

## Sisä-Suomen tuulivoimaselvitys

Projekti YTJ 035



Etelä-Karjalan liitto



ETELÄ-SAVON  
MAAKUNTALIITTO



KESKI-SUOMEN LIITTO  
Regional Council of Central Finland



Pohjois-Karjalan  
MAAKUNTALIITTO



POHJOIS-SAVON  
LIITTO



Merja Paakkari  
Hafmex Wind Oy  
10/6/2011

# Sisältö

---

<b>Yleinen osuus</b>	<b>2</b>
Johdanto	2
Tuulivoimatuotanto ja kaavoitus	3
Tuulivoimatuotannon maankäytölliseen sijoittumiseen vaikuttavat tekijät	4
Työn vaiheet	9
Etelä-Savo maakunnallinen osuus raportista	17
<b>Yhteenveto</b>	<b>55</b>

## Yhteyshenkilöt

### Maakuntaliitot:

Pirjo Iivanainen

Etelä-Karjalan liitto

Osoite. Kauppakatu 40D, 53100 Lappeenranta

Puh. 05 6163 108

Email. [pirjo.iivanainen@ekarjala.fi](mailto:pirjo.iivanainen@ekarjala.fi)

### Pääkonsultti:

Merja Paakkari

Hafmex Wind Oy

Osoite. Luoteisrinne 5, 02270 Espoo

Puh. 050 5955 877

Email. [merja.paakkari@hafmex.fi](mailto:merja.paakkari@hafmex.fi)

# Sisä-Suomen potentiaaliset tuulivoima-alueet – yleinen osuus

---

## Johdanto

Tuulivoimatuotantoa on käsitelty Suomessa maakuntakaavatasolla toistaiseksi lähinnä rannikko- ja tunturialueilla. Valtakunnalliset alueidenkäytön tavoitteet vuodelta 2001 tarkistettiin marraskuussa 2008 ja ne astuivat voimaan maaliskuussa 2009. Tuulivoimatuotannon osalta uusissa tavoitteissa ohjeistetaan, että maakuntakaavoituksessa on osoitettava tuulituotantoon soveltuvat alueet koko maata koskien, aiemmissa tavoitteissa ohjeistus koski ainoastaan rannikko- ja tunturialueita. Tuulivoimalat on tavoitteiden mukaan sijoitettava ensisijaisesti keskitetysti useamman voimalan yksiköihin eli tuulipuistoihin. Uudistetut tavoitteet ovat antaneet merkittävän kimmokkeen myös maakuntakaavatarkastelulle.

Vuoden 2010 lopussa Suomessa oli yhteensä 130 tuulivoimalaa, joiden yhteenlaskettu teho oli noin 197 MW. Valtioneuvoston pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategian mukainen tavoite on saavuttaa Suomessa vuoteen 2020 mennessä 2000 MW:n tuulivoimatuotannon teho eli tuottaa yli 6 TWh energiaa vuosittain. Vertailun vuoksi on hyvä huomata, että suunnitteilla tai vireillä olevia tuulivoimahankkeita on julkaistu Suomessa noin 9000 MW:n edestä, joista maalle rakennettavien osuus on noin 2500 MW. Kehitystä vauhdittaa hallituksen huhtikuussa hyväksymä uusiutuvan energian velvoitepaketti ja siihen liittyvä tuulivoimalla tuotetun sähkön syöttötariffi, joka tuli voimaan vuoden 2011 maaliskuussa.

Sisä-Suomen potentiaaliset tuulivoima-alueet- hankkeen tavoitteena oli selvittää kuuden maakunnan (Kainuu, Pohjois-Savo, Etelä-Savo, Pohjois-Karjala, Keski-Suomi ja Etelä-Karjala) alueella sijaitsevat tuulivoimatuotantoon soveltuvat alueet, jotka voidaan ottaa maakuntien maakuntakaavoihin ja joissa voidaan käynnistää konkreettiset tutkimukset mahdollisuuksista tuulivoimapuistojen perustamiselle. Tarkasteluun otettiin laajempia alueita, joilla on maakunnallista merkitystä, eli ne ovat vähintään 10 km<sup>2</sup>:n laajuisia tai niille voidaan rakentaa vähintään kolme tuulivoimalaa.

Lähtötilanneselvitys laadittiin osana Pasi Pitkäsén (Pohjois-Karjalan maakuntaliitto) opinnäytetyötä YTK:ssa. Selvityksessä käytiin läpi tuulivoimapuistojen rakentamisen edellytyksiä Suomessa lähinnä kansallisen tukipolitiikan ja kaavallisen ohjauksen kannalta. Lisäksi siinä koottiin yhteen Itä-Suomessa käynnissä olevat hankkeet tai suunnitelmat sekä tuulivoiman maankäytölliseen sijoittumiseen vaikuttavat tekijät kriteeristöineen.

Potentiaaliset tuulivoima-alueet selvitettiin alustavasti maakuntien liitoissa käyttäen tuuliatlaksen tietoja, maakuntakaavan aluevarauksia, sähköverkkoja, tiestöä ja maastotietoja. Alueista suljettiin pois ne alueet, jotka olivat soveltumattomia tuulipuistoille asutuksen, elinkeinotoimintojen, lentoturvallisuuden, rantavyöhykkeiden, vesistöjen, arvokkaiden luonto- tai kulttuuriympäristöjen, suojelualueiden, linnuston (tärkeimmät muuttoreitit ja levähdysalueet) tai puolustusvoimien takia.

Jäljelle jääviä alueita tutkittiin tarkemmin ja niistä laadittiin raportit sekä tarkemmat karttatarkastelut tuulivoimatuotannon kannalta todennäköisimmistä alueista. Näissä tarkasteltiin kohteiden tuulisuutta, maastonmuotoja, sähköverkko- ja tiestöolosuhteita, alueen kaavoitustilannetta ja läheisiä aluevarauksia

maakuntakaavoissa, näkymiä, lintujen muuttoreittejä, luonnonsuojelu- ja kulttuurialueita, asutuksen sijaintia, läheisiä elinkeinoalueita, puolustusvoimien alueita, retkeily- ym. reitistöjä sekä maisemia.

Maakuntien selvityksissä on löydetty mahdollisia alueita jopa useita kymmeniä. Niistä on karsittu pois heikoimmat, jolloin jäljelle on jäänyt yleensä kymmenkunta aluetta per maakunta. Näistä selvitystyöhön valitut konsultit ovat tehneet oman alkuvaiheen selvityksensä pisteytyksineen. Niiden perusteella he ovat valinneet tarkempaan tarkasteluun 31 aluetta, joista tehtiin teknistaloudelliset analyysit. Hyvien tulosten pohjalta voidaan tehdä sellainen johtopäätös, että tutkittujen parhaiden alueiden lisäksi vastaavaa analysointia on tarpeen tehdä myös muilla inventoiduilla alueilla.

Maakuntien liittojen ja konsulttien yhteisiä kokouksia on pidetty kahdeksan eri puolilla selvitysalueita. Lisäksi liitot ovat järjestäneet tilaisuuksia ja neuvotteluja kuntien, järjestöjen, voimayhtiöiden, ELY-keskusten ym. toimijatahojen kanssa omalla alueellaan. Viidessä maakunnassa järjestettiin myös maakunnalliset tuulivoimaseminaarit kevään 2011 aikana. Hankkeesta on tiedotettu medialle ja maakuntien lehdet ovat kirjoittaneet hankkeesta. Joissakin liitoissa on käynnistetty tai toteutettu hanketta tukevia erilliselvityksiä.

Hanke on toteutettu ympäristöministeriön ja Fingrid Oyj:n tuella. Maakuntien liitoissa on tehty omana työnä alustavia selvityksiä potentiaalisista alueista sekä järjestetty tilaisuuksia ja neuvotteluja. Konsulttiosuudet hankkeessa ovat toteuttaneet Merja Paakkari, Hafmex Wind Oy ja Erkki Haapanen, Tuulitaito. Hankkeen hallinnointia on hoitanut Etelä-Karjalan liitto ja yhteyshenkilöinä maakunnissa ovat toimineet Pirjo Iivanainen (Etelä-Karjala), Martti Juntunen (Kainuu), Jouko Kohvakka (Pohjois-Savo), Janne Nulpponen (Etelä-Savo), Pasi Pitkänen (Pohjois-Karjala) ja Olli Ristaniemi (Keski-Suomi). Selvityshankkeen aloituspalaveri pidettiin 20.5.2010 ja raportti valmistui kesäkuussa 2011.

## **Tuulivoimatuotanto ja kaavoitus**

### **Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet**

Uudistetut valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet hyväksyttiin valtioneuvostossa marraskuussa 2008 ja ne astuivat voimaan maaliskuussa 2009. Tavoitteiden mukaan maakuntakaavoituksessa on osoitettava tuulivoiman hyödyntämiseen parhaiten soveltuvat alueet rannikko-, meri- ja tunturialueiden lisäksi myös kaikkialla sisämaassa. Tuulivoimalat on sijoitettava ensisijaisesti keskitetysti useamman voimalan yksiköihin. Huomionarvoista on myös se, että tuulivoimarakentamista koskevien tavoitteiden lisäksi tuulivoima-alueiden suunnittelussa on luonnollisesti otettava huomioon myös muut alueidenkäytön tavoitteet.

### **Kaavoitus ja luvat**

Maakuntakaavoitus ohjaa kuntatason yleiskaavoitusta myös tuulivoimatuotantokysymyksissä. Tuulivoimarakentamista koskeva maankäyttö- ja rakennuslain muutos tuli voimaan 1.4.2011. Sen tavoitteena on selkeyttää maankäyttö- ja rakennuslainsäädäntöön liittyviä säännöksiä niin, että tuulivoimaloiden rakennuslupien myöntäminen voisi perustua aikaisempaa laajemmin yleiskaavoitukseen. Muutoksen tavoitteena on selkeyttää maankäyttö- ja rakennuslainsäädäntöön liittyviä säännöksiä tuulivoimarakentamisen osalta. Muutoksen mukaan tuulivoimaloille olisi mahdollista myöntää rakennuslupa suoraan yleiskaavan perusteella, jos sen voidaan katsoa ohjaavan riittävästi suunnitellun tuulivoimalahankkeen sijoittumista, ja jos siinä on voitu tarpeeksi hyvin arvioida tuulivoimahankkeen vaikutuksia alueen käyttöön ja sen ympäristöön sekä ympäristöarvoihin. Muutoksen tavoitteena ei ole muuttaa maakuntakaavoituksen ohjausvaikutusta yleiskaavoitukseen nähden.

Yksityiskohtainen kaavoitus on jatkossakin tarpeen laatia silloin, kun suunniteltu tuulivoimarakentaminen vaatii yhteensovittamista muiden maankäyttöön liittyvien tarpeiden tai ympäristöarvojen kanssa. Tällöin alueiden käyttö järjestetään asemakaavan avulla.

Tuulivoimalat tarvitsevat aina rakennusluvan tai toimenpideluvan, jälkimmäisen lähinnä pienissä yksityistalouksissa palvelevissa tuulivoimaloissa. Pelkästään luparatkaisuihin perustuen tuulipuisto voidaan toteuttaa ainoastaan sellaisilla alueilla, joilla yhteensovittamistarve tuulivoimarakentamisen ja muun alueidenkäytön välillä on vähäinen ja joilla ei ole erityisiä ympäristöarvoja. Lisäksi tuulivoimala saattaa vaatia myös ympäristöluvan ja vesistöön rakennettaessa vesiluvan.

## **Tuulivoimatuotannon maankäyttölliseen sijoittumiseen vaikuttavat tekijät**

Tuulivoimatuotannon sijoittumiseen vaikuttavat monet ympäristölliset ja teknistaloudelliset sijainti- ja ominaisuustekijät. Tuulisuusolosuhteet muodostavat luonnollisesti perustan investointihalukkuudelle, sillä tuulisuus vaikuttaa suoraan tuulienergian hyödyntämismahdollisuuteen ja sitä kautta tuulivoimasta saatavaan tuottoon. Suomessa valmisteltu tuulisähkön syöttötariffi eli takuuhinta on lisännyt investointihalukkuutta. Työ- ja elinkeinoministeriön syöttötariffia koskeva esitys on lähtenyt siitä, että syöttötariffilla tuettu tuulisähkö on kannattavaa tuulisuuden ollessa vähintään 6,5 m/s 100 m korkeudella. Maankäytön edellytyksiä tarkasteltaessa ei kuitenkaan voida suoraan katsoa vain tämän hetken kannattavaa tuulisuustasoa, koska tekniikka kehittyy voimakkaasti ja esimerkiksi sähkön hinta voi nousta lähitulevaisuudessa merkittävästi. Maakuntakaavan aikatahtäys on hieman pitemmällä, yleensä 10–20 vuotta eteenpäin.

Tuulisuuden ohella investoinnin suuruuteen vaikuttaa infrastruktuuri, johon kuuluvat tiestön kunto ja saavutettavuus, sähköverkon ja sähköasemien läheisyys ja kytkentämahdollisuudet, yleinen alueen rakennettavuus ja maaperä. Investoinnista noin 65–80 % kohdistuu itse tuulivoimalaan mukaan lukien perustuksen, tornin, konehuoneen ja lavat. Kokonaiskustannuksista 2–9 % liittyy sähkötöihin ja 2–9 % sähköverkkoon liittämiseen.

Ennen investointien tarkempaa laskelmavaihetta ja investointipäätöstä on kuitenkin selvitetty maankäyttölliset edellytykset tuulivoimapuistolle, joka on useamman ison tuulivoimalan kokonaisuus. Tarkastelu käydään läpi kaavoitusprosessissa. Maakuntakaavoitus ohjaa kuntakaavoitusta, joten tuulivoimapuistojen suunnittelussa maakuntakaava on yksi lähtökohdista. Vaikka maakuntakaavassa ei olisi erikseen käsitelty lainkaan tuulivoimakysymystä, voi tuulivoimapuistojen suunnittelu ja rakentaminen olla mahdollista. Tuulivoimalapuisto voidaan kaavoittaa myös suoraan yleiskaavan ja tai asemakaavan perusteella, edellyttäen kuitenkin, että suunniteltu hanke ei ole voimassa olevan maakuntakaavan kanssa ristiriidassa.

Tuulivoimatuotannon maankäyttölliseen sijoittumiseen vaikuttavat lukuisat osatekijät, joista merkittävimpiä eri keskusteluissa ja selvityksissä esiin nostettuja tarkastellaan lyhyesti seuraavaksi. Samalla tulee kuitenkin pitää mielessä se tosiasia, että jokainen tuulivoimalahanke on oma kokonaisuutensa, jossa kullakin hankkeella on toisistaan hieman poikkeavia ja eri tavalla painottuneita vaikutustekijöitä. Seuraavaksi esiteltävät vaikutustekijät antavat yleiskuvan niistä asioista, joita kannattaa pohtia tuulivoimatuotannon maankäyttöllisiä edellytyksiä tarkasteltaessa. Kutakin vaikutustekijää on tarkasteltu ensin yleisesti ja maakuntakohtaisesti myöhemmissä kappaleissa.

## Tuulisuus ja korkeusolosuhteet

Ilmatieteen laitoksen toteuttama Suomen Tuuliatlas eli tuulienergiakartasto valmistui marraskuussa 2009. Sen pohjana on numeerinen säämalli, jolla on simuloitu 50 vuoden ajalta valittuja edustavia todellisia sääoloja 72 kuukauden ajalta. Säämallilla on tarkasteltu Suomen tuuliolosuhteita 50 metristä 400 metriin kautta koko maan 2,5 neliökilometrin suuruisilta alueilta. Toisin sanoen tuuliatlaksen antamat tuulisuus- ja tuotantotiedot 1 ja 3 MW:n laitoksille kussakin hilaruudussa ovat keskiarvolukuja, joiden sisällä on suurta vaihtelua. Aineiston yleispiirteisyyden vuoksi tuulivoimaloiden kannattavuuksia laskettaessa onkin syytä katsoa tarkemmin alueen korkeusolosuhteita sekä lisäksi suorittaa kannattavaksi todetuille paikoille vielä varsinaiset tuulimittaukset.

Tuulivoiman riittävän ja kannattavan tuotannon kannalta keskeisiä tuulisuustietoja ovat tuulennopeus eri korkeuksilla ja erityisesti vuotuinen keskituulennopeus, joka kuvaa hyvin yleisiä tuuliolosuhteita. Nykyisin rakennettavat ja suunniteltavat tuulivoimalat ovat teholuokaltaan 2–3 MW ja niiden napakorkeus on noin 100 m. Tämänkokoiset tuulivoimalat käynnistyvät nykytekniikalla tuulennopeuden ylittäessä 4 m/s ja saavuttavat maksimitehonsa tuulennopeuden ollessa noin 12 m/s. Myrskynopeuksia lähestyttäessä tuulivoimalat sammuvat automaattisesti tuulennopeuden ollessa 20 - 25 m/s.

Parhaita tuulisia alueita ovat merten ja järvien ranta-alueet sekä tunturit, mäet ja muut ympäröivästä maastosta selvästi erottuvat alueet. Sisämaan olosuhteissa keskituulennopeudet 100 metrin korkeudella ovat tuuliatlaksen mukaan 5–7,5 m/s, rannikkoalueella ja muutamilla Lapin tunturialueilla parhaimmillaan jopa yli 8 m/s. Merialueilla tuulee vielä tätäkin voimakkaammin.

## Rakennettu ympäristö (asutus, sähköverkko ja tiestö)

Ihmisten **asumisympäristö** taajamineen, kyliseen ja haja-asutuksineen rajaavat ja ohjaavat tuulivoimatuotannon sijoittumista. Tuulivoimaloiden aiheuttamat ääni- ja välkevaikutukset sekä joissakin tapauksissa koetut esteettiset ja muut haittavaikutukset lähiympäristössä estävät tuulivoimaloiden rakentamisen asutuksen yhteyteen. Selvityksissä onkin käytetty erilaisia puskureita tai ns. suojavyöhykkeitä asutukselle. Taajamien ja kylien ympärillä on katsottu riittäväksi noin yhden kilometrin puskuri ja yksittäisten haja-asutusalueen asuinkiinteistöillä noin puolen kilometrin puskuri. Joissakin maakunta-kohtaisissa tuulivoimaselvityksissä on painotettu asukkaiden määrää eri kohteissa, ja tällä perusteella laadittu asutuksen puskureita puolen kilometrin - kahden kilometrin välille. Lapissa puolestaan maakunta-kohtaisissa lähtökohtaselvityksissä on yksittäiset muutaman henkilön asuinkiinteistöt jätetty huomioimatta osin silläkin perusteella, että asuntoja tyhjenee ja asutusverkko harvenee koko ajan.

**Sähköverkko** on erittäin merkittävä tuulivoiman sijoittumiseen vaikuttava tekijä ja samalla keskeisimpiä teknistaloudellisia tekijöitä voimaloiden sijoittumisessa. Kuten monissa muissakin Suomessa toteutetuissa selvityksissä, tässäkin nyrkkisääntönä on, että yli 10 kilometrin etäisyys voimajohtoverkosta alkaa olla tämän hetken kustannustasolla taloudellisesti kannattamaton investointi. Sähköasemien läheisyys on myös merkittävä etu, koska niiden rakentaminen on voimajohdon rakentamisen ohella tärkeä taloudellinen tekijä tuulivoimapuiston verkkoon kytkemisessä ja investointikokonaisuudessa. Parhaimmillaan puisto voidaan kytkeä verkkoon ilman uusien sähköasemien rakentamista.

On useita tapoja liittää tuulivoimala sähköverkkoon. Olennaista on selvittää, mille jännitetasolle voimala kytketään, onko samassa johdossa yksi vai useampi voimala, onko liittymisjohto oma vai yhteinen muiden asiakkaiden kanssa sekä tarvitaanko voimalakohtaisia jakelumuuntajia vai jopa oma sähköasema. Sähköverkkoon liittäminen edellyttää usein suuria investointeja.

Suomen sähköverkon omistuksesta ja ylläpidosta huolehtivat kantaverkkoyhtiö Fingrid Oyj sekä paikalliset sähköverkkoyhtiöt. Suomen kantaverkko koostuu 400:n, 220:n ja tärkeimmistä 110 kV:n voimansiirtojohtoista sähköasemineen. Kaikkiaan kantaverkkoon kuuluu yli 14 000 km voimajohtoa sekä noin 100 sähköasemaa. Kaikista muista verkoista huolehtivat paikalliset sähkönsiirtoyhtiöt. Suomen sähköverkko on osa pohjoismaista yhteiskäyttöverkkoa, ja kantaverkko on yhdistetty Norjan, Ruotsin, Viron ja Venäjän verkkoon.

**Tieverkosto** tai sen rakentamisen mahdollisuus on perusedellytys tuulivoimaloiden rakentamiselle. Voimalat eivät tarvitse käyttöaikanaan kuin normaalin huoltoajoneuvojen käyttöön soveltuvan tieyhteyden, mutta esimerkiksi generaattoreiden, maston ja muiden osien kuljettaminen asennuspaikalle edellyttää tieverkolta rakennusaikana huomattavasti enemmän. Suurten 3 MW:n tuulivoimaloiden nasellit eli konehuoneet painavat yksistään lähes 100 tonnia ja myös teräksiset ja betoniset tornit painavat paljon ja edellyttävät erikoiskuljetuskalustoa. Usein rakennusaikana joudutaan parantamaan tieyhteyttä, vahvistamaan siltoja ja toisinaan myös rakentamaan uusia tielinjoja.

Suomen tieverkko on erittäin kattava ja se mahdollistaa tuulivoiman rakentamisen eri puolille Suomea. Toisaalta erityisesti alempiasteisen tieverkon kunnosta on viime vuosina keskusteltu paljon. Suomen koko tieverkko on noin 454 000 km, ja se koostuu valtion omistamista maanteistä, kuntien ylläpitämistä kaduista sekä yksityisten omistajien ylläpitämistä yksityisteistä, joita on valtaosa, noin 350 000 km. Niistä metsäautoteitä on noin 120 000 km. Yksitysteiden liikennemäärät ovat pieniä, mutta niillä on tärkeä merkitys haja-asutusalueiden liikenteen sekä elinkeinotoimintojen, esimerkiksi puunkuljetuksen kannalta. Laaja yksityistieverkko mahdollistaa myös tuulivoiman suunnittelua eri puolille maata. Liikennevirasto on valmistelemassa omaa ohjeistustaan liittyen tuulivoimaloiden ja tieverkoston keskinäisiin vaikutuksiin.

## Voimassa olevat kaavat

Voimassa oleva kaavoitus maakuntakaavoista asemakaavoihin ohjaa alueidenkäyttöä, myös suurten tuulivoimaloiden ja tuulivoimapuistojen sijoittamista. Valtakunnallisesti maakuntakaavassa on käsitelty tuulivoimaa lähinnä vain rannikolla ja Lapin tunturialueilla. Sisämaan maakuntakaavoitus tuulivoiman suhteen on vasta käynnistynyt, eli pinta-alaisesti merkittävä osa Suomen kaavoista on vailla tuulivoimatuotantoa osoittavia merkintöjä. Voimassa olevissa kaavoissa on joka tapauksessa varattu alueita eri maankäyttöluokille, joten tuulivoimapuistoja tarkastellaan tässä viitekehyksessä suhteessa muuhun alueidenkäyttöön. Lähtökohtaisesti maa- ja metsätalouden alueet ja kaavojen ”valkoiset alueet” soveltuvat parhaiten laajalle tuulivoimatuotannolle. Tuulivoimantuotannon ohjaaminen kaavoituksella edellyttää kuitenkin aina eri vaikutusten tarkastelua ja maankäytön tavoitteiden yhteensovittamista.

## Elinkeinotoiminta

Tuulivoima-alueet kohdentuvat maa- ja metsätalousvaltaisille alueille ja niillä voidaan siten olettaa olevan vaikutuksia kyseisiin elinkeinotoimintoihin. Tuulivoimaloiden tarvitsema maa-ala on kuitenkin verrattain pieni, joten niiden vaikutus elinkeinoihin kuten metsätalouteen tai maanviljelyyn on melko vähäinen. Sen sijaan voimaloiden rakentamisen ja huoltotoimenpiteiden edellyttämä rakenteeltaan kantava tiestö tulee varaamaan huomattavasti enemmän maa-alaa.

## Lentoturvallisuus

Ilmailulaki määrittelee Suomessa lentoestelupaa edellyttävien laitteiden, rakennuksien, rakennelmien ja merkkien korkeudet. Lupaa haetaan Liikenteen turvallisuusvirastolta TraFilta, ja siihen on liitettävä ilmailiikennepalvelujen tarjoajan eli Finavian lausunto esteestä. Finavia on laatinut valtakunnallisen

paikkatietoaineiston, jota voi käyttää hankkeiden suunnitteluvaiheessa. Aineistossa on kuvattu useita alueita, joihin on liitetty ominaisuutena esteen suurin sallittu huipun korkeus merenpinnan tasosta. Päällekkäisten alueiden osalta matalin korkeus on määräävä. Tähän aineistoon pitää vielä yhdistää tieto maanpinnan korkeudesta, jotta saadaan selville minkä korkuinen rakennelma millekin paikalle sopii.

## **Linnusto ja eläimistö**

Tuulivoimaloilla voi olla haitallisia vaikutuksia linnustoon, mikäli sijoituspäätöstä tehtäessä ei riittävästi huomioida lintujen päämuuttoreittejä, pesintä- ja ruokailualueita, mahdollista vuodenaikaisvaihtelua tai kansallisesti ja kansainvälisesti arvokkaita lintualueita (FINIBA ja IBA -alueet).

Tuulivoimalat eivät kuitenkaan välttämättä ole erityisen suuri uhka linnustolle, ja huolellisella suunnittelulla voidaan varmistaa, että tuulivoimalan linnustovaikutukset jäävät häviävän pieneksi. Vertailun vuoksi voidaan mainita, että BirdLifen mukaan valoisaan aikaan rakennusten ikkunoihin törmäämisen kautta kuolee Suomessakin vuosittain jopa 500 000 lintuyksilöä. Pimeässä ylivoimaisesti suurin vaara linnuille on kirkas valo (majakat, valaistut rakennukset yms.), mikä voi aiheuttaa joinakin muuttoöinä massakuolemia yhdessä yksittäisessä pisteessä.

## **Suojelualueet ja Natura-alueet**

Suomen pinta-alasta on suojeltu noin yhdeksän prosenttia luonnonsuojelu- ja erämaalaila. Suojeluohjelmien toteutuksen edetessä luku tulee kasvamaan noin kymmeneen prosenttiin (noin 33 000 km<sup>2</sup>). Suojelualueilla raskas rakentaminen on kielletty, joten ne ovat automaattisesti tuulivoimatuotannolle soveltumattomia. Natura 2000 -verkostoon kuuluvia alueita tulee aina tarkastella tapauskohtaisesti varausperusteiden nojalla, sillä siihen kuulumisen ei suoraan estä tuulivoiman rakentamista. Useimmiten alueilla on kuitenkin muitakin suojeluperusteita ja suunnittelu vaatii erilliset perusteelliset selvitykset, minkä takia Natura-alueet on useimmissa maakuntakaavoitusta palvelevissa tuulivoimaselvityksissä joko jätetty sellaisenaan pois tai merkitty omaan luokkaansa ”ehkä potentiaalinen alue tuulivoimatuotannolle”.

## **Matkailu ja virkistys**

Matkailu- ja virkistysalueet ovat usein laajoja kokonaisuuksia, jotka sisältävät sekä tehokkaita matkailun alueita että vähemmän tehokkaita mutta toiminnoiltaan kiinteästi matkailuun liittyviä liitäntäalueita reitistöineen ja luontomatkailualueineen. Matkailun ja virkistystyksen suhde tuulivoimaan on moninainen. Matkailualueet käyttävät paljon energiaa ja tuulivoima voi mahdollistaa puhtaan uusiutuvan energian tuottamisen, mutta toisaalta voimalat ovat maisemassa hallitsevia, jolloin korostuu niiden huolellinen sijoittaminen. Tuulivoimatuotanto on kuitenkin sovitettavissa matkailu- ja virkistysalueisiin, sillä suurin osa matkailukeskuksista on jo valmiiksi rakennettua maisemaa. Tuulivoimalat voivat ympäristöystävällisinä uusiutuvan energian vaihtoehtoina myös parantaa asiakkaiden mielikuvaa matkailukeskuksesta. Vaikutus retkeily- ym. reitistöihin selvitetään tapauskohtaisesti.

## **Kulttuuriympäristöt ja maisema**

Tuulivoimalat ovat yksi merkittävä maisematekijä. Tuulivoimalat ja maisema -selvityksen (Suomen ympäristö -sarja 5/2006) mukaan tuulivoimaloiden sijoituspaikkaa rajattaessa on yleensä syytä tiedostaa yleiset maiseman visuaaliseen herkkyyteen liittyvät ja voimaloiden näkyvyyttä korostavat tekijät. Selvityksen mukaan voidaan myös todeta, etteivät tuulivoimalat yleensä sovi kulttuurihistoriallisesti tai maisemallisesti arvokkaiden kohteiden läheisyyteen, koska tuulivoiman nykyaikaa edustavan teknisen luonteen nähdään dominoivan ja kadottavan historiallisen maiseman visuaaliset ominaisuudet.



Maisemallisesti ja kulttuurihistorialtaan arvokkaiksi alueiksi voidaan lukea ainakin valtakunnallisesti arvokkaat maisema-alueet, valtakunnallisesti merkittävät kulttuurihistorialliset ympäristöt, maakunnallisesti arvokkaat maisema-alueet, maakunnallisesti merkittävät kulttuurihistorialliset ympäristöt, muinaismuistoalueet sekä kansallis- ja perinnemaisemat.

Eryteisesti valtakunnallisesti arvokkaat maisema-alueet ja kulttuurihistorialliset ympäristöt sekä kansallismaisemat ovat ehdottoman herkkiä kokonaisuuksia, jotka eivät mahdollista tuulivoimapuistojen rakentamista alueille tai niiden läheisyyteen. Maakunnallisesti arvokkaiden maisema-alueiden ja kulttuurihistoriallisten ympäristöjen osalta tilannetta on tarkasteltava tapauskohtaisesti johtuen alueiden pienialaisuudesta. Lähtökohta on, että suuren mittakaavan tuulivoimapuistoja ei tulisi suunnitella maakunnallisesti arvokkaille alueille.

### **Viestiliikenne ml. puolustusvoimien tutkavaikutus**

Tuulivoimaloilla on todettu olevan erilaisia vaikutuksia viestiliikenteeseen ja puolustusvoimien tutkajärjestelmään.

Lappeenrannan teknillinen yliopisto LUT on selvittänyt äskettäin, millaisia häiriöitä tuulivoimalat ja tuulivoimapuistot aiheuttavat tutkajärjestelmiin ja miten häiriöitä voidaan lieventää. Häiriöitä voidaan selvityksen mukaan lieventää kolmella eri tavalla: muokkaamalla tutkaa, muokkaamalla tuulivoimaloita tai niiden sijaintia sekä asentamalla lisätutkia. Ainoa keino, jolla voidaan kokonaan estää tuulivoimaloiden aiheuttama tutkahäirintä, on sijoittaa tuulivoimalat tutkan näkökentän ulkopuolelle. Häiriöiden lieventämisessä tärkeää on tuulivoiman rakentajien ja tutkia operoivien tahojen välinen yhteistyö. Näin molempien osapuolten intressit tulevat huomioiduksi.

Puolustusvoimat on edellyttänyt tuulivoimaloiden tutkavaikutusten selvittämistä ja huomioon ottamista tuulipuistojen toteutuksessa. Tuulivoimaloiden vaikutuksia tutkien suorituskykyyn selvittävä tutkimushanke käynnistyi syksyllä 2010 yhteistyössä alan toimijoiden ja Puolustusvoimien kanssa. Työn on tarkoitus valmistua syksyllä 2011.

### **Yhteenvetoa eri vaikutuksista**

Tuulipuistojen sijoittaminen olemassa olevaan yhdyskuntarakenteeseen ei aina ole yksiselitteistä ja helppoa. Tuotannon erilaisten vaikutusten ja erityisesti niiden suuruuden ja laajuuden arvioiminen on haastavaa. Toisaalta vaikutuksista puhuttaessa tulee aina suhteuttaa kysymys siihen, millä suunnittelutasolla vaikutuksista puhutaan. Maakuntakaavoissa on sellaisia tasoja tai maankäytön muotoja, jotka suoraan poissulkevat tuulivoimatuotannon. Suojelualueet, taajamat, kylät, valtakunnallisesti arvokkaat kulttuuriympäristöt ja maisemat sekä lentokentät ja puolustusvoimien alueet lähiympäristöineen ovat alueita, joille laajojen tuulipuistojen rakentaminen ei ole mahdollista, ja lisäksi haja-asutus lomarakennuksineen sekä luonnonympäristön tekijät aiheuttavat laaja-alaisesti haasteita tuulivoimapuistojen sijoittelulle. Alueiden suunnitteluun ja käytännön rakentamiseen vaikuttavat myös monet teknistaloudelliset seikat kuten alueiden saavutettavuus, muuntoasemien läheisyys sekä voimajohtoverkon riittävyys ja läheisyys.

## Työn vaiheet

### Paikkatietotarkastelut

Maakuntien alueilta kartoitettiin paikkatietotarkastelujen ja käytyjen neuvottelujen perusteella tuulipuistoille soveltuvia aluekokonaisuuksia. Kartoitettaessa tarkasteltiin alueita, joilla tuulisuus oli Tuuliatlaksen tietojen perusteella 6,3 m/s tai enemmän 100 metrin korkeudella, joka on keskimäärin parhailaan Suomeen rakenteilla olevien suurten tuulivoimaloiden napakorkeus. 6,3 m/s valittiin raja-arvoksi, jotta saadaan riittävän kattavasti esiin alueita, joilla korkeuserojen myötä päästään huomattavasti Tuuliatlaksen hilatietoa parempiin tuulisuusolosuhteisiin. Tarkasteltavaksi otettiin vain alueita, joiden pinta-ala oli yli 3 km<sup>2</sup>. Muutamilla alueilla päästiin huomattavan isoihin kokonaisuuksiin, jopa lähes 100 km<sup>2</sup>pinta-alaan.

Alueiden valintojen pohjalla olivat edellä kappaleessa mainitut tarkastelut eli tuulipotentialiset alueet suhteessa

- suojelualueisiin
- Natura 2000 -verkostoon
- kulttuuriympäristöihin ja arvokkaisiin maisema-alueisiin
- arvokkaisiin lintualueisiin (FINIBA) ja muihin lintuvaikutuksiin
- puolustusvoimien alueisiin
- lentokenttiin
- viestintäliikenteeseen (tutkavaikutus)
- lentoturvallisuuteen (lentoesterajoitusalueet)
- taajamiin ja kyliin
- haja-asutukseen (ympärivuotiset ja loma-asunnot)

Alueiden määrä vaihteli huomattavasti maakunnittain ja jatkotarkasteluun päätyi 10-80 aluetta per maakunta. Yhteensä alueita löytyi kaikkien tarkasteltavien maakuntien osalta yli 200 kappaletta. Kyseisillä alueilla todettiin alustavasti olevan maankäytöllisiä edellytyksiä tuulivoimapuistojen sijoittumiseen. On tärkeä huomioida, että alueet ovat alustavia eivätkä ne ole täysin kattavia mahdollisille tuulivoimapuistoille. Toiseksi on myös hyvä tiedostaa, että tässä selvityksessä ei ole lainkaan tarkasteltu yksittäisiä tuulivoimaloita, joille voi olla edellytyksiä eri puolilla maakuntaa sekä pienessä että suuressa kokoluokassa.

### Alueiden läpikäynti ja pisteytys

Maakuntien paikkatietotarkasteluissa kartoitetut tuulivoimalle mahdolliset alueet käytiin konsulttien toimesta systemaattisesti läpi. Erityisesti katsottiin tuuliatlaksen tuulitiedot 100 metrin korkeudella sekä maksimikorkeuserot alueella. Näiden tietojen perusteella voidaan päätellä onko alueella ylipäättään riittävä tuulisuus ja onko mahdollista päästä tuuliatlaksen 2,5 x 2,5 km hilan keskiarvolukemaa parempiin tuulisuusarvoihin.

Etäisyys sähköverkosta on olennainen tekijä alueita arvioitaessa. Pitkän yhteyden rakentaminen on kallista ja aikaa vievää mikä hankaloittaa tuulipuistojen toteutusta. Alkuvaiheessa käytettiin etäisyytenä linnuntietä lähimpään 110 kV:n tai 45 kV:n sähköverkon pisteeseen välittämättä liityntäpisteestä. Teknistaloudellisessa analyysissä käytiin tarkemmin läpi liityntävaihtoehdot.

Tieverkkoa tarkasteltiin sen mukaan miten paljon alueelta löytyy valmista tiepohjaa kuten metsäautoteitä sekä minkälainen maasto alueella on uuden tieverkon rakentamista ajatellen. Tieverkosta ei tullut kynnyskysymystä yhdessäkään paikassa, vaikka joidenkin alueiden osalta jyrkät korkeuserot voivat käytännössä hankaloittaa kohteiden täysimääräistä hyödyntämistä.

Tärkeitä tekijöitä olivat myös alueen suuruus ja se, miten paljon tuulivoimaa voisi alueelle sijoittaa. Suuret tuulipuistot pystyvät kattamaan esimerkiksi isommat sähköverkon rakentamiskustannukset, joten matka sähköverkkoon voi olla niissä pidempi kuin pienemmissä kokonaisuuksissa. Lisäksi tavoitteena on rakentaa tuulivoimalat keskitetysti, mikä myös puoltaa isompia tuulipuistoja. Alueille tehtiin alustava tuulivoimaloiden sijoittelu, jonka mukaan arvioitiin suurinta alueelle mahtuvaa tuulipuiston kokoluokkaa.

Jokaisen alueen ympäröivästä maastosta tehtiin kuvaus ja selvitettiin, miten se vaikuttaa tuulisuuteen. Esimerkiksi alueella voi olla suuria korkeuseroja, jolloin voidaan olettaa hyviä tuulia mäkien päällä, mutta mikäli vallitseviin tuulensuuntiin on myös vaihtelevaa maastoa, heikentää se alueen kokonaistuulisuutta. Lisäksi Tuuliatlaksen pohjalta tehtyjen tuotantolaskelmien epävarmuus kasvaa tällaisissa tilanteissa korostaen tuulimittausten tärkeyttä hanketta suunniteltaessa. Muita tarkasteltavia tekijöitä olivat maaston peitteisyys ja järvien suuruus ja määrä.

Alueiden keskinäistä vertailua varten kehitettiin pisteytysjärjestelmä, jossa huomioitiin edellä kuvatut tekijät ympäröivän maaston kuvausta lukuunottamatta. Taulukossa 1. on esitetty pisteytyksen periaatteet. Pisteitä annettiin 0-4 riippuen tarkasteltavasta tiedosta. Tuulisuus ja korkeuserot painotettiin korkeimmalle, jonka jälkeen tärkeysjärjestyksessä tulivat etäisyys verkkoon, voimaloiden lukumäärä sekä tieverkko. Lopullinen alueiden pisteytys saatiin laskemalla näiden viiden osatekijän painotettu keskiarvo.

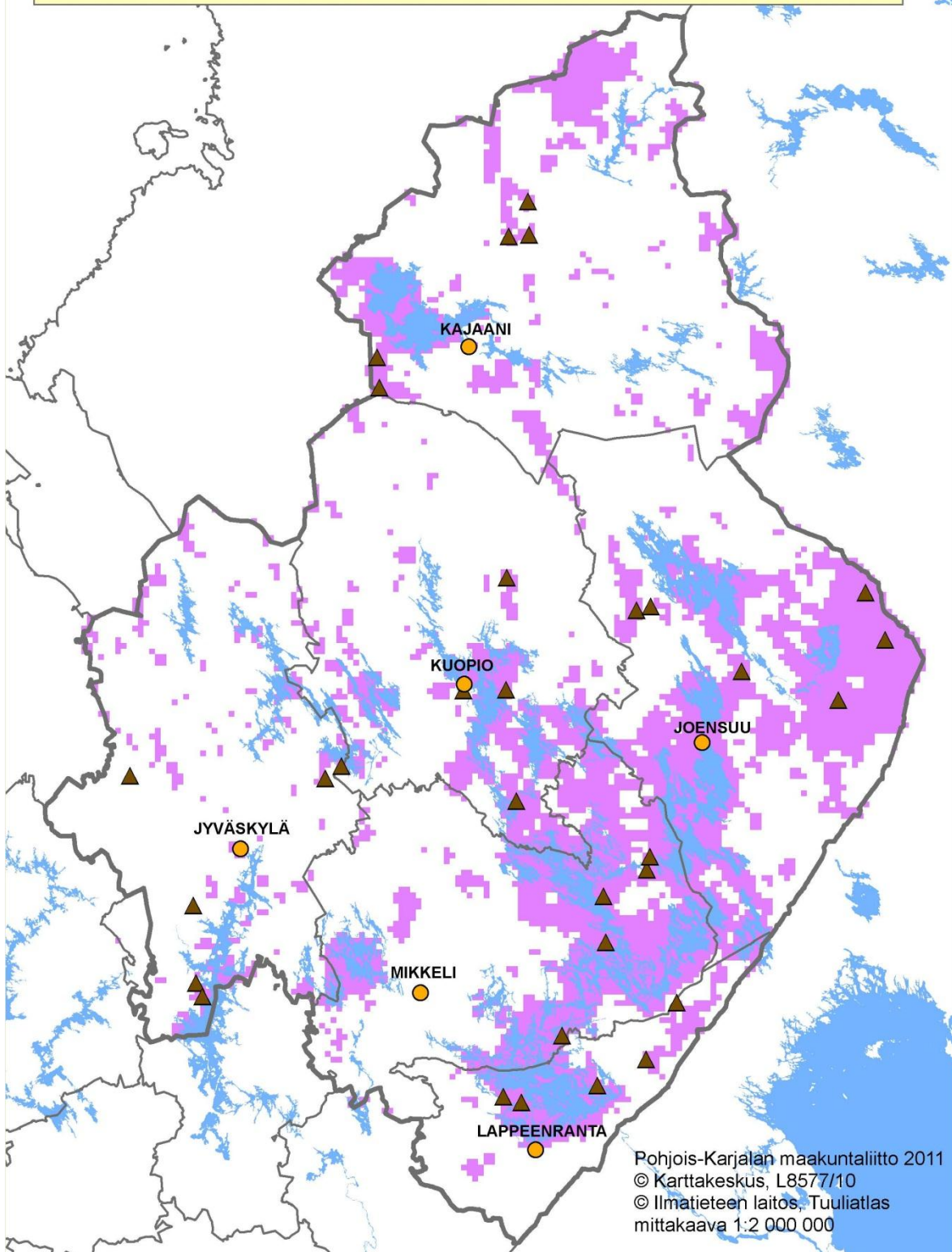
**Taulukko 1. Tuulivoimalalle soveltuvien alueiden pisteytys**

Pisteet	Tuulisuus	Korkeuserot	Etäisyys verkkoon	Voimaloiden lkm	Tieverkko
0	<6m/s	<50m	>20km	1-3kpl	Ei valmista
1	6-6.4m/s	50-70m	10-20km	4-10	Ok
2	6.4-6.7m/s	70-100m	5-10km	10-50	Kattava
3	<6.7m/s	>100m	1-5km	>50	
4			<1km		
Painoarvo	30%	30%	20%	15%	5%

Maaston kuvauksen ja pisteytyksen perusteella poimittiin parhaimmat alueet, joista jokainen maakunta valitsi yhdessä konsulttien kanssa neljä aluetta tarkempaan teknistaloudelliseen tarkasteluun. Osa alueista jakautui kahteen osaan, jolloin niitä tarkasteltiin erikseen, ja osa alueista muodostui useammasta pienemmästä alueesta, jotka päätettiin yhdistää. Valinnassa hyödynnettiin pisteytyksen ja maastonkuvauksen lisäksi myös muita tekijöitä, kuten alueiden sijoittumista eri kuntiin ja niiden maakunnallista tärkeyttä, sekä tarkasteltiin erityyppisten alueiden soveltuvuutta tuulivoimalle. Siten eniten

pisteitä saaneita alueita ei automaattisesti otettu lopulliseen teknistaloudelliseen analyysiin. Alueiden suuren määrän vuoksi jatkossa tultaneen tekemään tarkempia tarkasteluja myös niille alueille, joita tässä raportissa ei ole huomioitu.

**SISÄ-SUOMEN TUULIOLOSUHTEET**  
Vuoden keskituulennopeus 100 m korkeudella 6,3 m/s tai yli



Pohjois-Karjalan maakuntaliitto 2011  
© Karttakeskus, L8577/10  
© Ilmatieteen laitos, Tuuliatlas  
mittakaava 1:2 000 000

Kuva 1. Sisä-Suomen potentiaaliset tuulivoima-alueet, joille tehtiin tarkempi teknistaloudellinen analyysi.

## Tuulipuistojen teknistaloudellinen analyysi

Potentiaaliselle tuulipuistoalueelle sijoitettiin voimalat aluksi noin 500 m etäisyydelle toisistaan ja lähimmistä rakennuksista tai muista esteistä. Tavoitteena oli selvittää, mikä olisi alueelle sijoitettavan tuulipuiston maksimikoko. Alueelle tehtiin 50 x 50 m:n hilalla tuulisuustarkastelu 100 m:n korkeudella käyttäen tuuliatlaksen ".lib"-tiedostoa sekä maastokarttaa, johon lisättiin maaston rosoisuus. Tuloksena syntyi tuulisuuskartta, jonka avulla on helppo paikantaa parhaat tuulialueet. Tuulisuuskartan lisäksi laskettiin samoilla lähtötiedoilla yhdelle voimalatyypille 100 m:n korkeudelle tuottokartta, jonka avulla voitiin tarkentaa hyvien tuulipaikkojen sijaintia.

Alun perin alueelle sijoitettujen voimaloiden sijaintia korjattiin näiden karttojen avulla ja laskettiin koko puiston tuotanto. Saatujen tulosten perusteella muutettiin voimaloiden sijainteja, kunnes löytyi parhaiten tuottava kokonaisuus. On kuitenkin muistettava, että tämä sijoittelu on tehty vain vertailulaskentaa varten, jotta eri alueita voidaan verrata toisiinsa, ja tarkoituksena oli löytää kunkin alueen tuulivoiman tuottopotentiaali. Kun todellisia hankkeita rakennetaan, on käytössä tuulimittaustulokset ja tarkempi käsitys maa-alueiden käytettävyydestä, joiden pohjalta tehdään kokonaan uudet sijoittelut.

Jotta alueet tulisivat verratuiksi samoin perustein, valittiin laskentaa varten kaksi voimalatyyppiä, jotka molemmat ovat sisämaan voimaloita:

- Hyundain 2 MW voimala HQ2000, jonka potkurin halkaisija on 93 m ja napakorkeus 100 tai 120 m. Voimalan merkinnät kaavioissa ja teksteissä on HQ2000-93-xx, jossa xx on napakorkeus.
- Winwind3 3 MW voimala, jonka potkurin halkaisija on 120 m ja napakorkeus 90 tai 120 m. Voimalan merkinnät kaavioissa ja teksteissä on WWD3-120-xx, jossa xx on napakorkeus.

Voimaloille laskettiin tuotot ja kustannukset 20 vuoden pitoajalle, ja ne diskontattiin nykyrahaksi. Tulokset ovat sikäli vertailukelpoisia, että voimaloiden tuotot vastaavat alueen kokonaistuottoja ja voimalan hankinta- ja toimintakustannukset laskettiin samoin perustein kaikkiin paikkoihin. Sijoituspaikkakohtaisia kustannuksia kuten tienrakennuksen, pystytysalueeksi tarvittavan alueen, sähköverkon ja verkkoon liittymisen kustannuksia ei eritelty puistokohtaisesti, koska niiden edes siedettävän tasapuolinen vertailu edellyttäisi tiepohjasta ja sähkönsyötön linjauksista lisää tietoja, joita on oikeasti saatavilla vasta hanketta toteutettaessa. Tästä syystä kustannus- ja kannattavuusvertailun perusteena käytettiin ns. "saa maksaa korkeintaan" -perustetta, jonka laskentaperuste on kaikille sama. Kustannuslaskennan perusteet ja laskentatapa käytiin läpi yhdessä molempien voimalavalmistajien edustajien kanssa.

Saadulla "Saa maksaa korkeintaan" -luvulla tulee voida kattaa kaikki tuulivoimahankkeen toteuttamiseen liittyvät investointikustannukset:

1. Projektin valmistelu, tuulimittaukset, luvitukset ja niihin sisältyvät selvitykset ja suunnittelutyöt
2. Voimaloiden hankinta, kuljetukset, pystytys ja koekäytöt
3. Infrastruktuurin rakentaminen, tiestö, pystytysalueet sähköverkko ja sen laitteet
4. Voimaloiden ohjauskeskukset ja tiedonsiirtoyhteydet

### Kustannuslaskennan yksityiskohtaiset perusteet:

Laskentayksikkönä käytettiin kustannuksia yhtä asennettua megawattia kohti (€/MWh). Koska vertailussa käytettiin vain kahta voimalatyyppiä saatiin kaikille paikoille tasavertainen arvosteluperuste, sillä tarkoituksena oli nimenomaan vertailla mahdollisia tuulipuistoalueita keskenään ja löytää niiden suhteelliset erot. Hankkeen eliniäksi laskettiin 20 vuotta ja jäännösarvoksi nolla, eli laitoksesta purettaessa

saatavat tulot vastaavat purkukustannuksia. Joissakin tapauksissa on laskettu samalle alueelle kaksi erikokoista hanketta, joista laajemman tavoitteena on tuottaa mahdollisimman paljon energiaa pienemmälläkin katteella ja pienemmän tavoitteena tuottaa hyvä kate investoinnille ja energiaa niin paljon, että kate pysyy korkealla. Toisaalta isommassa hankkeessa on paremmin varaa esimerkiksi sähköliittymän vaatimiin investointeihin, jotka helposti nousevat miljooniin euroihin, olipa puisto sitten iso tai pieni.

### **Inflaation huomioiminen laskennassa**

Inflaation on oletettu kasvavan keskimäärin 2 % vuodessa ja vaikuttavan toimintakustannuksiin mutta ei tuottoihin, korkokustannuksiin eikä lainapääomaan

### **Tulot**

Tuulipuiston vuotuinen energian tuotto laskettiin WASP-ohjelmalla<sup>1</sup> ja tuloksesta vähennettiin 15 %, jotta saataisiin lähellä todellista tuottoa oleva arvio. Tässä arviossa on otettava huomioon, että laskenta perustuu tuuliatlaksesta saatuihin tuulisuustietoihin, jotka ovat laskennallisia ja jotka täytyy jokaisessa hankkeessa varmistaa paikan päällä tehtävillä tuulimittauksilla.

Tulot syntyvät tuotetun sähkön myynnistä. Syöttötariffin takaama 83,5 €/MWh on tuloslaskelman perushintana, josta on oletettu maksettavan myyntiin liittyvinä kuluina tasemaksua 3 €/MWh ja siirtohintaa kantaverkoon syötettäessä 0,3 €/MWh, jolloin nettotuotoksi jää 80,2 €/MWh. Tariffi on voimassa 12 vuotta voimalan investoinnista, jonka jälkeen sähkön myyntihinnan oletetaan jo nousseen pysyvästi tälle tasolle. On kuitenkin muistettava, että jokaisessa hankkeessa tehdään omat sähkönmyyntisopimukset, jotka voivat poiketa toisistaan suhteessa Nordpoolin hintaan, johon syöttötariffi perustuu. Siten jotkin projektit tuottavat enemmän ja toiset vähemmän kuin syöttötariffin mukaan suoraan laskettaessa.

### **Menot**

Menot muodostuvat voimaloiden toimintakustannuksista, joista merkittävimpiä ovat huoltokustannukset, jotka puolestaan jakaantuvat määräaikaishuoltoihin sekä ennalta arvaamattomiin kustannuksiin. Näiden arvioinnissa on käytetty periaatetta, että voimalat on taattu kahtena ensimmäisenä vuotena, jolloin kustannukset ovat alhaiset, minkä jälkeen huoltokustannusten lisäksi tulee satunnaisia korjauskustannuksia sitä enemmän mitä vanhemmaksi voimalat tulevat. Näiden lisäksi kustannuksia syntyy normaalitoiminnasta, vuokrista, koroista, veroista jne. Toimintakulut porrastettiin kolmeen portaaseen: ensimmäiset kaksi vuotta, seuraavat vuodet 3–10 ja vuodet 11–20.

Laskennassa haettiin investointikustannus, joka tuottaa 12 % sisäisen koron kokonaisinvestoinnille, mikä antaa hankkeen takaisinmaksuajaksi noin 12 vuotta. Sisäisen koron avulla laskettaessa ollaan riippumattomia mahdollisen pankkilainan korkoprosentista tai oman pääoman osuuden vaikutuksesta lopputulokseen. Jos pankkilaina ja korko ovat suuria, pankki saa hyvän tuoton ja investoija vastaavasti vähemmän. Verotuksellisesti oletettiin, että tuulipuisto on oma yhtiö, joka maksaa tuotostaan normaalit tuloverot. Pääoman poistoprosenttina pidettiin keskimäärin 8 % tasapoistoa koko investoidulle pääomalle.

### **Vertailun tulokset**

Vertailulaskennan tulokset on kiteytetty seuraavaan taulukkoon, jossa on laskettu kannattavuus jokaiselle tuulipuistolle kahdelle eri voimalalle kahdella eri korkeudella.

---

<sup>1</sup> WASP tuulisuuden laskentaohjelmisto, jonka on kehittänyt Risö National Laboratory, Tanska

Taulukko 2. Kannattavuuslaskennan tulokset esimerkikohteeseen Kuopion Kaijanmäki-Kangasmäki alueelle.

Kannattavuustarkastelut	Kaijanmäki			
	WWD3-120-90	WWD3-120-120	HQ2000-93-100	HQ2000-93-120
<b>Voimalatyyppi</b>				
<b>Voimalan teho, MW</b>	3	3	2	2
<b>Potkurin halkaisija, m</b>	120	120	93	93
<b>Napakorkeus, m</b>	90	120	100	120
<b>Voimaloidenlukumäärä</b>	13	13	13	13
<b>Puiston teho, MW</b>	39	39	26	26
<b>Puiston vuosituotto - 100%, GWh/a</b>	105,6	120,7	70,1	77,1
<b>Puiston vuosituotto - 85 %, GWh/a</b>	89,8	102,6	59,5	65,5
<b>Kokonaisinvestointi, M€</b>	50,2	57,6	33,3	36,8
<b>Investointi/voimala, M€</b>	5,0	5,8	3,3	3,7
<b>Investointi M€/MW</b>	1,7	1,9	1,7	1,8
<b>Takaisinmaksuaika, vuotta</b>	12	12	12	12

Taulukossa 2. esiintyvä investointi M€/MW on ”suurin mahdollinen investoinnin kokonaiskustannus”, jonka hanke saa maksaa, jotta 12 % sisäinen korko saavutettaisiin. Mikäli tämä luku jää pieneksi eikä sillä pysty kattamaan muita investointikustannuksia, ei tuulipuisto ole tässä käytettyjen oletusten mukaan kannattava. Tässä tulee kuitenkin huomioida, ettei luku itsessään takaa alueen kannattavuutta vaan sitä käytetään vertailuarvona tässä tarkasteltujen tuulipuistojen kesken. Käyttämällä erilaista tuulivoimalamallia erilaisin toimintakustannuksin tai toisenlaista voimaloiden sijoittelua saatetaan päästä erilaisiin lukemiin. Lisäksi tuotantolaskelmiin liittyy epävarmuutta, joka vaatii tarkempien tuulimittausten tekemisen varsinaista hanketta toteutettaessa.

Tässä raportissa esitetään jokaisen alueen osalta tiivistelmä tuloksista. Vertailuvoimalana käytetään WWD3-120-90 voimalamallia, joka antaa riittävän kuvan alueiden eroista. Huomioitavaa on että korkeammalla tornilla päästään tässä esitetyjä parempiin tuloksiin.

Taulukko 3. Raportissa käytetty yhteenvetotaulukko teknistaloudellisen analyysin tuloksista. Esimerkkinä Kaijanmäki-Kangasmäki alueelle.

Tuulisuus	6-7,5 m/s
Tuotanto/voimala	10,1-11,8 GWh
Kannattavuusraja	1,67 M€/MW
Verkkoliitynnän kustannukset	1-3 M€
Tuulipuiston maksimikoko	36 MW



Taulukossa 3. Kannattavuusraja [M€/MW] vastaa taulukon 2. "Investointi M€/MW" – lukua. Tuulisuuslukema vastaa tarkemman 50m x 50m hilavälille laskettua tuulisuusarvoa 100m korkeudella siirretystä nollapisteestä, joka huomioi metsän ja maaston rosoisuuden vaikutuksen tuulisuuteen. Tuulisuuslaskelma on annettu myös karttana kullekin alueelle.

Tieto yhden voimalan tuotannosta perustuu WWD3-120-90 voimalamallille lasketuille tuotantolukemille ja vaihteluväli kuvaa alueelle sijoiteltujen tuulivoimaloiden tuotannonvaihtelua. Tässä ei ole huomioitu varjostusvaikutusta, ja lukema kuvaa tilannetta, jossa voimala olisi 100% ajasta käytettävissä. Tämä ei ole todellisuudessa mahdollista, joten lukemat ovat käytännössä tässä laskettua pienemmät. Tuotantolukemassa on otettu huomioon 15 metriä korkean metsän aiheuttama tuotantoa heikentävä vaikutus. Mikäli metsä on alueella korkeampaa, on tuotanto esitettyä lukemaa heikompaa ja mikäli metsän korkeus on matalampi tai alue on paljasta, on tuotanto hieman suurempaa.

Verkkoliitynnän kustannukset on arvioitu taulukossa karkeasti. Tarkastelu sisältää kytkennän 110 kV:n verkkoon kytkinlaitoksen tai haaraliitynnän avulla tai suoraan olemassa olevalle sähköasemalle. Haarakytkentä on mahdollista vain maksimissaan 25 MW:n tuulipuistolle ja tätä ylittävältä kokonaisuudelta vaaditaan kytkinlaitos mikäli sähköasemaa ei ole lähellä. Mikäli verkkoliitynnän kustannuksissa on annettu hintahaarukka kuten taulukon 3. esimerkissä, kuvaa pienempi luku tilannetta tuulipuiston ollessa alle 25 MW ja suurempi luku yli 25 MW tuulipuistoa. Muita kustannuksia tulee uuden verkon rakentamisesta olemassa olevalle 110 kV:n linjalle sekä 110kV/20kV:n muuntajasta, jolla verkon jännite lasketaan tuulipuiston sisäisen verkon jännitteeseen. Tuulipuiston sisäisen verkon kustannuksia edellä mainitun muuntajan lisäksi ei ole huomiotu, joten ne tulee lisätä tähän lukuun. Kustannukset perustuvat Energiamarkkinaviraston julkaisemaan hinnastoon: Verkkokomponentit ja indeksikorjatut yksikköhinnat vuodelle 2010.

## Visualisointi

Tarkempaan teknistaloudelliseen tarkasteluun otetut kohteet käytiin kuvaamassa kohteiden visualisointia varten. Kuvaukset tehtiin maaliskuu-toukokuussa 2011. Tavoitteena oli löytää 1-4 kuvauspaikkaa per tuulipuistoalue siten, että kuvauspaikoista olisi hyvä näkyvyys tuulipuistoalueelle ja että ne sijaitisivat alueella jossa ihmiset liikkuvat. Muutamissa paikoissa kohteiden löytäminen oli vaikeaa sillä tasaisen metsänpeitteen vuoksi ei tuulipuistoa näkynyt pieniltä aukeilta alueilta ja toisaalta syrjäseuduilla yksityisteillä kulku oli useammassa tapauksissa estetty kettein tai tie oli muuten kasvanut umpeen, jolloin pääsy esimerkiksi järven rantaan ei ollut mahdollista. Lisäksi Kainuussa kuvaukset toteutettiin maaliskuussa, jolloin kaikkia sivuteitä ei ollut aurattu lumesta, mikä esti pääsyn osaan aiotuista kuvauspaikoista.

Kuvista tehtiin panoraama, johon sijoitettiin tuulipuisto teknistaloudellisessa suunnitelmassa tehdyn sijoitussuunnitelman mukaisesti. Sijoittelu tehtiin tanskalaisella EMD International a/s:n kehittämällä WindPRO-ohjelmistolla. Sijoittelussa käytettiin voimalaa, jonka napakorkeus on 120 m ja roottorin halkaisija 120 m.

# Etelä-Savo

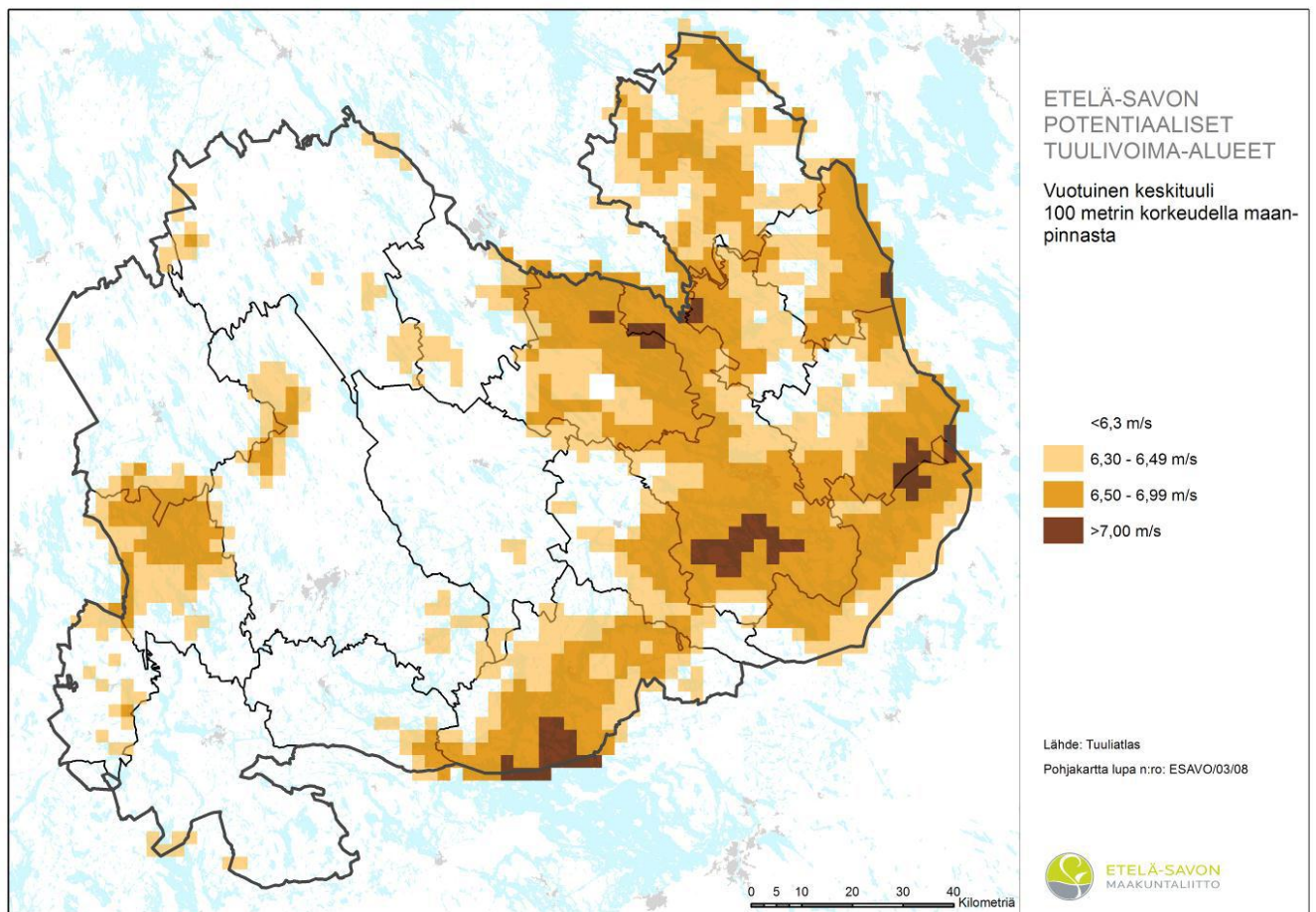
---



## Tuulivoimatuotannon maankäytölliseen sijoittumiseen vaikuttavat tekijät

### Tuulisuus ja korkeusolosuhteet

Etelä-Savon vuoden keskituulennopeus 100 metrin korkeudessa vaihtelee tuuliatlaksen mukaan 5,5 -7,2 m/s välillä. 150 metrin korkeudessa maakunnan keskituulennopeudet ovat puolestaan 6,3-7,7 m/s välillä. Tuulisuusalueita tuli rajata niin, että selvitykset kohdistettaisiin alueille, joissa olisi parhaimmat edellytykset tuulipuiston rakentamiselle. Sisä-Suomen maakuntaliittojen ja konsulttien kanssa käytyjen keskustelujen jälkeen päädyttiin yhdessä käyttämään raja-arvona 6,3 m/s 100 m:n korkeudella. Alustavissa tarkemmissa analyyseissä kuitenkin paljastui, että tuuliatlaksen antamat hilatiedot poikkesivat jonkin verran tarkemman hilakoon tuloksista, joten korkeusolosuhteiden todettiin selittävän tuulisuuden ohella vahvasti yleisiä tuulivoimatuotannon edellytyksiä.

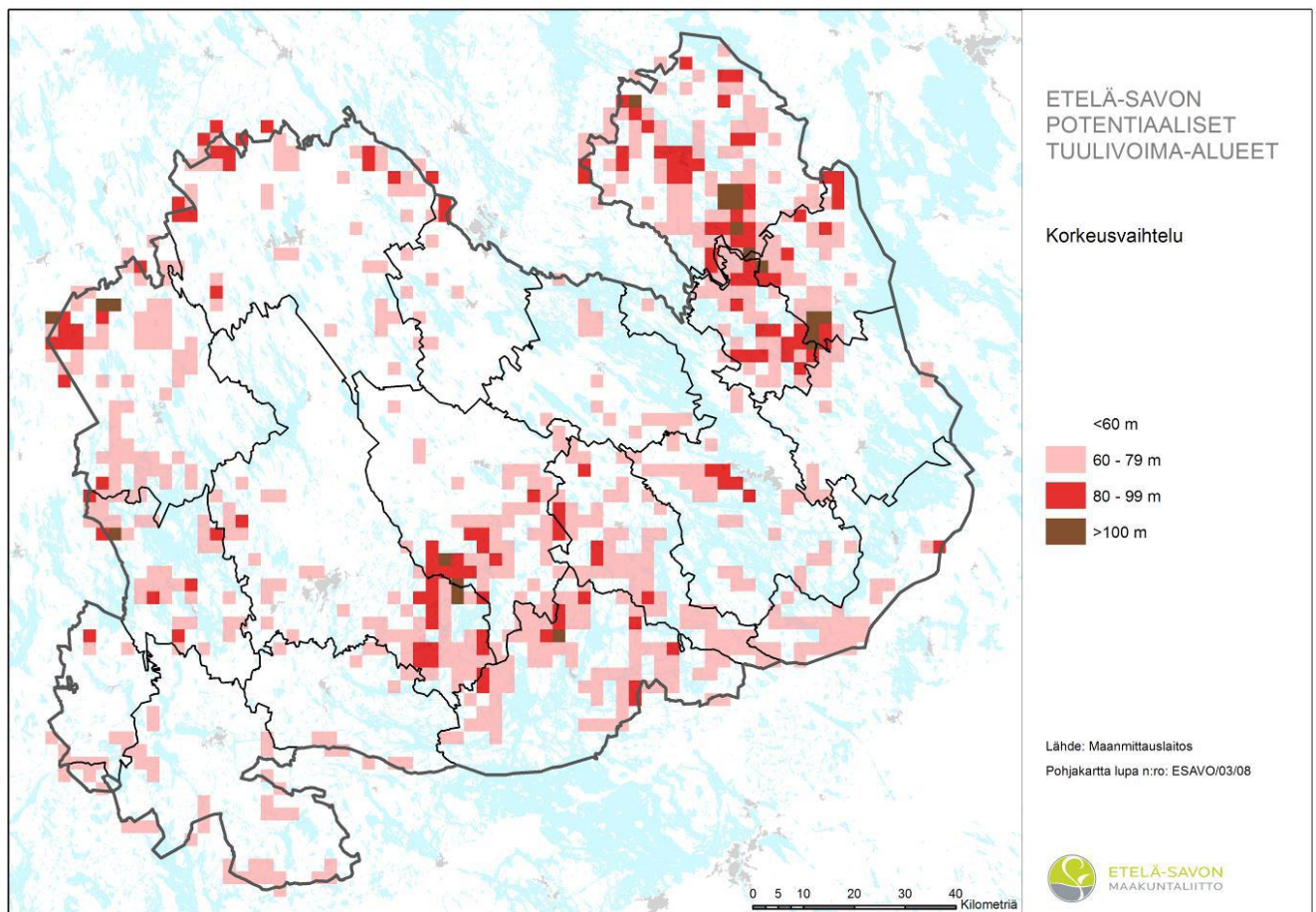


Kuva 2. Tuuliatlaksen osoittamat Etelä-Savon tuulisimmat alueet (6,3 m/s tai yli).

Etelä-Savo on yleisesti ottaen pinnanmuodoiltaan suhteellisen tasaista maata, mutta lähemmin tarkasteltuna maisema on varsin vaihtelevaa ja epätasaista. Kohoumat ja painanteet liittyvät toisiinsa niin, ettei väliin jää laajoja tasaisia aloja. Luonteenomaista pinnanmuodoille on kallio- ja maaperän voimakas juovikkuus, joka on mannerjään muovauksen tulosta. Alueen pohjoisosissa tämä on selvempää ja luodekaakkosuuntaista. Eteläosissa maakuntaa selänteet ovat pääosin pohjois-eteläsuuntaisia erillisiä kohoumia, mikä tekee maisemasta vaihtelevaa.

Etelä-Savon absoluuttinen korkeus merenpinnasta vaihtelee 75-220 metrin välillä. Alueen maanpinnan taso nousee loivasti etelästä ja kaakosta pohjoiseen ja luoteeseen päin. Tämä on havaittavissa myös järvien pintojen korkeuksissa: Saimaan pinta on n. 76m merenpinnasta, Puulan n. 95 m ja Pieksäjärven n. 119m.

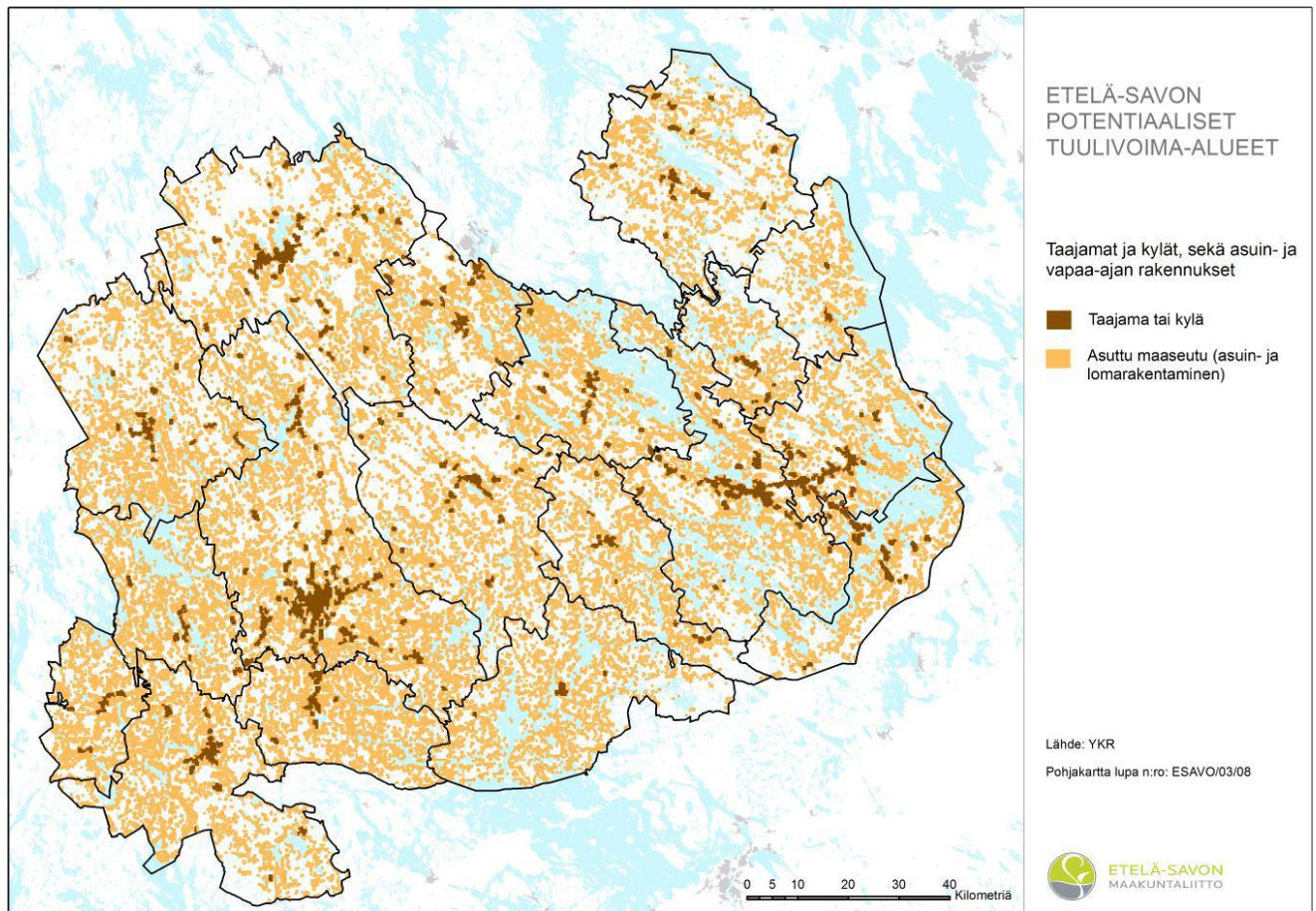
Maakunnan korkeusolosuhteet vaihtelevat maakunnan sisällä melko paljon. Suhteellisia korkeusvaihteluita on analysoitu oheisessa kuvassa. Suhteellisesti pienimmät paikalliset korkeusvaihtelut maakunnassa ovat Kerimäen alueella sekä Mikkelin ja Juvan pohjoisosien ja Joroisten etelä- ja itäosien muodostamalla alueella. Suurimmat suhteelliset korkeusvaihtelut sijoittuvat puolestaan Enonkosken, Heinäveden ja Savonrannan alueille sekä Juvan, Puumalan ja Anttolan alueille. Yksittäisiä ympäröivästä maastosta erottuvia mäkiä on jonkin verran eri puolilla maakuntaa.



Kuva 3. Korkeusolosuhteet Etelä-Savossa. Kartassa on analysoitu maaston korkeuseroja yleistämällä maanmittauslaitoksen korkeusmallin raakadatan koordinaattiaineisto samaan 2,5\*2,5 km ruutujakoon, mitä on käytetty myös tuuliatlaksessa.

## Rakennettu ympäristö

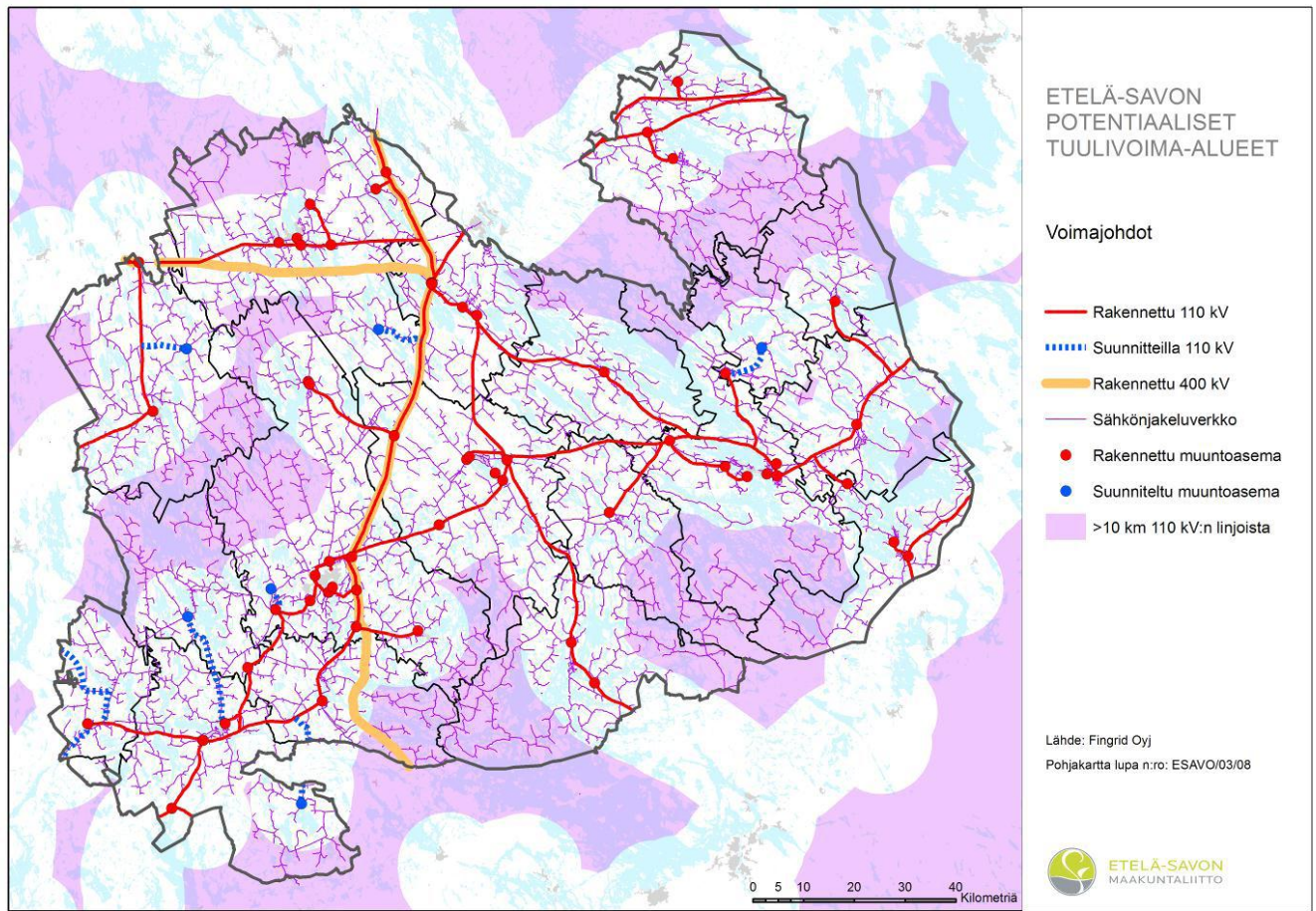
Etelä-Savossa maakunnan asuin- ja lomarakennuskanta rajaa ja rajoittaa merkittävästi tuulivoiman tuotannolle potentiaalisia alueita. Pelkästään vapaa-ajan rakennuksia maakunnasta löytyy yli 45 000 kpl. Lisäksi tuuliolosuhteiltaan otollisia alueita maakunnassa ovat eritoten suurten vesistöalueiden lähiympäristön mäkimaastot, joilla on paljon mökkejä.



**Kuva 4. Etelä-Savon taajamat ja kylät sekä asuin- ja lomarakennukset. Rakennetut alueet on kuvattu kartassa 400 metrin puskurialueina. Selvityksessä tätä etäisyyttä nykyisestä rakennuskannasta pidetään minimietäisyytenä tuulivoimaloiden rakentamisen suhteen.**

Etelä-Savon maakunnan alueella toimii kantaverkkoyhtiönä Fingrid Oyj. Merkittävin alueellinen verkkoyhtiö on Suur-Savon Sähkö -konsernin sähkönjakeluverkosta vastaava Järvi-Suomen energia Oy, jonka toimialue käsittää kokonaan tai lähes kokonaan Enonkosken, Hirvensalmen, Juvan, Kangasniemen, Kerimäen, Mikkelin, Mäntyharjun, Pertunmaan, Puumalan, Rantasalmen, Ristiinan, Savonlinnan ja Sulkavan kuntien alueet. Tämän lisäksi verkkoyhtiöinä toimivat Parikkalan Valo Oy pääosassa Punkaharjua, PKS-sähkön siirto Oy Heinävedellä, Savon Voima Verkko Oy pääosassa Pieksämäkeä sekä Joroisten energialaitos pääosassa Joroisten kuntaa. Lisäksi Mikkelin keskustaajaman alueella verkkoyhtiönä toimii ESE-verkko Oy.

Etelä-Savossa on suurjännitelinjoja kaikkiaan noin 1190 km, josta 110kV:n linjoja on 990 km. Maanpäällistä sähkönjakeluverkkoa maakunnassa on kaikkiaan noin 8100 km.



Kuva 5. Sähköverkko Etelä-Savossa.

Tieverkosto tai sen rakentamisen mahdollisuus on luonnollisesti tärkeä perusedellytys tuulivoimaloiden rakentamiselle. Voimalat eivät tarvitse käyttöaikanaan kuin normaalin huoltoajoneuvojen käyttöön soveltuvan tieyhteyden, mutta esimerkiksi generaattoreiden, maston ja muiden osien kuljettaminen asennuspaikalle edellyttää tieverkolta rakennusaikana huomattavasti enemmän. Suurten 3 MW:n tehoisten tuulivoimaloiden nasellit eli konehuoneet painavat yksistään lähes 100 tonnia ja myös teräksiset ja betoniset tornit painavat paljon ja edellyttävät erikoiskuljetuskalustoa. Usein rakennusaikana joudutaan tieyhteyttä parantamaan, vahvistamaan siltoja ja toisinaan myös rakentamaan uusia tielinjoja.

Suomen tieverkko on erittäin kattava ja se mahdollistaa tuulivoiman rakentamisen eri puolille Suomea. Toisaalta erityisesti alempiasteisen tieverkon kunnosta on viime vuosina keskusteltu paljon. Suomen koko tieverkko on noin 454 000 km, ja se koostuu valtion omistamista maanteistä, kuntien ylläpitämistä kaduista sekä yksityisten omistajien ylläpitämistä yksityisteistä, joita on valtaosa, noin 350 000 km. Niistä metsäautoteitä on noin 120 000 km. Yksitysteiden liikennemäärät ovat pieniä, mutta niillä on tärkeä merkitys haja-asutusalueiden liikenteen sekä elinkeinotoimintojen, esimerkiksi puunkuljetuksen kannalta. Laaja yksityistieverkko mahdollistaa myös tuulivoiman suunnittelua eri puolille maata.

### Voimassa olevat kaavat

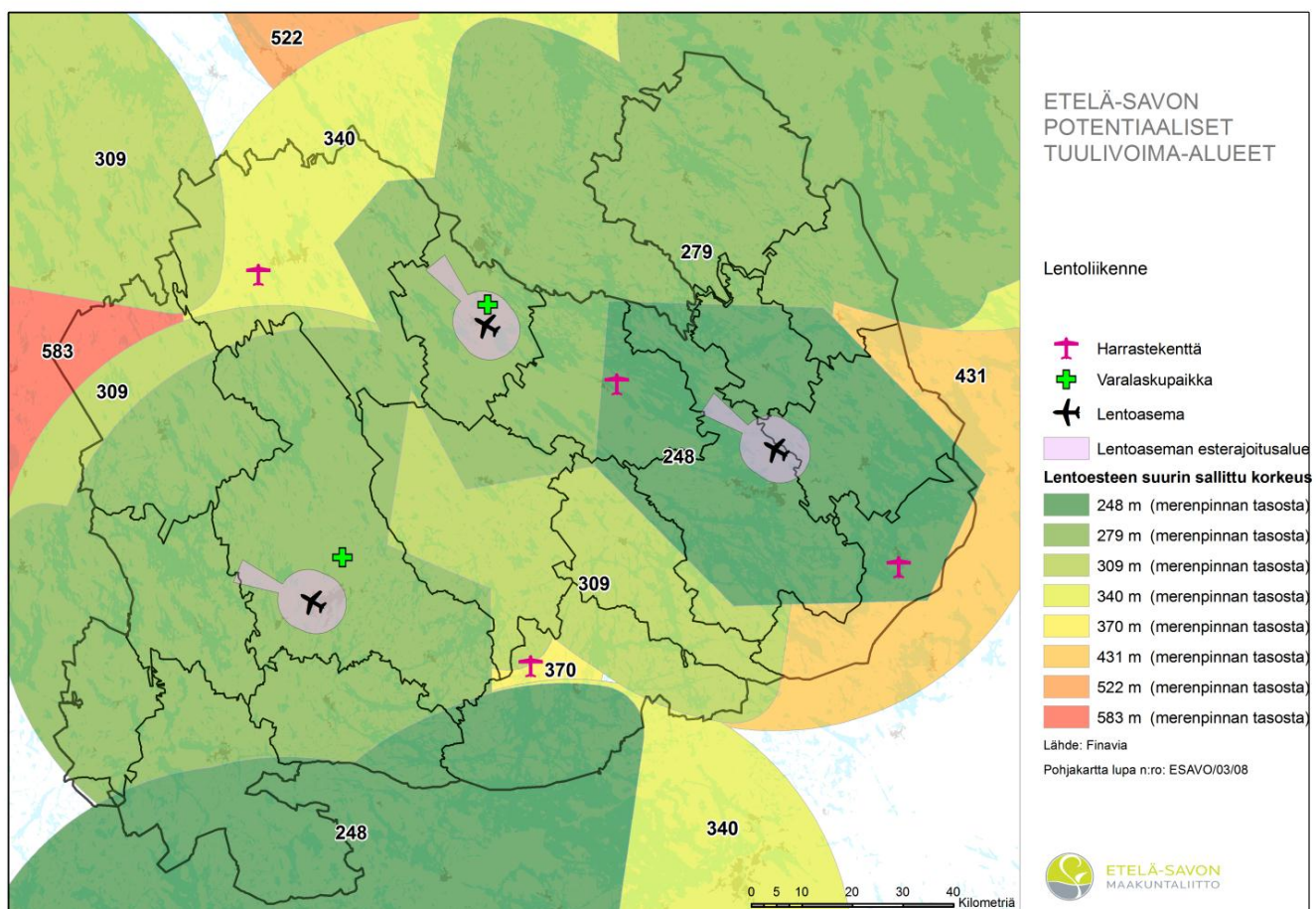
Etelä-Savossa tuulivoimatuotantoa ei ole tällä hetkellä voimassa olevissa kaavoissa käsitelty aiemmin lainkaan. Vuoden 2010 joulukuussa vireillä olevista kaavoista on vain Juvan Nevajärven osayleiskaavassa mukana tuulivoima-alueita. Nyt käsillä oleva selvitys on samalla ensimmäinen laajempi kaavoitusta

palveleva selvitys maakunnassa. Tavoitteena on, että Etelä-Savossa voitaisiin maakuntakaavatasolla osoittaa tuulivoimatuotannon kannalta potentiaaliset alueet omine merkintöineen. Vaihtoehtoina kaavamerkinnöiksi ovat aluevaraukset, osa-aluemerkinnät, kehittämisperiaatemerkinnät tai kohdemerkinnät. Tarvittaessa merkinnöille voidaan antaa muun muassa rakentamisrajoituksia ja/tai suunnittelumääräyksiä.

Voimassa olevassa maakuntakaavassa sekä yleis- ja asemakaavoissa on tehty erilaisia aluevarauksia, jotka vaikuttavat tuulivoimatuotannon sijoittamiseen. Maakunnan ranta-alueet ovat rakentamisen osalta jo melko kattavasti kaavoitettuja. Eri kaavatasoilla on osoitettu mm. suojelu-, virkistys- ja maisema-alueita, joilla on vaikutusta tuulivoimarakentamiseen. Myös taajamien lähiympäristöissä on kaavoitettu tuleville vuosille erilaista maankäyttöä, joka pitää huomioida tuulivoimarakentamisessa.

## Lentoturvallisuus

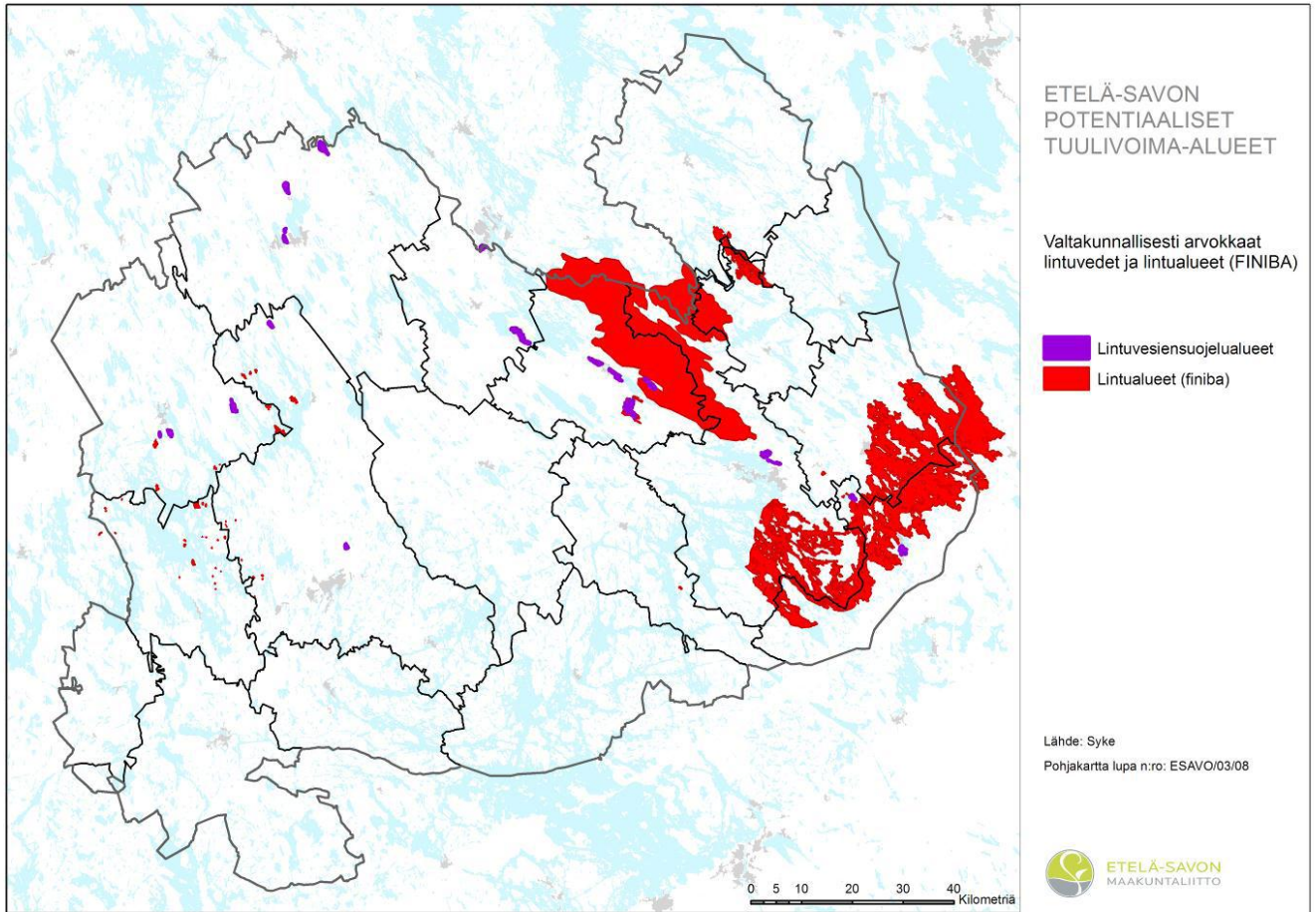
Etelä-Savossa on kolme lentokenttää; Mikkelin, Savonlinnan ja Varkauden lentokentät. Lisäksi maakunnan alueella on harrasteilmailuun käytettyjä kenttiä Pieksämäellä, Punkaharjulla, Puumalassa ja Rantasalmella. Harrastekenttien käyttö on luonteeltaan paikallista. Näiden lisäksi Mikkelissä kt 72:n varrella ja Joroisissa vt 5:n varrella sijaitsevat varalaskupaikat.



## Linnusto ja eläimistö

Etelä-Savon osalta lintuvaikutuksia arvioidaan yhdessä Etelä-Savon lintutieteellisen yhdistyksen kanssa. Etelä-Savossa merkittävin muuttolintujen muuttoreitti kulkee maakunnan kaakkoisosassa lounais-

kaakko-suuntaisesti Puruveden ylittäen. Maakunnan keskeiset lintuvedet on suojeltu ja ne on osoitettu oheisessa kartassa.

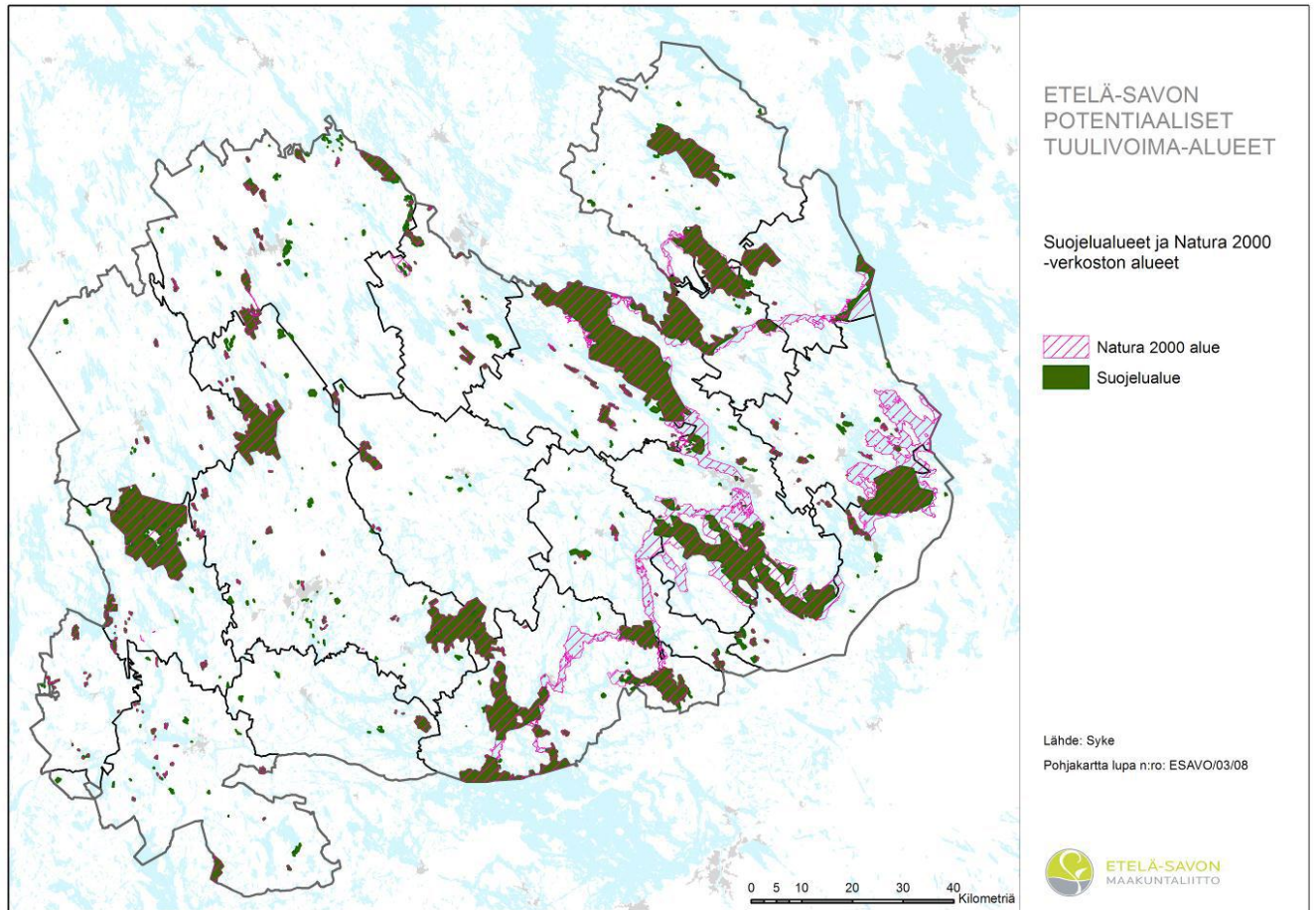


Kuva 6. Etelä-Savon linnuston kannalta arvokkaat alueet.

### Suojelualueet ja Natura-alueet

Etelä-Savossa on maakuntakaavan luonnonsuojelualuevarauksissa (SL) maapinta-alaa lähes 47 500 ha, mikä on 3,4% maakunnan maa-alasta. Suojeluvarausten maapinta-alasta on suota noin 17 % ja loput alueista ovat pääasiassa metsä- ja saaristoalueita. Lehtoalueita on Etelä-Savossa erittäin vähän ja ne ovat pienialaisia. Natura-alueita on maakunnassa yhteensä 197 281 ha, josta maapinta-alaa on 51 842 ha ja vesipinta-alaa 145 439 ha. Suojelualueet ja Natura -alueet ovat pääosin päällekkäisiä.





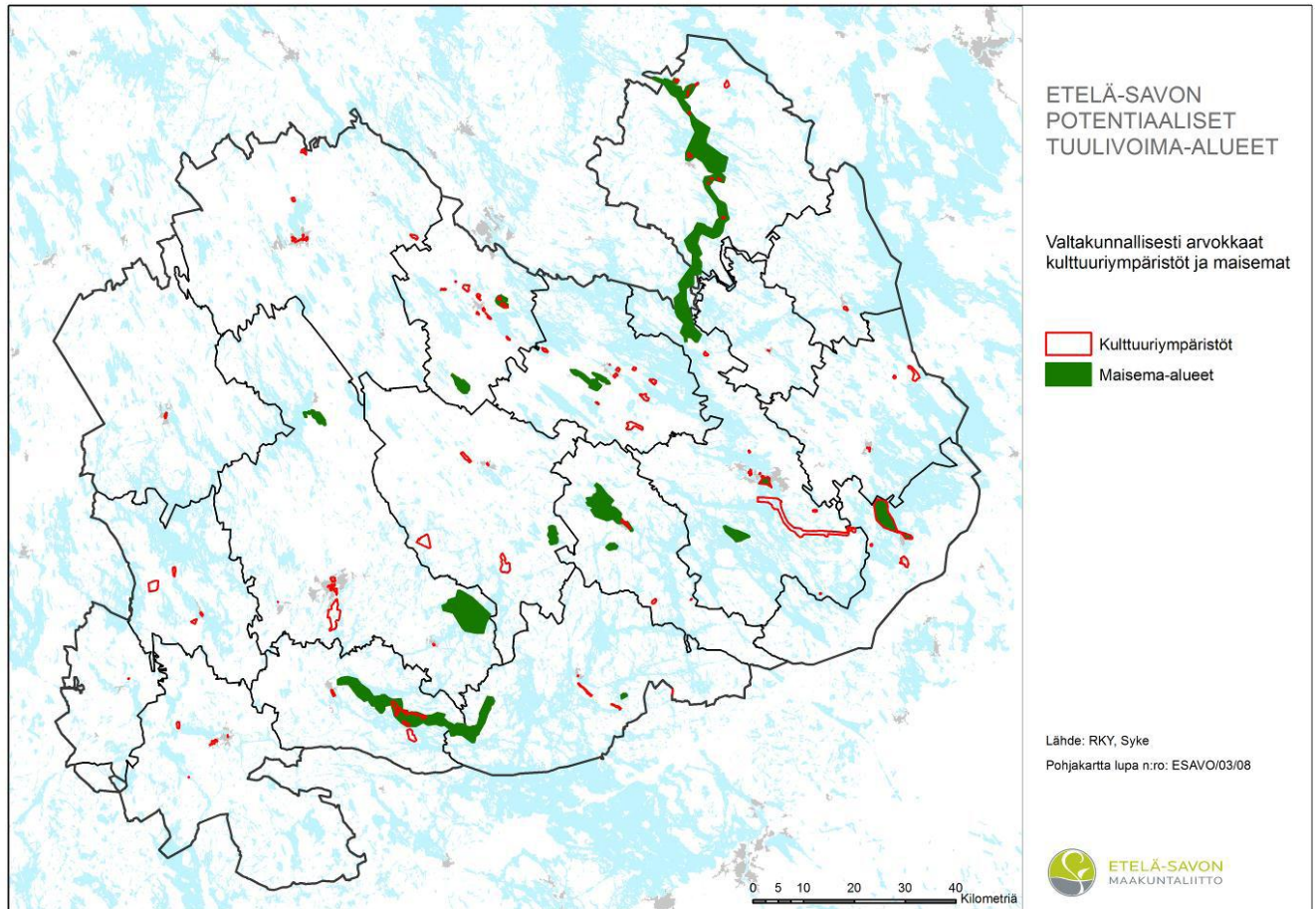
Kuva 7. Suojelualueet ja Natura 2000 -verkoston alueet Etelä-Savossa

## Matkailu ja virkistys

Etelä-Savon matkailu perustuu pieniin ja keskisuuriin matkailukohteisiin, -keskuksiin ja lomakyltiin. Alueen runsas matkailukapasiteetti perustuu erityisesti maatilamatkailuun ja lomamökkien vuokraukseen, jotka pääsääntöisesti toimivat maaseutuyritysten sivulinkeinona. Matkailun ydin keskittyy kulttuurimatkailuun taajamissa sekä luontomatkailuun. Osittain matkailu- ja tuulivoimainvestoinnit sijoittunevat samoille seuduille eli suurten vesistöjen ympäristöön, mutta yhteensovittamisongelmia tuskin syntyy, koska tuulipuistoilla ei näytä olevan maankäytöllisiä edellytyksiä matkailualueiden välittömässä läheisyydessä.

## Kulttuuriympäristöt ja maisema

Etelä-Savossa on yhteensä 62 valtakunnallisesti arvokasta kulttuuriympäristöä ja 14 valtakunnallisesti arvokasta maisema-aluetta. Maisema-alueiden osalta on käynnistymässä tarkistusinventointi, jonka yhteydessä tarkastellaan uudelleen alueiden maisemallisia arvoja ja niiden muutoksia.



Kuva 8. Etelä-Savon valtakunnallisesti arvokkaat kulttuuriympäristöt ja maisema-alueet.

## Viestiliikenne ml. puolustusvoimien tutkavaikutus

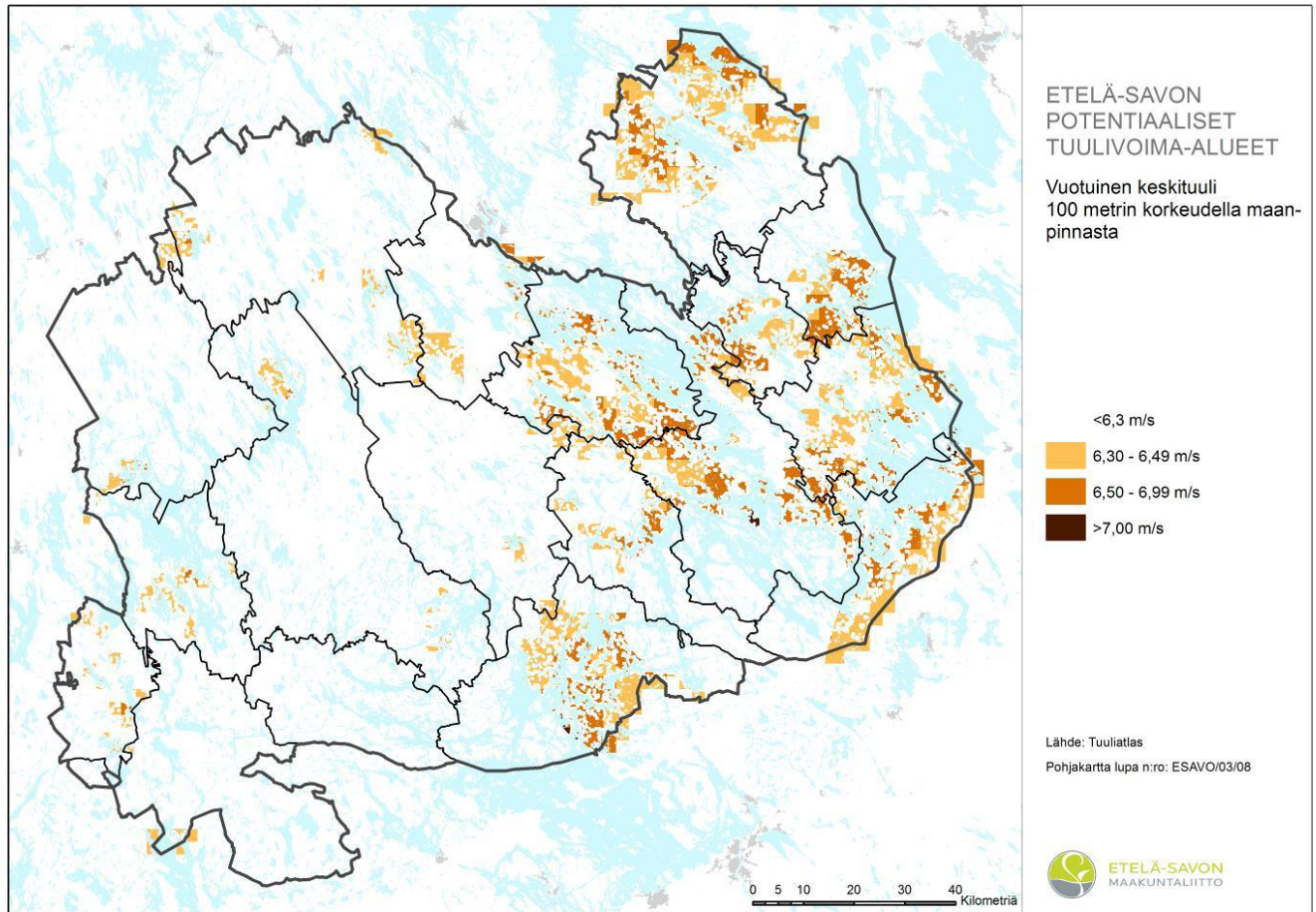
Etelä-Savossa on puolustusvoimain käytössä ampuma- ja harjoitusalueina Mikkelin Karkialammen ja Mäntyharjun Pahkajärven alueet. Rajavartiolaitoksen Jukajärven harjoitusalue sijaitsee Sulkavan ja Punkaharjun kuntien alueilla. Toiminnot rajaavat tuulivoiman käyttöä. Puolustusvoimien tutkien ja tuulivoiman vaikutuksia näihin täsmennetään kun tekeillä oleva valtakunnallinen selvitys asiasta valmistuu.

## Yhteenvetoa eri vaikutuksista

Etelä-Savossa on runsaasti luonoltaan ja kulttuuriympäristöltään arvokkaita alueita, joille ei ole mahdollista rakentaa useamman voimalan tuulipuistoja. Sen lisäksi myös huomattavasti hajanaisempi taajama-alueista, kylistä ja runsaasta haja-asutuksesta muodostuva rakennetun ympäristön tilkkutäkki aiheuttaa erityisiä haasteita tuulivoimatuotannon ohjaamiselle.

Luonnonolosuhteiltaan Etelä-Savon kokonaispinta-alasta noin neljännes on vesistöjä, jotka käytännössä estävät tuulivoimapuistojen rakentamisen. Teoriassa myös vesialueille voitaisiin tapauskohtaisesti rakentaa, mutta maakunnassa, jossa ei vielä lainkaan ole suuren kokoluokan tuulivoimatuotantoa, vesistöä rakentaminen katsottiin järkeväksi sulkea tässä vaiheessa pois liian korkeiden kustannusten takia. Tämä etenkin siksi, että merkittävä osa suurista selkävesistä on eri syistä arvoitettu Natura-alueiksi. Teknialoudellisista tekijöistä infrastruktuuri, kuten tarkasteltavien alueiden saavutettavuus tiestön ja sähköverkon suhteen, muodostaa luonnollisesti merkittävän arviointikokonaisuuden.

Oheisessa kuvassa on esitetty tuulivoimatuotannolle soveltuvat alueet, joissa tuuliolosuhteet ovat Tuuliatlaksen tietojen perusteella riittävän hyvät ja joissa ei ole suoraan edellä mainittuja rajoittavia maankäyttömuotoja tai -tekijöitä.



Kuva 9. Tuuliatlaksen tuulusualueet rakentamista rajaavien tekijöiden suodattamisen jälkeen.

## Etelä-Savon potentiaaliset tuulipuistoalueet – kohdekuvaukset

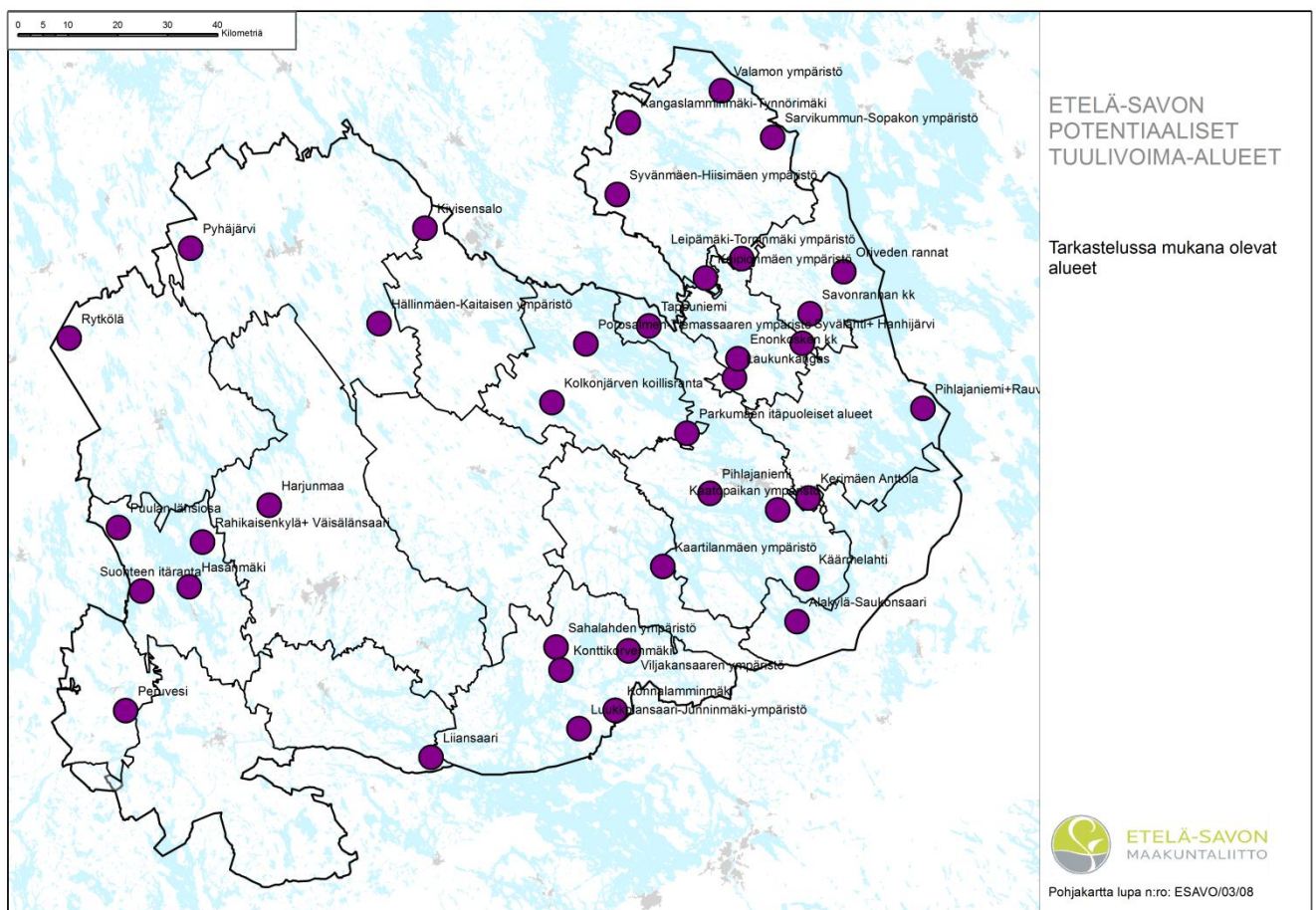
Etelä-Savosta kartoitettiin paikkatietotarkastelujen ja käytyjen neuvottelujen perusteella tuulipuistoille soveltuvia aluekokonaisuuksia. Kaikkiaan tarkastelussa löydettiin 35 aluetta tai aluekokonaisuutta, joista laadittiin kohdekohtaiset kuvaukset. Tuulipuistoalueita kartoitettaessa tarkasteltiin alueita, joilla tuulennopeus oli Tuuliatlaksen tietojen perusteella 6,3 m/s tai enemmän. Tuulusuustiedot poimittiin tuuliatlaksesta 100 m korkeudelta, joka on keskimäärin parhaillaan Suomeen rakenteilla olevien suurten tuulivoimaloiden napakorkeus.

Maakunnassa on löydettävissä mäkien lakialueilta ja suurten vesistöjen läheltä lukuisa määrä erinomaisia yksittäisille suurille tuulivoimaloille soveltuvia alueita, joille varsinaisten tuulipuistojen rakentaminen ei kuitenkaan ole mahdollista. Nyrkkisääntönä on, että suurten tuulivoimaloiden keskinäinen etäisyys tulee olla noin 500 metriä, jolloin niiden toinen toiseltaan tuulta heikentävä vaikutus kumoutuu.

Alueiden valintojen pohjalla olivat edellä läpikäytyt tarkastelut eli tuulipotentialiset alueet suhteessa

- o suojelualueisiin
- o Natura 2000 -verkostoon
- o kulttuuriympäristöihin ja arvokkaisiin maisema-alueisiin
- o arvokkaisiin lintualueisiin (FINIBA) ja muihin lintuvaikutuksiin
- o puolustusvoimien alueisiin
- o lentotoimintaan
- o viestintäliikenteeseen (tutkavaikutus)
- o taajamiin ja kyliin
- o haja-asutukseen (asuin- ja lomarakennukset)

Lisäksi alueita tarkasteltaessa tärkeänä osatekijänä ovat olleet olemassa oleva ja maakuntakaavassa suunniteltu sähköverkosto suurjännitelinjoiin ja sähköasemineen sekä tieverkosto. Taulukossa 6. on esitetty Etelä-Savosta jatkotarkasteluun valikoituneet 35 aluetta. Kyseisillä alueilla on todettu alustavasti olevan maankäytöllisiä edellytyksiä tuulivoimapuistojen sijoittumiseen. Tarkempi teknistaloudellinen analyysi tehtiin neljälle kohteelle, joista Savonlinnan Savonranta sekä Enonkosken Syvälahti-Hanhijärvi tarkasteltiin yhdessä alueiden läheisyyden takia. Yhteenvedon analyysin tuloksista löytyy taulukosta 7. On tärkeä huomioida, että tarkastelut ovat alustavia eivätkä alueet välttämättä ole täysin kattavia mahdollisille tuulivoimapuistoille. Toiseksi on myös tärkeä tiedostaa, että tässä selvityksessä ei ole lainkaan tarkasteltu yksittäisiä tuulivoimaloita, joille voi olla edellytyksiä eri puolilla maakuntaa sekä pienessä että suuressa kokoluokassa.



Kuva 10. Tarkastelun perusteella tutkittavaksi pöimitut kohteet.

Taulukko 4. Etelä-Savon soveltuvimpien tuulisuusalueiden pisteytys. Lihavoituna alueet, joille tehty teknistaloudellinen analyysi.

Kunta	Alue	YKJ -koordinaatisto		Pisteytys					
		x	y	Tuuli-atlas	Etäisyys sähkö-verkkoon	Voimailden lkm	Tie-verkko	Korkeuserot	Kokonaispisteet
Pieksämäki	Pyhäjärvi	3487593	6910399	2	3	0	1	0	1,25
Pieksämäki	Kivisensalo	3534576	6914420	1	2	1	1	1	1,2
Kangasniemi	Rytkölä	3463291	6892385	1	0	1	1	2	1,1
Mikkeli	Harjunmaa	3503374	6858968	1	1	1	1	1	1
Hirvensalmi	Väisälänsaari	3490023	6851553	2	0	1	1	2	1,4
Hirvensalmi	Puulan länsiosa	3473125	6854478	2	0	1	1	1	1,1
Hirvensalmi	Hasanmäki	3487342	6842611	2	1	1	2	2	1,65
Hirvensalmi	Suonteen itäranta	3477802	6841771	1	0	1	2	2	1,15
Pertunmaa	Peruvesi	3474595	6817815	2	1	0	1	0	0,9
Ristiina	Liänsaari	3535749	6808468	2	0	0	2	0	0,7
Puumala	Luukkolansaari-Junninmäki	3565374	6814181	3	1	2	2	1	1,8
Puumala	Sahalahti	3560822	6830510	2	2	2	1	2	2,0
Puumala	Viljakansaari	3575347	6829765	2	1	1	1	1	1,3
Punkaharju	Alakylä-Saukonsaari	3609076	6835671	3	1	2	1	1	1,8
Savonlinna	Käärmelahti	3611049	6844213	3	1	2	1	2	1,9
Savonlinna	Kaatopaikan ympäristö	3605193	6858038	3	3	1	1	2	2
Kerimäki	Anttola	3611327	6860408	2	3	1	1	1	1,7
<b>Savonlinna</b>	<b>Pihlajaniemi</b>	<b>3591639</b>	<b>6861350</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2,7</b>
Kerimäki	Pihlajaniemi-Rauvanniemi	3634293	6878318	3	1	2	2	1	1,8
<b>Enonkoski/Savonlinna</b>	<b>Laukunkangas</b>	<b>3596512</b>	<b>6884413</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2,1</b>
<b>Savonlinna</b>	<b>Syvälähti-Hanhijärvi</b>	<b>3610103</b>	<b>6891383</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>2,5</b>
Heinävesi	Leipämäki-Torninmäki	3598004	6908340	2	0	2	1	3	1,85
Savonlinna	Tappuniemi	3579421	6894859	3	1	1	1	1	1,6
Heinävesi	Kaipionmäki	3590744	6904401	2	0	2	1	2	1,4
Heinävesi	Kangaslamminmäki-Tynnörimäki	3574560	6936550	2	4	2	1	2	2,4
Heinävesi	Sarvikumpu-Sopakko	3604194	6932611	2	3	2	1	1	1,9
Heinävesi	Valamon ympäristö	3593939	6941933	2	3	1	1	2	2,0
Rantasalmi	Porosalmi-Tiemassaari	3566805	6891267	3	2	1	1	2	2,1
Rantasalmi	Kolkonjärvi koillisranta	3560014	6879532	2	2	0	1	0	1,1
Rantasalmi	Parkumäen itäpuoli	3587008	6873357	3	4	2	1	1	2,4
Sulkava	liniemi	3578920	6853150	2	2	1	1	1	1,5
<b>Puumala</b>	<b>Konnalaminmäki</b>	<b>3572600</b>	<b>6817900</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2,2</b>
Enonkoski	Enonkosken kk	3597300	6888400	2	2	1	1	2	1,8
Puumala	Konttikorvenmäki	3563400	6828520	2	4	2	1	1	2,0
<b>Savonlinna</b>	<b>Savonrannan kk</b>	<b>3613500</b>	<b>6898500</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2,3</b>

Taulukko 5. Yhteenveto teknistaloudellisen analyysin tuloksista valituille alueille.

Kunta	Alue	Tuulisuus/ WAsP [m/s]	Vuosi- tuotanto/ WAsP [GWh]	Tuulipuiston maksimi- koko [MW]	Kannattavuus- raja [M€/MW]	Verkkoliitynnän kustannukset [M€]
Savonlinna	Pihlajaniemi	5,7-7,2	7,1-10	70	1,32	1-3,4
Enonkoski	Laukunkangas	5,9-7,5	6,6-10	42	1,23	1-3,2
Savonlinna	Syvälahti-Hanhijärvi Enonkoskella	5,8-7,9	9,6-11,8	36	1,67	1,2-3,4
Savonlinna	Savonranta	5,8-6,8	9,1-10,6	21	1,54	1-3
Puumala	Konnalamminmäki	6,3-8	8,3-11,9	70	1,57	1-3,2