulen nopeus ympäristöministeriön ohjeen 4/2014 kaavan 5.3.1 mukaisesti. Maan karheutena on käytetty arvoa 0,3.

Melumallinnuksen laskentatuloksia on havainnollistettu keskiäänitasokarttojen avulla. Keskiäänitasokartassa on esitetty melun keskiäänitaso- eli ekvivalenttiäänitasokäyrät (LAeq) 40 ja 45 dB. Tulokset on esitetty myös liitteessä 1.

2.1.2 Matalataajuinen melumallinnus

Matalataajuinen melu laskettiin Ympäristöministeriön ohjeen 2/2014 mukaisin menetelmin käyttäen voimalavalmistajalta saatuja arvioita voimalan äänitehotasoista (Taulukko 1).

Ohje antaa menetelmän matalataajuisen melun laskentaan rakennusten ulkopuolelle. Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysasetus 2015 antaa matalataajuiselle melulle toimenpiderajat asuinhuoneissa. Rakennusten sisälle kantautuva äänitaso arvioitiin tanskalaisen DSO1284 laskentaohjeen mukaisin ääneneristävyyssarvoin.

Tulokset on esitetty taajuuskohtaisena taulukkona hankealuetta ympäröiville taloille. Kohdekohtaiset tulokset on esitetty raportin liitteinä (Liite 3).

7.5.2018

Taulukko 1. Mallinnusohjelma ja tuulivoimaloiden äänitehotasot sekä melun erityispiirteet.

MALLINNUSOHJELMAN TIEDOT							
Mallinnusohjelma ja versio: WindPRO version 3.1.617				Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2			
TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN TIEDOT)							
Tuulivoimalan valmistaja: Vestas				Tyyppi: V150		Sarjanumero/t:-	
Nimellisteho:4,2 MW		Napakorkeus:155 m		Roottorin halkaisija:150		Tornin tyyppi: teräs	
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun							
Lapakulman säätö		Pyörimisnopeus		Muu, mikä Serrated trailing edges			
Kyllä	-	dB	Kyllä	-	dB	Noise mode säätö:	Kyllä
Ei			Ei			Noise mode, lähtömelutaso	-
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT							
Melupäästötiedot perustuvat dokumenttiin " DMS 0067-4767_V03_V150-4.0/4.2 MW- Third Octave noise emission. Tuulivoima-alueen tuulivoimaloiden melumallinnuksen lähtöarvoina käytetään ensisijaisesti valmistajan standardin IEC TS 61400-14 mukaisesti ilmoittamia tuulivoimaloiden melupäästön (äänitehotaso) takuuarvoja ("declared value" tai "warranted level"). Valmistajan ilmoittama tuulivoimalan tuottaman äänitehotaso perustuu todellisiin mittaustuloksiin ja vastaa ylempää luottamusväliä 95%, "The stated values are expected to be representing an upper 95% confidence limit for the turbine performance".							
Oktaaveittain [Hz],dB(A)		1/3-oktaaveittain [Hz], dB(A)					
31,5	-	20	62,2	200	92,2	2000	90,2
63	86,5	25	66,5	250	93,4	2500	88,3
125	93,7	31,5	70,6	315	94,3	3150	86,0
250	98,2	40	74,6	400	94,9	4000	83,4
500	99,9	50	77,9	500	95,2	5000	80,5
1000	98,9	63	81,1	630	95,2	6300	77,3
2000	95,1	80	84,1	800	94,8	8000	73,6
4000	88,6	100	86,5	1000	94,2	10000	69,8
8000	79,4	125	88,6	1250	93,2		
104,9 dB(A)		160	90,7	1600	91,8		
Melun erityispiirteiden mittaustulos ja havainnot:							
Kapeakaistaisuus / Tonaalisuus		Impulssimaisuus		Merkityksellinen sykintä (amplitudimodulaatio)		Muu, Mikä:	
Kyllä	Ei	Kyllä	Ei	Kyllä	Ei	Kyllä	Ei

7.5.2018

Taulukko 2. Käytetyt mallinnusparametrit ISO 9613-2 laskelmissa sekä melulle altistuvat kohteet.

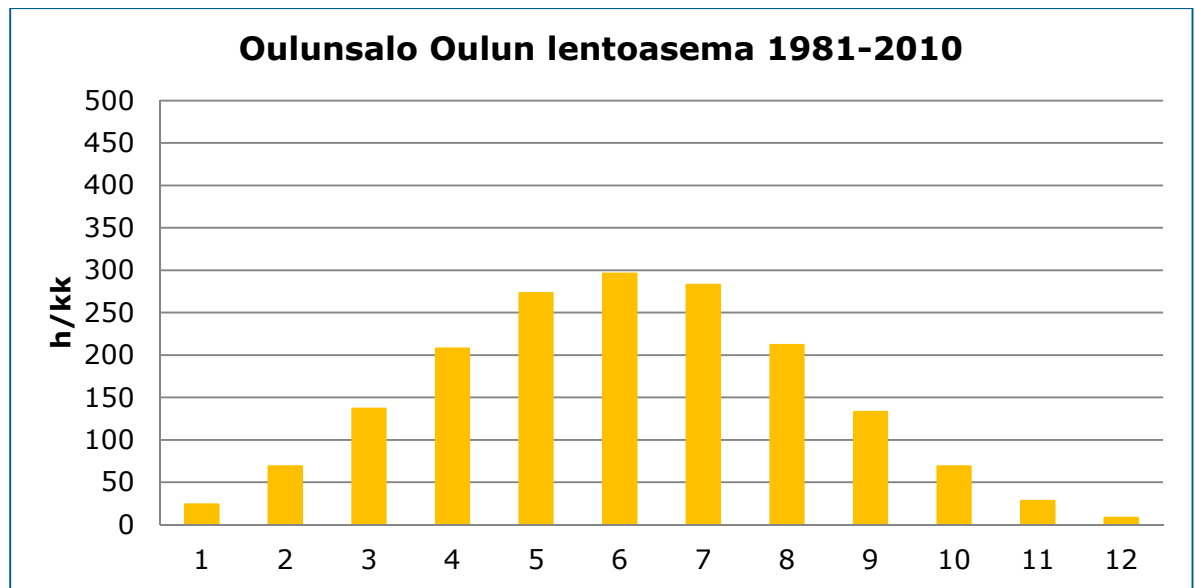
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT			
Laskenta korkeus		Laskentaruudun koko [m·m]	
ISO 9613-2: 4,0 m		25x25 m	
Suhteellinen kosteus		Lämpötila	
70 %	Muu, mikä ja miksi:	ISO 9613-2: 15 C°	
Maastomallin lähde ja tarkkuus			
Maastomallin lähde: MML maastotietokanta		Vaakaresoluutio:1,0	Pystyresoluutio:0,5
Maan- ja vedenpinnan absorptio ja heijastuksen huomioiminen, käytetyt kertoimet			
ISO 9613-2	0,4		HUOM
Ilmakehän stabiilius laskennassa/meteorologinen korjaus			
Neutraali, (0): Neutraali		Muu, mikä ja miksi:	
Sääolosuhteiden huomiointi; laskennassa käytetty tuulen suunnat ja nopeus			
Tuulen suunta: 0-360°		Tuulennopeus: 10 m korkeudessa 8 m/s	
Voimalan äänen suuntaavuus ja vaimentuminen			
Vapaa avaruus: kyllä		Muu, mikä, miksi:	

7.5.2018

2.2 Varjostusmallinnus

Tuulivoimaloiden varjostusvaikutuksia mallinnettiin WindPRO-ohjelman Shadow-moduulilla. Mallinnus tehtiin niin sanotulle todelliselle tilanteelle (real case). Mallinnuksessa ei ole huomioitu puuston suojaavaa vaikutusta.

Auringon keskimääräiset paistetunnit perustuvat Oulun lentokentän sääaseman pitkäaikaisiin mitattuihin säätietoihin 1981–2010 (Kuva 1). Laskentojen tuulen suunta ja nopeusjakaumana käytettiin Merra-tietoa hankealueen läheisyydeltä (E25,000 N64,000).



Kuva 1. Oulunsalon Oulun lentoaseman kuukauden keskimääräiset auringonpaistetunnit vuosina 1981-2010 (Lähde: Ilmatieteenlaitos raportti 2012:1)

Varjostusmallinnuksen tuloksia on havainnollistettu kartan avulla. Kartalla esitetään varjostusvaikutuksen (1, 8 ja 20 tuntia vuodessa) laajuus. Sen lisäksi mallinnuksessa on erikseen laskettu vaikutus tuulivoimapuistoalueen ympäristössä oleviin herkkiin kohteisiin. Tulokset on esitetty liitteessä 3.

Laskennoissa varjot huomioidaan, jos aurinko on yli 3 astetta horisontin yläpuolella ja varjoksi lasketaan, kun siipi peittää vähintään 20 % auringosta.

Rahkolan hankkeen varjostuksen laskennassa on huomioitu hankealueen korkeustiedot, tuulivoimaloiden sijainnit, tuulivoimalatyyppi (Taulukko 1), napakorkeus (155 metriä) ja roottorin halkaisija (150 metriä) sekä hankealueen aikavyöhyke. Mallinnuksessa otettiin huomioon auringon asema horisontissa eri kellon- ja vuodenaikoina, pilvisyys kuukausittain eli kuinka paljon aurinko paistaa ollessaan horisontin yläpuolella sekä tuulivoimalaitosten arvioitu vuotuinen käyntiaika.

Varjostuksen tarkastelukorkeutena lähialueen asuin- tai lomarakennusten pihapiirissä käytettiin 1,5 metriä ja laskenta-alueen kokoa 5,0 x 5,0 metriä.

2.3 Raja- ja ohjearvoja

Valtioneuvoston asetuksessa (1107/2015) tuulivoimaloille on määritelty suunnitteluarvot päivä- ja yöajan keskiäänitasojen maksimiarvolle. Asetus tuli voimaan 1.9.2015. Jos tuulivoimalan melu sisältää tonaalisia, kapeakaistaisia tai impulssimaisia komponentteja, tai se on selvästi amplitudimoduloitunutta, mallinnustuloksiin tulee

7.5.2018

ohjeen mukaan lisätä viisi desibeliä ennen ohjearvoon vertaamista. Koska ohjearvo sisältää jo tyypillisen tuulivoimamelun piirteet, edellä mainitut äänenpiirteiden tulee olla tuulivoimalalle epätyypillisen voimakkaita, jotta mallinnustuloksissa täytyy huomioida viiden desibelin lisä äänenvoimakkuuteen.

Taulukko 3. Valtioneuvoston asetuksen mukaiset tuulivoimaloiden melutason ohjearvot (Valtioneuvoston asetus 27.8.2015).

Vaikutuskohde	Päivä (7-22)	Yö (22-7)
Pysyvä asutus	45 dB	40 dB
Loma-asutus	45 dB	40 dB
Hoitolaitokset	45 dB	40 dB
Oppilaitokset	45 dB	—
Virkistysalueet	45 dB	—
Leirintäalueet	45 dB	40 dB
Kansallispuistot	40 dB	40 dB

Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa (545/2015) on annettu matalataajuiselle melulle toimenpiderajoja. Asetus tuli voimaan 15.5.2015. Toimenpiderajat koskevat asuinhuoneita ja ne on annettu taajuuspainottamattomina yhden tunnin keskiäänitasoina tersseittäin. Toimenpiderajat koskevat yöaikaa ja päivällä sallitaan 5 dB suuremmat arvot. Ympäristöministeriön ohjeessa 4/2012 Tuulivoimarakentamisen suunnittelu viitataan näihin ohjearvoihin matalataajuisista melua koskien.

Taulukko 4. Matalataajuisen sisämelun tunnin keskiäänitason toimenpiderajat nukkumiseen tarkoitetuissa tiloissa.

Terssikaista Hz	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
Keskiäänitaso L _{Zeq} ,1h, dB	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Edellisestä laskettu keskiäänitaso A-painotettuna L _{Aeq} ,1h, dB	24	19	17	14	14	16	18	19	20	21	21

Lisäksi yöaikainen mahdollisesti unihäiriötä aiheuttava melu, joka erottuu selvästi taustamelusta, ei saa ylittää 25 dB yhden tunnin keskiäänitasona L_{Aeq},1h mitattuna niissä tiloissa, jotka on tarkoitettu nukkumiseen.

7.5.2018

Suomessa ei ole viranomaisten antamia yleisiä määräyksiä tuulivoimaloiden muodostaman varjostuksen enimmäiskestoista eikä varjonmuodostuksen arviointiperusteista. Ympäristöministeriön tuulivoimarakentamisen suunnitteluohjeistuksessa esitetään käytettäväksi muiden maiden suosituksia välkkeen rajoittamisesta (Ympäristöministeriö 2016).

Useissa maissa on annettu raja-arvoja tai suosituksia hyväksyttävän välkevaikutuksen määrästä. Esimerkiksi Ruotsissa suositus on kahdeksan tuntia vuodessa ja 30 minuuttia päivässä.

Arvioinnissa on tarkasteltu vaikutuksia alueella, jossa varjoja tai välkettä mallinnuksen mukaisessa todellisessa tilanteessa ("real case") esiintyy vähintään kahdeksan tuntia vuodessa.

7.5.2018

3 MELU- JA VARJOSTUSMALLINNUSTEN TULOKSET

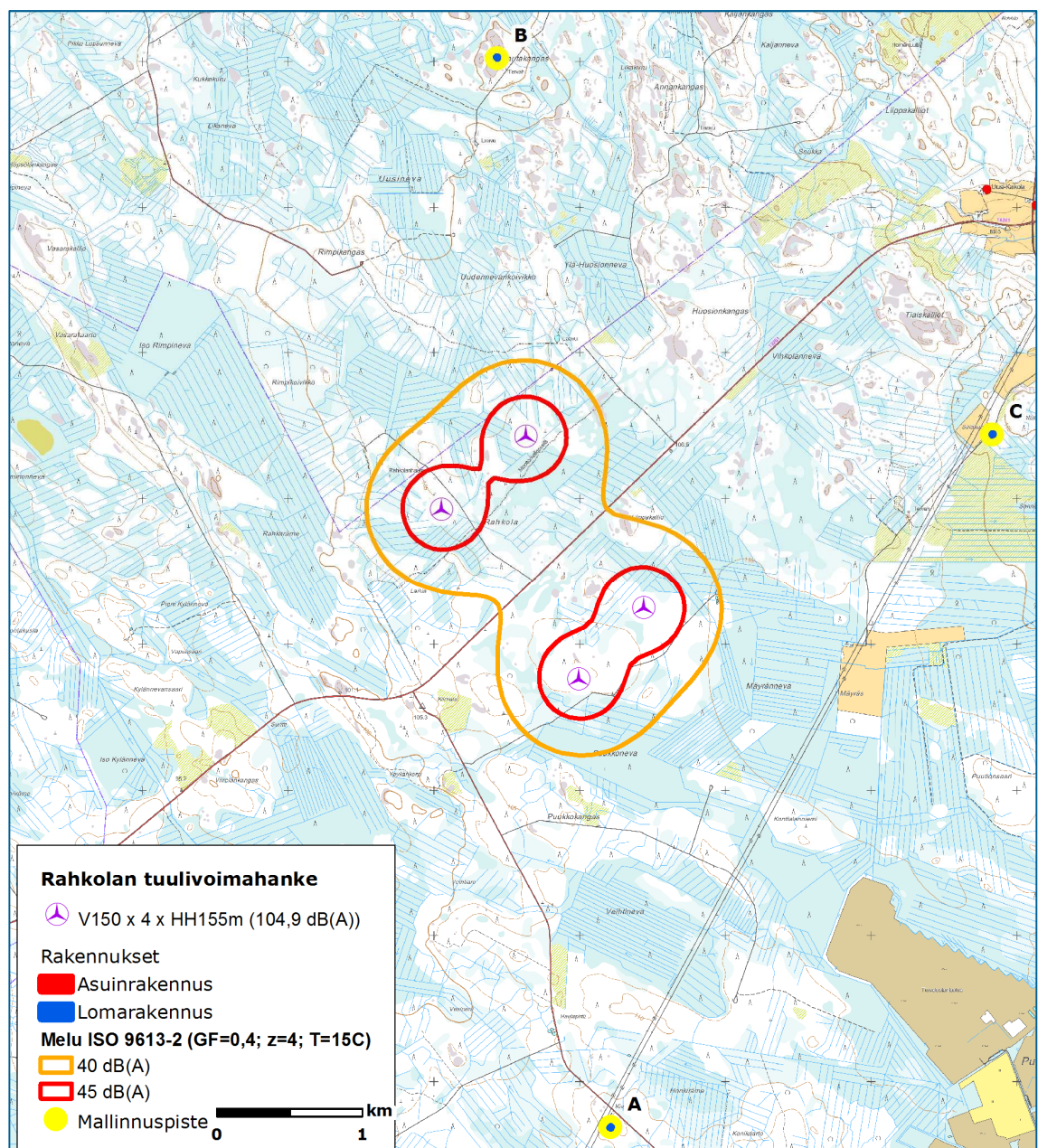
3.1 Melun laskentatulokset ISO 9613-2

3.1.1 Nykytilanne

Nykytilanteessa alueella ei ole sellaista toimintaa, joka aiheuttaisi melua.

3.1.2 Rahkola 4 x V150 x HH155

Lähimpien asuinrakennusten ja lomarakennusten pihapiirissä melutasot ovat laskelmien mukaan selvästi alle 40 dB(A) (Taulukko 5 ja Kuva 2). Melumallinnuksen tarkemmat laskentatulokset ovat liitteenä 1.



Kuva 2. Laskennalliset melutasot standardin ISO 9613-2 mukaisesti.

7.5.2018

Taulukko 5. Laskennalliset melutasot standardin ISO 9613-2 ja YM 2/2014 ohjeen mukaisesti.

Laskentapiste	ETRS89- TM35 Itä	ETRS89- TM35 Pohjoinen	Z (m)	Laskenta- korkeus (m)	Melutaso dB(A)
A Lomarakenus (Kivikaarto)	402213	7109690	112,5	4,0	22,6
B Lomarakenus (Hautakangas)	401434	7117028	102,5	4,0	24,5
C Lomarakenus (Ollilantie)	404831	7114441	100	4,0	24,9

3.2 Matalataajuiset melutasot

3.2.1 Nykytilanne

Nykytilanteessa alueella ei ole sellaista toimintaa, joka aiheuttaisi matalataajuisia melua.

3.2.2 Rahkola 4 x V150 x HH155

Sisätilojen laskennallisia tuloksia on verrattu Sosiaali- ja terveysministeriön (STM) Asumisterveysasetuksessa (545/2015) annettuihin toimenpiderajoihin. Nämä ovat enimmäisarvoja, jotka on laadittu yöaikaiselle melulle nukkumiseen tarkoitettuihin tiloihin. Toimenpiderajaa on verrattu myös äänitasoon tarkasteltujen rakennusten ulkopuolella. Taulukko 6 on koottu matalataajuisen melun laskentatuloksia ja verrattu niitä STM:n toimenpiderajoihin. Toimenpiderajaa on verrattu myös äänitasoon tarkasteltujen rakennusten ulkopuolella. Taulukossa näkyy toimenpiderajan alitus (negatiivinen arvo) tai ylitys (positiivinen arvo).

Taulukko 6. Matalataajuisen melun mallinnustulokset herkissä kohteissa verrattuna Sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajaan.

Rakennus	Äänitaso ulkona		Äänitaso sisällä	
	L _{eq,1h} – Asumisterveys- ohje sisällä	Hz	L _{eq,1h} – Asumisterveys- ohje sisällä	Hz
A Lomarakenus (Kivikaarto)	-6,8	80	-21,0	50
B Lomarakenus (Hautakangas)	-5,5	100	-19,8	50
C Lomarakenus (Ollilantie)	-5,2	100	-19,4	50

Matalataajuiset äänitasot jäävät kaikissa rakennuksissa toimenpiderajojen alapuolelle, kun rakenteiden ääneneristävyys huomioidaan. Myös äänitasot ulkona jäävät toimenpiderajojen alapuolelle.

Rakennuskohtaiset matalataajuiset äänitasot lähimpien rakennusten osalta on esitetty liitteessä 2. Rakennusten kirjaintunnukset ovat samat kuin ISO 9613-2 mallinnuksessa (Liite 1).

7.5.2018

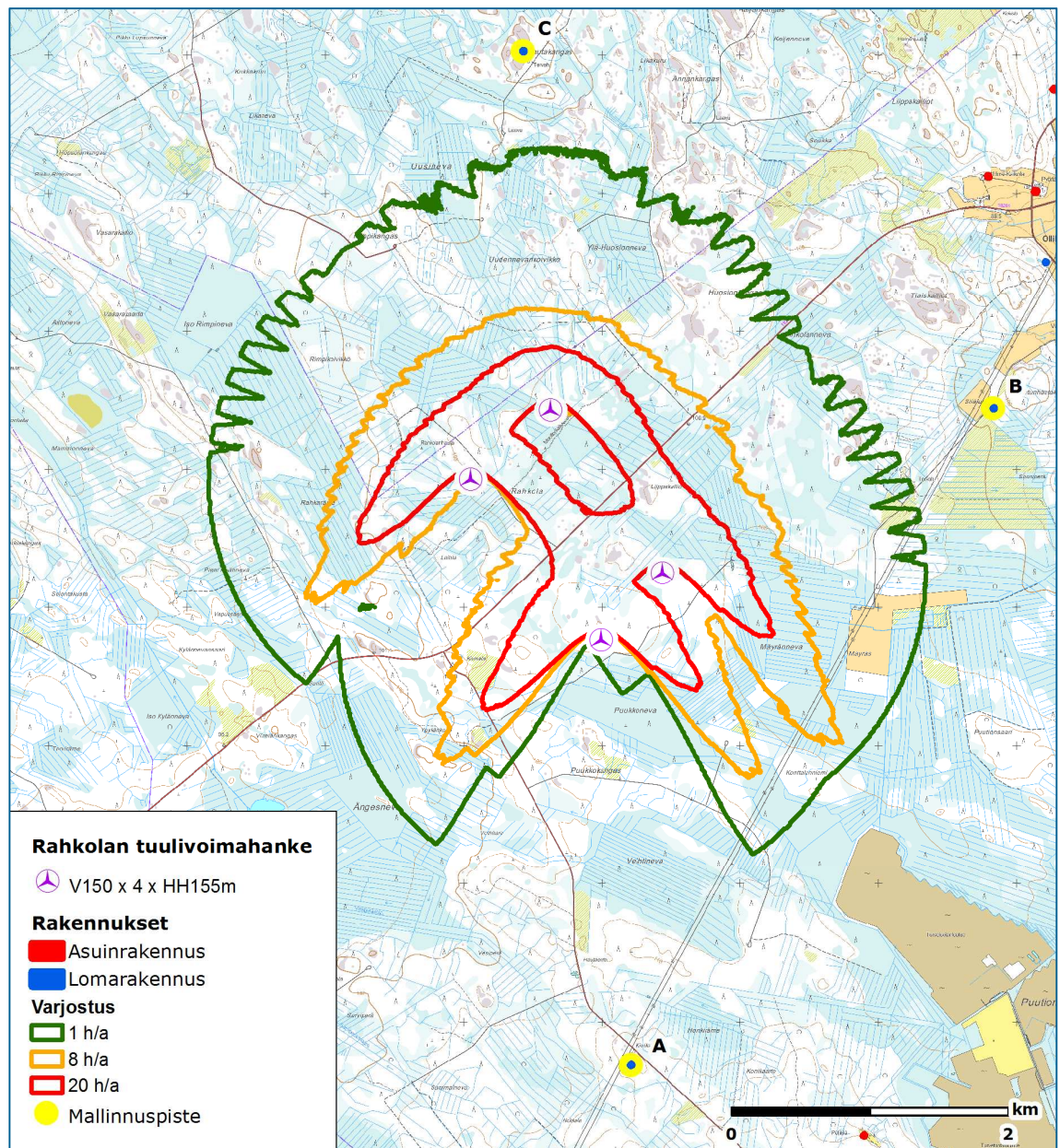
3.3 Varjostusmallinnusten tulokset

3.3.1 Nykytilanne

Nykytilanteessa alueella ei ole sellaista toimintaa, joka aiheuttaisi varjostusta.

3.3.2 Rahkola 4 x V150 x HH155

Lähimpien asuinrakennusten ja lomarakennusten pihapiirissä vuosittaiset varjostustunnit ovat laskelmien mukaan 0 h/a (Taulukko 7 ja kuva 3). Varjostusmallinnuksen tarkemmat laskentatulokset löytyvät liitteestä 1.



Kuva 3. Laskennalliset varjostusmallinnuksen tulokset

7.5.2018

Taulukko 7. Laskennalliset varjostustunnit lähialueen laskentapisteissä "A-C".

Laskentapiste	ETRS89- TM35 Itä	ETRS89- TM35 Pohjoinen	Z (m)	Laskenta- ikkuna (m)	Melutaso dB(A)
A Lomarakennus (Kivikaarto)	402213	7109690	112,5	5 x 5	0:00
B Lomarakennus (Ollilantie)	404831	7114441	100	5 x 5	0:00
C Lomarakennus (Hautakangas)	401434	7117028	102,5	5 x 5	0:00

Varjostusmallinnuksen tarkemmat tulokset on esitetty liitteessä 3.

FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy

Johanna Harju
Laatija

Hans Vadbäck
Laaduntarkistus/Hyväksyjä

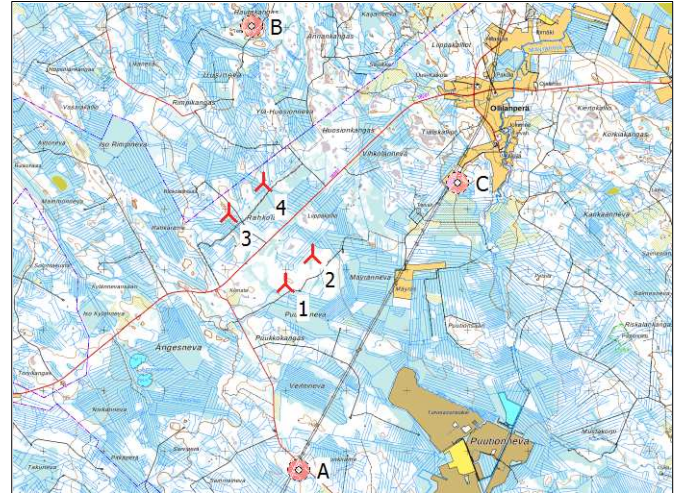
Liite 1: Melun leviämismallinnuksen tulokset ISO 9613-2

DECIBEL - Main Result

Calculation: Rahkola_V150X4XHh155m (104,9 dB)

Calculation is done according to Finnish guideline "Ympäristöhallinnon ohjeita 2 | 2014" from the Ministry of the Environment of Finland

All coordinates are in
Finish TM ETRS-TM35FIN-ETRS89



WTGs

	East	North	Z	Row data/Description	WTG type		Type-generator	Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Noise data		Wind speed [m/s]	LwA,ref [dB(A)]	Pure tones
					Valid	Manufact.					Creator	Name			
1	401 996	7 112 765	109,0	VESTAS V150-4.2 4200 150...	Yes	VESTAS	V150-4.2-4 200	4 200	150,0	155,0	USER	P01_Serrated_Trailing Edges_104,9_dB	8,0	104,9	No
2	402 442	7 113 253	106,8	VESTAS V150-4.2 4200 150...	Yes	VESTAS	V150-4.2-4 200	4 200	150,0	155,0	USER	P01_Serrated_Trailing Edges_104,9_dB	8,0	104,9	No
3	401 054	7 113 929	105,0	VESTAS V150-4.2 4200 150...	Yes	VESTAS	V150-4.2-4 200	4 200	150,0	155,0	USER	P01_Serrated_Trailing Edges_104,9_dB	8,0	104,9	No
4	401 632	7 114 430	105,4	VESTAS V150-4.2 4200 150...	Yes	VESTAS	V150-4.2-4 200	4 200	150,0	155,0	USER	P01_Serrated_Trailing Edges_104,9_dB	8,0	104,9	No

Calculation Results

Sound level

Noise sensitive area

No.	Name	East	North	Z	Imission height [m]	Demands Noise [dB(A)]	Sound level From WTGs [dB(A)]	Distance to noise demand [m]	Demands fulfilled ? Noise	2 dB penalty applied for one or more WTGs
A	Lomarakenus (Kivikaarto)	402 213	7 109 690	112,5	4,0	40,0	22,6	2 558	Yes	No
B	Lomarakenus (Hautakangas)	401 434	7 117 028	102,5	4,0	40,0	24,5	2 086	Yes	No
C	Lomarakenus (Ollilantie)	404 831	7 114 441	100,0	4,0	40,0	24,9	2 141	Yes	No

Distances (m)

WTG	A	B	C
1	3083	4300	3293
2	3570	3907	2668
3	4395	3122	3812
4	4775	2606	3199

DECIBEL - Detailed results

Calculation: Rahkola_V150X4XHh155m (104,9 dB) **Noise calculation model:** ISO 9613-2 Finland 8,0 m/s

Assumptions

Cmet: Meteorological correction

Calculation Results

Noise sensitive area: A Lomarakennus (Kivikaarto)

WTG		Wind speed: 8,0 m/s										
No.	Distance [m]	Sound distance [m]	Penalty [dB]	Calculated [dB(A)]	LwA,ref [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
1	3 083	3 086	0	19,13	104,9	0,00	80,79	-	-	0,00	0,00	-
2	3 570	3 573	0	17,18	104,9	0,00	82,06	-	-	0,00	0,00	-
3	4 395	4 397	0	14,37	104,9	0,00	83,86	-	-	0,00	0,00	-
4	4 775	4 778	0	13,23	104,9	0,00	84,58	-	-	0,00	0,00	-

Sum 22,61

- Data undefined due to calculation with octave data

Noise sensitive area: B Lomarakennus (Hautakangas)

WTG		Wind speed: 8,0 m/s										
No.	Distance [m]	Sound distance [m]	Penalty [dB]	Calculated [dB(A)]	LwA,ref [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
1	4 300	4 303	0	14,67	104,9	0,00	83,67	-	-	0,00	0,00	-
2	3 907	3 910	0	15,97	104,9	0,00	82,84	-	-	0,00	0,00	-
3	3 122	3 126	0	18,96	104,9	0,00	80,90	-	-	0,00	0,00	-
4	2 606	2 610	0	21,30	104,9	0,00	79,33	-	-	0,00	0,00	-

Sum 24,51

- Data undefined due to calculation with octave data

Noise sensitive area: C Lomarakennus (Ollilantie)

WTG		Wind speed: 8,0 m/s										
No.	Distance [m]	Sound distance [m]	Penalty [dB]	Calculated [dB(A)]	LwA,ref [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]
1	3 293	3 297	0	18,25	104,9	0,00	81,36	-	-	0,00	0,00	-
2	2 668	2 673	0	21,00	104,9	0,00	79,54	-	-	0,00	0,00	-
3	3 812	3 815	0	16,30	104,9	0,00	82,63	-	-	0,00	0,00	-
4	3 199	3 203	0	18,64	104,9	0,00	81,11	-	-	0,00	0,00	-

Sum 24,89

- Data undefined due to calculation with octave data

DECIBEL - Assumptions for noise calculation

Calculation: Rahkola_V150X4XHh155m (104,9 dB)

Noise calculation model:

ISO 9613-2 Finland

Wind speed:

8,0 m/s

Ground attenuation:

General, fixed, Ground factor: 0,4

Meteorological coefficient, C0:

0,0 dB

Type of demand in calculation:

1: WTG noise is compared to demand (DK, DE, SE, NL etc.)

Noise values in calculation:

All noise values are mean values (Lwa) (Normal)

Pure tones:

Fixed penalty added to source noise of WTGs with pure tones: 5,0 dB(A)

Height above ground level, when no value in NSA object:

4,0 m Don't allow override of model height with height from NSA object

Deviation from "official" noise demands. Negative is more restrictive, positive is less restrictive.:

0,0 dB(A)

Octave data required

Air absorption

63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000
[db/km]	[db/km]	[db/km]	[db/km]	[db/km]	[db/km]	[db/km]	[db/km]
0,1	0,4	1,1	2,4	4,1	8,8	26,6	95,0

WTG: VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O!

Noise: P01_Serrated_Trailing Edges_104,9_dB

Source Source/Date Creator Edited
 T05_0067-4767 VER03 13.11.2017 USER 17.4.2018 10:24
 0067-4767-Ver03- V150-4.0/4.2MW Third Octave noise emission

					Octave data							
Status	Hub height	Wind speed	LwA,ref	Pure tones	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
	[m]	[m/s]	[dB(A)]		[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
From Windcat	155,0	8,0	104,9	No	86,5	93,7	98,2	99,9	98,9	95,1	88,6	79,4

NSA: Lomarakenus (Kivikaarto)-A

Predefined calculation standard:

Imission height(a.g.l.): 4,0 m

Noise demand: 40,0 dB(A)

No distance demand

NSA: Lomarakenus (Hautakangas)-B

Predefined calculation standard:

Imission height(a.g.l.): 4,0 m

Noise demand: 40,0 dB(A)

No distance demand

NSA: Lomarakenus (Ollilantie)-C

Predefined calculation standard:

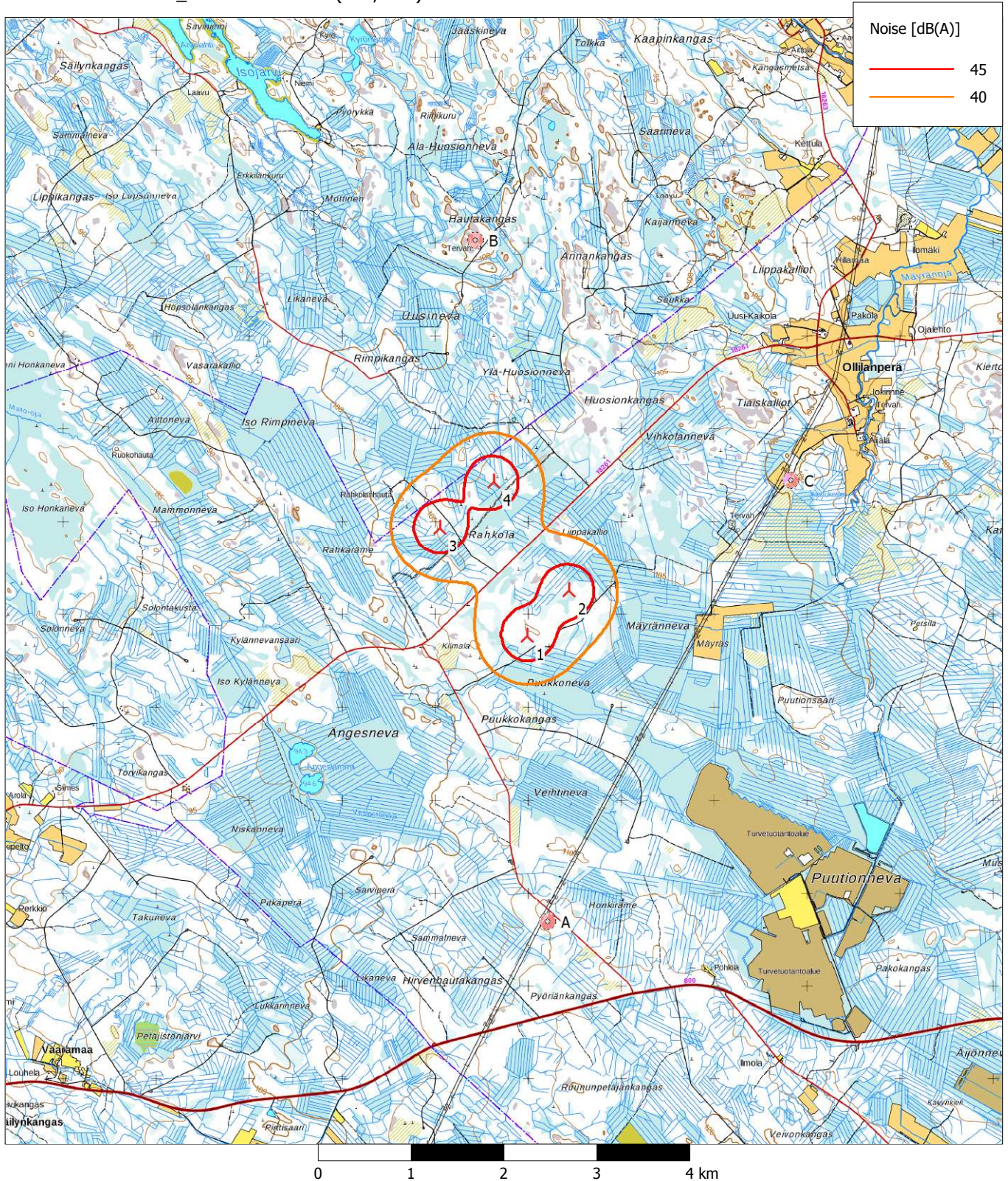
Imission height(a.g.l.): 4,0 m

Noise demand: 40,0 dB(A)

No distance demand

DECIBEL - Map 8,0 m/s

Calculation: Rahkola_V150X4XHh155m (104,9 dB)



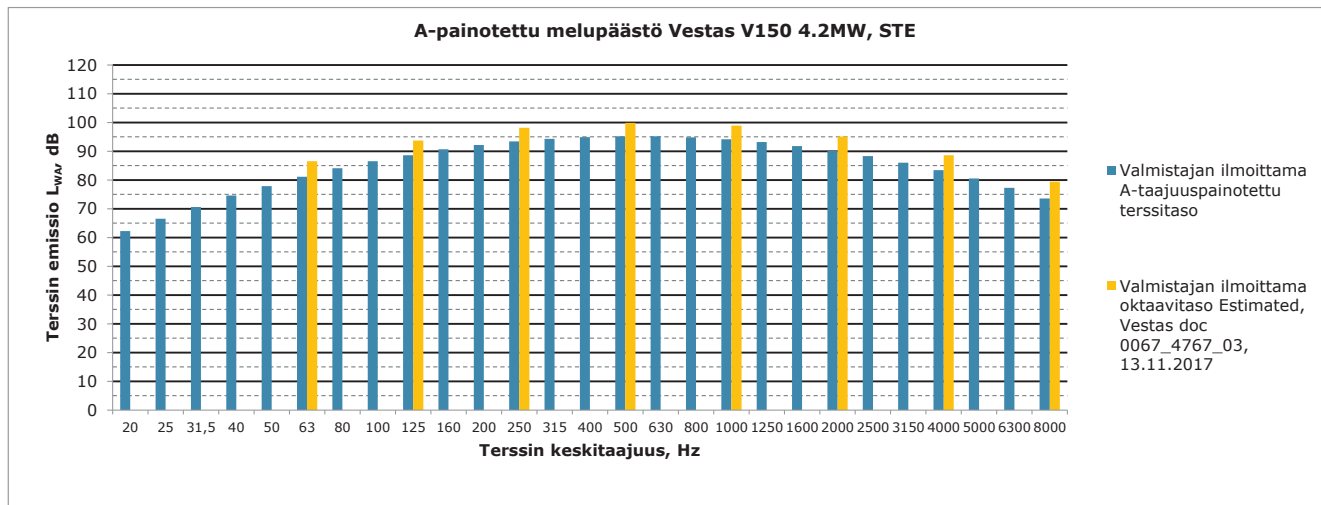
Map: Maastokartta 50k, Print scale 1:60 000, Map center Finish TM ETRS-TM35FIN-ETRS89 East: 401 748 North: 7 113 359

New WTG

Noise sensitive area

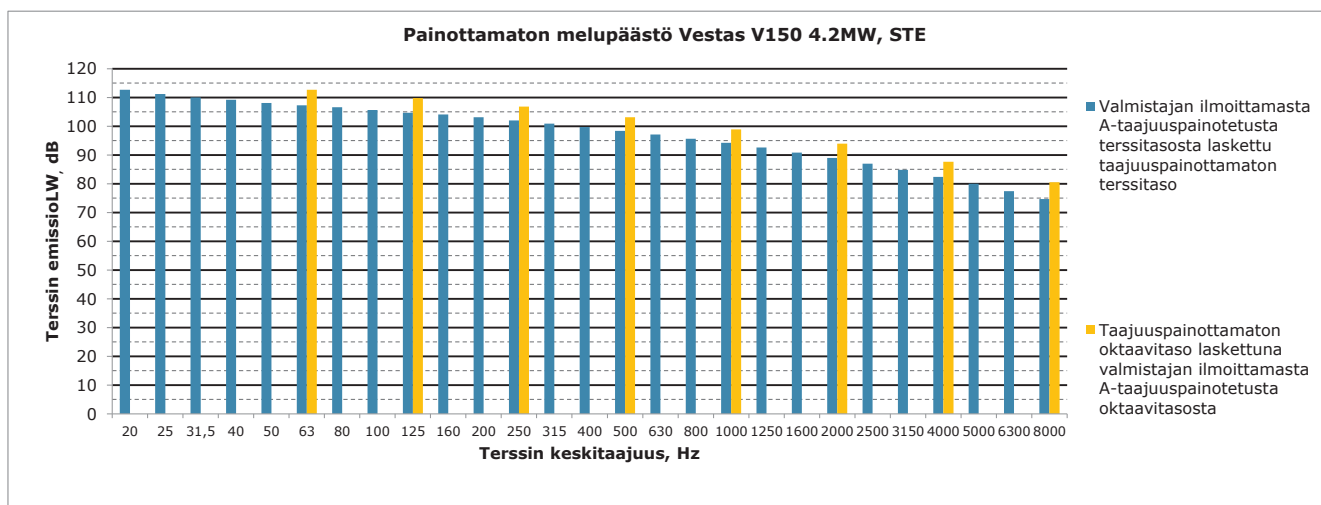
Noise calculation model: ISO 9613-2 Finland. Wind speed: 8,0 m/s
Height above sea level from active line object

Liite 2: Matalataajuisen melun rakennuskohtaiset arvot



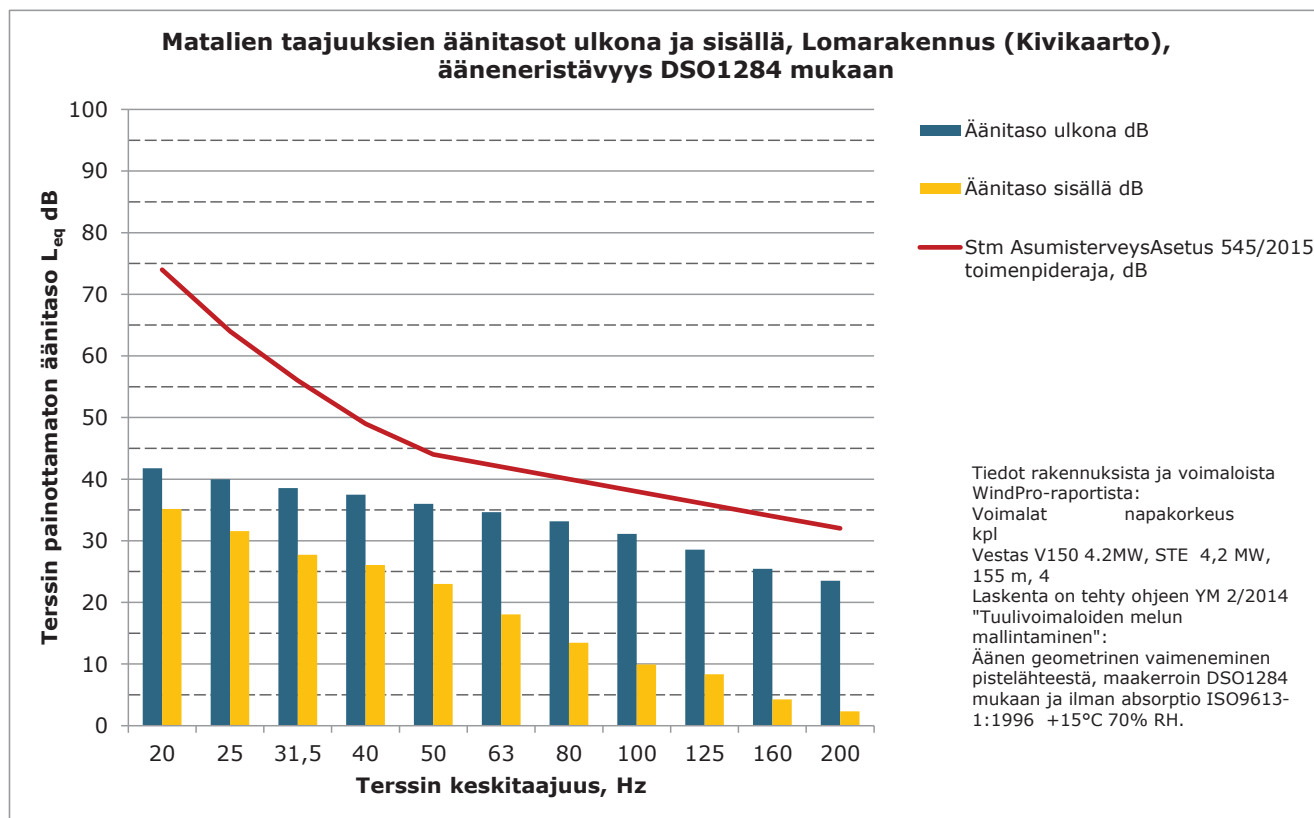
C:\Users\harjujo\Desktop\Rahkola\Matalataajuinen_V150 x4 xHH155_STE.xlsm

Päästögraafit



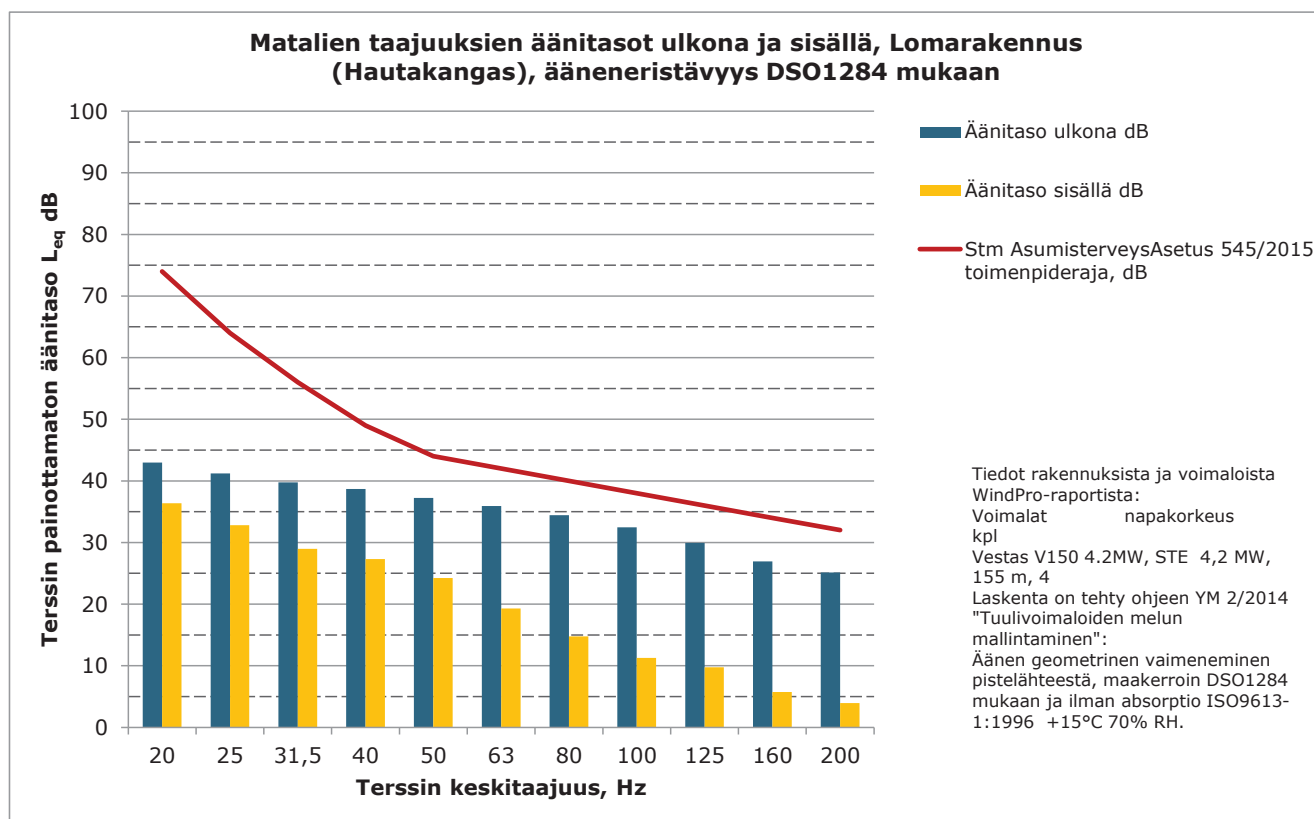
C:\Users\harjujo\Desktop\Rahkola\Matalataajuinen_V150 x4 xHH155_STE.xlsm

Päästögraafit



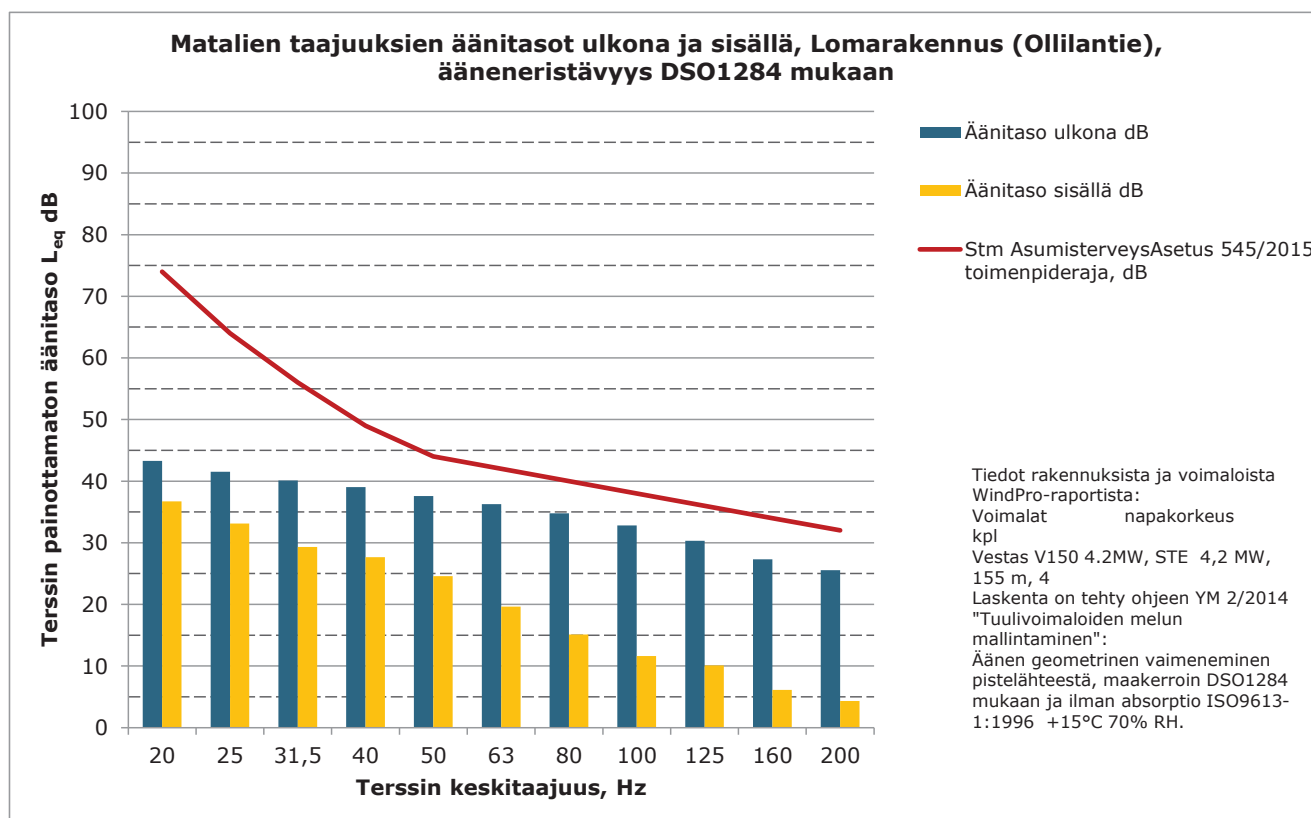
C:\Users\harjujo\Desktop\Rahkola\Matalataajuinen_V150 x4 xHH155_STE.xlsm

Laskenta



C:\Users\harjujo\Desktop\Rahkola\Matalataajuinen_V150 x4 xHH155_STE.xlsm

Laskenta



Liite 3: Varjostusmallinnuksen tulokset "real case"

SHADOW - Main Result

Calculation: Rahkola_V150x_4x_HH155m "real case, no forest"20180507

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	2,38	4,42	6,93	8,81	9,87	9,13	6,84	4,43	2,23	0,93	0,26

Operational hours are calculated from WTGs in calculation and wind distribution:

Rahkola meteo

Operational time

N	NNE	ENE	E	ESE	SSE	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW	Sum
550	430	410	446	625	916	1 090	1 130	1 008	772	634	664	8 674

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: Rahkola height contourlines.wpo (1)

Obstacles used in calculation

Eye height: 2,0 m

Grid resolution: 10,0 m

All coordinates are in

Finish TM ETRS-TM35FIN-ETRS89

WTGs

	East	North	Z	Row data/Description	WTG type					Shadow data		
					Valid	Manufact.	Type-generator	Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Calculation distance [m]	RPM [RPM]
1	401 996	7 112 765	109,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub...Yes	Yes	VESTAS	V150-4.2-4 200	4 200	150,0	155,0	1 902	10,4
2	402 442	7 113 253	106,8	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub...Yes	Yes	VESTAS	V150-4.2-4 200	4 200	150,0	155,0	1 902	10,4
3	401 054	7 113 929	105,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub...Yes	Yes	VESTAS	V150-4.2-4 200	4 200	150,0	155,0	1 902	10,4
4	401 632	7 114 430	105,4	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub...Yes	Yes	VESTAS	V150-4.2-4 200	4 200	150,0	155,0	1 902	10,4

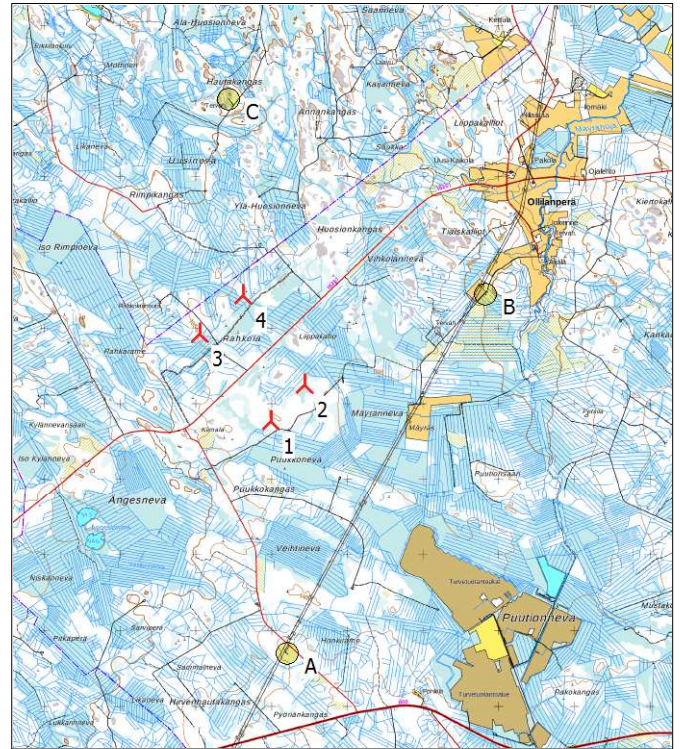
Shadow receptor-Input

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	Lomarakenus (Kivikaarto)	402 213	7 109 690	112,5	5,0	5,0	1,0	0,0	0,0	"Green house mode"
B	Lomarakenus (Ollilantie)	404 831	7 114 441	100,0	5,0	5,0	1,0	0,0	0,0	"Green house mode"
C	Lomarakenus (Hautakangas)	401 434	7 117 028	102,5	5,0	5,0	1,0	0,0	0,0	"Green house mode"

Calculation Results

Shadow receptor

No.	Name	Shadow, expected values
		Shadow hours per year [h/year]
A	Lomarakenus (Kivikaarto)	0:00
B	Lomarakenus (Ollilantie)	0:00
C	Lomarakenus (Hautakangas)	0:00



New WTG

Scale 1:100 000
Shadow receptor

SHADOW - Main Result

Calculation: Rahkola_V150x_4x_HH155m "real case, no forest"20180507

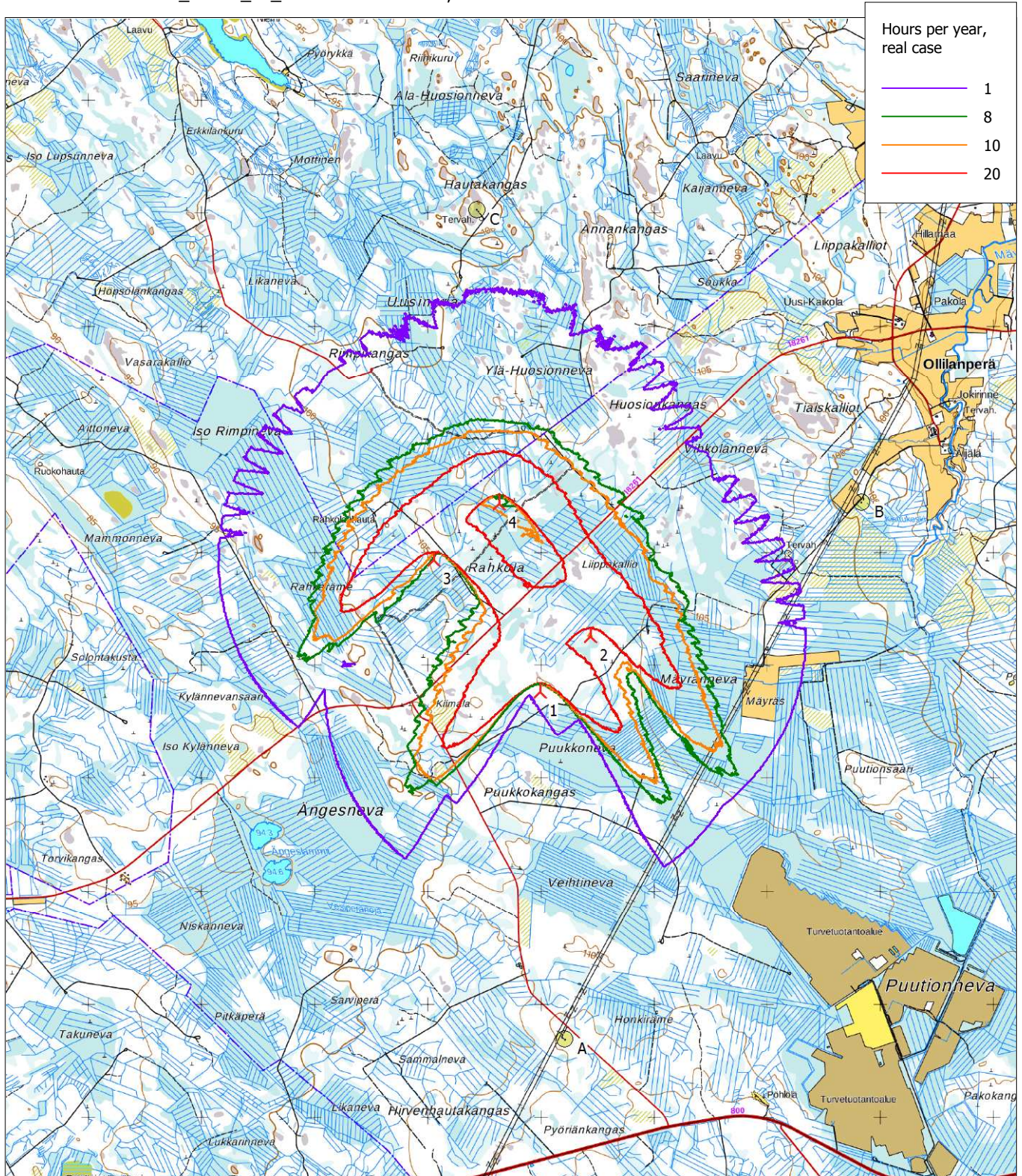
Total amount of flickering on the shadow receptors caused by each WTG

No.	Name	Worst case [h/year]	Expected [h/year]
1	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 155,0 m (TOT: 230,0 m) (79)	0:00	0:00
2	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 155,0 m (TOT: 230,0 m) (80)	0:00	0:00
3	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 155,0 m (TOT: 230,0 m) (81)	0:00	0:00
4	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 155,0 m (TOT: 230,0 m) (82)	0:00	0:00

Total times in Receptor wise and WTG wise tables can differ, as a WTG can lead to flicker at 2 or more receptors simultaneously and/or receptors may receive flicker from 2 or more WTGs simultaneously.

SHADOW - Map

Calculation: Rahkola_V150x_4x_HH155m "real case, no forest"20180507



Map: Maastokartta 50k , Print scale 1:50 000, Map center Finish TM ETRS-TM35FIN-ETRS89 East: 401 740 North: 7 113 590

New WTG

Shadow receptor

Flicker map level: Height Contours: Rahkola height contourlines.wpo (1)