

Intercon-Energy Oy
Markku Tarkiainen
Iltatie 11 a 1
02210 Espoo

Turku 21.3.2014

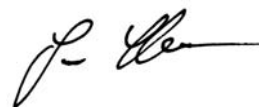
TUULIVOIMAPUISTOJEN YMPÄRISTÖMELUSELVITYS

Isoneva ja Vartinoja, Siikajoki

Tuulivoimaloiden aiheuttama melu ympäristön asuin- ja lomarakennuksilla

Selvitys tuulivoimakaavan yhteydessä

Raportin vakuudeksi

Jani Kankare
Toimitusjohtaja, FM

HELSINKI

Porvoonkatu 9 A
00510 HELSINKI
puh. 050 377 6565

www.promethor.fi

TURKU

Rautakatu 5 A
20520 TURKU
puh. 050 570 3476

promet@promethor.fi

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	3
1 Yleistä.....	4
2 Tuulivoimaloiden sijainnit ja ympäristön asuin- ja lomarakennukset	4
3 Ympäristömelun arviointi	5
3.1 Mittaus ja laskenta	5
3.2 Melua kuvaavat suureet.....	5
3.3 Meluhaittojen arviointi	6
4 Melutason ohjearvot ja tuulivoimamelun suunnitteluohjearvot.....	6
4.1 Valtioneuvoston päätös 993/1992	6
4.2 Suunnitteluohjearvot	7
4.3 Asuntojen sisätilojen pienitaajuinen melu	8
4.4 Kunnanvaltuuston vaatimukset	8
5 Melutasojen laskenta	8
5.1 Laskentamenetelmät.....	8
5.2 Lähtötiedot	9
5.2.1 Maastoprofiili ja rakennukset	9
5.2.2 Melulähteet	9
5.3 Suoritetut laskennat	10
6 Laskentatulokset.....	10
6.1 Ulkoalueiden melutaso	10
6.2 Asuntojen A-painotettu sisämelutaso	10
6.3 Asuntojen pienitaajuinen sisämelutaso	10
7 Tuulijakauman vaikutus ympäristön pitkän aikajakson melutasoon	12
8 Tulosten tarkastelua	13
9 Lisätietoja	14
10 Kirjallisuus.....	14
Liite 1.1. Tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitaso L_{Aeq} äänitehotasolla $L_{WA} = 105,5$ dB. Mittakaava 1: 50 000.	
Liite 1.2. Tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitaso L_{Aeq} äänitehotasolla $L_{WA} = 105,5$ dB. Mittakaava 1: 10 000 (joenvarren alue).	
Liite 2. Tuulivoimaloiden sijaintikoordinaatit.	

TIIVISTELMÄ

Tässä selvityksessä tarkastellaan Siikajoen Isona ja Vartiojan alueelle suunniteltujen tuulivoimaloiden aiheuttamaa ympäristömelua. Selvityksen päätarkoituksena on mitoitaa tuulivoimaloiden melupäästöt siten, että valtioneuvoston päätöksen ohjearvot ja tuulivoimamelun suunnitteluohjearvot eivät ylitä ympäristön asuin- ja lomarakennuksilla eivätkä osayleiskaavan mukaisilla rakennuspaikoilla.

Selvityksessä on huomioitu aiempien kaavoitusten sallimat tuulivoimalat Vartiojan alueella. Näin ollen tarkastelualueella on yhteensä 38 tuulivoimalaa. Selvitys on tehty tuulivoimakaavaa varten.

Selvitys perustuu laskennalliseen mallinnukseen, joka tehtiin noudattaen ympäristöministeriön 28.2.2014 julkaisemaa tuulivoimaloiden melunmallinnusohjetta. Lähtötietoina on käytetty tilaajan toimittamia sijaintitietoja ja erään ison kansainvälisen tuulivoimalatoimittajan 3 MW:n tuulivoimalan melupäästötietoja. Kokonaisäänitehotason lisäksi tiedossamme on kyseisen laitoksen terssikaistakohtaiset äänitehotasot taajuuksille 50–10000 Hz.

Asuin- ja lomarakennusten ulkoalueiden melutaso

Laskentatulosten perusteella tuulivoimaloiden äänitehotason ollessa 105,5 dB(A):

- Valtioneuvoston päätöksen 993/1992 ohjearvot alittuvat kaikilla loma- ja asuinrakennuksilla.
- Suunnitteluohjearvot alittuvat kaikilla loma- ja asuinrakennuksilla.

Asuin- ja lomarakennusten pienitaajuinen sisämelutaso

Laskentatulosten perusteella tuulivoimaloiden aiheuttaman pienitaajuisen melun taso alittaa asuin- ja lomarakennuksien sisätiloissa suunnitteluohjearvot kaikilla terssikaistoilla vähintään 15 dB.

Valtuuston vaatimukset

Koska laskentatulosten perusteella tuulivoimaloiden aiheuttama melu alittaa (toteuttaa) ympäristöministeriön asettamat melun suunnitteluarvot, ei tuulivoimaloita tarvitse sijoittaa yli 2 km etäisyydelle asuin- ja lomarakennuksista.

1 YLEISTÄ

Tässä selvityksessä tarkastellaan Siikajoen Isonevan ja Vartinojan alueelle suunniteltujen tuulivoimaloiden aiheuttamaa ympäristömelua. Selvityksen päätarkoituksena on mitoittaa tuulivoimaloiden melupäästöt siten, että valtioneuvoston päätöksen ohjearvot ja tuulivoimamelun suunnitteluohjearvot eivät ylitä ympäristön asuin- ja lomarakennuksilla eivätkä osayleiskaavan mukaisilla rakennuspaikoilla.

Selvityksessä on huomioitu aiempien kaavoitusten sallimat tuulivoimalat Vartinojan alueella. Näin ollen tarkastelualueella on yhteensä 38 tuulivoimalaa. Selvitys on tehty tuulivoimakaavaa varten.

Selvitys perustuu laskennalliseen mallinnukseen, joka tehtiin noudattaen ympäristöministeriön 28.2.2014 julkaisemaa tuulivoimaloiden melumallinnusohjetta [1]. Lähtötietoina on käytetty tilaajan toimittamia sijaintitietoja ja erään ison kansainvälisen tuulivoimalatoimittajan 3 MW:n tuulivoimalan melupäästötietoja.

Selvityksen ovat tehneet Tero Virjonen ja Jani Kankare.

2 TUULIVOIMALOIDEN SIJAINNIT JA YMPÄRISTÖN ASUIN- JA LOMARAKENNUKSET

Isonevan ja Vartinojan tuulivoimapuistoja ollaan suunnittelemassa Siikajoelle. Kuvassa 1 on esitetty tuulivoimapuistojen likimääräinen sijoittumisalue. Alueen pituus on noin 12 km. Vartinojan/Toppilan tuulipuistossa on kaavoituksen aiemmin mahdollistaneita tuulivoimaloiden paikkoja seitsemän kappaletta. Uusia tuulivoimaloita on nyt suunnitteilla Vartinojan kaava-alueelle 8 kpl ja Isonevan kaava-alueelle 23 kpl.

Kaikki tuulivoimalat tulisivat sijoittumaan yli 1 km etäisyydelle lähimmistä asuin- ja lomarakennuksista. Isonevan ja Vartinojan tuulivoimapuistojen väliin jää jokivarren osayleiskaavan alue, jossa on tällä hetkellä loma- ja vakituista asutusta. Osayleiskaava mahdollistaa alueelle lisää vakituista asuinrakentamista ja kaksi lomarakennuspaikkaa. Suunnitellut rakennuspaikat on huomioitu selvityksen laadinnassa.



Kuva 1. Tuulivoimaloiden likimääräiset sijoittumisalueet on rajattu punaisella.

3 YMPÄRISTÖMELUN ARVIOINTI

3.1 Mittaus ja laskenta

Teollisuuslaitoksen, liikenteen tms. aiheuttamaa melua voidaan arvioida mittaamalla äänitasoa haitalle mahdollisesti altistuissa kohteissa ja vertaamalla mittaustulosta ohjearvoon. Saatavat tulokset voivat kuitenkin vaihdella mittaussijainkohdasta riippuen monestakin eri syystä. Äänen eteneminen vaihtelee suurilla etäisyyksillä mm. sääolosuhteiden takia. Lisäksi taustamelu saattaa häiritä mittauksia ja luotettava tulosta tarkasteltavasta toiminnasta ei saada.

Ympäristömelua voidaan arvioida myös laskennallisesti. Laskennallisen mallinnuksen tulos on yksittäisestä säätilasta riippumaton (laskennassa säätilan oletetaan olevan äänen leviämislle suotuisa). Lisäksi laskennalla saadaan äänitaso selvitettyä myös muissakin pisteissä, kuin pelkästään mittauspisteissä.

Arvioitaessa uuden toiminnan aiheuttamaa äänitasoa, on laskennallinen mallinnus ainoa vaihtoehto.

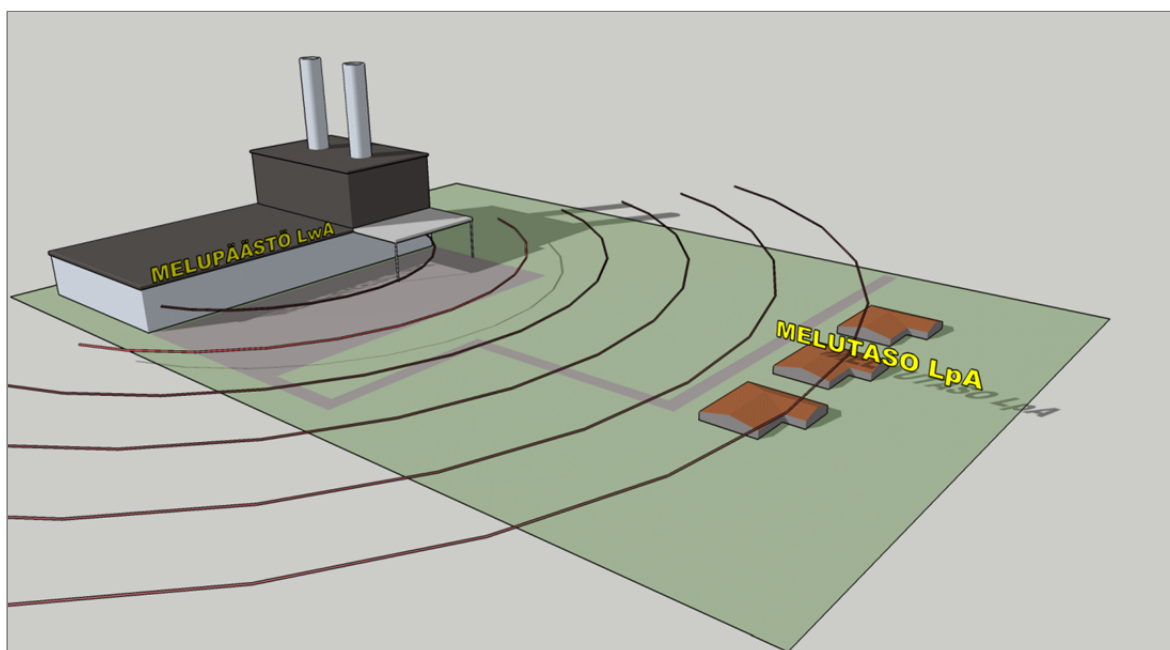
3.2 Melua kuvaavat suureet

Ympäristömeluun liittyvistä käsitteistä tärkeimmät ovat:

- melulähteen melupäästö eli meluemissio
- melun kohteena olevan paikan melutaso eli meluimmissio
- keskiäänitaso eli ekvivalentti A-äänitaso.

Melupäästö on melulähteen voimakkuus, joka yleensä ilmaistaan äänitehotasona. Äänitehotaso on äänilähteen oma, sijoituspaikasta ja ympäristöstä riippumaton perusominaisuus. Kokonaismelupäästönä ilmoitetaan tavallisesti A-painotettu äänitehotaso L_{WA} .

Melutaso on kohteen tai kuuntelupisteen äänitaso, joka yleensä ilmaistaan A-painotettuna äänenpainetasona. A-painotus on tarkoitettu ihmisen kokeman meluhäiriön arviointiin. Äänenpainetasomittarissa se toteutetaan mittaussignaalin suodattimella, joka jäljittelee ihmisen korvan ja kuuloaistin herkkyyttä erikorkuisille äänille.



Kuva 2. Melun leviäminen lähteestä havaintopisteeseen.

Huomioitavaa on, että sekä havaittavan äänitason että äänitehotason yksikkö on desibeli (dB). Suureita ei tule sekoittaa keskenään! Äänitehotaso on äänilähteen oma, sijoituspaikasta ja ympäristöstä riippumaton perusominaisuus. Havaittava äänitaso sen sijaan riippuu mm. äänilähteen äänitehotasosta, etäisyydestä sekä muista ääntä vaimentavista/vahvistavista tekijöistä.

3.3 Meluhaittojen arviointi

Ympäristömelun häiritsevyyden arviointiin käytetään melun A-äänitasoa. Kun pitkän ajanjakson aikana esiintyvää vaihtelevaa melua ja ihmisen kokemaa terveys- tai viihtyvyyshaittaa kuvataan yhdellä luvulla, käytetään keskiäänitasoa. Keskiäänitason muita nimityksiä ovat ekvivalentti A-äänitaso ja ekvivalenttitaso ja sen tunnus on L_{Aeq} .

Keskiäänitaso ei ole pelkkä äänitason tavallinen keskiarvo. Määritelmään sisältyvä neliöön korotus merkitsee, että keskimääräistä suuremmat äänenpaineet saavat korostetun painoarvon lopputuloksessa. Keskiäänitaso siis korostaa suurimpia hetkellisiä äänitasoja. Toisaalta, jos melulähde toimii vain osan ajasta, sen pitkälle aikavälille (esim. päiväajalle klo 7–22) laskettu keskiäänitaso on pienempi kuin toiminnan aikana vallitseva hetkellinen A-äänitaso.

Tuulivoimaloiden osalta tulee tapauskohtaisen harkinnan perusteella arvioida myös asuntojen sisätiloihin aiheutuvan pienitaajuisen äänen voimakkuus.

4 MELUTASON OHJEARVOT JA TUULIVOIMAMELUN SUUNNITTELUOHJEARVOT

Tuulivoimalan sijoituksen suunnitteluun ei ole olemassa määräysarvoja, joita melutason tulisi täyttää. Ympäristöministeriön ohjeessa 4/2012 [2] on todettu, että melun häiritsevyydestä johtuen yleisesti käytetyt valtioneuvoston päätöksen 993/1992 [3] ohjearvot (taulukko 1) eivät suoraan sovellu tuulivoimamelun häiritsevyyden arviointiin. Ohjeen mukaan tuulivoimaloiden suunnittelussa suositellaan käytettävän ohjeessa esitettyjä suunnitteluohjearvoja (taulukko 2). Ne perustuvat pääosin muiden maiden kokemuksiin tuulivoimaloiden tuottaman äänen häiriövaikutuksista ja muissa maissa käytössä oleviin tuulivoimalamelulle annettuihin ohjearvoihin.

4.1 Valtioneuvoston päätös 993/1992

Lähinnä kaavoituksen ja maankäytön kannalta käytettävät ohjearvot on annettu 1.1.1993 voimaan astuneessa valtioneuvoston päätöksessä 993/1992. Taulukossa 1 on esitetty päätöksen sisältämät ohjearvot ulkona havaittavalle ympäristömelulle. Päätöstä sovelletaan meluhaittojen ehkäisemiseksi ja ympäristön viihtyisyyden turvaamiseksi maankäytön, liikenteen ja rakentamisen suunnittelussa sekä rakentamisen lupamenettelyssä. Päätöstä ei sovelleta teollisuus-, katu- ja liikennealueilla eikä melusuoja-alueiksi tarkoitetuilla alueilla.

Taulukko 1. Ulkoalueiden keskiäänitason L_{Aeq} ohjearvot [3]

Alueen käyttötarkoitus	Keskiäänitaso L_{Aeq}	
	Klo 7–22	Klo 22–7
Asumiseen käytettävät alueet, virkistysalueet taajamissa ja taajamien välittömässä läheisyydessä	55 dB(A) ¹	50 dB(A) ^{1,2}
Hoito- tai oppilaitoksia palvelevat alueet	55 dB(A)	50 dB(A) ³
Loma-asumiseen käytettävät alueet, leirintäalueet, taajamien ulkopuolella olevat virkistysalueet ja luonnonsuojelualueet	45 dB(A)	40 dB(A) ⁴

¹ Loma-asumiseen käytettävillä alueilla taajamassa voidaan soveltaa näitä ohjearvoja.

² Uusilla alueilla yöohjearvo on 45 dB(A).

³ Oppilaitoksia palvelevilla alueilla ei sovelleta yöohjearvoa.

⁴ Yöohjearvoa ei sovelleta sellaisilla luonnonsuojelualueilla, joita ei yleisesti käytetä oleskeluun tai luonnon havainnointiin yöllä.

Päätöksessä on maininta, että jos melu on luonteeltaan iskumaista tai kapeakaistaista, mittaus- tai laskentatulokseen lisätään 5 dB ennen sen vertaamista edellä mainittuihin ohjearvoihin.

4.2 Suunnitteluohjearvot

Ympäristöministeriön ohjeessa annetut suunnitteluohjearvot on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Ulkoalueiden keskiäänitason L_{Aeq} suunnitteluohjearvot [2]

Alueen käyttötarkoitus	Keskiäänitaso L_{Aeq}	
	Klo 7–22	Klo 22–7
Asumiseen käytettävillä alueilla, loma-asumiseen käytettävillä alueilla taajamissa, virkistysalueilla	45 dB(A)	40 dB(A)
Loma-asumiseen käytettävillä alueilla taajamien ulkopuolella, leirintäalueilla, luonnonsuojelualueilla*	40 dB(A)	35 dB(A)
Muilla alueilla	Ei sovelleta	Ei sovelleta

* yöarvoa ei sovelleta luonnonsuojelualueilla, joita ei yleisesti käytetä oleskeluun tai luonnon havainnointiin yöllä.

Tuulivoimarakentamisen ulkomelutason suunnitteluohjearvot määritetään A-taajuuspainotettuna keskiäänitasona L_{Aeq} erikseen yhden vuorokauden päiväajan (klo 7–22) ja yöajan (klo 22–7) osalta. Kyse ei ole hetkellisistä enimmäisäänitasoista. Tämä tarkoittaa, että kunkin vuorokauden päiväajan 15 tunnin (klo 7–22) keskimääräisen ulkomelutason (L_{Aeq}) on tarkoitus pysyä annetun päiväajan suunnitteluohjearvon mukaisena. Vastaavasti kunkin vuorokauden yöajan osalta 9 tunnin (klo 22–7) keskimääräisen ulkomelutason (L_{Aeq}) on tarkoitus pysyä annetun yöajan suunnitteluohjearvon mukaisena.

Ohjeessa on lisäksi kirjoitettu, että mikäli tuulivoimalan ääni on tarkastelupisteessä soivaa (tonaalista), kapeakaistaista tai impulssimaista tai se on selvästi sykkivää (amplitudimoduloitua eli äänen voimakkuus vaihtelee ajallisesti), lisätään laskenta- tai mittaustulokseen viisi desibeliä ennen suunnitteluohjearvoon vertaamista.

Tuulivoimamelun mallinnusohjeessa [1] on kuitenkin todettu, että amplitudimodulaatioon liittyvää korjausta ei lähtökohtaisesti tehdä mallinnuksiin, mikäli valmistajan tietojen mukaan tai mittausten perusteella ei ole syytä olettaa melua impulssimaiseksi tai amplitudimoduloituksi. Ko. valmistaja ei ole ilmoittanut voimaloiden aiheuttaman melun olevan amplitudimoduloitua, kapeakaistaista tai impulssimaista.

4.3 Asuntojen sisätilojen pienitaajuinen melu

Ympäristöministeriön ohjeessa [2] on esitetty, että pienitaajuisen äänen osalta asuntojen sisätiloissa käytetään Asumisterveysohjeen [4] mukaisia terssikaistoittain määritettyjä taajuuspainottamattomia tunnin keskiäänitasoon $L_{eq,1h}$ perustuvia suunnitteluohjearvoja (taulukko 3).

Taulukko 3. Sisätilojen pienitaajuisen äänitason suunnitteluohjearvot [2, 4]

Terssikaistan keskitaajuus (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

* päiväaikana voidaan hyväksyä noin 5 dB suurempia arvoja.

4.4 Kunnanvaltuuston vaatimukset

Kunnanvaltuusto on 19.3.2014 pitämässään kokouksessa päättänyt, uusien tuulivoimaloiden etäisyyden tulisi olla vähintään 2 km asuin- ja lomarakennuksista. Päätöksen mukaan metrimääristä voidaan kuitenkin poiketa, jos voidaan osoittaa, että hanke täyttää ympäristöministeriön asettamat melun suunnittelu-arvot sekä muut säädöspohjaiset määräykset.

Huom. Tässä selvityksessä tuulivoimalat sijaitsevat lähempänä kuin esitetty 2 km. Näin on voitu tehdä koska hanke kuitenkin täyttää vaaditut muut vaatimukset.

5 MELUTASOJEN LASKENTA

5.1 Laskentamenetelmät

Tuulivoimaloiden melutasojen laskenta tehtiin ohjelmalla DataKustik Cadna 4.4 käyttäen standardia ISO 9613-2 [5]. Asuntojen sisätiloihin aiheutuvan pienitaajuisen äänen voimakkuus laskettiin tanskalaisen ohjeistuksen [6] mukaan (DSO 1284). Laskennat suoritettiin ympäristöministeriön ohjetta [1] noudattaen.

Tuulivoimaloiden äänitehotasotietojen perusteella määritetään voimaloiden aiheuttama äänenpainetaso tarkastelupisteissä erilaiset ääntä vaimentavat ja vahvistavat tekijät huomioiden. Vaimennus- ja vahvistustekijöinä huomioidaan mm. geometrinen leviäminen, estevaimennus ja maavaimennus. Puuston äänitason pienentävää vaikutusta ei ole huomioitu. Pienitaajuisen äänen laskennat suoritettiin DSO 1284 mukaan huomioimalla etäisyysvaimennus, ilmakehän aiheuttama vaimennus sekä maaperän tai vesialueen aiheuttama vaikutus. Pienitaajuisen äänen laskennat suoritettiin taulukkolaskentana.

Melumallinnuksen laskentatulokset vastaa ”normaalin melulähteen tilanteessa” pitkän ajanjakson keskiäänitason melun leviämiseksi suotuisissa sääolosuhteissa. Normaalitylanteessa melulähteen melupäästö on vakio. Tuulivoimaloiden tapauksessa näin ei ole, vaan melupäästö muuttuu lähes jatkuvasti tuulen nopeuden ja suunnan mukaan. Raportin liitteinä olevat melukartat vastaavat yöajalle määritetyn suurimman sallitun melupäästön mukaista tilannetta olosuhteissa, joissa melun leviäminen on suotuisaa samanaikaisesti kaikkiin ilmansuuntiin.

Taulukossa 4 on esitetty laskennassa käytetyt laskenta-asetukset. Laskennan epävarmuus on sisällytetty tuulivoimalan äänen melupäästöarvoon, sillä käytetyn melupäästöarvon on oletettu olevan hankittavien tuulivoimaloiden laitevalmistajan arvioima takuuarvo.

Taulukko 4. Laskenta-asetukset

Parametri	Käytetty arvo
Laskentaruudun koko	10 m x 10 m
Laskentakorkeus	4 m
Melutason laskentaetäisyys	4000 m
Maanpinnan akustinen kovuus	0,4 (puolikova)
Rakennusten heijastus	Absorptiokerroin 0,2 (lähes täysin kova)
Heijastusten lukumäärä	1
Lämpötila ja suhteellinen kosteus	+15 °C ja 70 %
Sääolosuhde	Neutraali tai stabiili sääolosuhde, meteorologinen korjaus: 0

5.2 Lähtötiedot

5.2.1 Maastoprofiili ja rakennukset

Tarkasteltavan ja sitä ympäröivän alueen maastomalli sekä tiedot rakennuksista hankittiin Maanmittauslaitokselta. Maastomalli on luotu Maanmittauslaitoksen korkeusmallista, jossa korkeuspisteet ovat 10 m x 10 m verkossa. Korkeuskäyrät on tuotu melukarttoihin vain visuaalisuuden vuoksi. Lisäksi tilaajan edustajilta saatiin tuulivoimaloiden sijainnit sekä kaava-alueiden rajaukset ja uusien tulevien rakennusten paikat. Rakennukset on esitetty melukartoissa käyttötarkoituksen mukaan eri väreillä:

- nykyiset asuinrakennukset mustalla
- tulevat (kaava) asuinrakennukset punaisella
- tulevat (kaava) lomarakennukset pinkillä
- lomarakennukset oranssilla
- muut rakennukset harmaalla.

Merkinnät perustuvat Maanmittauslaitoksen aineistoon sekä tilaajalta ja kunnalta saatuihin tietoihin.

5.2.2 Melulähteet

Suunnitellut tuulivoimalat ovat nimellisteholtaan noin 3 MW voimaloita, joiden napakorkeutena laskennassa käytettiin 120 m. Nykyaikaisten voimaloiden melupäästöä (äänitehotasoa) voidaan tarvittaessa rajoittaa erilaisilla toimenpiteillä. Toimenpiteet ovat käytännössä lapakulmien säätöä ja pyörimisnopeuden hallintaa. Toisin sanoen voimalan melupäästö voidaan rajoittaa tiettyyn ennalta määritettyyn tasoon. Melupäästön rajoittaminen vaikuttaa pienentävästi tuulivoimalan sähköntuottoon.

Melutasojen laskennassa tuulivoimaloiden vaimentamaton A-painotettu kokonaisäänitehotaso on $L_{WA} = 105,5 \text{ dB(A)}$. Äänitehotaso on tuulivoimalalle ilmoitettu suurin melupäästö. Käytetyn tuulivoimalan äänitehotasotiedot ovat erään ison kansainvälisen tuulivoimalatoimittajan tietoja. Koska melupäästön terssi-kaistakohtaiset äänitehotasot on saatu käyttöömmme luottamuksellisena, ei niitä tässä selvityksessä esitetä. Ne voidaan tarvittaessa esittää viranomaiselle luottamuksellisena tietona. Voimaloiden roottorin halkaisija on 110 m.

5.3 Suoritetut laskennat

Selvityksessä on mallinnettu tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitaso suurimman melupäästön mukaisessa käyttötilanteessa. Toisin sanoen samaan aikaan kaikkien voimaloiden melupäästö on suurimmillaan.

Melukartoissa ei ole esitetty melutasoja vesialueiden päällä. Melukartat on esitetty niille alueille, joille tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitaso ylittää 35 dB(A).

Pienitaajuisen melun sisä-äänitasoja tarkasteltiin neljään (4) pisteeseen.

6 LASKENTATULOKSET

6.1 Ulkoalueiden melutaso

Laskentatulokset tuulivoimaloiden aiheuttamasta melun leviämisestä on esitetty liitteinä olevissa melukartoissa. Laskettu keskiäänitaso vastaa sekä päivä- että yöajan keskiäänitasoa olettaen säätilan pysyvän koko ajan melun leviämisen kannalta suotuisana ja tuulivoimaloiden melupäästön vakiona. Seuraavassa esitetään laskentatulokset tiivistetysti.

Melutason ohjearvot

Valtioneuvoston päätöksen 993/1992 ohjearvot alittuvat kaikilla melulle herkillä kohteilla tuulivoimalan äänitehotasolla $L_{WA} = 105,5$ dB(A).

Suunnitteluohjearvot

Tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitaso L_{Aeq} on kaikilla lomarakennuksilla ja vakituksilla asuinrakennuksilla alle päivä- ja yöajan suunnitteluohjearvojen tuulivoimalan äänitehotasolla $L_{WA} = 105,5$ dB(A).

6.2 Asuntojen A-painotettu sisämelutaso

Tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitaso loma- tai asuinrakennuksen julkisivuun on suurimmillaan alle 35 dB(A). Koska normaalisti rakennetun loma- tai asuinrakennuksen julkisivun ääneneristävyys on arviolta vähintään 20...25 dB, voidaan asuntojen sisämelutason arvioida alittavan Asumisterveysohjeen A-painotetut ohjearvot 35 dB(A) (päivä) ja 30 dB(A) (yö).

6.3 Asuntojen pienitaajuinen sisämelutaso

Taulukossa 6 on esitetty tarkastelupisteisiin lasketut pienitaajuisen melun äänitasot sekä arviot sisätiloihin aiheutuvista äänitasoista. Laskennassa melulähteinä huomioitiin neljä tarkastelupistettä lähinnä olevaa tuulivoimalaa.

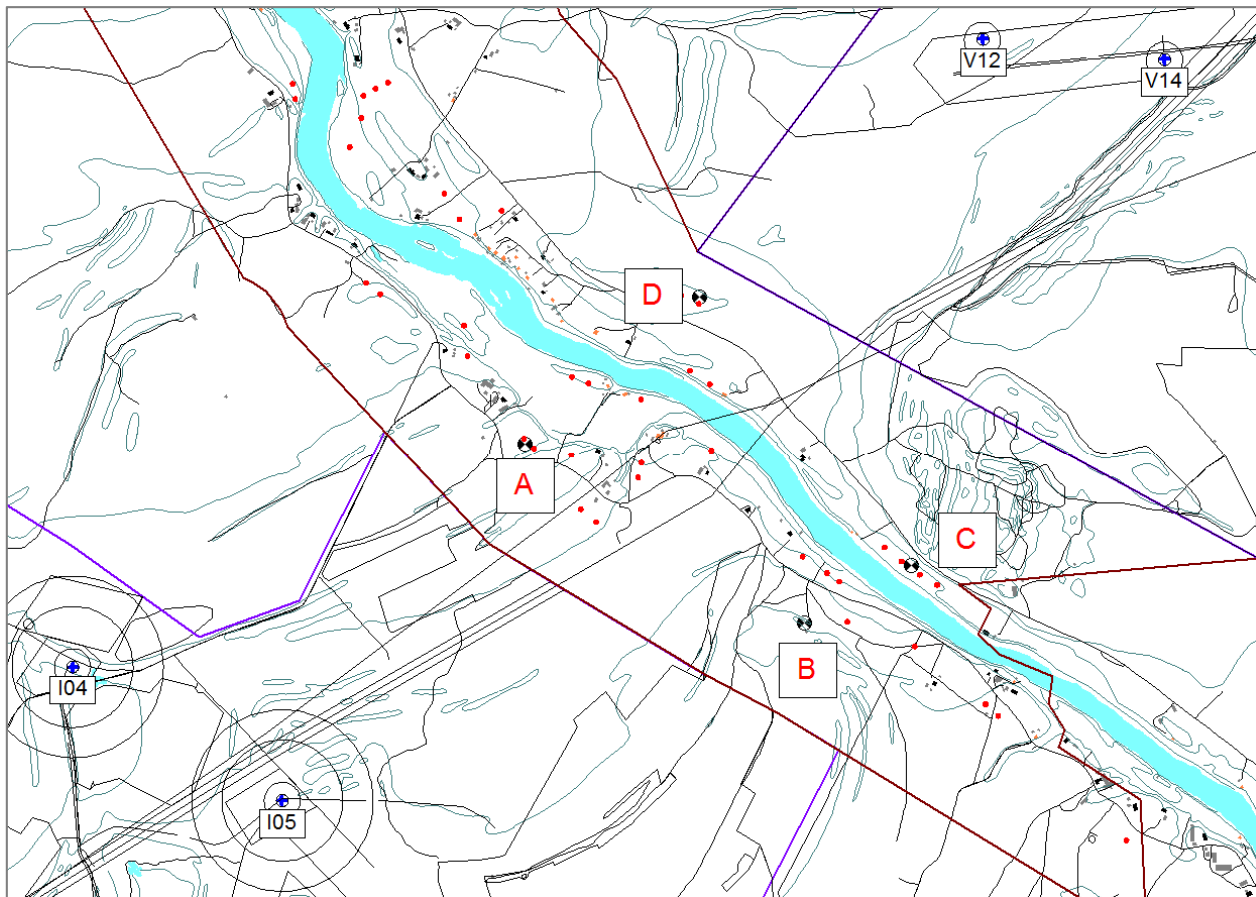
Pienitaajuisen melun osalta tarkastelu on tehty taajuusvälille 20–200 Hz.

Sisämelutasot on arvioitu käyttäen hyväksi selvityksen [6] (taulukko 5) keskimääräisiä ääneneristävyksiä pienitaajuiselle äänelle (200 Hz on arvioitu). Samaa eristävyysarvoa on käytetty sekä lomarakennuksille että asuinrakennuksille.

Taulukko 5. DSO 1824 mukainen julkisivun keskimääräinen ääneneristävyys [6]

Taajuus	20 Hz	25 Hz	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
Eristävyys	7 dB	8 dB	11 dB	11 dB	13 dB	17 dB	20 dB	21 dB	20 dB	21 dB	21 dB

Kuvassa 3 on esitetty pienitaajuisen sisämelutason tarkastelupisteet. Pisteet on sijoitettu niille asuin- ja lomarakennuksille, joilla äänitaso on suurimmillaan.



Kuva 3. Pienitaajuisen melun tarkastelupisteet.

Taulukko 6. Tuulivoimaloiden julkisivuihin aiheuttamat sekä sisätiloihin arvioidut äänitasot

	Taajuuspainottamaton äänitaso [dB]										
Terssi- kaista- taajuus	20 Hz	25 Hz	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
Piste	<i>Julkisivuun kohdistuva tunnin keskiäänitaso</i>										
A	52	49	46	44	42	41	38	37	33	31	29
B	52	49	45	43	41	40	37	36	33	30	28
C	52	49	46	44	42	40	38	37	33	30	29
D	53	50	46	44	42	41	38	37	34	31	29
	<i>Sisätiloihin arvioitu tunnin keskiäänitaso</i>										
A	46	41	35	32	29	24	18	16	13	9	8
B	45	40	34	32	28	23	18	15	13	9	7
C	46	41	35	32	29	24	18	16	13	9	8
D	46	41	35	33	29	24	19	16	14	10	8
	<i>Suunnitteluohjearvo</i>										
	74	76	56	49	44	42	40	38	36	34	32

Taulukon 6 mukaisesti arvioidut sisä-äänitasot ovat vähintään 15 dB pienempiä kaikilla taajuuskaistoilla kuin suunnitteluohjearvojen mukaiset suurimmat sallitut arvot.

7 TUULIJAKAUMAN VAIKUTUS YMPÄRISTÖN PITKÄN AIKAJAKSON MELUTASOON

Pitkän aikajakson, esimerkiksi kuukauden tai vuoden, keskiäänitasoon vaikuttaa tuulen suuntajakauma ja tuulen nopeusjakauma. Tuulen suuntajakauma vaikuttaa melun leviämiseen ja tuulen nopeus tuulivoimaloiden melupäästöihin. Käytettävällä mallinnusmenetelmällä ei tuulijakauman vaikutusta saada kunnolla mallinnettua eikä sitä ole mallinnusohjeessa [1] esitetty tehtävänsä. Tuulen suunta- ja nopeusjakaumien aiheuttamaa pitkän ajan vaikutusta voidaan kuitenkin karkeasti arvioida aiemmin toisiin tarkastelu-kohteisiin tekemiemme selvitysten perusteella. Tuulen suuntajakauman vaikutus on, että pitkänajan keskiäänitaso on noin 1...4 dB melukartoissa esitettyjä keskiäänitasoja pienempi riippuen ilmansuunnasta. Tuulen nopeusjakauman vaikutus on arviolta yli 3 dB keskiäänitasoa pienentävä kaikissa ilmansuunnissa.

Suunnitteluohjearvot on annettu yhden päiväaikaajakson ja yhden yöaikaajakson mukaisille aikajaksoille. Näin ollen suunnitteluohjearvoihin tehtävässä vertailussa tuulen suuntajakauman ja nopeusjakauman vaikutus on vähäisempi kuin pidemmän aikajakson osalta. Tuulen nopeus ja suunta voi pysyä likimain samansuuruisena ja riittävän voimakkaana aiheuttaen likimain maksimimelupäästön esimerkiksi yhden vuorokauden, mutta pidemmissä aikajaksoissa tuulen suunta ja nopeus aina vaihtelevat. Pienemmillä tuulennopeuksilla tuulivoimaloiden melupäästö on selvästi laskennassa käytettyä arvoa pienempi. Pienillä tuulennopeuksilla melupäästö voi olla yli 10 dB nimellistehon mukaista melupäästöä pienempi. Toisin sanoen ympäristön melutilanne ei ole kuin pienen osan vuoden vuorokausista liitteenä esitetyn melukartan mukainen. Laskennoissa käytetty voimaloiden melupäästö on suurin tuulivoimalalle ilmoitettu lähtömeluarvo.

8 TULOSTEN TARKASTELUA

Asuin- ja lomarakennusten ulkoalueiden melutaso

Laskentatulosten perusteella tuulivoimaloiden äänitehotason ollessa 105,5 dB(A):

- Valtioneuvoston päätöksen 993/1992 ohjearvot alittuvat kaikilla loma- ja asuinrakennuksilla.
- Suunnitteluohjearvot alittuvat kaikilla loma- ja asuinrakennuksilla.

Asuin- ja lomarakennusten pienitaajuinen sisämelutaso

Laskentatulosten perusteella tuulivoimaloiden aiheuttaman pienitaajuisen melun taso alittaa asuin- ja lomarakennuksien sisätiloissa suunnitteluohjearvot kaikilla terssikaistoilla vähintään 15 dB.

Valtuuston vaatimukset

Koska laskentatulosten perusteella tuulivoimaloiden aiheuttama melu alittaa (toteuttaa) ympäristöministeriön asettamat melun suunnitteluarvot, ei tuulivoimaloita tarvitse sijoittaa yli 2 km etäisyydelle asuin- ja lomarakennuksista.

Muita huomioita

Tässä selvityksessä tuulivoimaloiden peruslähtömeluarvona käytettiin 105,5 dB(A) erään tiedossamme olevan nimellisteholtaan kolmen megawatin voimalan mukaisesti. Selvityksessä käytetty lähtömeluarvo 105,5 dB(A) ei ole suurin sallittu arvo pienimmänkin suunnitteluohjearvon 35 dB(A) (yöajan keskiäänitaso lomarakennuksella) saavuttamiseksi. Suuremmalla lähtömeluarvolla voi kuitenkin osaan lähimpänä asuin- ja lomarakennuksia olevia tuulivoimaloita kohdistua melupäästön rajoittamistarve.

Tuulivoimaloiden hankinnan yhteydessä tulee varmistaa, että valmistajan ilmoittama lähtömeluarvo on takuuarvo. Lisäksi hankinnan yhteydessä tulee kiinnittää huomiota siihen, että tuulivoimaloista ei lähtisi soivaa (tonaalista), kapeakaistaista tai impulssimaista ääntä. Jos tuulivoimaloiden melussa on edellä mainittuja ominaisuuksia, tulee melupäästöihin tehdä viiden desibelin lisäys toteutuvan tuulivoimalan mukaisessa melumallinnuksessa.

Lisäksi ympäristöministeriön ohjeessa [2] on kirjoitettu, että mikäli tuulivoimalan ääni on tarkastelupisteessä selvästi sykkivää (amplitudimoduloitua eli äänen voimakkuus vaihtelee ajallisesti), lisätään laskenta- tai mittaustulokseen viisi desibeliä ennen suunnitteluohjearvoon vertaamista. Tuulivoimamelun mallinnusohjeessa [1] on kuitenkin todettu, että amplitudimodulaatioon liittyvää korjausta ei lähtökohdaisesti tehdä mallinnuksiin, mikäli valmistajan tietojen mukaan tai mittausten perusteella ei ole syytä olettaa melua impulssimaiseksi tai amplitudimoduloiduksi. Käytetyn tuulivoimalan kohdalla valmistaja ei ole ilmoittanut melun olevan amplitudimoduloitua. Tuulivoimaloiden hankinnan yhteydessä toimittajan kanssa käytävissä neuvotteluissa ja takuuarvoista sovittaessa myös amplitudimodulaation on kiinnitettävä huomioita.

9 LISÄTIETOJA

Tero Virjonen
Promethor Oy

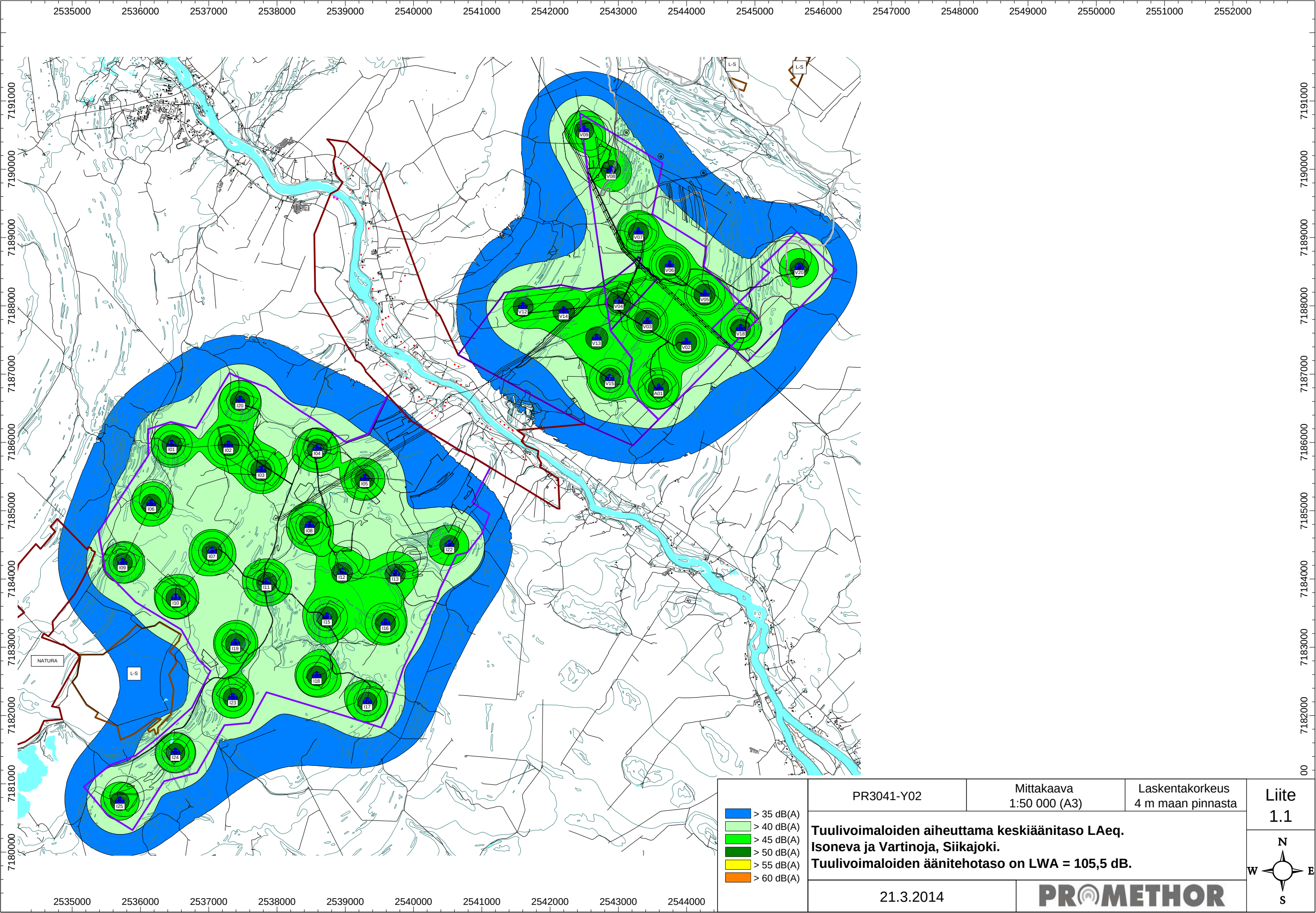
Jani Kankare
Promethor Oy

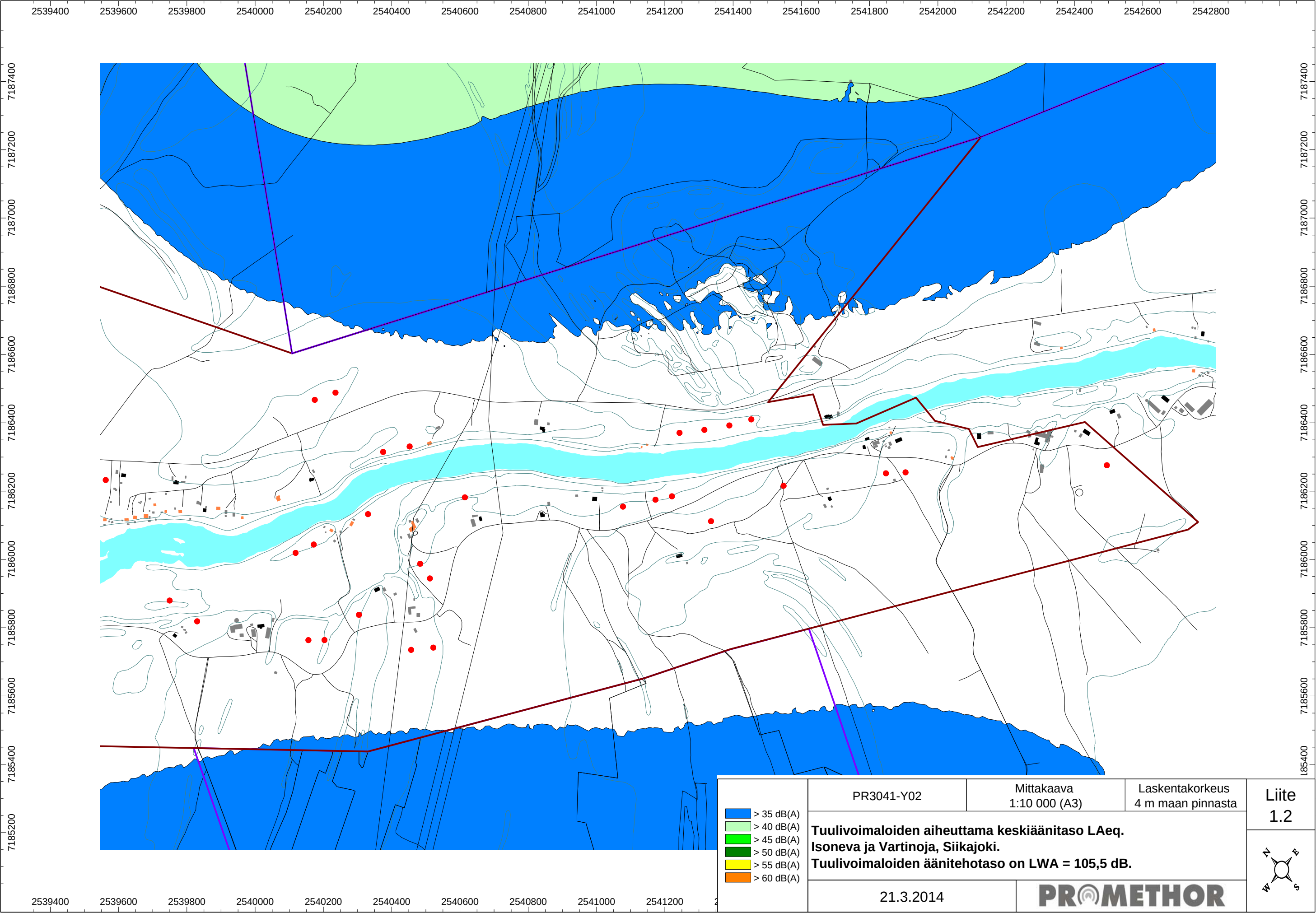
puh. 040 082 3557
sp. tero.virjonen@promethor.fi

puh. 040 574 0028
sp. jani.kankare@promethor.fi

10 KIRJALLISUUS

1. Ympäristöministeriö. Tuulivoimaloiden melun mallintaminen. Ympäristöhallinnon ohjeita 2 / 2014.
2. Ympäristöministeriö. Ohjeita 4/2012. Tuulivoimarakentamisen suunnittelu.
3. Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista 993/1992.
4. Sosiaali- ja terveysministeriö. Asumisterveysohje. 2003
5. ISO 9613-2:1996. Acoustics -- Attenuation of sound during propagation outdoors -- Part 2: General method of calculation.
6. The Dannish Ministry of the Environment. 2011. Statuary Order on Noise from Wind Turbines. Translation of Statutory Order no. 1284 of 15 Decenber 2011. 14 s.





Tuulivoimaloiden sijaintikoordinaatit

Tuulivoimala	Sijaintipaikan koordinaatit		
	X [m]	Y [m]	Z [m]
I01	2536457	7185969	20
I02	2537288	7185957	22
I03	2537769	7185590	23
I04	2538590	7185908	26
I05	2539284	7185467	30
I06	2536157	7185099	18
I07	2537050	7184402	22
I08	2538476	7184780	29
I09	2535738	7184238	20
I10	2536518	7183719	23
I11	2537847	7183950	28
I12	2538951	7184095	35
I13	2539733	7184071	37
I15	2538732	7183440	33
I16	2539589	7183352	34
I17	2539323	7182200	33
I18	2538581	7182579	33
I19	2537389	7183056	27
I20	2537460	7186612	22
I22	2540524	7184502	33
I23	2537354	7182261	32
I24	2536512	7181456	31
I25	2535696	7180744	32
V04	2543004	7188062	28
V09	2542498	7190577	22
V12	2541600	7187986	25
V13	2542680	7187524	28
V14	2542199	7187920	26
V15	2542875	7186932	30
V18	2544792	7187663	35

V20	2545650	7188558	34
A01*	2543588	7186791	32
V02*	2543994	7187463	32
V03*	2543426	7187764	30
V05*	2544266	7188167	32
V06*	2543752	7188595	30
V07*	2543293	7189079	27
V08*	2542893	7189986	25

I = Isonneva, V = Vartionoja, A = Antinneva, *= nykyisessä kaavassa.

Koordinaattijärjestelmä: ETRS-TM35FIN N2000