

FORTUM OYJ

Molpen tuulivoimahanke, Korsnäs

Melu- ja varjostusmallinnukset

Harju, Johanna

9.4.2024

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	Matalataajuisen melun mallinnus	4
2.2	Varjostusmallinnus	5
2.3	Raja- ja ohjearvot.....	6
3	MELU- JA VARJOSTUSMALLINNUSTEN TULOKSET	8
3.1	Melun laskentatulokset ISO 9613-2.....	8
3.2	Matalataajuiset melutasot.....	9
3.3	Varjostusmallinnusten tulokset.....	9

Liitteet

- Liite 1: Melun leviämismallinnuksen tulokset ISO 9613
- Liite 2: Matalataajuisen melun rakennuskohtaiset arvot
- Liite 3 Varjostusmallinnuksen tulokset "real case, No Forest"
- Liite 4: Varjostusmallinnuksen tulokset "real case, Forest"

9.4.2024

1 MELU- JA VARJOSTUSMALLINNUKSEN TAVOITTEET

Korsnäsän kunnan alueelle suunnitteilla olevan Molpen tuulivoimahankkeen aiheuttamia melu- ja varjostusvaikutuksia on arvioitu laatimalla mallinnukset tuulivoimaloiden aiheuttamista äänenpainetasoista ja varjostuksista. Mallinnukset on tehty hankkeen kaavaehdotusvaiheen voimalasijoittelulla. Mallinnusten tavoitteena on osoittaa, kuinka laajalle alueelle kyseiset vaikutukset ulottuvat ja arvioida vaikutukset lähiseudun ympärivuotiselle ja vapaa-ajan asutukselle.

Tuulivoimaloiden aiheuttamia melu- ja varjostusvaikutuksia on mallinnettu WindPro-ohjelmalla voimalapaikkojen alustavien sijoituspaikkojen mukaisesti.

Mallinnukset on laatinut insinööri (AMK) Johanna Harju. Laaduntarkistuksen on suorittanut insinööri (AMK) Henna-Riikka Rintamäki.

2 LÄHTÖTIEDOT JA MENETELMÄT

2.1 Melu

2.1.1 Melumallinnus ISO 9613-2

Tuulivoimaloiden aiheuttamat äänenpainetasot on mallinnettu WindPRO-laskentaohjelmalla ISO 9613-2 standardin mukaisesti. Ympäristöhallinnon tuulivoimaloiden melun mallintamista koskevan ohjeen 2/2014 mukaisesti tuulen nopeutena käytettiin 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 maapinta-tasosta.

Molpen tuulivoimahankkeen äänenpainetasot on mallinnettu käyttäen napakorkeuksiltaan 190 m korkeita voimaloita. Lähtötietona eli referenssivoimalana on käytetty tuulivoimalaitosvalmistaja Nordexin N163-6800 voimalaa, josta on johdettu Generic-voimalaitostyyppi, jonka rottorin halkaisija on 200 metriä, napakorkeus 190 metriä ja kokonaiskorkeus 300 metriä. Laitosmallilla pyritään ennakoimaan tuulivoimaloiden rottoreiden kasvua. Kaavaehdotusvaiheen voimalamäärä on 5 kpl.

Napakorkeudessa vallitseva tuulennopeus (kun 10 m korkeudessa tuulennopeus on 8 m/s) on arvioitu ympäristöministeriön ohjeen 4/2014 mukaan. Voimalaitoksen N 168-6800 äänitehotaso (LWA) on 106,4 dB(A). Tämä on tuulivoimalan valmistajan antama takuuarvo, kun voimalaitoksen siipityyppi on "with serrated trailing edge", eli voimalaitoksen siipien reunaan on asennettu melua vaimentavia sahalaitaelementtejä. Valmistajan ilmoittamiin melupäästöarvoihin (Taulukko 1) on lisätty 2 dB varmuusarvo ympäristöministeriön antaman ohjeistuksen mukaisesti.

9.4.2024

Taulukko 1. Mallinnusohjelma ja tuulivoimaloiden äänitehotasot sekä melun erityispiirteet.

MALLINNUSOHJELMAN TIEDOT							
Mallinnusohjelma ja versio: WindPRO version 3.6.377				Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2			
TUULIVOIMALOIDEN TIEDOT							
Tuulivoimalan valmistaja: Nordex				Tyyppi: N 163 STE		Sarjanumero/t:-	
Nimellisteho: 6,8 MW		Napakorkeus:190 m		Roottorin halkaisija:200 m		Tornin tyyppi: teräs	
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun							
Lapakulman säätö		Pyörimisnopeus		Muu, mikä			
Kyllä	- dB	Kyllä	- dB	Noise mode säätö:		-	
Ei		Ei		Noise mode, lähtömelutaso		-	
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT							
Document nro: F008_277_A17_EN Revision 02, 2021-11-08							
Oktaaveittain [Hz],dB(A)		1/3-oktaaveittain [Hz], dB(A)					
31,5	-	12,5	67,4	125	95	1250	97,7
63	94,4	16	72	160	95	1600	97
125	99,1	20	76,3	200	96	2000	95,6
250	101,4	25	79,7	250	96,5	2500	92,4
500	101,9	31,5	81,6	315	97,3	3150	89,1
1000	102,3	40	82,8	400	97,2	4000	84,3
2000	100,2	50	83,8	500	97	5000	79,2
4000	90,7	63	90,1	630	97,3	6300	71,1
8000	71,8	80	91,8	800	97,5	8000	62,4
108,4 dB(A)		100	92,4	1000	97,5	10000	57
Melun erityispiirteiden mittausta ja havainnot:							
Kapeakaistaisuus / Tonaalisuus		Impulssimaisuus		Merkityksellinen sykintä (amplitudimodulaatio)		Muu, Mikä:	
kyllä	ei	kyllä	ei	kyllä	ei	kyllä	ei

9.4.2024

Taulukko 2. Käytetyt mallinnusparametrit ISO 9613-2 laskelmissa

AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT			
Laskenta korkeus		Laskentaruudun koko [m x 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 absorption 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 metrin korkeudella mitattuna 8 m/s	
Voimalan äänen suuntaavuus ja vaimentuminen			
Vapaa avaruus: kyllä		Muu, mikä, miksi:	

2.1.2 Matalataajuisen melun mallinnus

Matalataajuinen melu laskettiin Ympäristöministeriön ohjeen 2/2014 mukaisin menetelmin, käyttäen voimalavalmistajilta saatuja arvioita voimaloiden äänitehotasoista. Ohje 2/2014 antaa menetelmän matalataajuisen melun laskentaan rakennusten ulkopuolelle. Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysasetus 2015 antaa matalataajuiselle melulle toimenpiderajat asuinhuoneissa. Rakennusten sisälle kantautuva äänitaso arvioitiin Turun AMK:n (Keränen, Hakala ja Hongisto, 2018) julkistamien Anojanssi- projektin tulosten mukaisten ääneneristävyysarvoin ja tuloksia verrattiin toimenpiderajoihin.

Taulukko 3. Suomalaisen pientalon julkisivun äänitasoeron alalikiarvo Anojanssi projektin tulosten mukaisesti.

f [Hz]	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200
DLo [dB]	7.6	8.3	9.2	10.3	11.5	13.0	14.8	16.8	18.8	21.1	22.8

Matalataajuisen melun laskelmassa huomioitiin maanpinnan muodon vaikutus ohjeen 4/2014 mukaisesti. Tulokset on esitetty taajuuskohtaisena taulukkona hankealuetta ympäröiville taloille. Kohdekohtaiset tulokset on liitetty raporttiin (Liite 2).

9.4.2024

2.2 Varjostusmallinnus

Taulukko 4. Molpen tuulivoimahankkeen mallinnusohjelma ja tuulivoimaloiden koko varjostusmallinnuksissa.

MALLINNUSOHJELMAN TIEDOT			
Mallinnusohjelma ja versio: WindPRO version 3.6.377		Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2	
TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN TIEDOT)			
Tuulivoimalan valmistaja: Generic		Tyyppi: RD 200	Sarjanumero/t:-
Nimellisteho:	Napakorkeus: 190 m	Roottorin halkaisija: 200 m	Tornin tyyppi: teräs/hybridi

Molpen tuulivoimaloiden varjostusvaikutukset on mallinnettu käyttäen roottorihalkaisijaltaan 200 metristä voimalaitosta 190 metriä korkealla tornilla. Kokonaiskorkeudeltaan voimala on mallinnuksissa 290 metriä.

Tuulivoimaloiden varjostusvaikutukset mallinnettiin WindPRO-ohjelman Shadow-moduulilla. Laskennassa varjot huomioidaan, kun aurinko on yli 3 astetta horisontin yläpuolella. Varjoksi lasketaan tilanne, jossa siipi peittää vähintään 20 % auringosta. Varjostuksen tarkastelukorkeutena lähialueen asuin- tai lomarakennusten pihapiirissä käytettiin 1,0 metriä ja laskenta-alueen kokoa 5,0 x 5,0 metriä. Laskentaikkunoiden suunnat asennettiin voimaloita kohti ns. "greenhouse mode".

Mallinnus tehtiin niin sanotulle todelliselle tilanteelle (real case). Mallinnus tehtiin kahdelle eri laskentatilanteelle:

- 1) Todellinen tilanne, jossa puuston suojaavaa vaikutusta ei huomioitu (real case, no forest)
- 2) Todellinen tilanne, jossa puuston suojaava vaikutus on huomioitu (real case, forest). Puuston korkeustiedot perustuvat Luonnonvarakeskus (Luke) vuoden 2021 monilähteiseen valtakunnan metsien inventointiin (MVMI), jossa käytetään valtakunnan metsien inventoinnin (VMI) maastomittausten lisäksi satelliittikuvia ja muita tietolähteitä, kuten Maanmittauslaitoksen numeerista maastotietokantaa ja korkeusmallia. Vuoden 2021 metsävarakartoissa karttateemojen maastoelementin koko on 16 x 16 metriä.

Molpen tuulivoimahankkeen aiheuttaman varjostuksen laskennassa on huomioitu hankealueen korkeustiedot, tuulivoimaloiden sijainnit, tuulivoimalatyyppi, napakorkeus ja roottorin halkaisija 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.

Auringon keskimääräiset paistetunnit perustuvat Ilmatieteenlaitoksen Mustasaaren Valassaarten sääaseman pitkäaikaisiin mitattuihin säätietoihin 1981–2010. Laskentojen tuulen suunta- ja nopeusjakamana käytettiin Merra-tietoa hankealueen läheisyydestä (E21.375000, N62.810270). 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.

9.4.2024

2.3 Raja- ja ohjearvot

Valtioneuvoston asetuksessa (1107/2015) tuulivoimaloille on määritelty ohjearvot päivä- ja yöajan keskiäänitasojen maksimiarvolle. Asetus tuli voimaan 1.9.2015. Mikäli tuulivoimalan melu sisältää tonaalisia, kapeakaistaisia tai impulssimaisia komponentteja, tai se on selvästi amplitudimoduloitunutta, mallinnustuloksiin tulee 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 5. Valtioneuvoston asetuksen mukaiset tuulivoimaloiden melutason ohjearvot (Valtioneuvoston asetus 1107/2015).

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 toimenpiderajat. 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.

9.4.2024

Taulukko 6. 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 keski- äänitaso 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.

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 2012).

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 yli tunti vuodessa.

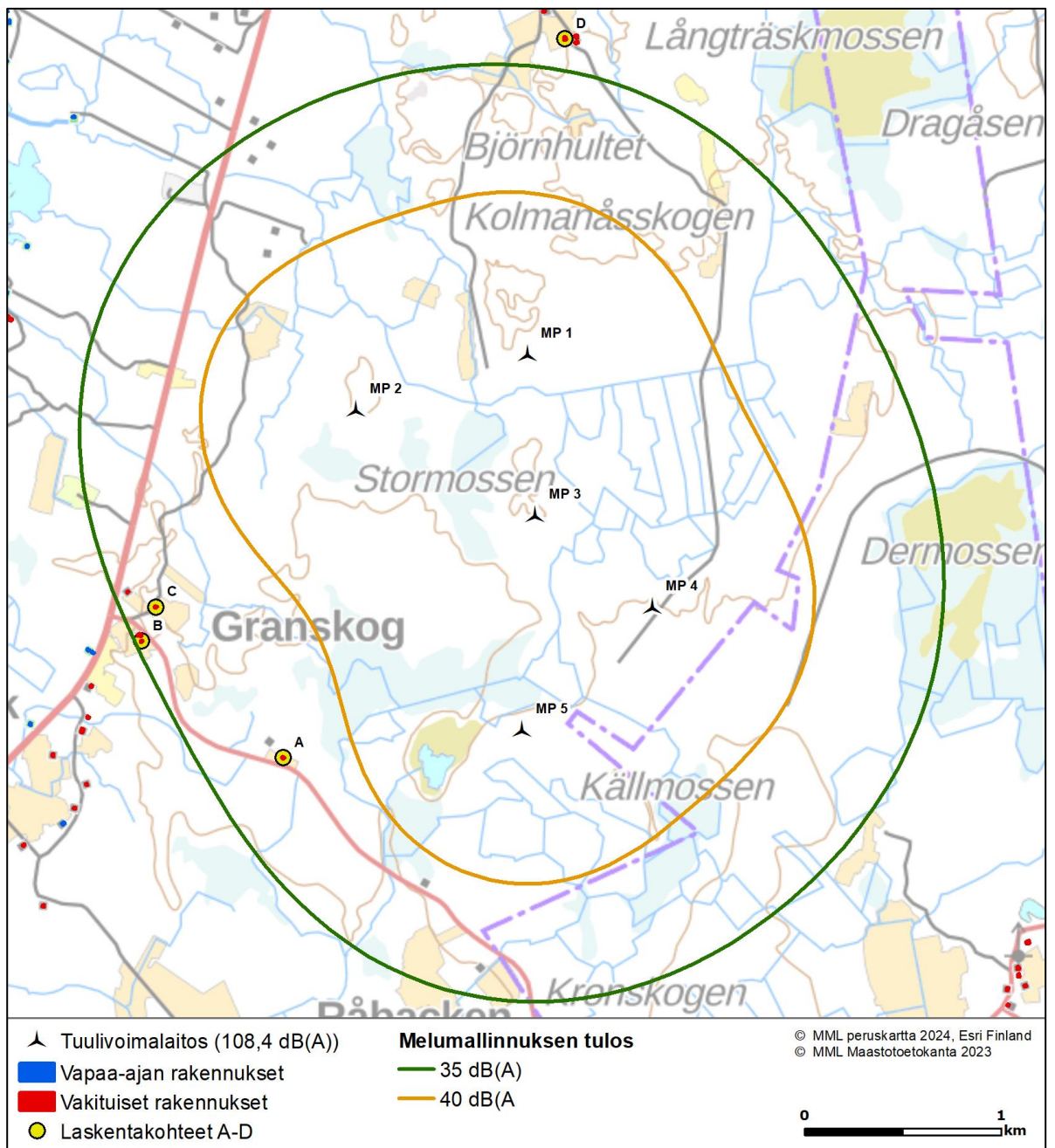
9.4.2024

3 MELU- JA VARJOSTUSMALLINNUSTEN TULOKSET

3.1 Melun laskentatulokset ISO 9613-2

Molpen tuulivoimahankkeen lähimpien asuin- ja lomarakennusten pihapiirissä melutasot alittavat laskelmien mukaan 40 dB. Molpen tuulivoimapuiston aiheuttamat melutasot on esitetty kuvassa 1 ja mallinnuspisteiden a-d melutasot taulukossa 7.

Melumallinnuksen tarkemmat laskentatulokset löytyvät liitteestä 1.



Kuva 1. Laskennalliset tuulivoimatuotannosta aiheutuvat melutasot Molpen tuulivoimaloiden läheisyydessä standardin ISO 9613-2 mukaisesti.

9.4.2024

Taulukko 7. Laskennalliset tuulivoimatuotannosta aiheutuvat melutasot Molpen tuulivoimaloiden ympäristössä standardin ISO 9613-2 mukaisesti.

Laskentapiste	ETRS89-TM35 Itä	ETRS89-TM35 Pohjoinen	Z (m)	Melutaso db (A)
A Asuinrakennus	208795	6978153	12,5	37,3
B Asuinrakennus	208073	6978746	10	35,2
C Asuinrakennus	208146	6978919	10	36
D Asuinrakennus	210226	6981813	10	34

3.2 Matalataajuiset melutasot

Sisätilojen laskennallisia tuloksia on verrattu Sosiaali- ja terveysministeriön (STM) Asumisterveysasetuksessa (545/2015) annettuihin sisämelun toimenpiderajoihin. Nämä ovat enimmäisarvoja, jotka on laadittu yöaikaiselle melulle nukkumiseen tarkoitettuihin tiloihin. Toimenpiderajaa on verrattu myös äänitasoon tarkasteltujen rakennusten ulkopuolella.

Mallinnuksen mukaan Molpen tuulivoimahankkeen matalataajuinen melu ei ylitä Sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveysohjearvoa laskentapisteiden sisätiloissa. Taulukossa 8 on esitetty toimenpiderajan alitus (negatiivinen arvo) tai ylitys (positiivinen arvo).

Taulukko 8. Molpen tuulivoimapuiston matalataajuisen melun mallinnustulokset herkissä kohteissa verrattuna Sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajaan.

Rakennus	Äänitaso ulkona		Äänitaso sisällä	
	L _{eq,1h} – Asumisterveys- asetus sisällä	Hz	L _{eq,1h} – Asumisterveys- asetus sisällä	Hz
A Asuinrakennus	9,7	63	-3,3	63
B Asuinrakennus	8,1	63	-4,9	63
C Asuinrakennus	8,7	63	-4,3	63
D Asuinrakennus	7,1	63	-5,9	63

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

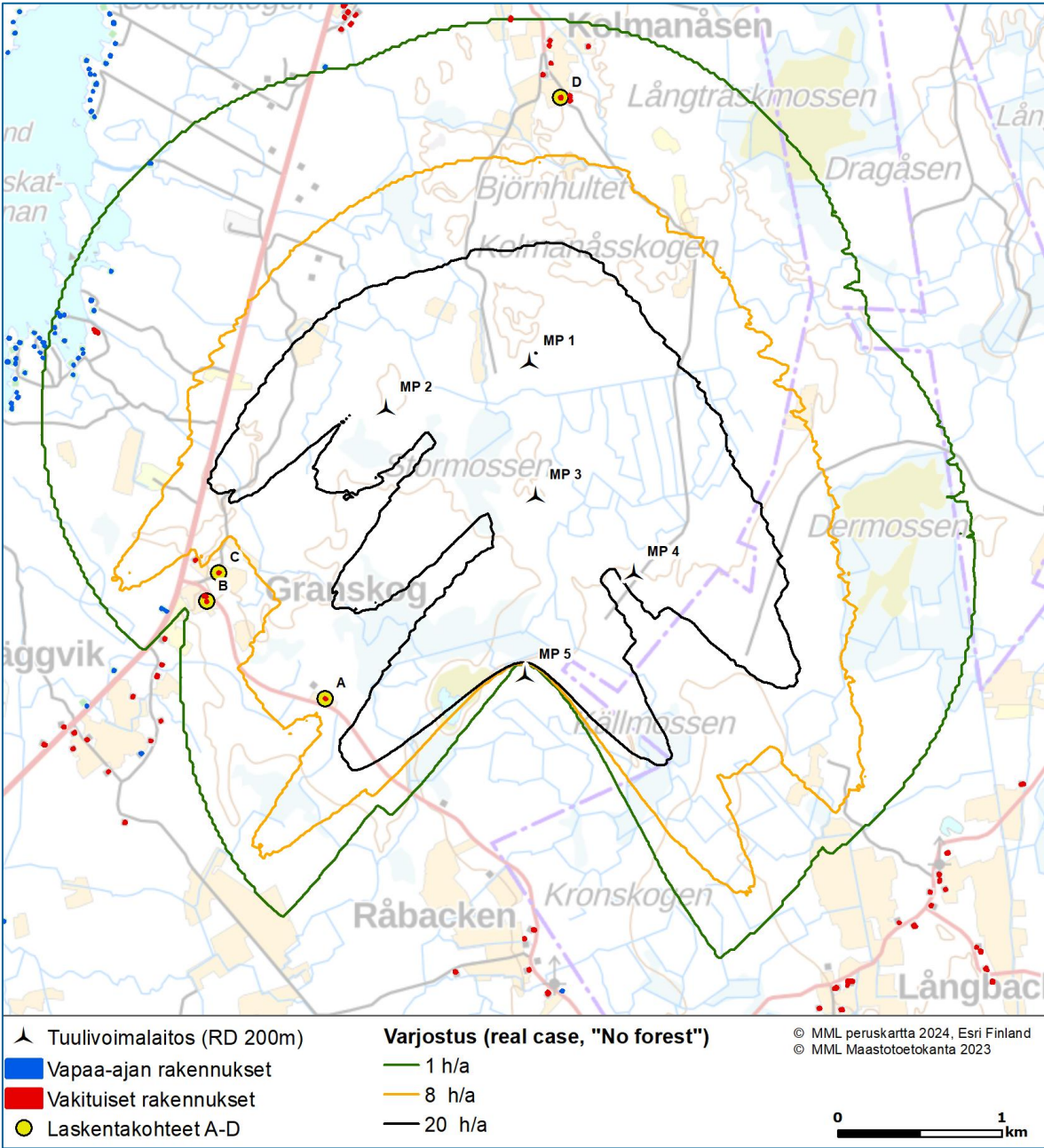
3.3 Varjostusmallinnusten tulokset

Ilman puuston suojaavaa vaikutusta yli 8 tunnin vuotuisen välkevaikutuksen alueelle sijaitsee yksi asuinrakennus (Asuinrakennus A).

Aiheutuvat varjostustunnit on esitetty kuvassa 2 ja mallinnuspisteiden A-D varjostustunnit taulukossa 9.

Tarkemmat tulokset varjostusmallinnuksesta "Real Case, No forest" on esitetty liitteessä 3.

9.4.2024



Kuva 2. Laskennalliset varjostusmallinnuksen tulokset, kun puuston suojaavaa vaikutusta ei huomioida.

Taulukko 9. Molpen tuulivoimahankkeen laskennalliset varjostustunnit vuodessa lähialueen laskentapisteissä, kun puuston suojaavaa vaikutusta ei huomioida

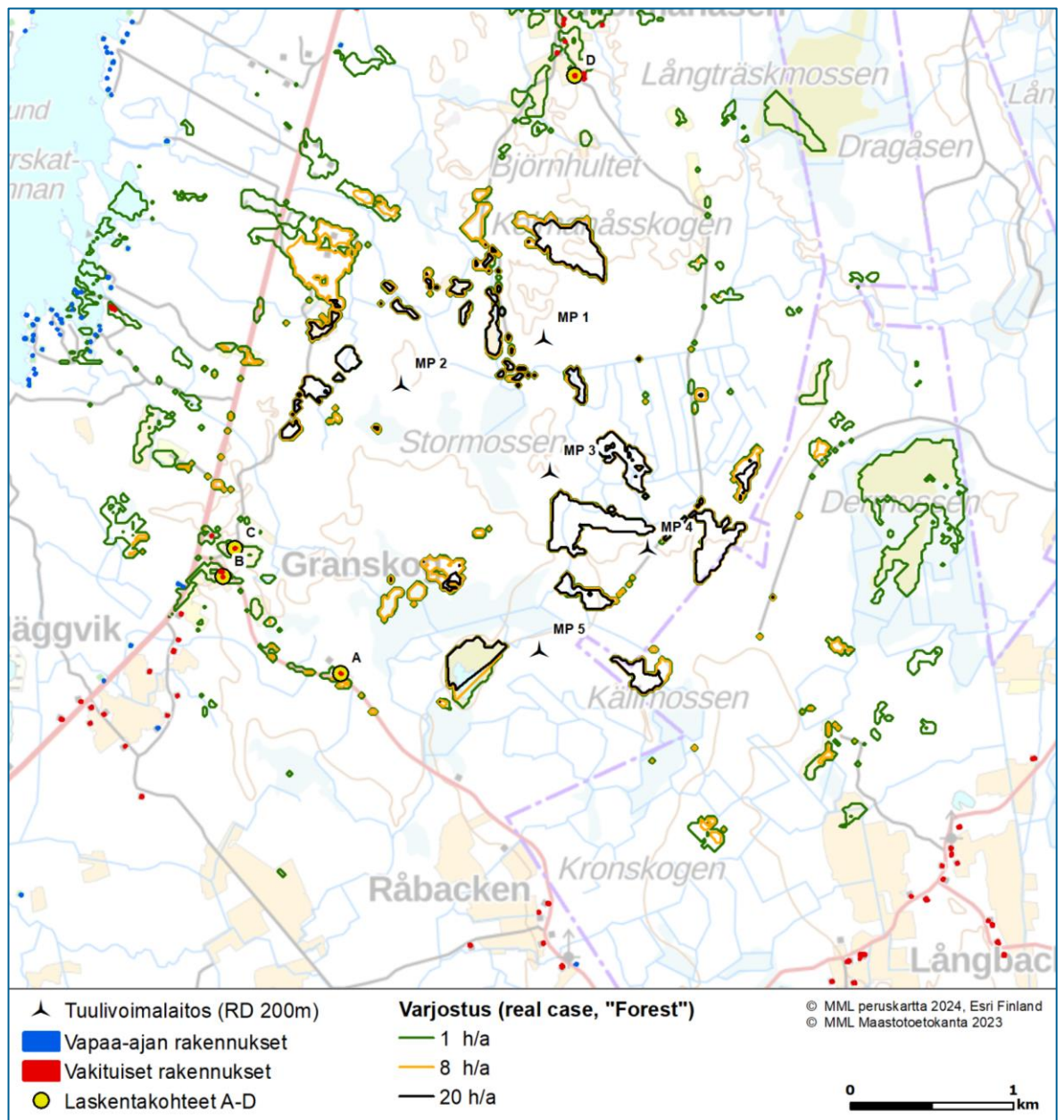
Laskentapiste	ETRS89-TM35 Itä	ETRS89-TM35 Pohjoinen	Z (m)	Laskenta- ikkuna (m)	Varjostus h/a
A Asuinrakennus	208795	6978153	12,5	5 x 5	13:34
B Asuinrakennus	208073	6978746	10	5 x 5	1:41
C Asuinrakennus	208146	6978919	10	5 x 5	4:42
D Asuinrakennus	210226	6981813	10	5 x 5	3:38

9.4.2024

Mallinnus "Real Case, No Forest" ei ota huomioon puustosta aiheutuvia katvevaikutuksia, joten vaikutukset jäävät todellisuudessa edellä esitettyä vähäisemmiksi. Kuvassa 3 on esitetty varjostusvaikutus tilanteessa, jossa puuston aiheuttama katvevaikutus on huomioitu. Taulukossa 10 on esitetty mallinnuspisteiden a-d vuotuiset varjostustunnit, kun puuston katvevaikutus huomioidaan.

Huomioitaessa puuston suojaava vaikutus, ei yli kahdeksan tunnin vuotuisen välkevaikutuksen alueelle sijoitu asuin- tai vapaa-ajan rakennuksia.

Tarkemmat tulokset varjostusmallinnuksesta "Real Case, Forest" on esitetty liitteessä 4.



Kuva 3. Varjostusmallinnuksen tulos, kun puuston suojaava vaikutus on huomioitu.

9.4.2024

Taulukko 10. Molpen tuulivoimahankkeen laskennalliset varjostustunnit vuodessa lähialueen laskentapisteissä, kun puuston suojaavaa vaikutusta ei huomioida

Laskentapiste	ETRS89-TM35 Itä	ETRS89-TM35 Pohjoinen	Z (m)	Laskenta- ikkuna (m)	Varjostus h/a
A Asuinrakennus	208795	6978153	12,5	5 x 5	7:37
B Asuinrakennus	208073	6978746	10	5 x 5	1:41
C Asuinrakennus	208146	6978919	10	5 x 5	4:42
D Asuinrakennus	210226	6981813	10	5 x 5	0:00

FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy

Johanna Harju
Laatija

Henna-Riikka Rintamäki
Laaduntarkistus/Hyväksyjä

9.4.2024

Liite 1: Melun leviämismallinnuksen tulokset ISO 9613-2

DECIBEL - Main Result

Calculation: Molpe_202404_5 x RD200 x HH190m_108,4dB

Noise calculation model:

ISO 9613-2 General

Wind speed (in 10 m height):

8,0 m/s

Ground attenuation:

General, 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:

Pure tones penalty is added to total noise impact at receptors

Noise sensitive area

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

Uncertainty margin:

0,0 dB; Uncertainty margin in NSA has priority

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

0,0 dB(A)

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)]
					Valid	Manufact.					Creator	Name		
MP1	210 029	6 980 204	8,8	Generic Generic_NordexN16...	Yes	Generic	Generic_NordexN163-6 800	6 800	200,0	190,0	USER	N163- 6,8MW Mode 1 STE - 11-2021	8,0	108,4
MP2	209 157	6 979 922	10,0	Generic Generic_NordexN16...	Yes	Generic	Generic_NordexN163-6 800	6 800	200,0	190,0	USER	N163- 6,8MW Mode 1 STE - 11-2021	8,0	108,4
MP3	210 068	6 979 386	10,0	Generic Generic_NordexN16...	Yes	Generic	Generic_NordexN163-6 800	6 800	200,0	190,0	USER	N163- 6,8MW Mode 1 STE - 11-2021	8,0	108,4
MP4	210 664	6 978 919	12,5	Generic Generic_NordexN16...	Yes	Generic	Generic_NordexN163-6 800	6 800	200,0	190,0	USER	N163- 6,8MW Mode 1 STE - 11-2021	8,0	108,4
MP5	210 003	6 978 294	12,5	Generic Generic_NordexN16...	Yes	Generic	Generic_NordexN163-6 800	6 800	200,0	190,0	USER	N163- 6,8MW Mode 1 STE - 11-2021	8,0	108,4

Calculation Results

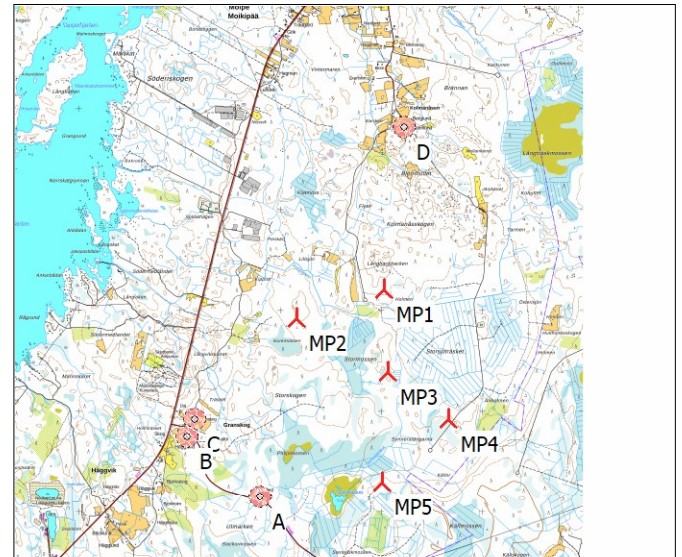
Sound level

Noise sensitive area

No.	Name	East	North	Z	Immission height [m]	Demands		Sound level		Distance to noise demand [m]	Demands fulfilled ?	
						Noise [dB(A)]	From WTGs [dB(A)]				Noise	
A	Asuinrakennus A	208 795	6 978 153	12,5	4,0	40,0	37,3			358	Yes	
B	Asuinrakennus B	208 073	6 978 746	10,0	4,0	40,0	35,2			737	Yes	
C	Asuinrakennus C	208 146	6 978 919	10,0	4,0	40,0	36,0			574	Yes	
D	Asuinrakennus D	210 226	6 981 813	10,0	4,0	40,0	34,0			801	Yes	

Distances (m)

WTG	A	B	C	D
MP1	2391	2437	2277	1619
MP2	1803	1598	1422	2170
MP3	1770	2093	1976	2430
MP4	2018	2595	2516	2924
MP5	1215	1980	1957	3522



New WTG

Noise sensitive area

Project: Molpe_2024
Description: Fortum

Licensed user:
FCG Finnish Consulting Group Oy
Osmontie 34, PO Box 950
FI-00601 Helsinki
+358104095666
Johanna Harju / johanna.harju@fcg.fi
Calculated:
5.4.2024 10.41/3.6.377

DECIBEL - Assumptions for noise calculation

Calculation: Molpe_202404_5 x RD200 x HH190m_108,4dB

Noise calculation model:

ISO 9613-2 General

Wind speed (in 10 m height):

8,0 m/s

Ground attenuation:

General, 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:

Pure tones penalty is added to total noise impact at receptors

Noise sensitive area

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

Uncertainty margin:

0,0 dB; Uncertainty margin in NSA has priority

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

0,0 dB(A)

Octave data required

Frequency dependent 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]
0,10	0,38	1,12	2,36	4,08	8,78	26,60	95,00

All coordinates are in

Finish TM ETRS-TM35FIN-ETRS89

WTG: Generic Generic_NordexN163 6800 200.0 !O!

Noise: N163- 6,8MW Mode 1 STE - 11-2021

Source Source/Date Creator Edited

FCG 8.11.2021 USER 9.6.2023 13.42

F008_277_A17_EN

Status	Hub height [m]	Wind speed [m/s]	LwA,ref [dB(A)]	Pure tones	Octave data							
					63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
					[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
From Windcat	190,0	8,0	108,4	No	94,4	99,1	101,4	101,9	102,3	100,2	90,7	71,8

Noise sensitive area: A Asuinrakennus A

Predefined calculation standard:

Immission height(a.g.l.): Use standard value from calculation model

Uncertainty margin: Use default value from calculation model

Noise demand: 40,0 dB(A)

No distance demand

Pure tone penalty: 0 dB

Noise sensitive area: B Asuinrakennus B

Predefined calculation standard:

Immission height(a.g.l.): Use standard value from calculation model

Uncertainty margin: Use default value from calculation model

Noise demand: 40,0 dB(A)

No distance demand

Pure tone penalty: 0 dB

Noise sensitive area: C Asuinrakennus C

Predefined calculation standard:

Immission height(a.g.l.): Use standard value from calculation model

Uncertainty margin: Use default value from calculation model

Noise demand: 40,0 dB(A)

No distance demand

Pure tone penalty: 0 dB

Project: Molpe_2024
Description: Fortum

Licensed user:
FCG Finnish Consulting Group Oy
Osmontie 34, PO Box 950
FI-00601 Helsinki
+358104095666
Johanna Harju / johanna.harju@fcg.fi
Calculated:
5.4.2024 10.41/3.6.377

DECIBEL - Assumptions for noise calculation

Calculation: Molpe_202404_5 x RD200 x HH190m_108,4dB

Noise sensitive area: D Asuinrakennus D

Predefined calculation standard:

Immission height(a.g.l.): Use standard value from calculation model

Uncertainty margin: Use default value from calculation model

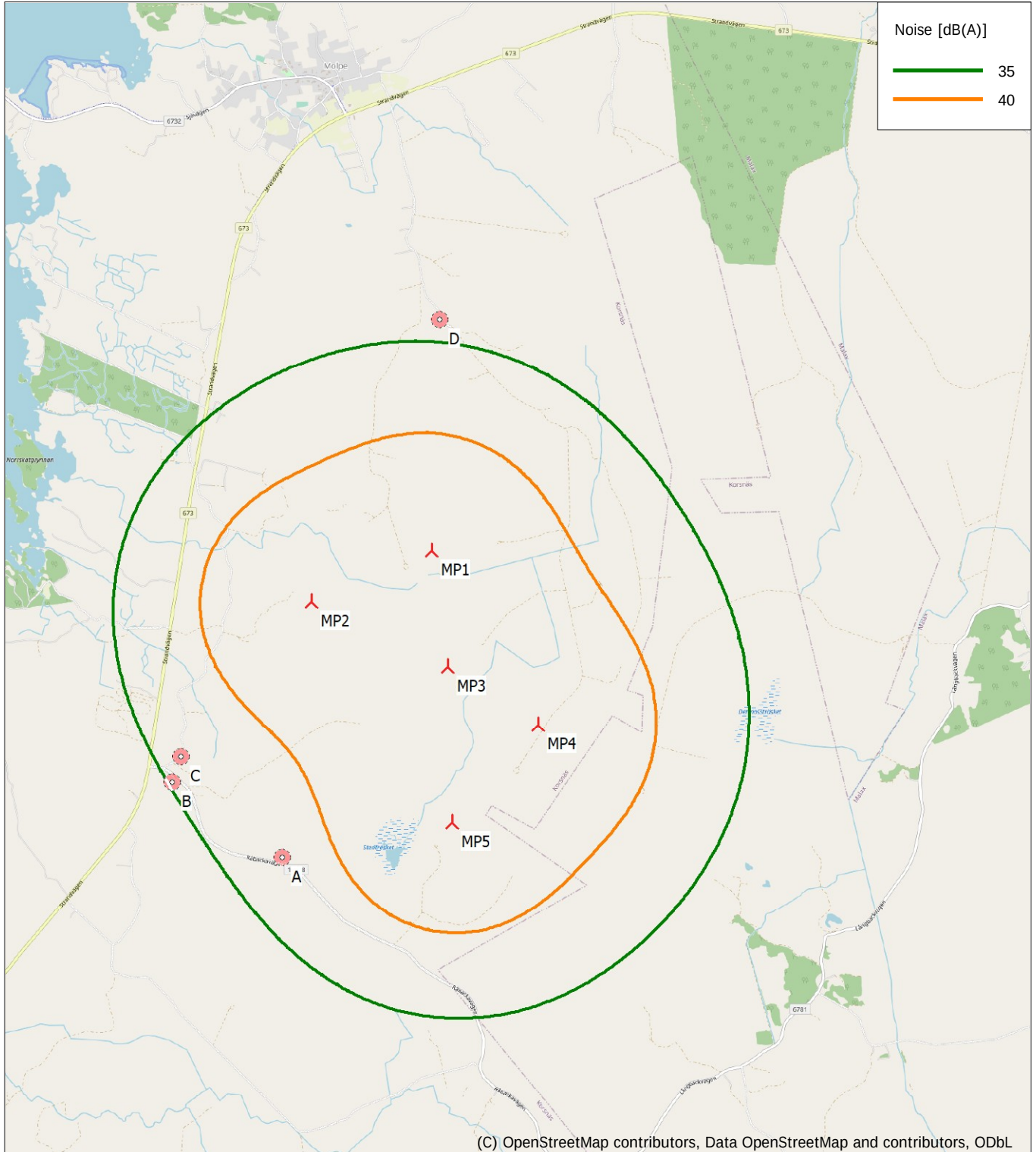
Noise demand: 40,0 dB(A)

No distance demand

Pure tone penalty: 0 dB

DECIBEL - Map 8,0 m/s

Calculation: Molpe_202404_5 x RD200 x HH190m_108,4dB

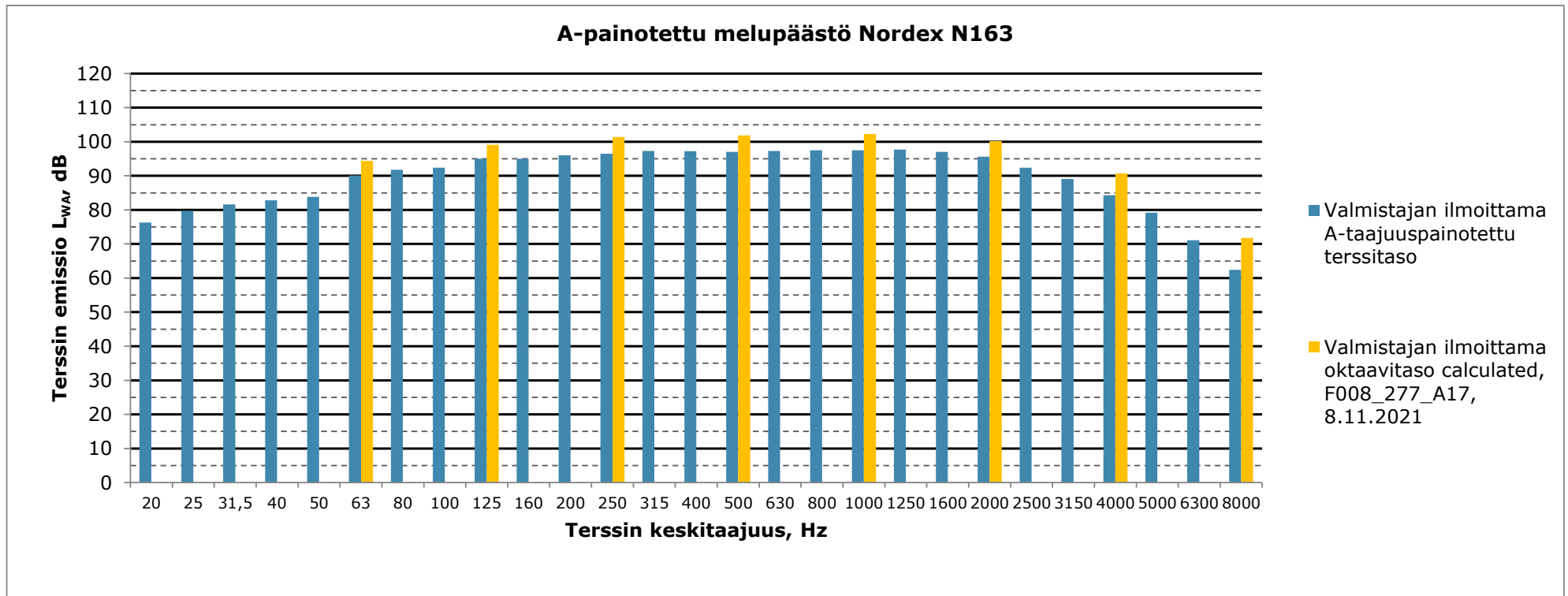


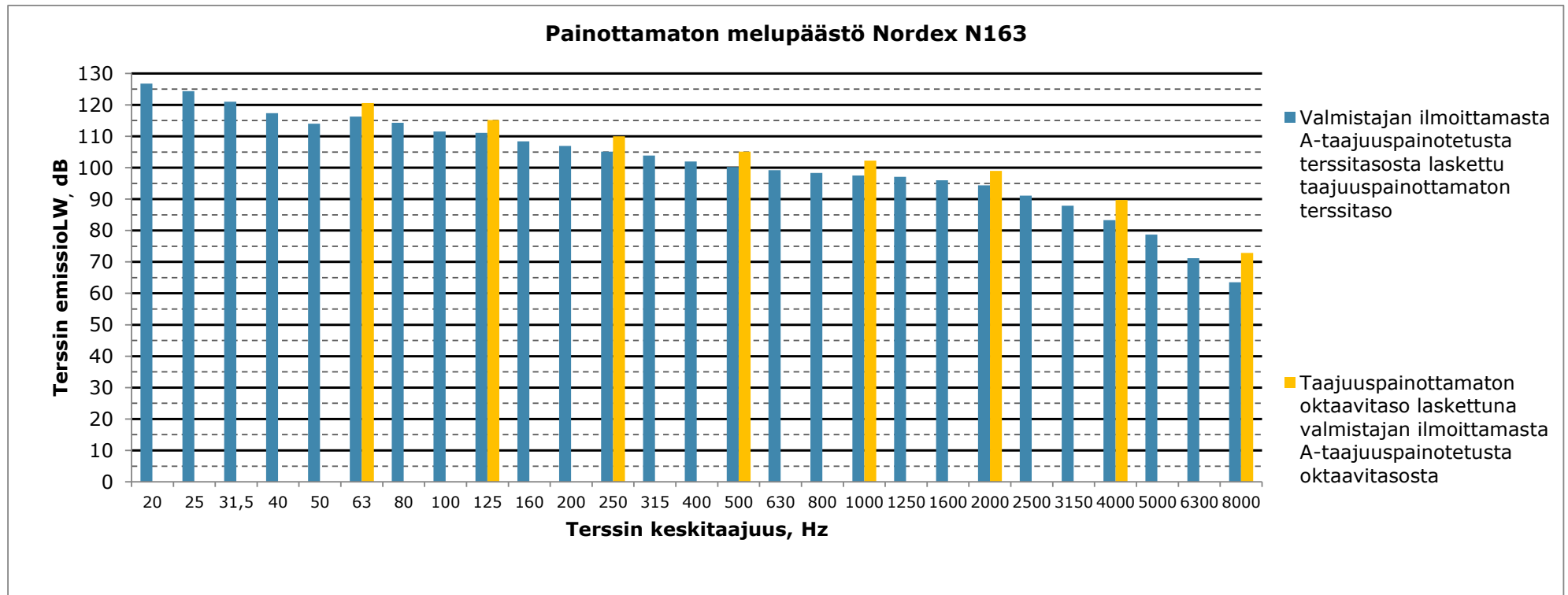
0 500 1000 1500 2000 m

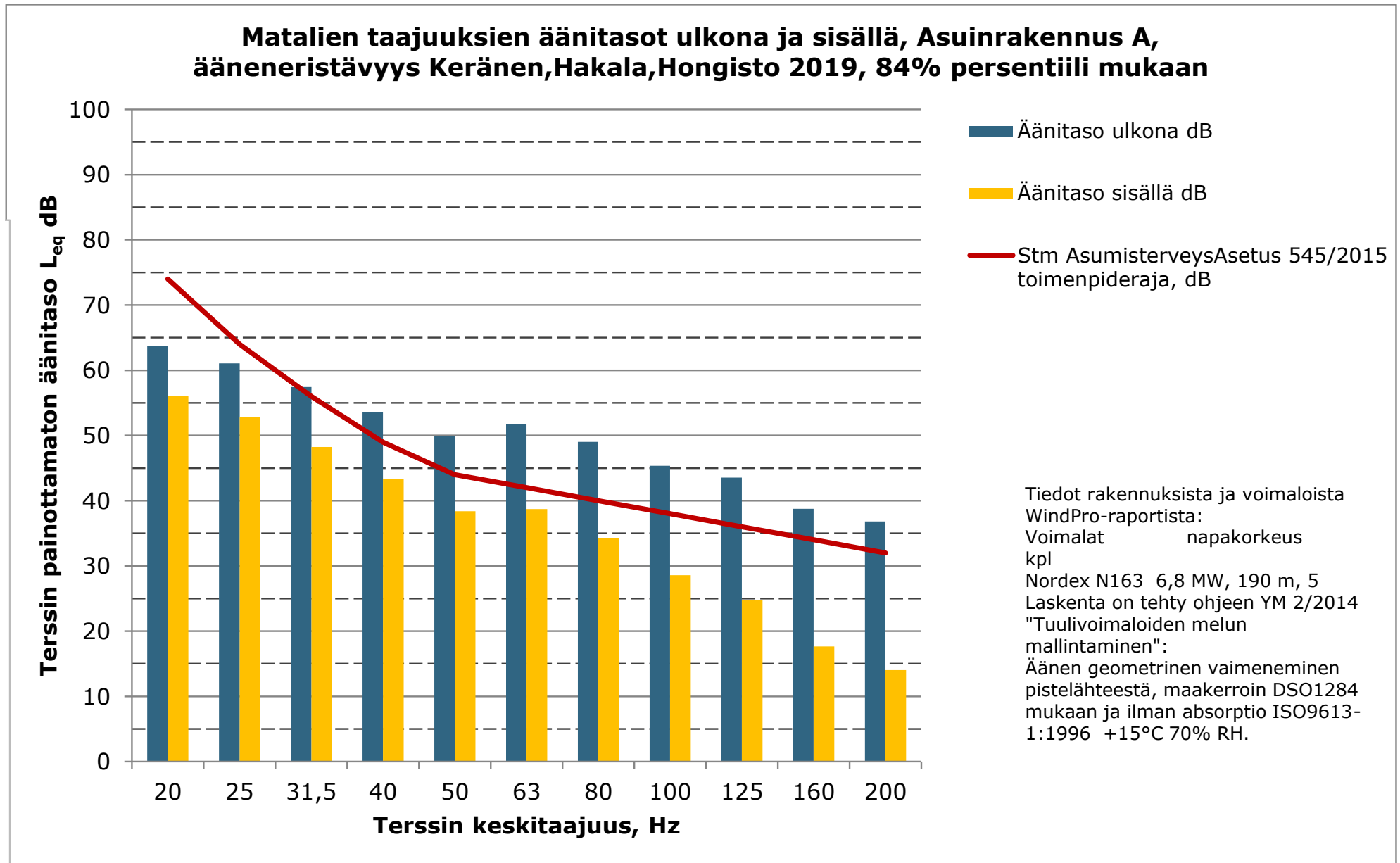
Map: EMD OpenStreetMap, Print scale 1:40 000, Map center Finish TM ETRS-TM35FIN-ETRS89 East: 210 577 North: 6 979 957
 New WTG Noise sensitive area
 Noise calculation model: ISO 9613-2 General. Wind speed: 8,0 m/s
 Height above sea level from active line object

9.4.2024

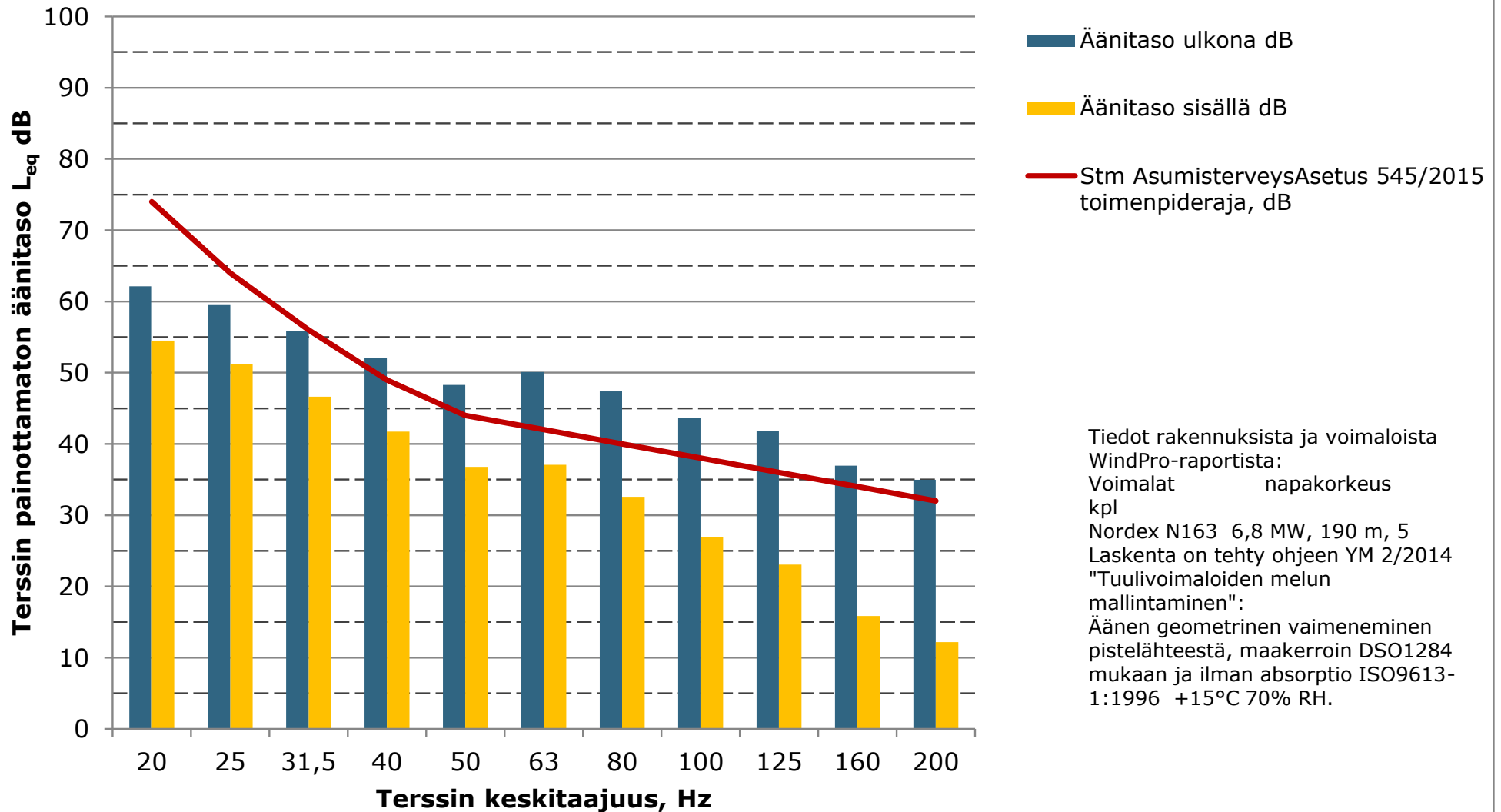
Liite 2: Matalataajuisen melun rakennuskohtaiset arvot

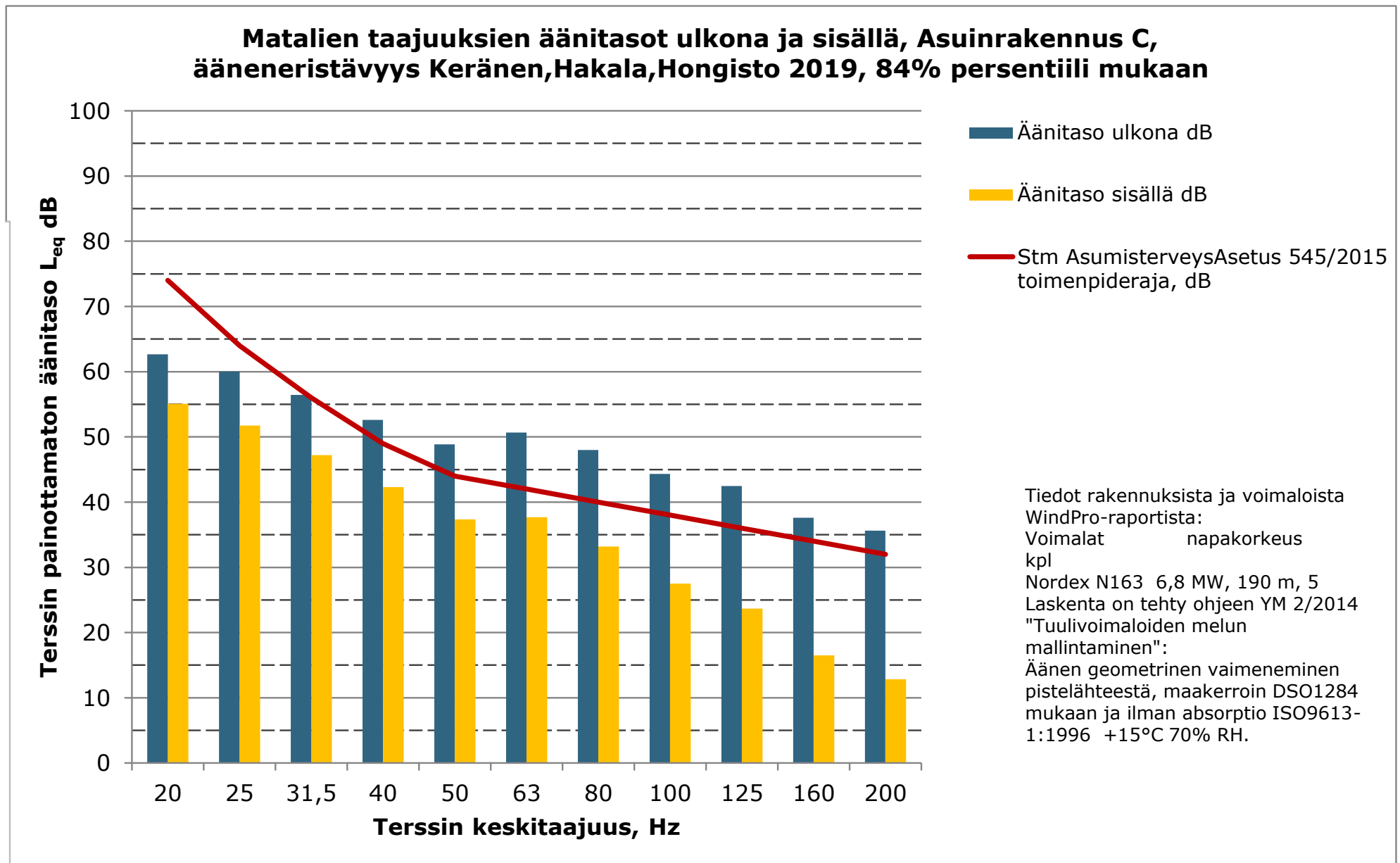




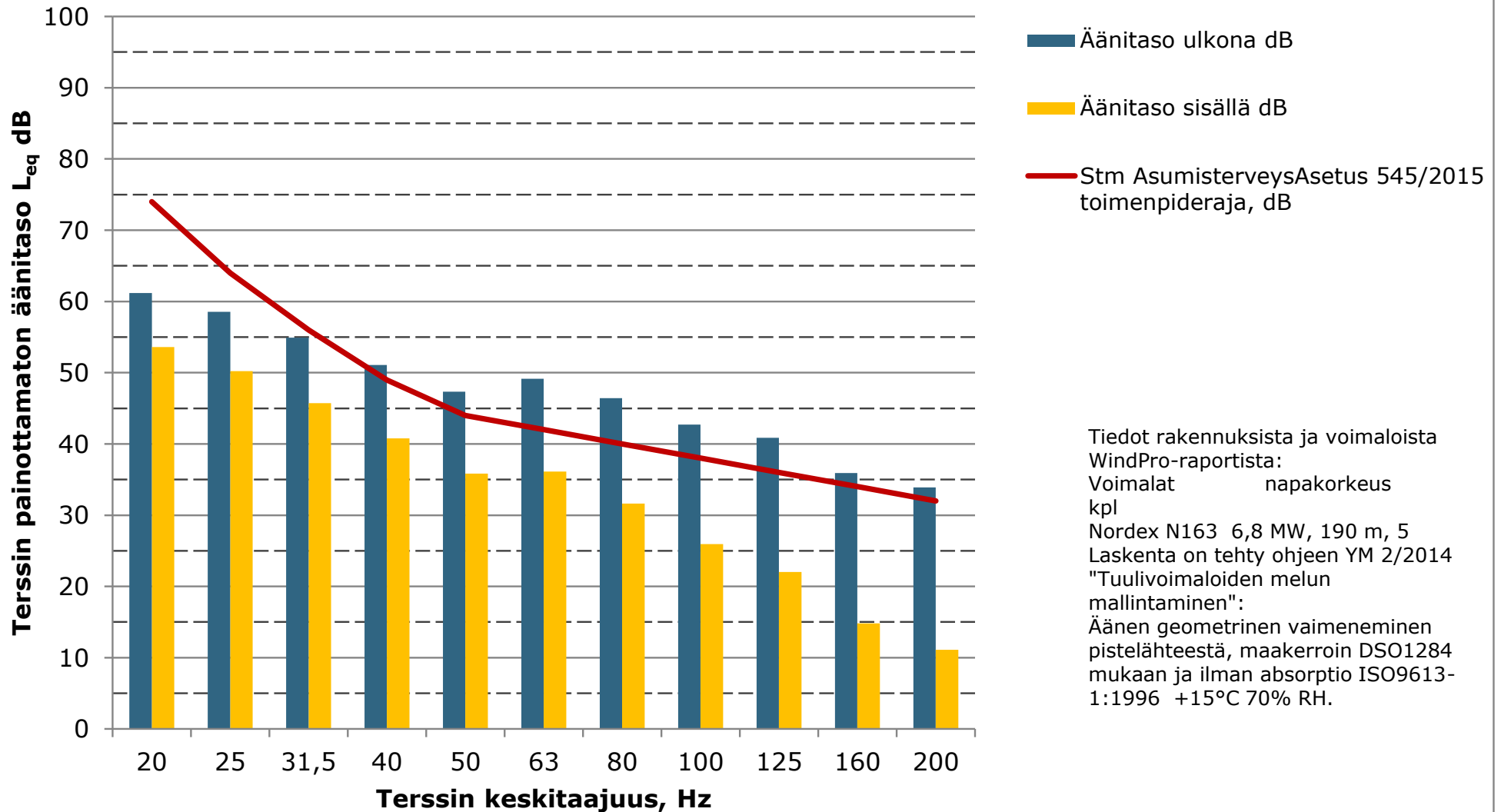


**Matalien taajuuksien äänitasot ulkona ja sisällä, Asuinrakennus B,
ääneneristävyys Keränen,Hakala,Hongisto 2019, 84% persentiili mukaan**





**Matalien taajuuksien äänitasot ulkona ja sisällä, Asuinrakennus D,
ääneneristävyys Keränen,Hakala,Hongisto 2019, 84% persentiili mukaan**



9.4.2024

Liite 3: Varjostusmallinnusten tulokset "real case, No Forest"

SHADOW - Main Result

Calculation: Molpe202404_RD200_HH190_6800_real_Case_NoForest_RD200

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
1,03	2,62	3,97	6,77	9,52	10,20	9,52	7,58	5,07	2,61	1,20	0,65

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

ERA5_N62.810270_E021.375000 (18)

Operational time

N	NNE	ENE	E	ESE	SSE	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW	Sum
663	675	498	395	446	669	1 017	1 275	721	641	571	519	8 090

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: Malax-Korsnas height contour lines.w

Receptor grid resolution: 1,0 m

All coordinates are in

Finish TM ETRS-TM35FIN-ETRS89

WTGs

	East	North	Z	Row data/Description	WTG type			Type-generator	Power, rated	Rotor diameter	Hub height	Shadow data	
					Valid	Manufact.						Calculation distance	RPM
					[m]							[kW]	[m]
MP1	210 029	6 980 204	8,8	Generic Generic_Nord...	Yes	Generic	Generic_NordexN163-6	8 800	6 800	200,0	190,0	2 090	10,4
MP2	209 157	6 979 922	10,0	Generic Generic_Nord...	Yes	Generic	Generic_NordexN163-6	8 800	6 800	200,0	190,0	2 090	10,4
MP3	210 068	6 979 386	10,0	Generic Generic_Nord...	Yes	Generic	Generic_NordexN163-6	8 800	6 800	200,0	190,0	2 090	10,4
MP4	210 664	6 978 919	12,5	Generic Generic_Nord...	Yes	Generic	Generic_NordexN163-6	8 800	6 800	200,0	190,0	2 090	10,4
MP5	210 003	6 978 294	12,5	Generic Generic_Nord...	Yes	Generic	Generic_NordexN163-6	8 800	6 800	200,0	190,0	2 090	10,4

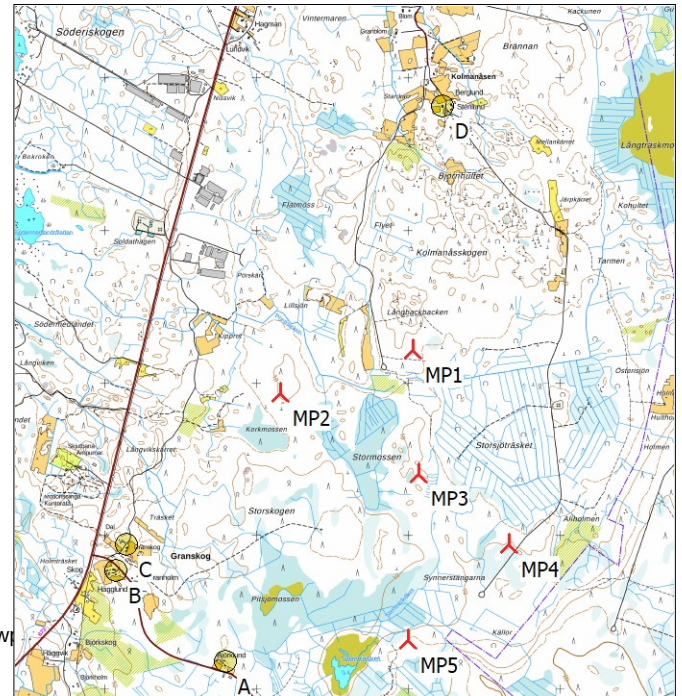
Shadow receptor-Input

No.	Name	East	North	Z	Width	Height	Elevation a.g.l.	Slope of window	Direction mode	Eye height (ZVI) a.g.l.
[m]										
A	Asuinrakennus A	208 795	6 978 153	12,5	5,0	5,0	1,0	90,0	"Green house mode"	6,0
B	Asuinrakennus B	208 073	6 978 746	10,0	5,0	5,0	1,0	90,0	"Green house mode"	6,0
C	Asuinrakennus C	208 146	6 978 919	10,0	5,0	5,0	1,0	90,0	"Green house mode"	6,0
D	Asuinrakennus D	210 226	6 981 813	10,0	5,0	5,0	1,0	90,0	"Green house mode"	6,0

Calculation Results

Shadow receptor

No.	Name	Shadow, expected values	
		Shadow hours per year [h/year]	
A	Asuinrakennus A	13:34	
B	Asuinrakennus B	1:41	
C	Asuinrakennus C	4:42	
D	Asuinrakennus D	3:38	



Scale 1:50 000
New WTG
Shadow receptor

SHADOW - Main Result

Calculation: Molpe202404_RD200_HH190_6800_real_Case_NoForest_RD200

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

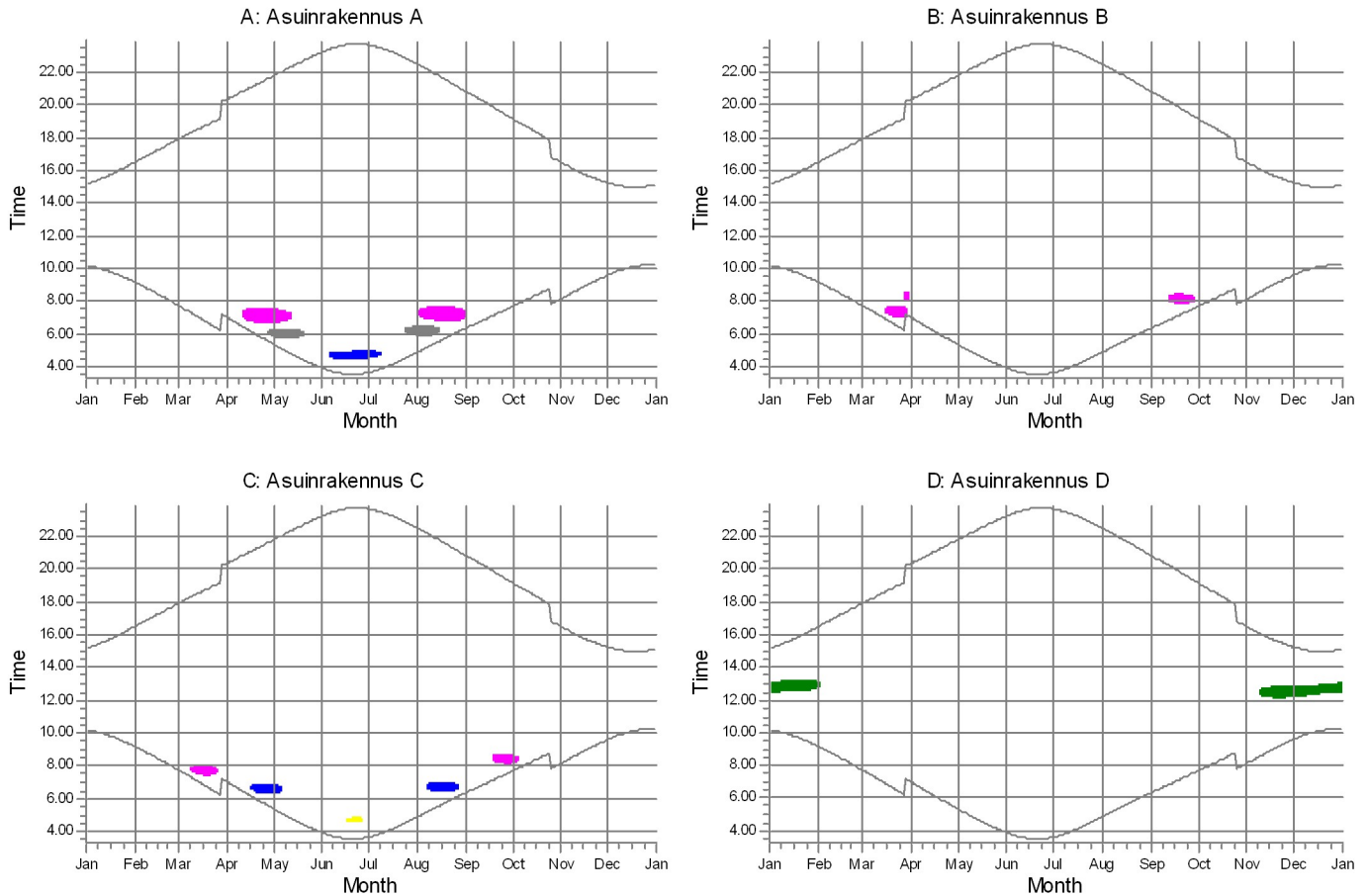
No.	Name	Expected [h/year]
MP1	Generic Generic_NordexN163 6800 200.0 !O! hub: 190,0 m (TOT: 290,0 m) (110)	3:38
MP2	Generic Generic_NordexN163 6800 200.0 !O! hub: 190,0 m (TOT: 290,0 m) (109)	0:11
MP3	Generic Generic_NordexN163 6800 200.0 !O! hub: 190,0 m (TOT: 290,0 m) (111)	5:06
MP4	Generic Generic_NordexN163 6800 200.0 !O! hub: 190,0 m (TOT: 290,0 m) (113)	3:43
MP5	Generic Generic_NordexN163 6800 200.0 !O! hub: 190,0 m (TOT: 290,0 m) (112)	10:54

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.

The calculation of the total expected values for a given receptor assumes a weighted average directional reduction for all WTGs contributing to shadow flicker within the same day. In the case where shadow flicker from different WTGs is not concurrent within the day, the total expected time at a given receptor may deviate marginally from the individual flicker time caused by each turbine separately.

SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Molpe202404_RD200_HH190_6800_real_Case_NoForest_RD200

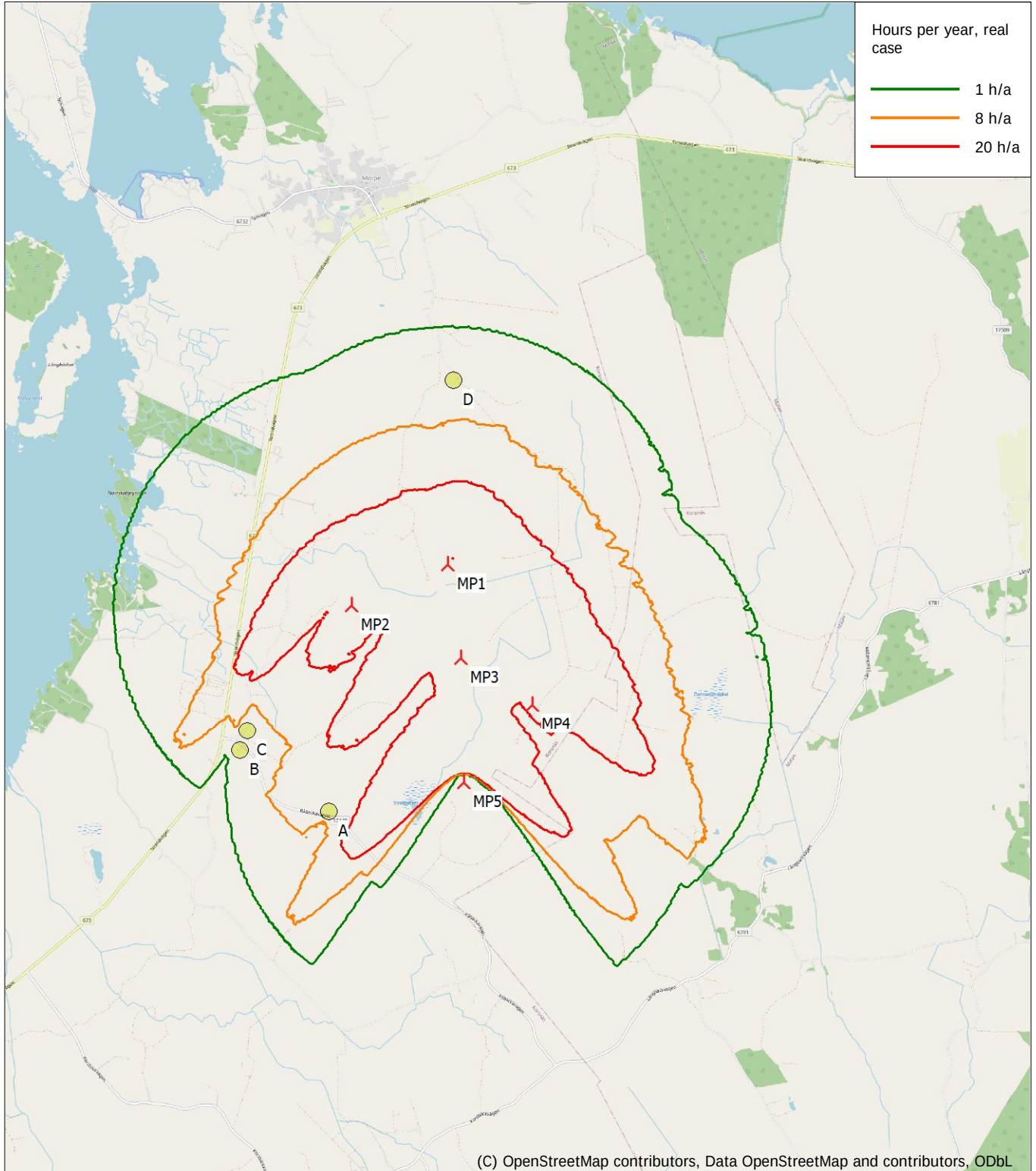


WTGs

	MP1: Generic Generic_NordexN163 6800 200.0 !O! hub: 190,0 m (TOT: 290,0 m) (110)
	MP2: Generic Generic_NordexN163 6800 200.0 !O! hub: 190,0 m (TOT: 290,0 m) (109)
	MP3: Generic Generic_NordexN163 6800 200.0 !O! hub: 190,0 m (TOT: 290,0 m) (111)
	MP4: Generic Generic_NordexN163 6800 200.0 !O! hub: 190,0 m (TOT: 290,0 m) (113)
	MP5: Generic Generic_NordexN163 6800 200.0 !O! hub: 190,0 m (TOT: 290,0 m) (112)

SHADOW - Map

Calculation: Molpe202404_RD200_HH190_6800_real_Case_NoForest_RD200



Map: EMD OpenStreetMap , Print scale 1:50 000, Map center Finish TM ETRS-TM35FIN-ETRS89 East: 210 577 North: 6 979 957
 New WTG Shadow receptor
 Flicker map level: Height Contours: Malax-Korsnas height contour lines.wpo (2)
 Time step: 3 minutes, Day step: 7 days, Map resolution: 20 m, Visibility resolution: 10 m, Eye height: 1,5 m

9.4.2024

Liite 4: Varjostusmallinnusten tulokset "real case, Forest"

SHADOW - Main Result

Calculation: Molpe202404_RD200_HH190_6800_real_Case_Forest_RD200

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
1,03	2,62	3,97	6,77	9,52	10,20	9,52	7,58	5,07	2,61	1,20	0,65

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

ERA5_N62.810270_E021.375000 (18)

Operational time

N	NNE	ENE	E	ESE	SSE	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW	Sum
663	675	498	395	446	669	1 017	1 275	721	641	571	519	8 090

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: Malax-Korsnas height contour lines.w

Area object(s) used in calculation:

Area object (Heights a.g.l. for e.g. Forest (ORA tool) or ZVI obstructions): REC

Receptor grid resolution: 1,0 m

All coordinates are in

Finish TM ETRS-TM35FIN-ETRS89

WTGs

	East	North	Z	Row data/Description	WTG type		Valid	Manufact.	Type-generator	Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Shadow data	
													Calculation distance [m]	RPM
			[m]											[RPM]
MP1	210 029	6 980 204	8,8	Generic Generic_Nord...	Yes	Generic	Generic	Generic_NordexN163-6	800	6 800	200,0	190,0	2 090	10,4
MP2	209 157	6 979 922	10,0	Generic Generic_Nord...	Yes	Generic	Generic	Generic_NordexN163-6	800	6 800	200,0	190,0	2 090	10,4
MP3	210 068	6 979 386	10,0	Generic Generic_Nord...	Yes	Generic	Generic	Generic_NordexN163-6	800	6 800	200,0	190,0	2 090	10,4
MP4	210 664	6 978 919	12,5	Generic Generic_Nord...	Yes	Generic	Generic	Generic_NordexN163-6	800	6 800	200,0	190,0	2 090	10,4
MP5	210 003	6 978 294	12,5	Generic Generic_Nord...	Yes	Generic	Generic	Generic_NordexN163-6	800	6 800	200,0	190,0	2 090	10,4

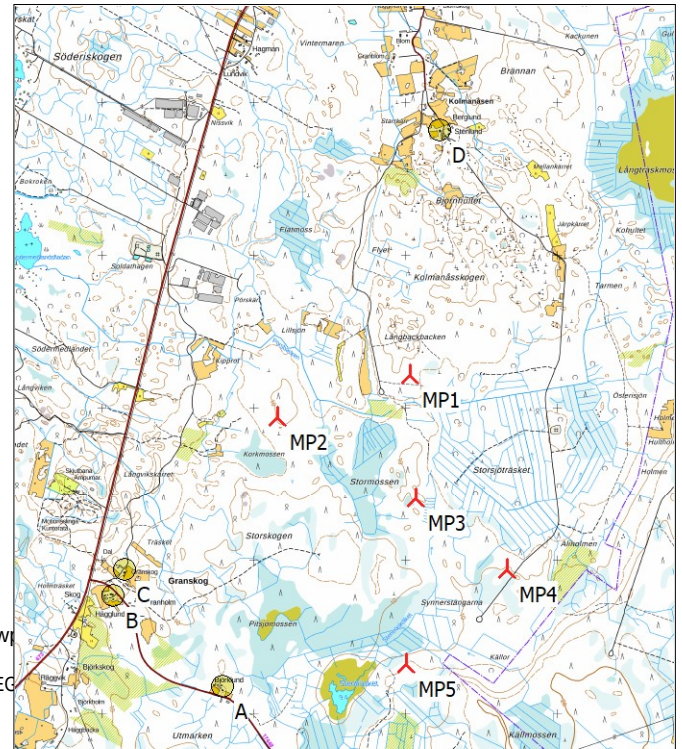
Shadow receptor-Input

No.	Name	East	North	Z	Width	Height	Elevation a.g.l.	Slope of window	Direction mode	Eye height (ZVI) a.g.l.
				[m]	[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
A	Asuinrakennus A	208 795	6 978 153	12,5	5,0	5,0	1,0	90,0	"Green house mode"	6,0
B	Asuinrakennus B	208 073	6 978 746	10,0	5,0	5,0	1,0	90,0	"Green house mode"	6,0
C	Asuinrakennus C	208 146	6 978 919	10,0	5,0	5,0	1,0	90,0	"Green house mode"	6,0
D	Asuinrakennus D	210 226	6 981 813	10,0	5,0	5,0	1,0	90,0	"Green house mode"	6,0

Calculation Results

Shadow receptor

No.	Name	Shadow, expected values	
		Shadow hours per year [h/year]	
A	Asuinrakennus A	7:37	
B	Asuinrakennus B	1:41	
C	Asuinrakennus C	4:42	
D	Asuinrakennus D	0:00	



Scale 1:50 000
New WTG
Shadow receptor

Project: Molpe_2024
Description: Fortum

Licensed user:
FCG Finnish Consulting Group Oy
Osmontie 34, PO Box 950
FI-00601 Helsinki
+358104095666
Johanna Harju / johanna.harju@fcg.fi
Calculated:
8.4.2024 9.53/3.6.377

SHADOW - Main Result

Calculation: Molpe202404_RD200_HH190_6800_real_Case_Forest_RD200

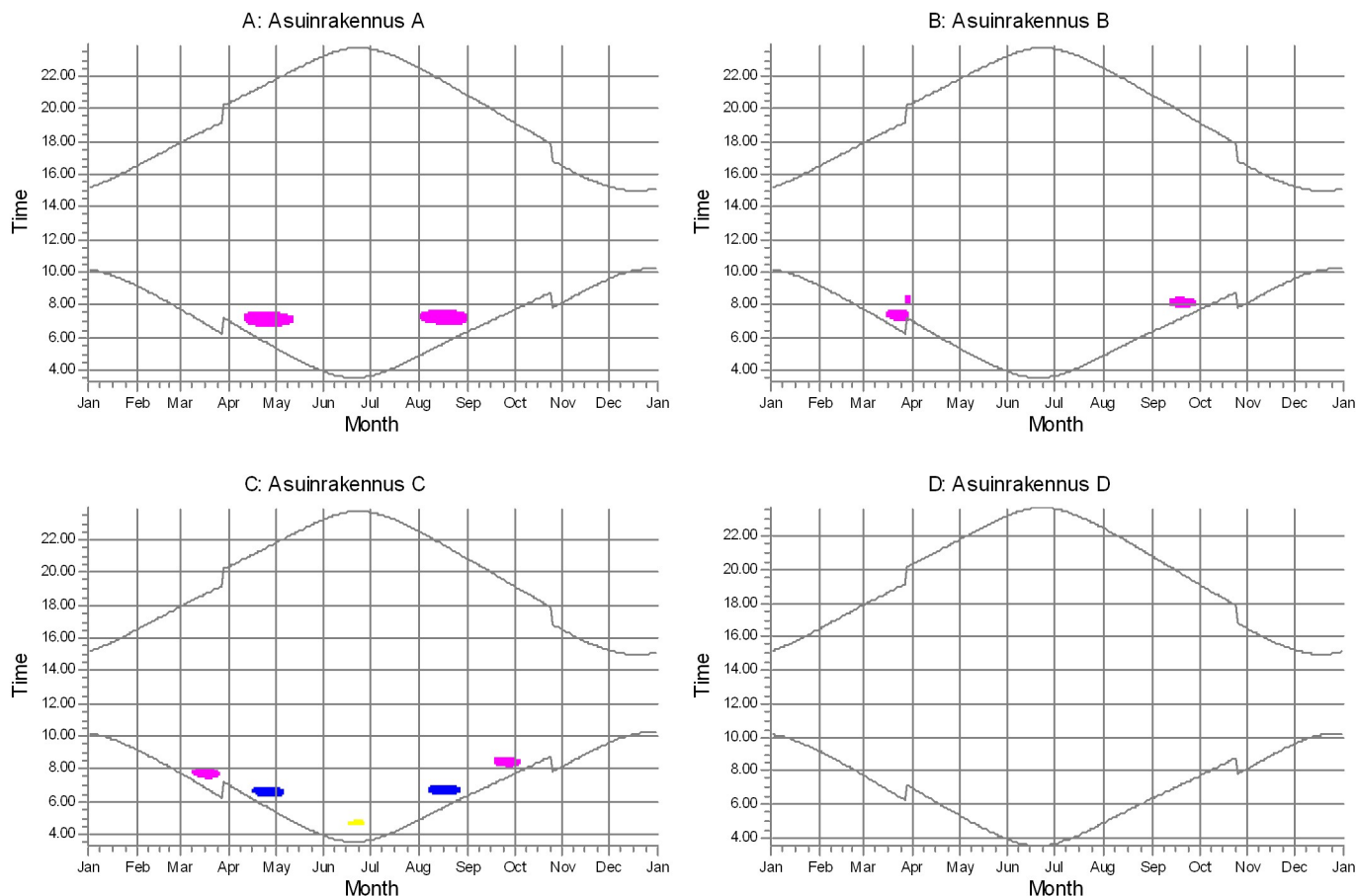
Total amount of flickering on the shadow receptors caused by each WTG

No.	Name	Expected [h/year]
MP1	Generic Generic_NordexN163 6800 200.0 !O! hub: 190,0 m (TOT: 290,0 m) (110)	0:00
MP2	Generic Generic_NordexN163 6800 200.0 !O! hub: 190,0 m (TOT: 290,0 m) (109)	0:11
MP3	Generic Generic_NordexN163 6800 200.0 !O! hub: 190,0 m (TOT: 290,0 m) (111)	2:51
MP4	Generic Generic_NordexN163 6800 200.0 !O! hub: 190,0 m (TOT: 290,0 m) (113)	0:00
MP5	Generic Generic_NordexN163 6800 200.0 !O! hub: 190,0 m (TOT: 290,0 m) (112)	10:54

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 - Calendar, graphical

Calculation: Molpe202404_RD200_HH190_6800_real_Case_Forest_RD200

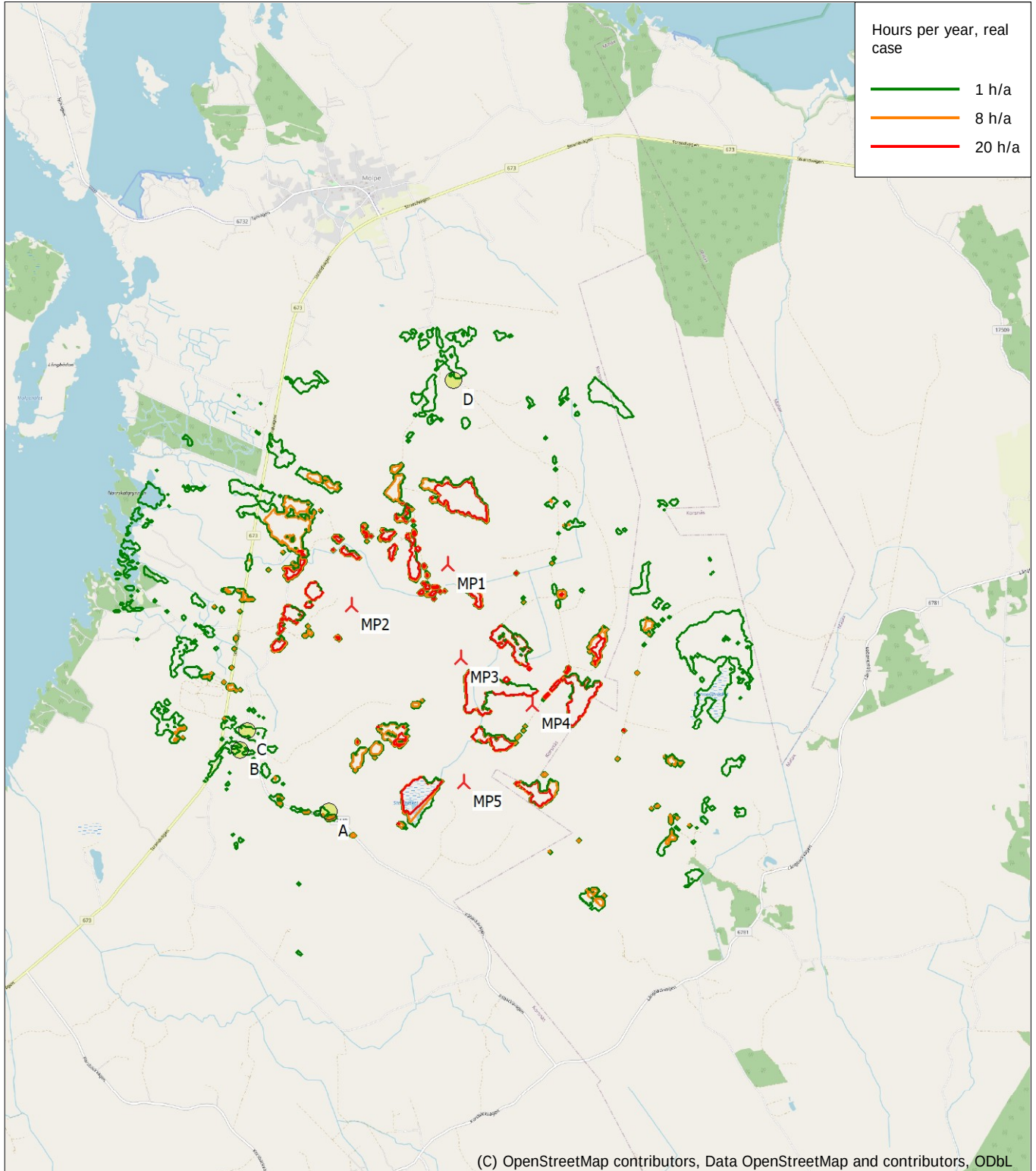


WTGs

	MP2: Generic Generic_NordexN163 6800 200.0 !O! hub: 190,0 m (TOT: 290,0 m) (109)
	MP3: Generic Generic_NordexN163 6800 200.0 !O! hub: 190,0 m (TOT: 290,0 m) (111)
	MP5: Generic Generic_NordexN163 6800 200.0 !O! hub: 190,0 m (TOT: 290,0 m) (112)

SHADOW - Map

Calculation: Molpe202404_RD200_HH190_6800_real_Case_Forest_RD200



Map: EMD OpenStreetMap , Print scale 1:50 000, Map center Finish TM ETRS-TM35FIN-ETRS89 East: 210 577 North: 6 979 957
 New WTG Shadow receptor
 Flicker map level: Height Contours: Malax-Korsnas height contour lines.wpo (2)
 Time step: 3 minutes, Day step: 7 days, Map resolution: 20 m, Visibility resolution: 10 m, Eye height: 1,5 m