

PROKON Wind Energy Finland Oy

► **Kattiharjun tuulivoimapuisto, Isokyrö ja Laihia,  
Suomi**

Melu- ja väkelaskelmat

Assignment no.: 374.003.08 Document no.: KVT/2022/R011/SR Version: J05 Date: 2024-06-25



**Asiakas:** PROKON Wind Energy Finland Oy  
**Asiakkaan yhteyshenkilö:** Miika Suutari  
**Konsultti:** Kjeller Vindteknikk Oy, Tekniikantie 14 02150 Espoo  
**Toimeksiannon yhteyshenkilö:** Ville Lehtomäki

J05	2024-06-25	Lisäkorjauksia kommenttien perusteella	Mona Kurppa	Pyry Pentikäinen, Simo Rissanen	Ville Lehtomäki
J04	2024-06-07	Tekstikorjauksia kommenttien perusteella.	Mona Kurppa	Pyry Pentikäinen	Ville Lehtomäki
J03	2024-06-04	Melumallinnustulokset esitetty yhden desimaalin tarkkuudella.	Mona Kurppa	Pyry Pentikäinen	Ville Lehtomäki
J02	2024-05-30	Laajennusosa huomioitu. Turbiinityyppi Kattiharjulle N163-6.X.	Mona Kurppa	Pyry Pentikäinen, Simo Rissanen	Ville Lehtomäki
J01	2022-02-10	Lopullinen	Simo Rissanen	Ville Lehtomäki	Øyvind Byrkjedal
Version	Date	Description	Prepared by	Checked by	Approved by

Tämä dokumentti on tehty vain asiakkaan käyttöön. Mikään kolmas osapuoli ei saa vedota raporttiin tai sen tuloksiin eikä Kjeller Vindteknikk Oy ole vastuussa raportista tai sen tuloksista kolmansille osapuolille.

## ► Yhteenveto

Tässä raportissa esitetään melu- ja väkelaskelmat suunnitteilla olevalle Kattiharjun tuulivoimapuistolle ja tuulivoimapuiston laajennukselle. Kattiharjun tuulivoimapuisto sijaitsee Isokyrön kunnassa ja Kattiharjun tuulivoimapuiston laajennusosa Laihian kunnassa.

Melulaskelmissa on käytetty ISO 9613-2 laskentamenetelmää. Ulkomelutason rajat-arvot (valtioneuvoston asetus 1107/2015) ylittyvät viidelle rakennukselle. Myös matalataajuinen sisämelu ylittää sosiaali- ja terveysministeriön asettamat vaatimukset samoille viidelle rakennukselle. Jotta melutasot pysyisivät raja-arvojen sisällä Kattiharjun koillispuolella sijaitsevien asuinrakennusten osalta, Kattiharjun tuulivoimaloiden melutasoja tulee Isokyrön ympäristölautakunnan päätöksen mukaisesti (9.8.2022 / 74§, [1]) osittain rajoittaa. Laajennusosan tuulivoimaloiden meluvaikutus kyseisille rakennuksille on pieni ja raja-arvojen alittaminen vaatii vain Kattiharjun tuulivoimaloiden melutason rajoittamista.

Väkelaskelmat on tehty metsän varjostus huomioiden. Väkelaskelmien perusteella 8 tunnin vuosittainen raja tai 30 minuutin päivittäinen raja ylittyy vain kahdelle rakennukselle. Jotta välke pysyisi suositeltujen raja-arvojen sisällä Kattiharjun tuulivoimapuiston koillispuolella sijaitsevien asuinrakennusten osalta, Kattiharjun tuulivoimaloiden käyttöä tulee Isokyrön ympäristölautakunnan päätöksen mukaisesti (9.8.2022 / 74§, [1]) osittain rajoittaa. On huomioitava, että mikäli metsää ei huomioida laskelmissa, välkerajat ylittyvät seitsemälle rakennukselle. Metsän vaikutus huomioiden, varjostus tulee pääosin Kattiharjun tuulivoimaloista K03 ja K05, ja ilman metsän vaikutusta tuulivoimaloista K01-K03, K05, K10, K11, K13 ja K14. Myös laajennusosan tuulivoimalat aiheuttavat välkettä, mutta eivät kuitenkaan vaikuta välkevaikutuksen raja-arvojen ylitykseen edellä mainitulle kahdelle rakennukselle. Näin ollen välkevaikutus voidaan pitää raja-arvojen sisällä rajoittamalla edellä listattuja Kattiharjun tuulivoimapuiston tuulivoimaloita.

## Sisällys

<b>1</b>	<b>Johdanto</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Melulaskelmat</b>	<b>6</b>
2.1	Melun ohjearvot	6
2.2	Melun lähtöarvot	6
2.3	ISO 9613-2 melulaskelmat	9
2.3.1	<i>Keskiäänitasojen mallinnuksen tulokset</i>	9
2.3.2	<i>Matalataajuinen melu</i>	11
<b>3</b>	<b>Väkelaskelmat</b>	<b>12</b>
3.1	Menetelmä ja lähtötiedot	12
3.2	Välkevaikutukset	13
<b>4</b>	<b>Lähdeluettelo</b>	<b>16</b>
<b>Liite A.</b>	<b>Rakennusten ja tuulivoimaloiden koordinaatit</b>	<b>I</b>
<b>Liite B.</b>	<b>ISO 9613-2 melumallinnuskartat</b>	<b>III</b>
<b>Liite C.</b>	<b>Välkemallinnuskartat</b>	<b>IV</b>

# 1 Johdanto

Tässä raportissa esitetään Kattiharjun tuulivoimapuiston ja sen laajennusosan melu- ja väkelaskelmat. Suunniteltu Kattiharjun tuulivoimapuisto sijaitsee Isokyrössä Etelä-Pohjanmaan maakunnassa ja laajennusosa Laihian kunnassa Pohjanmaan maakunnassa Vaasan ja Seinäjoen puolivälissä.

Kattiharjun tuulivoimapuistoon on suunniteltu rakennettavan 14 ja laajennusosaan kaksi tuulivoimalaa. Mallinuksissa käytetään Nordex N163/6.X turbiinimallia Kattiharjulle ja geneeristä turbiinimallia laajennusosalle (Taulukko 1). Tuuliturbiinien sijainnit on esitetty kuvassa Kuva 1.

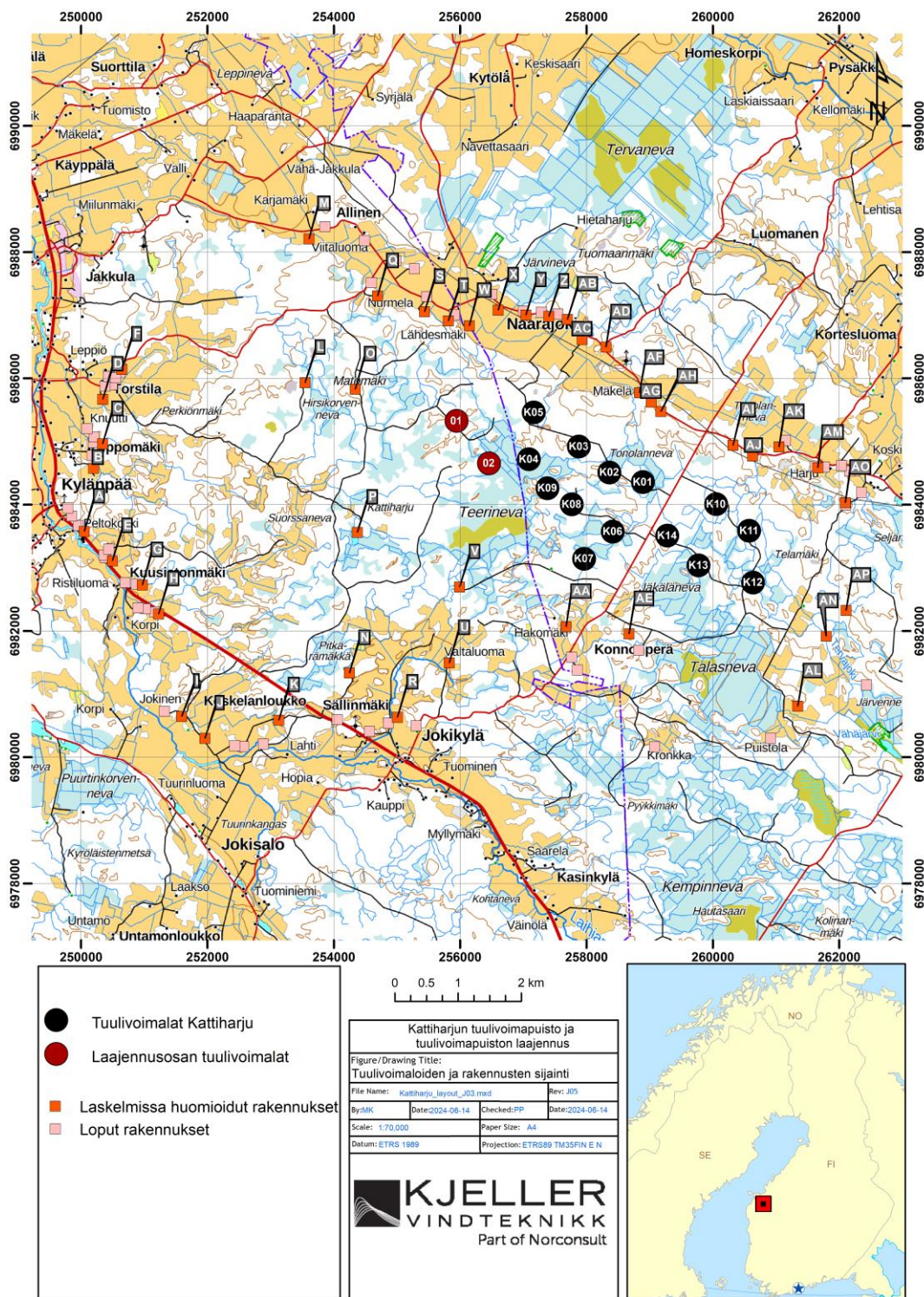
Melutasot ja välke on laskettu 42 rakennukselle. Rakennukset on esitetty kuvassa Kuva 1 ja rakennusten koordinaatit ja perustusten korkeudet on esitetty liitteessä A.

*Taulukko 1: Kattiharjun tuulivoimapuiston ja laajennusosan perustiedot.*

Tuulivoimapuisto	Turbiinimalli	Turbiinien lukumäärä	Nimellisteho [MW]	Roottorin halkaisija [m]	Napa- korkeus [m]	Kokonais- korkeus** [m]
Kattiharju	Nordex N163/6.X, STE*	14	6,8	163	148,5	230–232
Kattiharjun laajennus	Geneerinen	2	6,8	180	169,0	259

\* STE = serrated trailing edge

\*\*Osassa voimaloista on 1–2 metriä korotettu perustus (katso liite A)



Kuva 1: Kattiharjun tuulivoimapuiston tuulivoimaloiden ja läheisten rakennusten sijainnit.

## 2 Melulaskelmat

Melumallinnus on tehty Ympäristöministeriön ohjeen 2/2014 "Tuulivoimaloiden melun mallintaminen" [2] mukaisesti määritetyillä laskentaparametreilla. Ohjeen mukaan tuulivoimaloiden melun mallintamisessa on huomioitava erikseen sekä normaali- että pienitaajuinen melu. Pienitaajuinen melu lasketaan taajuusalueella 20–200 Hz. Melulaskelmissa käytetään ISO 9613-2 menetelmää, joka on saatavilla WindPRO ohjelmistossa [3]. Mallinnus on tehty WindPRO versiolla 4.0.531.

### 2.1 Melun ohjearvot

Valtioneuvoston asetuksen 1107/2015 mukaiset tuulivoimaloiden ulkomelun ohjearvot on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Tuuliturbiinien ulkomelun ohjearvot [4].

Rakennuksen tyyppi	Sallittu ulkomelutaso päivällä (klo 7–22), $L_{Aeq}$ [dB]	Sallittu ulkomelutaso yöllä (klo 22–7), $L_{Aeq}$ [dB]
<b>Pysyvä asutus ja loma-asutus</b>	45	40

Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen 545/2015 [5] mukaiset toimenpiderajat matalataajuiselle sisämelulle on esitetty taulukossa 3. Nämä rajat koskevat nukkumiseen tarkoitettuja tiloja ja arvot ovat tunnin äänitason keskiarvoja. Päivällä sallitaan melutasot, jotka ovat 5 dB taulukossa esitetyjä arvoja korkeampia. Sisämelun laskemiseksi on oletettu taulukon 4 mukainen äänieristys.

Taulukko 3. Pienitaajuisen melun toimenpiderajat yöllä taajuuskaistoittain [5].

f [HZ]	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200
$L_{eq,1h}$ [dB]	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

Taulukko 4. Asuinrakennusten äänieristys, DL (äänitasoero) [6].

f [HZ]	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200
<b>DL [dB]</b>	7,6	8,3	9,2	10,3	11,5	13,0	14,8	16,8	18,8	21,1	22,8

Ympäristöministeriön ohjeiden mukaan tuulivoimaloiden melulaskelmat tulee tehdä 8 m/s tuulen nopeudella 10 m korkeudella.

### 2.2 Melun lähtöarvot

Ympäristöministeriön ohjeen mukaisesti lähtöarvoina tulisi käyttää tuulivoimaloiden melupäästöjen takuuarvoja. Asiakkaalta on saatu kullekin turbiinimallille melupäästöt 1/3 oktaaveittain. Koska saatavilla olevat äänitehotasot eivät ole IEC 61400-14 [7] mukaisesti määritettyjä takuuarvoja, on melupäästöihin lisätty varmuusarvona 2 dB Ympäristöministeriön muistion YM9/5511/2016 [8] mukaisesti. Laajennusosan tuulivoimaloille käytetään turbiinimallin Nordex N175/6.X (Mode 0 ja STE) melupäästöjä. Nordexin turbiinimalleille melupäästöt on annettu eri tuulennopeuksilla 10 m korkeudella.

Ympäristöministeriön ohjeiden mukaan äänitasoon on lisättävä 2 dB, jos turbiinien perustuksen ja melun kohteena olevan rakennuksen korkeusero ylittää 60 m. Lisäksi 5 dB on lisättävä, jos ääntä pidetään

impulssimaisena, kapeakaistaisena tai sykkivänä (äänenvoimakkuuden ajallinen vaihtelu, amplitudimodulaatio). Kattiharjussa korkeuserot ovat pieniä eikä impulssimaista tai kapeakaista ääntä ole oletettu. Näitä lisäyksiä ei ole tehty voimaloiden melupäästön lähtöarvoihin. Melupäästön lähtöarvot on esitetty taulukoissa 5 ja 6.

*Taulukko 5. Äänitasot oktaaveittain ja kokonaisäänitaso 8 m/s tuulennopeudella 10 m korkeudessa. Taulukon luvut eivät sisällä 2 dB varmuusarvoa. Luvut on muutettu 1/3 oktaavidatasta WindPRO ohjelmalla.*

Taajuus [Hz]	N163/6.X Mode 1, STE [dB(A)]	N175/6.X Mode 0, STE [dB(A)]
62,5	92,4	89,7
125	97,1	96,5
250	99,4	99,9
500	99,9	100,4
1000	100,3	101,3
2000	98,2	99,2
4000	88,7	89,9
8000	69,8	73,4
<b>Kokonais- melupäästö</b>	<b>106,4</b>	<b>106,9</b>



Taulukko 6. Äänitasot 1/3 oktaaveittain ja kokonaisäänitaso 8 m/s tuulennopeudella 10 m korkeudessa. Taulukon luvut eivät sisällä 2 dB varmuusarvoa.

Taajuus [Hz]	N163/6.X Mode 1, STE [9] [dB(A)]	N175/6.X Mode 0, STE [10] [dB(A)]
10	60,6	59,1
12,5	65,4	63,9
16	70,0	68,5
20	74,3	71,8
25	77,7	75,2
31,5	79,6	77,1
40	80,8	78,3
50	83,0	80,3
63	87,3	84,6
80	89,8	87,3
100	90,4	88,9
125	93,0	91,5
160	93,0	93,5
200	94,3	94,5
250	95,3	95,0
315	96,4	95,8
400	96,5	95,7
500	96,6	95,5
630	97,7	95,8
800	98,2	96,5
1000	98,5	96,5
1250	98,9	96,7
1600	98,7	96,0
2000	96,6	94,6
2500	93,1	91,4
3150	88,7	88,1
4000	83,1	83,8
5000	77,2	79,7
6300	69,1	72,6
8000	60,4	64,9
10 000	55,0	55,5
<b>Kokonais- melupäästö</b>	<b>106,4</b>	<b>106,9</b>

## 2.3 ISO 9613-2 melulaskelmat

Mallinnuksessa käytetyt parametrit on esitetty taulukossa 7.

*Taulukko 7. ISO 9613-2 laskennassa käytetyt parametrit.*

Parametri	Arvo
Immissiopisteiden korkeus	4 m
Suhteellinen kosteus	70 %
Ilman lämpötila 2 m korkeudella	15 °C
Stabiilisuus parametrit	<i>yö, kirkas taivas</i>
Maan- tai vedenpinnan absorption ja heijastuksen vaikutuskerroin	Vaikutuskerroin 0,4

### 2.3.1 Keskiäänitasojen mallinnuksen tulokset

Rakennusten A-AP mallinnetut melutasot on esitetty taulukossa 8. Melurajat kartalla on esitetty liitteessä B (kuva B1). 40 dB meluraja ylittyy rakennuksille AF-AJ. Jotta meluarvot pysyisivät raja-arvojen sisällä edellä mainittujen asuinrakennusten osalta, Kattiharjun tuulivoimaloiden melutasoja tulee Isokyrön ympäristölautakunnan päätöksen mukaisesti (9.8.2022 / 74§, [1]) osittain rajoittaa. Kuitenkaan Kattiharjun laajennusosan tuulivoimalat eivät johda melun raja-arvojen ylitykseen, sillä laajennusosan yksittäisten voimaloiden vaikutus näiden viiden rakennuksen melutasoon on alle 25 dB ([11], s. 15–17).

Taulukko 8. Melumallinnuksen tulokset. Ohjearvot ylittävät arvot on merkitty punaisella.

Rakennus	Ulkomelutaso L <sub>Aeq</sub> [dB]
A	24,3
B	24,6
C	24,8
D	24,6
E	24,8
F	25,0
G	25,4
H	25,6
I	25,0
J	25,2
K	27,0
L	31,4
M	28,1
N	29,7
O	34,6
P	33,7
Q	32,1
R	29,7
S	34,7
T	36,1
U	33,1
V	37,0
W	37,0
X	36,3
Y	37,0
Z	37,0
AA	39,5
AB	37,1
AC	38,4
AD	38,4
AE	39,6
AF	40,7
AG	41,0
AH	41,3
AI	41,0
AJ	41,0
AK	38,6
AL	33,2
AM	37,1
AN	36,0
AO	36,2
AP	35,7

### 2.3.2 Matalataajuinen melu

Rakennusten A-AP matalataajuisen sisämelun mallinnustulokset on esitetty taulukossa 9. Ohjeavrot ylittyvät 63 Hz äänitaajuuksilla rakennuksille AF-AJ (taulukko 3). Laajennusosan tuulivoimaloiden vaikutus matalataajuisen melun raja-arvojen ylitykseen on merkityksetön ([12], s. 104–121).

Taulukko 9. Matalataajuisen sisämelun mallinnuksen tulokset. Ohjeavrot ylittävät arvot on merkitty punaisella.

L <sub>eq</sub> [dB]	Taajuus [Hz]										
	Rakennus	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160
A	47,1	43,7	39,1	34,0	29,0	28,9	24,2	18,1	13,4	5,4	0,3
B	47,3	43,9	39,3	34,2	29,3	29,2	24,4	18,3	13,7	5,8	0,7
C	47,5	44,0	39,4	34,4	29,4	29,3	24,6	18,5	13,9	6,0	0,9
D	47,4	43,9	39,3	34,3	29,3	29,2	24,5	18,4	13,8	5,9	0,8
E	47,5	44,1	39,5	34,4	29,5	29,4	24,7	18,6	14,0	6,1	1,0
F	47,6	44,1	39,6	34,5	29,6	29,5	24,8	18,7	14,1	6,2	1,2
G	48,0	44,5	40,0	34,9	30,0	29,9	25,2	19,1	14,6	6,7	1,8
H	48,1	44,7	40,1	35,1	30,1	30,1	25,4	19,3	14,8	6,9	2,0
I	47,8	44,3	39,8	34,7	29,7	29,7	25,0	18,9	14,3	6,3	1,3
J	48,0	44,5	39,9	34,9	29,9	29,9	25,2	19,1	14,5	6,6	1,5
K	49,4	46,0	41,4	36,4	31,4	31,4	26,8	20,8	16,4	8,6	3,9
L	51,9	48,5	43,9	38,9	34,1	34,0	29,5	23,8	19,6	12,5	8,3
M	49,9	46,4	41,9	36,9	32,0	31,9	27,3	21,4	17,1	9,6	5,1
N	51,4	48,0	43,5	38,5	33,6	33,6	29,1	23,2	19,0	11,5	7,1
O	53,7	50,3	45,8	40,8	36,1	35,9	31,5	25,9	21,9	15,1	11,1
P	53,8	50,4	45,9	40,9	36,1	36,0	31,6	25,9	21,8	14,8	10,7
Q	52,4	49,1	44,5	39,5	34,7	34,6	30,2	24,4	20,3	13,2	9,1
R	51,6	48,2	43,7	38,7	33,7	33,8	29,2	23,3	19,1	11,6	7,2
S	54,1	50,7	46,2	41,2	36,4	36,4	31,9	26,3	22,3	15,4	11,4
T	55,1	51,7	47,2	42,2	37,4	37,4	33,0	27,4	23,4	16,6	12,7
U	54,0	50,6	46,1	41,1	36,2	36,3	31,8	26,0	22,0	14,6	10,5
V	56,5	53,2	48,7	43,7	38,8	39,0	34,5	28,9	24,9	17,9	14,0
W	55,8	52,5	48,0	43,0	38,2	38,2	33,8	28,2	24,3	17,4	13,6
X	55,7	52,3	47,8	42,8	38,0	38,1	33,6	28,0	24,0	17,0	13,2
Y	56,3	52,9	48,4	43,5	38,6	38,7	34,3	28,6	24,7	17,7	13,8
Z	56,5	53,2	48,6	43,7	38,8	39,0	34,5	28,8	24,9	17,8	14,0
AA	58,6	55,3	50,8	45,8	40,9	41,2	36,7	31,0	27,2	20,0	16,3
AB	56,6	53,3	48,8	43,8	38,9	39,1	34,6	29,0	25,0	17,9	14,1
AC	57,7	54,3	49,8	44,9	40,0	40,2	35,7	30,1	26,2	19,1	15,3
AD	57,8	54,4	49,9	45,0	40,1	40,3	35,8	30,2	26,3	19,1	15,4
AE	58,8	55,5	51,0	46,0	41,1	41,4	36,9	31,2	27,3	20,2	16,5
AF	59,6	56,3	51,8	46,8	41,9	42,2	37,7	32,1	28,3	21,2	17,5
AG	59,8	56,5	52,0	47,0	42,1	42,4	37,9	32,3	28,5	21,4	17,7
AH	60,1	56,8	52,2	47,3	42,4	42,7	38,2	32,6	28,7	21,7	18,0
AI	59,8	56,4	51,9	47,0	42,1	42,4	37,9	32,2	28,4	21,3	17,7
AJ	59,7	56,4	51,8	46,9	42,0	42,3	37,8	32,2	28,3	21,2	17,6
AK	57,9	54,6	50,1	45,1	40,2	40,5	36,0	30,3	26,4	19,2	15,5
AL	54,0	50,7	46,1	41,2	36,2	36,4	31,9	26,1	22,0	14,6	10,6
AM	56,8	53,5	49,0	44,0	39,1	39,4	34,8	29,1	25,2	18,0	14,2
AN	55,9	52,5	48,0	43,0	38,1	38,4	33,8	28,1	24,2	16,9	13,1
AO	56,2	52,8	48,3	43,3	38,4	38,7	34,1	28,4	24,5	17,2	13,4
AP	55,7	52,3	47,8	42,8	37,9	38,1	33,6	27,9	23,9	16,6	12,8

## 3 Väkelaskelmat

### 3.1 Menetelmä ja lähtötiedot

Selkeällä ja aurinkoisella säällä tuuliturbiinien roottorin lavat voivat synnyttää nopeasti pyörivän varjon, joka saattaa aiheuttaa häiritsevää välkettä rakennusten ikkunoissa ja piholla. Välkkeeseen ja sen häiritsevyyteen vaikuttavat voimalan napakorkeus, roottorin halkaisija, auringon sijainti, etäisyys, sää, näkyvyysolosuhteet, tuulen suunta, metsän korkeus ja maaston topografia. Tuulivoimaloiden sallitulle varjostukselle ei ole Suomessa säädettyjä ohjearvoja. Suomessa noudatetaan yleisesti samoja ohjeita kuin Ruotsissa. Ruotsin ohjeistuksen mukaisesti välkeaika ei saa ylittää 8 tuntia vuodessa tai 30 minuuttia päivässä [13].

Välkemallinnus on tehty WindPRO:n SHADOW-moduulilla ja laskennassa on käytetty WindPRO versiota 4.0.531. Auringonpaistetilastojen ja tuulisuusdatan perusteella voidaan laskea keskimääräinen vuosittainen välke tunteina kullekin rakennukselle. Tilanteita, joissa aurinko on alle 3° horisontin yläpuolella ja roottorin siivet peittävät alle 20 % auringon pinta-alasta, ei ole huomioitu laskelmissa.

Mallinnuksessa käytetään Kjeller Vindteknikk:n aiemmin määrittelemiä käyttötunteja Kattiharjun tuulivoimapuistolle N163-6.X turbiinityypillä [14]. Käyttötunnit sektoreittain on esitetty taulukossa 10. Huomioi, että käyttötunnit ovat todennäköisesti hieman aliarvioitua laajennusosan tuulivoimaloille, mutta vaikutus tuloksiin on merkityksettömän pieni. Mallinnuksessa käytettävät auringonpaistetunnit perustuvat Ilmatieteen laitoksen säähavaintoihin Seinäjoelta [15] ja ne on esitetty taulukossa 11.

Taulukko 10. Kattiharjun tuulivoimapuiston vuosittaiset käyttötunnit sektoreittain.

Sektori	N	NNE	ENE	E	ESE	SES	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW
<b>Käyttötunnit (h/vuosi)</b>	655	459	397	401	441	806	1020	1265	1030	811	627	615

Taulukko 11. Laskelmissa käytetty auringonpaistetuntien keskimääräinen lukumäärä kuukausittain.

Kuukausi	Tammi	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu
<b>Keskimääräiset auringonpaistetunnit vuorokaudessa</b>	0,97	2,54	4,68	6,30	8,61	9,20	8,65	6,68	4,67	2,58	1,03	0,55

Varjoreseptorit (rakennukset) on määritelty Ruotsin ohjeistuksen mukaisesti vaakatasossa olevaksi 5 m x 5 m kokoiseksi levyksi, joka on sijoitettu 2 m maanpinnan yläpuolelle. Laskelmissa käytetty topografia perustuu Maanmittauslaitoksen korkeusdataan, joka on muutettu korkeuskäyriksi WindPRO ohjelmistolla. Puut ja muu kasvillisuus voivat vähentää välkevaikutuksia tietyissä paikoissa ja laskelmat on tehty sekä ilman metsän vaikutusta että ottamalla metsän vaikutus huomioon. Metsän korkeus perustuu Luonnonvarakeskuksen vuoden 2021 dataan [16].

Myös lavan leveys vaikuttaa välkkeen muodostumiseen. Lapojen mitat on otettu WindPRO ohjelmasta ja ne on esitetty taulukossa 12. Kattiharjun laajennusosan tuulivoimaloille käytetään Nordex N175/6.X turbiinimallin lapaleveystietoja.

Taulukko 12. Lavan leveystiedot kaikille turbiinimalleille.

Turbiinimalli	Lavan maksimileveys [m]	Lavan leveys 90 % säteestä [m]	Lähde
<b>N163/6.X</b>	4,15	1,11	EMD
<b>N175/6.X</b>	4,30	1,28	EMD

### 3.2 Välkevaikutukset

Mallinnetut keskimääräiset vuosittaiset välketunnit on esitetty taulukoissa 13 (tuntia vuodessa) ja 14 (tuntia päivässä). Liitteen C kartoissa on esitetty alueet, joissa keskimääräisenä vuotena 8 tunnin raja ylittyy metsän vaikutus huomioiden ja ilman (kuvat C1 ja C2).

Kun metsän vaikutus huomioidaan väkelaskelmissa, 8 tunnin vuosittainen raja ei ylity, kun taas 30 minuutin päivittäinen raja ylittyy rakennuksille AC ja AF.

Puuston pysyvyydestä ei kuitenkaan voida olla varmoja (esimerkiksi avohakkuun tai myrskyvaurioiden osalta). Jos metsää ei huomioida, 8 tunnin raja ylittyy rakennuksille AF-AJ ja vastaavasti 30 minuutin päivittäinen ylittyy rakennuksille X, AC ja AF-AJ.

Jotta välke pysyisi suositeltujen raja-arvojen sisällä edellä mainittujen rakennusten osalta, Kattiharjun tuulivoimaloiden käyttöä tulee Isokyrön ympäristölautakunnan päätöksen mukaisesti (9.8.2022 / 74§, [1]) osittain rajoittaa. Metsän vaikutus huomioiden, varjostus rakennuksille AC ja AF tulee pääosin tuulivoimaloista K03 ja K05, ja ilman metsän vaikutusta rakennuksille X, AC ja AF-AJ tuulivoimaloista K01-K03, K05, K10, K11, K13 ja K14 ([17], s. 62–64). Myös laajennusosan tuulivoimalat aiheuttavat välkettä, mutta eivät kuitenkaan rakennuksille AC ja AF. Näin ollen välkevaikutus voidaan pitää raja-arvojen sisällä rajoittamalla edellä mainittuja Kattiharjun tuulivoimapuiston tuulivoimaloita.

Taulukko 13. Keskimääräiset välketunnit vuodessa. Arvot, jotka ylittävät suositellun rajan (8 tuntia vuodessa), on merkitty punaisella.

Rakennus	Välke ilman metsää [h/vuosi]	Välke metsä huomioituna [h/vuosi]
A	0:00	0:00
B	0:00	0:00
C	0:00	0:00
D	0:00	0:00
E	0:00	0:00
F	0:00	0:00
G	0:00	0:00
H	0:00	0:00
I	0:00	0:00
J	0:00	0:00
K	0:00	0:00
L	0:00	0:00
M	0:00	0:00
N	0:00	0:00
O	2:05	0:00
P	0:00	0:00
Q	0:00	0:00
R	0:00	0:00
S	1:42	0:00
T	2:28	2:28
U	0:00	0:00
V	0:00	0:00
W	4:18	4:18
X	3:14	1:44
Y	2:17	2:17
Z	2:32	0:00
AA	0:00	0:00
AB	1:59	1:59
AC	4:33	4:33
AD	4:15	2:15
AE	2:28	0:00
AF	10:01	2:46
AG	8:35	0:00
AH	10:27	0:00
AI	10:48	0:00
AJ	10:31	0:00
AK	5:03	2:28
AL	0:00	0:00
AM	3:43	0:00
AN	6:15	0:00
AO	1:52	1:52
AP	2:35	0:00

Taulukko 14. Maksimivälketunnit päivässä. Arvot, jotka ylittävät suositellun rajan (30 minuuttia päivässä), on merkitty punaisella.

Rakennus	Välke ilman metsää [h/vuosi]	Välke metsä huomioituna [h/vuosi]
A	0:00	0:00
B	0:00	0:00
C	0:00	0:00
D	0:00	0:00
E	0:00	0:00
F	0:00	0:00
G	0:00	0:00
H	0:00	0:00
I	0:00	0:00
J	0:00	0:00
K	0:00	0:00
L	0:00	0:00
M	0:00	0:00
N	0:00	0:00
O	0:26	0:00
P	0:00	0:00
Q	0:00	0:00
R	0:00	0:00
S	0:25	0:00
T	0:29	0:29
U	0:00	0:00
V	0:00	0:00
W	0:30	0:30
X	0:47	0:24
Y	0:27	0:27
Z	0:27	0:00
AA	0:00	0:00
AB	0:26	0:26
AC	0:32	0:32
AD	0:26	0:26
AE	0:21	0:00
AF	0:58	0:31
AG	0:58	0:00
AH	1:20	0:00
AI	1:30	0:00
AJ	0:53	0:00
AK	0:29	0:29
AL	0:00	0:00
AM	0:27	0:00
AN	0:28	0:00
AO	0:24	0:24
AP	0:25	0:00



## 4 Lähdeluettelo

- [1] Isokyrön kunta, "Ympäristölautakunnan päätös, Pykälä 74," 9 Aug 2022. [Online]. Available: [https://isokyro.fi/tiedostopankki/3398/kattiharju\\_ymp.lupa\\_2022.pdf](https://isokyro.fi/tiedostopankki/3398/kattiharju_ymp.lupa_2022.pdf).
- [2] Ympäristöministeriö, "Tuulivoimaloiden melun mallintaminen," Helsinki, 2014.
- [3] EMD, "windPRO User Manual; <http://help.emd.dk/knowledgebase/>," EMD International AS, 2021.
- [4] Ympäristöministeriö, "Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista," <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20151107>, 2015.
- [5] Sosiaali- ja terveysministeriö, "Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista," <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150545>, 2015.
- [6] V. Hongisto, J. Radun, V. Rajala, H. Maula, J. Keränen ja P. Saarinen, "Miksi ympäristömelu häiritsee? Anojanssi-projektin loppuraportti," Turun ammattikorkeakoulun raportteja 265, Turku, 2020.
- [7] The International Electrotechnical Commission (IEC), "Wind turbines - Part 14: Declaration of apparent sound power level and tonality values," 2005.
- [8] Ympäristöministeriö, "Yhteenvedo tuulivoimaloiden melupäästöjen takuuarvon käyttämisestä meluselvityksissä liittyvästä kyselystä (muistio YM9/551/2016)," Ympäristöministeriö, 2016.
- [9] Nordex, "Third octave sound power levels. Nordex N163/6.X. F008\_277\_A17\_EN. Revision 01, 2021-07-08," Nordex Energy SE & Co. KG, Hamburg, 2021.
- [10] Nordex, "Third octave sound power levels, Nordex N175/6.X, F008\_278\_a17\_EN, Revision 03, 2023-10-13," Nordex Energy SE & Co. KG, Hamburg, 2023.
- [11] WindPRO, *DECIBEL - Main Result: Calculation: VE1: Kattiharju + laajennus, Calculated 2024-05-23 15:15/4.0.531*, Kjeller Vindteknikk, 2024.
- [12] WindPRO, *DECIBEL - Main Result: Calculation : VE1: Kattiharju + laajennus low frequency, Calculated 2024-05-23 15:15/4.0.531*, Kjeller Vindteknikk, 2024.
- [13] Boverket, Vindkraftshandboken - Planering och prövning av vindkraft på land och i kustnära vattenområden, 2009.
- [14] P. Pentikäinen, U. Türkyilmaz ja S. Rissanen, "Kattiharju wind farm, South Ostrobothnia, Finland: Energy Yield Assessment [report KVT/2023/R021/PP, version J04]," Kjeller Vindteknikk, 2024.
- [15] Ilmatieteen laitos, "Auringonpaiste- ja säteilytilastot," 2022. [Online]. Available: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/1991-2020-auringonpaiste-ja-sateilytilastot>. [Haettu 12 1 2022].
- [16] Luonnonvarakeskus, *The Multi-source National Forest Inventory Raster Maps of 2021 - Copyright (C) Natural Resources Institute Finland*, Distribution through EMD and windPRO, 2023.

[17] WindPRO, SHADOW - Main Result: Calculation: VE1: Kattiharju+extension\_without\_forest, Calculated 2024-05-27 15:18/4.0.531, Kjeller Vindteknikk, 2024.

## Liite A. Rakennusten ja tuulivoimaloiden koordinaatit

Taulukko A1. Mallinuksissa huomioitujen rakennusten koordinaatit.

Rakennus	Koordinaatit (ETRS TM35FIN)	
	Itä	Pohjoinen
A	250049	6983575
B	250198	6984576
C	250341	6984961
D	250343	6985667
E	250494	6983108
F	250645	6986141
G	250968	6982726
H	251226	6982266
I	251592	6980644
J	251960	6980299
K	253131	6980587
L	253546	6985931
M	253607	6988208
N	254248	6981332
O	254339	6985826
P	254373	6983560
Q	254693	6987302
R	255007	6980631
S	255437	6987054
T	255814	6986908
U	255826	6981493
V	255991	6982694
W	256145	6986833
X	256601	6987078
Y	257040	6987001
Z	257405	6986979
AA	257676	6982066
AB	257698	6986934
AC	257931	6986612
AD	258308	6986493
AE	258674	6981951
AF	258840	6985771
AG	259027	6985623
AH	259178	6985473
AI	260319	6984939
AJ	260630	6984768
AK	261049	6984913
AL	261344	6980808
AM	261661	6984584
AN	261796	6981916
AO	262098	6984032
AP	262110	6982324

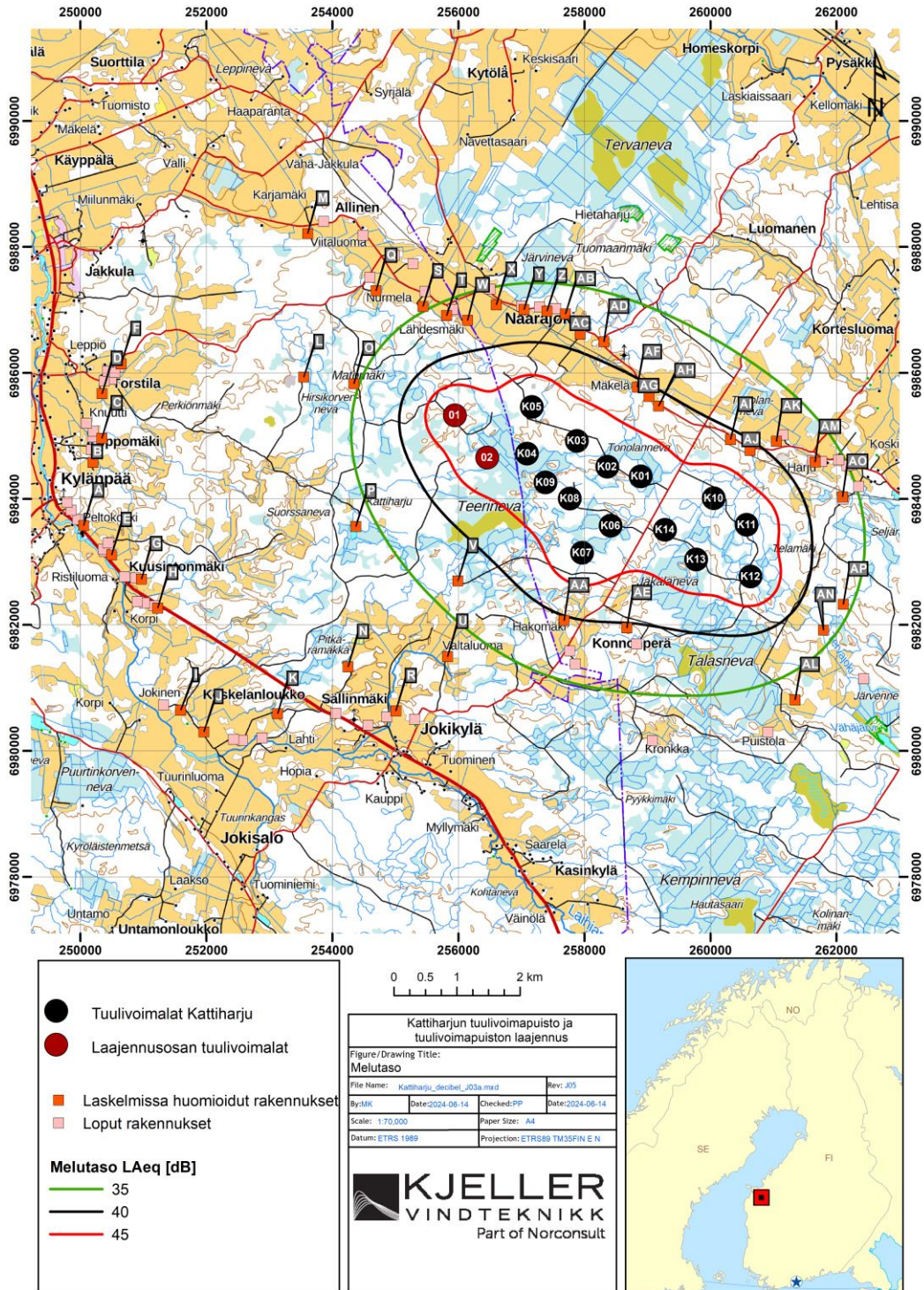
Taulukko A2. Kattiharjun tuulivoimaloiden koordinaatit ja perustuksen korkeus.

Tuulivoimala	Koordinaatit (ETRS TM35FIN)		Korotettu perustus [m]
	Itä	Pohjoinen	
K01	258892	6984359	2
K02	258361	6984512	1
K03	257878	6984922	2
K04	257087	6984720	2
K05	257163	6985462	2
K06	258414	6983575	0
K07	257962	6983145	1
K08	257781	6983997	1
K09	257382	6984262	2
K10	260052	6984010	2
K11	260574	6983589	2
K12	260637	6982769	2
K13	259773	6983040	2
K14	259278	6983511	2

Taulukko A3. Kattiharjun laajennusosan tuulivoimaloiden koordinaatit.

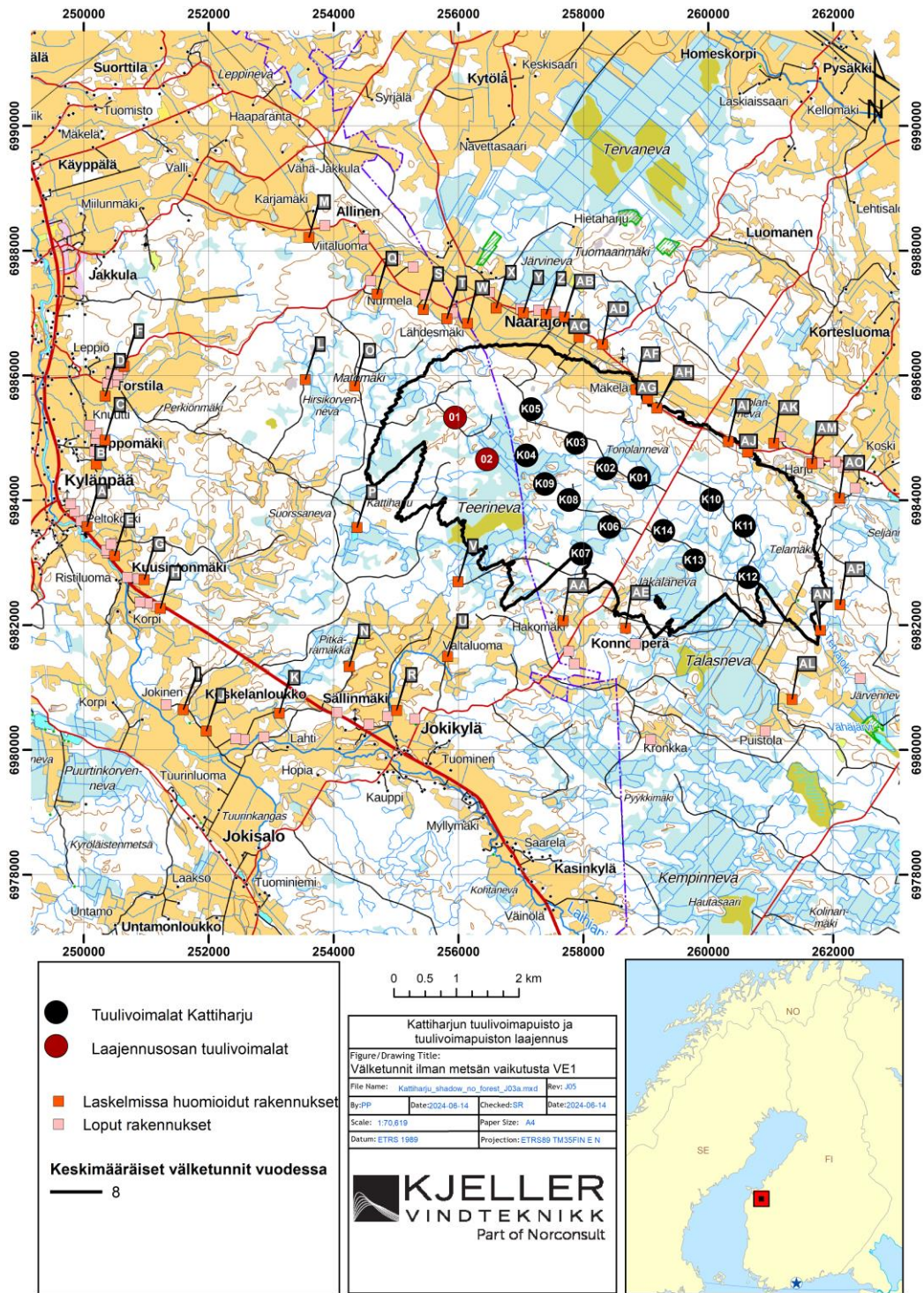
Tuulivoimala	Koordinaatit (ETRS TM35FIN)	
	Itä	Pohjoinen
WTG 01	255944	6985328
WTG 02	256455	6984657

## Liite B. ISO 9613-2 melumallinnuskartat

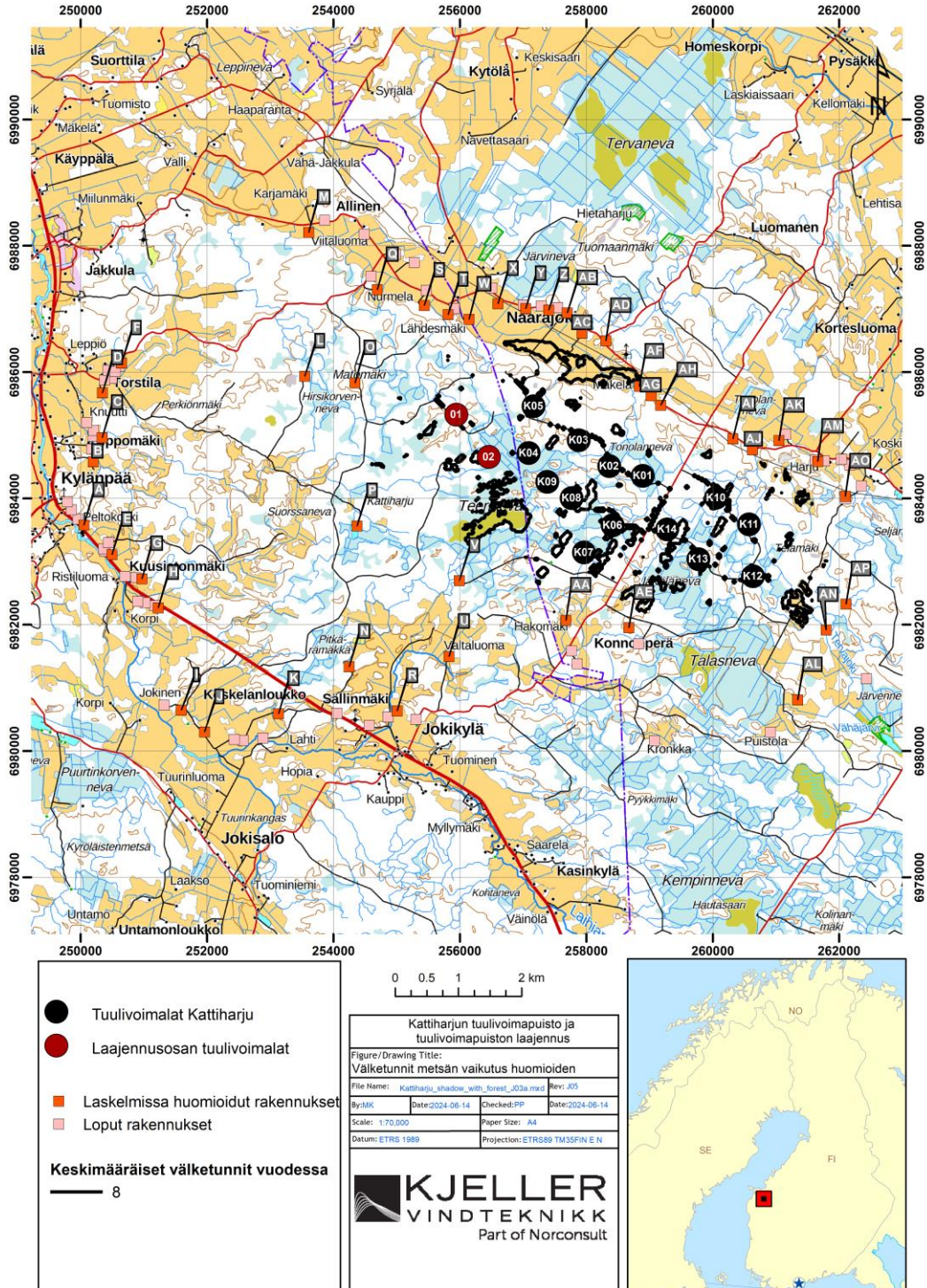


Kuva B1: ISO 9613-2 melumallinnus.

## Liite C. Vätkemallinnuskartat



Kuva C1: Vätkemallinnus ilman metsän vaikutusta.



Kuva C2: Väkelmallinnus metsän vaikutus huomioiden.