

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Teknillinen tiedekunta

Energiatekniikan koulutusohjelma

**KANDIDAATINTYÖ:
TUULIVOIMAN KEHITYS KAAKKOIS-SUOMESSA
VUOTEEN 2020 MENNESSÄ**

Lappeenrannassa 27.08.2012

Katja Helander

0370649

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen yliopisto

Teknillinen tiedekunta

Energiatekniikan koulutusohjelma

Katja Helander

Tuulivoiman kehitys Kaakkois-Suomessa vuoteen 2020 mennessä

The development of wind power in the South-East Finland by the year of 2020

Kandidaatintyö

2012

56 sivua, 12 taulukkoa ja 10 kuvaa

Tarkastaja: Prof. Tapio Ranta

Ohjaajat: DI Antti Karhunen, DI Mika Laihanen

Hakusanat: tuulivoima, Kaakkois-Suomi, potentiaali, uusiutuva energia
Keywords: wind power, South-East Finland, potential, renewable energy

Tässä työssä esitellään tuulivoimaa yleisesti, sekä tarkemmin tuulivoiman tilannetta Kaakkois-Suomessa. Työn alussa kerrotaan, mitä tuulivoima on ja käydään läpi tuulivoimaprojektin toteutusvaiheita. Kaakkois-Suomessa on paljon tuulivoimatoimijoita, sijoituspaikkoja voimaloille sekä jo useita olemassa olevia voimaloita. Kaakkois-Suomella on osuutensa Suomen tuulivoimatavoitteeseen, josta työssä puhutaan paljon. Tuulivoimatavoite pohjautuu ilmasto – ja energias strategiaan, jonka valtioneuvosto hyväksyi vuonna 2008. Parannukset tuulivoimarakentamiseen, syöttötariffijärjestelmän käyttöönotto sekä tuulivoimatoimijoiden aktiivisuus ovat edellytyksiä Suomen tuulivoimatavoitteelle vuoteen 2020 mennessä. Suomen tavoite on tuottaa sähköä tuulivoimalla 6 TWh vuonna 2020 ja tähän tarvittava kapasiteetti on 2500 MW, joka tarkoittaa esimerkiksi noin 833 kappaletta 3 MW:n tuulivoimaloita. Työn lopussa, kappaleessa 6, arvioidaan voiko tämä tavoite tapahtua tämän hetken tiedoilla.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	2
SISÄLLYSLUETTELO	3
SYMBOLILUETTELO	3
1 JOHDANTO	5
2 YLEISTÄ TUULIVOIMASTA	7
2.1 Tekniikka ja laitoskoon kehitys.....	7
2.2 Maailmalla.....	9
2.2.1 Kiina.....	10
2.2.2 Eurooppa.....	11
3 TUULIVOIMAPROJEKTI	14
3.1 Ennen rakentamista suoritettavat toimet	14
3.2 Rakentaminen.....	19
3.3 Tuotantokustannukset.....	22
4 TUULIVOIMA SUOMESSA	25
4.1 Tuulivoiman tukipolitiikka.....	25
4.2 Asennetun tehon ja tuotannon kehitys	27
4.3 Toimijat Kaakkois-Suomessa.....	30
5 TUULIVOIMA KAAKKOIS-SUOMESSA	34
5.1 Suunnitteilla olevan tuulivoiman määrä.....	34
5.2 Kymenlaakson tuulivoiman sijoituspaikoista.....	35
5.3 Etelä-Karjala.....	39
6 TUULIVOIMAN TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT	44
7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO	50
8 LÄHDELUETTELO	52

SYMBOLILUETTELO

E	liike-energia	[J]
v	nopeus	[m/s]

Kreikkalaiset aakkoset

ρ	tiheys	[kg/m ³]
--------	--------	----------------------

1 JOHDANTO

Tuulivoima ei ole uusi keksintö, tuulimyllyjä on käytetty vuosisatojen ajan viljan jauhatukseen ja veden nostoon, mutta sähköntuotannossa tuulivoima on paljon tuorempi keksintö. Laajamittaista sähköntuotantoa varten tuulienergiaa alettiin tutkia ensimmäisen öljykriisin seurauksena 1970-luvun puolivälissä. Aluksi tutkimus keskittyi useiden megawattien tehoisiin laitoksiin, mutta nämä koelaitokset osoittautuivat kuitenkin yksittäisinä hankkeina tehtyinä epätaloudellisiksi.

Tanskassa ja Kaliforniassa kokeiltiin samaan aikaan pienempien tuulivoimaloiden tuotantoa. Pienistä 10 – 55 kW:n laitoksista tuli taloudellisesti kannattavia ja niiden valmistusmäärät alkoivat kasvaa nopeasti. Näin tekniikka kehittyi rivakasti, valmistuskustannukset laskivat, luotettavuus parani ja laitospääte alkoi kasvaa.

Tällä hetkellä tuulivoima kattaa noin puoli prosenttia Suomen sähkönkulutuksesta. Hallituksen kolmen prosentin tavoitteen saavuttamiseksi tarvitaan 700- 8000 uutta voimalaa.

Työn tarkoituksena on: esitellä kuinka paljon Kaakkois-Suomessa on potentiaalia tuulivoiman tuottamiseen sekä käydä läpi nykytilanne, esitellä Kaakkois-Suomen tuulivoimatoimijoita sekä arvioida Suomen tuulivoimatavoitteen toteutumista. Suomi on asettanut tavoitteekseen tuottaa 6 TWh tuulisähköä vuoteen 2020 mennessä, kun vuonna 2010 tuotettiin vain 294 GWh tuulisähköä. Työn lopussa pohditaan, onko tämä tavoite tämän hetken tiedoilla mahdollista saavuttaa.

Uusiutuvien energialähteiden hyödyntäminen on tullut erittäin ajankohtaiseksi tiukentuvien päästörajoitusten sekä kallistuvien ja saastuttavien fossiilisten polttoaineiden käytön vähentämisen myötä. Tuulivoimasta uutisoidaan paljon mediassa ja esimerkiksi uutiset Suomen hallituksen toimista esteiden poistamiseksi tuulivoimarakentamisen tieltä ovat luoneet positiivisempaa kuvaa tuulisähkön tulevaisuudesta.



Kuva 1. Kolmen megawatin tuulivoimala Haminasta, Summan tuulipuistosta, turbiinin valmistaja WinWinD. (Kuva K. Helander)

2 YLEISTÄ TUULIVOIMASTA

Tuulivoima on uusiutuvaa energiaa, joka on peräisin Auringon säteilyenergiasta. Tuuli syntyy ilmanpaineen vaihteluista. Auringon lämmittämä ilma kevenee ja alkaa kohota ylöspäin, jäähtyessään ilma tulee painavammaksi ja alkaa laskeutua alaspäin. Kun ilma lämpenee ja poistuu alueelta, syntyy matalapaine. Kun jäähtynyt ilma laskeutuu, syntyy korkeapaine. Tuuli puhaltaa aina korkeapaineen alueelta kohti matalapaineenkeskusta. Tuulen syntyyn vaikuttaa maapallon epätasainen lämpeneminen ja jäähtyminen (Pirilä, 2012). Noin 2-3 % auringosta tulevasta energiasta muuttuu liike-energiaksi eli tuuleksi. Suurimmassa osassa nykyaikaisia tuulivoimaloita pyörivien lapojen liike-energia muutetaan sähköksi. (Suomen tuulivoimatieto ry, 2009) Tässä kappaleessa kerrotaan tuulivoimaan liittyvästä tekniikasta, sekä tuulivoiman esiintymisestä maailmalla.

2.1 Tekniikka ja laitokseen kehitys

Tuuliturbiineita on monenlaisia: pystyakseloituja, vaaka-akseloituja ja 1-, 2-, 3- ja monilapaisia. Suurvoimatuotannossa vallitsevia ovat vaaka-akseloidut ja 3-lapaiset voimalat. Nykyaikaisissa voimaloissa roottorin lavat ovat aerodynaamisesti muotoiltuja, ja roottorin liikkeelle panevana voimana on tuulen aiheuttama nostevoima. Suuren tuulivoimalan roottori pyörii noin 20 - 30 kierrosta minuutissa. (Suomen tuuliatlas)

Tuulen liike-energia voidaan laskea yhtälöstä

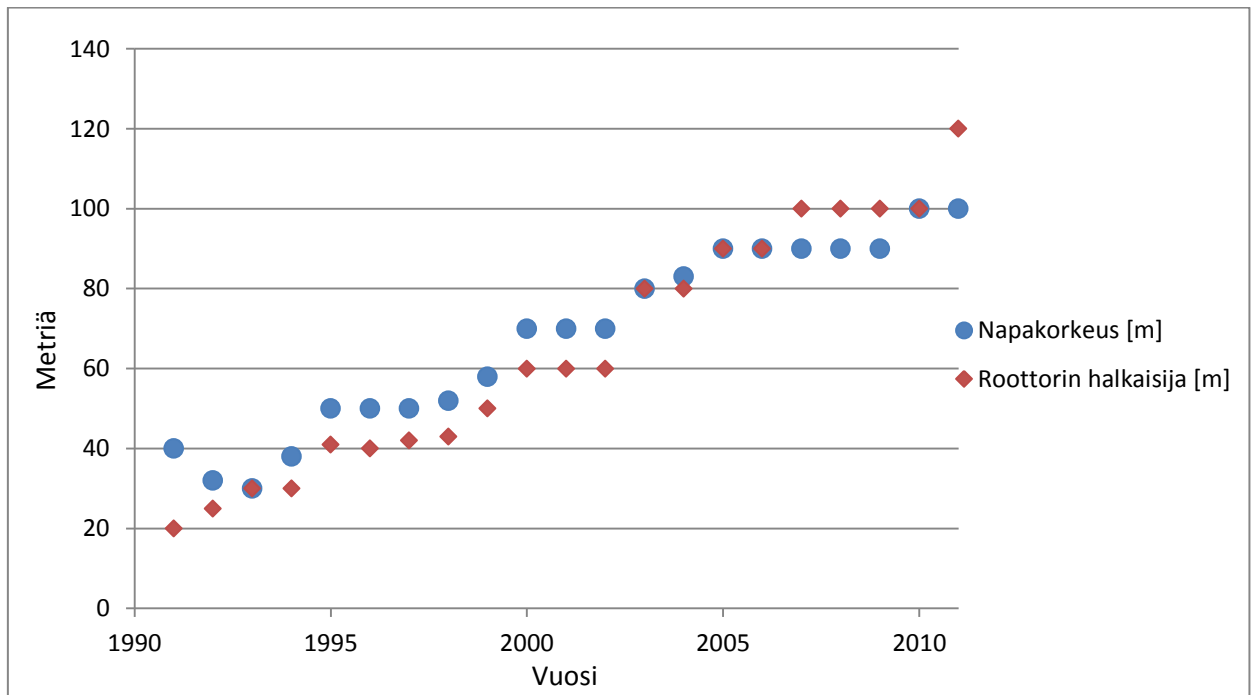
$$E = \frac{1}{2} \rho v^2 \quad (1)$$

$$\rho = \text{tiheys} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

$$v = \text{nopeus} \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

Tuulivoimalla ei voi hyödyntää tuulen koko vaihteluväliä. Voimaloilla on kullekin voimalalaille ominainen käynnistymistuulennopeus, joka isoilla megawattiluokan laitoksilla on yleensä 3-4 m/s sekä voimalaturvallisuuteen liittyen pysäytystuulennopeus 25 m/s. Näiden nopeuksien ulkopuolella voimalla ei tuota mitään. (Suomen tuuliatlas)

Tuulivoimaloiden koko, roottorin halkaisija ja napakorkeus ovat viime vuosikymmeninä kasvaneet huomattavasti, kuten voidaan kuvasta 2 huomata, ja ne tulevat kasvamaan edelleen. Tuulivoimalan tuoton arvioimiseksi on määritettävä tuulen nopeus ja mitoitustuuli sekä napakorkeudella että koko roottorin alueella. (Vaasa Energy Institute, 2010)



Kuva 2. Napakorkeuden ja roottorin halkaisijan kehitys voimalan valmistusvuoden mukaan. (Anders Stenberg, Hannele Holttinen, 2011, s. 27)

Vaaka-akselisen voimalan suurimmat komponentit ovat roottori, konehuone eli naselli, torni ja perustukset. Roottori koostuu lavoista, jotka kiinnittyvät napaan ja ne ovat aerodynaamisesti suunniteltu kaappaamaan tuulta. Roottori muuttaa voimalaan kohdistuvaa tuulta energiaksi. Nykypäivänä suurin osa lavoista valmistetaan

komposiittimateriaaleista joissa yhdistetään lasikuitua ja polyesteriä tai epoksia. Lapojen tulee olla hyvin kestäviä. (Vaasa Energy Institute, 2010)

Konehuone sisältää mm. vaihdelaatikon, ellei kyseessä ole vaihteeton turbiini, generaattorin sekä säätö- ja ohjausjärjestelmän. Mahdollinen vaihdelaatikko muuttaa roottorin matalan kierrosnopeuden generaattorille sopivalle nopeudelle. Hallintajärjestelmä taas valvoo tuuliturbiinin toimintoja, kuten jarruja, jotka vaikuttavat vaihdelaatikon ja tätä kautta generaattorin toimintaan. Suuntausjärjestelmä kääntää roottorin kohti tuulta, joka vaikuttaa merkittävästi tuuliturbiinin toimintaan. Konehuoneessa on myös generaattorin jäähdytysjärjestelmä, tuulimittari joka siirtää tiedon turbiinin hallintajärjestelmään sekä erilliset moottorit, jotka kääntävät voimalan tuulen suuntaan suunta-antureiden ja säätölaitteiden avulla. Runko ja kuori on useimmiten valmistettu teräksestä tai lasikuidusta. (Vaasa Energy Institute, 2010)

Torni on usein kartion muotoinen ja se valmistetaan enimmäkseen teräksestä. Torninkorkeus vaihtelee 40 ja 100 metrin välillä. Perustukset ulottuvat 2-3 metrin syvyyteen ja rakennusmateriaalina on betoni. (Vaasa Energy Institute, 2010)

Suomessa on otettava huomioon kylmyys, sillä IEC standardin mukaan tuulivoimaloiden pitää toimia alueella $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Materiaalit ja tekniset ratkaisut ovat erilaisia kuin tavallisissa voimaloissa. Ongelmia ilmenee myös hydraulisten ja sähköisten komponenttien kanssa, voimalan onkin varauduttava esilämmittäjällä. Kovalla pakkasella tuulee vähän, ja näin turbiinin ollessa kauan poissa käytöstä, vaihdelaatikon ja hydrauliiikan öljy muuttuu jähmeäksi. Voimalan käynnistyessä uudelleen voi syntyä ongelmia voitelun kanssa. (Vaasa Energy Institute, 2010)

2.2 Maailmalla

Maailmanlaajuinen tuulivoimakapasiteetti oli vuonna 2011 237 GW, josta 40,1 GW asennettiin vuonna 2011, mikä on enemmän kuin koskaan ennen. Vuonna 2010 tuulivoimaa asennettiin noin 38 GW. (The World Wind Energy Association, 2012, s. 5)

Taulukosta 1 nähdään, että vaikka Yhdysvalloissa on tuotettu eniten tuulisähköä, niin Kiinassa kapasiteettia on kasvatettu huomattavasti enemmän, kuin missään muualla maailmassa. Kiina on esimerkiksi antanut verovapaan maahantuonnin suurille tuuliturbiineille.

Taulukko 1: Esimerkkejä tuulivoimasta maailmalla vuonna 2010. (International Energy Agency, 2011, s. 6)

Maa	Asennettu tuulivoimakapasiteetti [MW]	Turbiinien lukumäärä	Tuulivoimalla tuotettu sähkö [TWh/a]	Tuulivoiman osuus sähkön-tuotannosta [%]	Vuotuinen kapasiteetin kasvu [MW]
Alankomaat	1 880	2 000	4,6	4	29
Iso-Britannia	5 270	3 324	10,02	2,6	876
Italia	5 797	4 852	8,38	2,6	0
Kiina	44 773	34 485	50,1	1,2	18 928
Suomi	197	130	0,29	0,3	50
Ruotsi	2 163	1 723	3,5	2,6	604
Tanska	27 204	5 033	7,81	21,9	320
Yhdysvallat	40 267	35 892	94,65	2,3	5 113

2.2.1 Kiina

Kiinalla on hyvät mahdollisuudet tuottaa tuulienergiaa: sillä on pitkä rannikko ja paljon maa-alaa sekä pääomaa. Arviot tuulivoiman hyödynnettävyydestä Kiinassa vaihtelevat 70 GW:sta 120 GW:iin. Ilmastonmuutoksen aiheuttamien vahinkojen kanssa pärjätäkseen ja niiden minimoimiseksi, Kiinan hallituksen tavoitteena on uusiutuvan energian käytön nostaminen 15 %:iin energiantuotannosta vuoteen 2020 mennessä. Tällä hetkellä Kiinassa on installoitu tuulivoimakapasiteettia lähes 45 GW ja vuoteen 2015 mennessä tavoitteena on 90 GW. Vuonna 2010 Kiina sijoitti eniten tuulivoimaan maailmassa, sillä Kiinassa asennettiin uutta tuulivoimaa jopa 19 GW, kuten taulukosta 1 voidaan nähdä. (International Energy Agency, 2011, s. 68)

Taulukosta 1 voidaan myös havaita, että Kiina tuottaa vähemmän sähköä tuulivoimalla, kuin esimerkiksi Yhdysvallat, vaikka kapasiteettia Kiinalla on paljon enemmän.

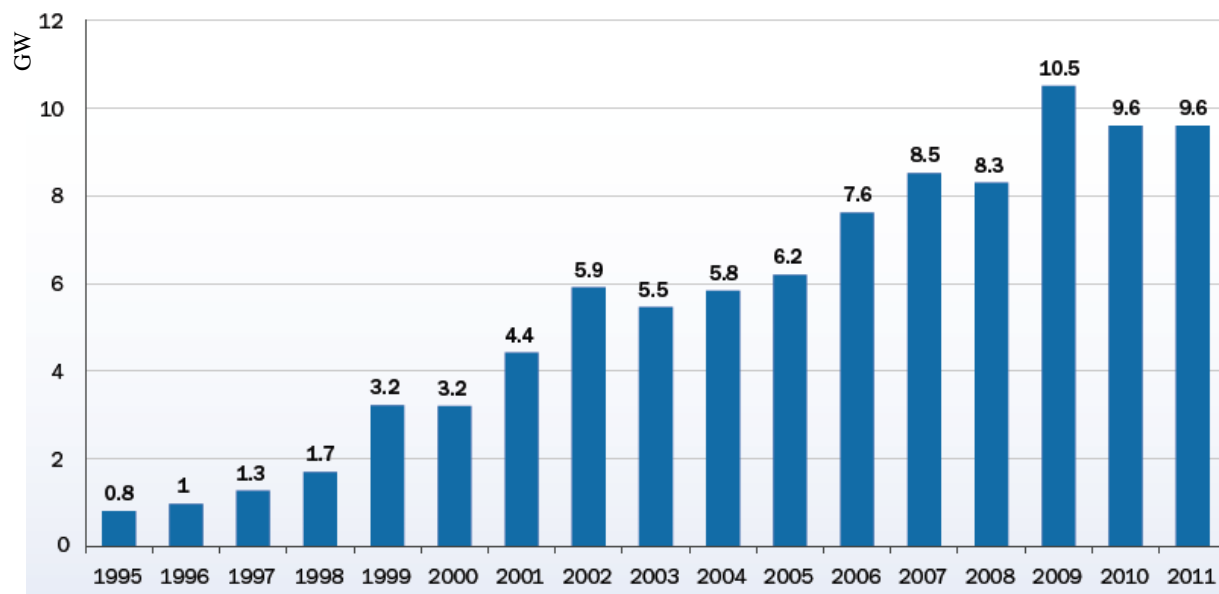
Huipunkäyttöajat jäivät alle 2 000 tunnin ja se oli vähemmän, kuin mitä oli odotettu. Syinä olivat ainakin huono sijaintipaikan suunnittelu, tuulipuiston suuntaus, sekä ongelmat turbiinityyppien valinnassa. (International Energy Agency, 2011, s. 72)

2.2.2 Eurooppa

Euroopan mantereella on vielä eniten tuulivoimaa maailmassa, 40 % maailman kokonaiskapasiteetista. Kuitenkin vielä vuonna 2006 Euroopassa oli 60 % maailman tuulivoimakapasiteetista, Eurooppa on menettämässä asemaansa Aasialle. Vuonna 2010 Aasian osuus uusien tuuliturbiinien markkinoista oli yli puolet. (The World Wind Energy Association, 2012, s. 11) Euroopan tuulikapasiteetti oli 94 GW vuonna 2011. Saksassa asennettiin eniten tuulivoimaa Euroopassa, 2 GW, ja näin kokonaiskapasiteetti Saksassa nousi 29 GW:iin. Voidaan olettaa, että Saksa pysyy Euroopan johtavana tuulivoiman markkina-alueena, sillä maassa päätettiin luopua ydinvoimasta vuonna 2011 toukokuussa Fukushima ydinvoimalaonnettomuuden seurauksena. (The World Wind Energy Association, 2012, s. 14)

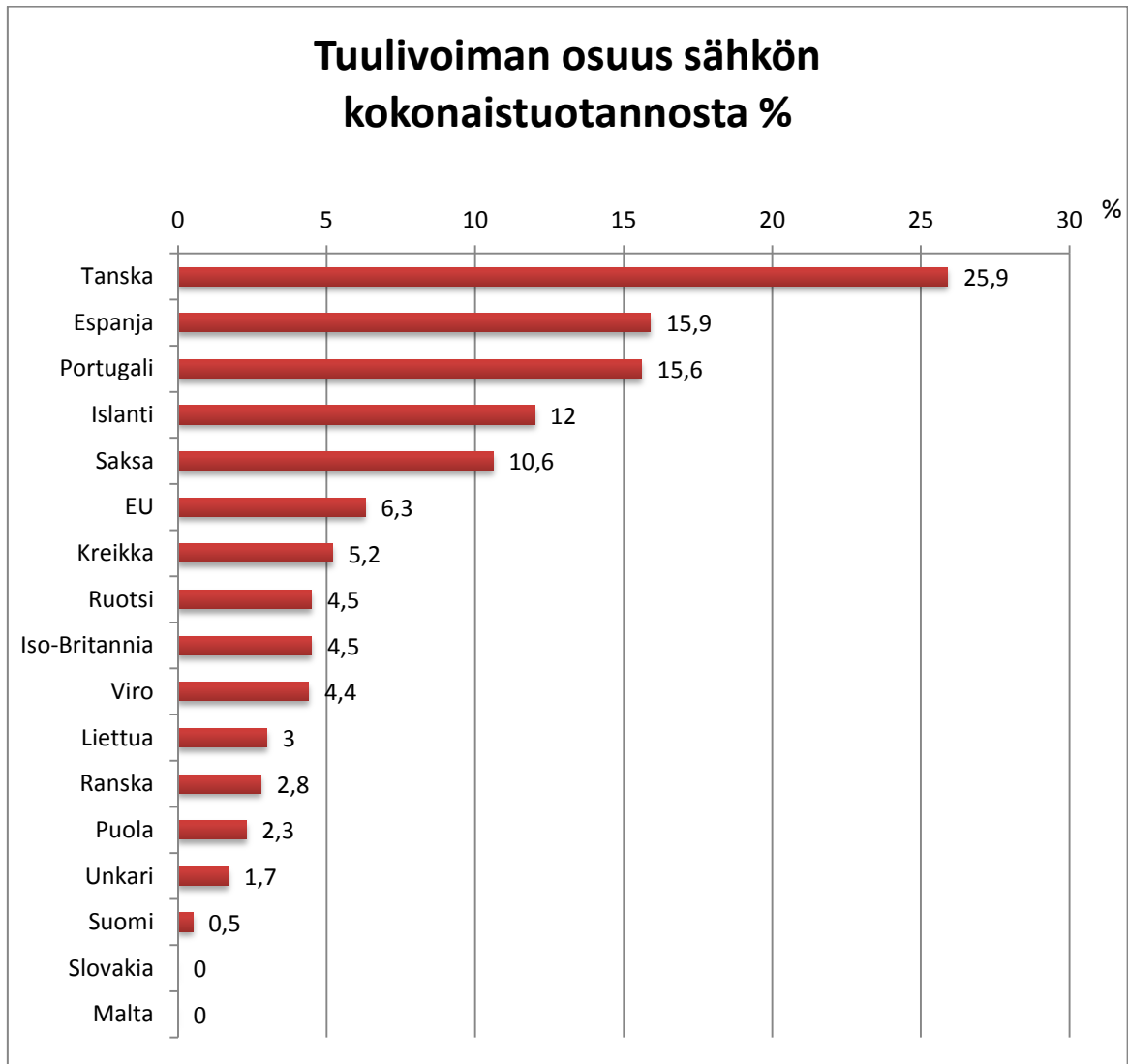
Monet Euroopan maat ovat asettaneet tavoitteita tuulivoiman kapasiteetin nostattamisesta. Esimerkiksi Saksassa virallinen tavoite on rakentaa 10 GW:n edestä meritulivoimaa vuoteen 2020 mennessä, Portugalissa virallinen tavoite on saada 6,9 GW tuulivoimakapasiteettia myös vuoteen 2020 mennessä ja Italian tavoite on 12,68 GW sekä 20 TWh vuodessa vuoteen 2020 mennessä. (International Energy Agency, 2011, ss. 5-7)

Kuvasta 3 voidaan nähdä, että tuulivoiman asennukset ovat EU:ssa kasvaneet lähes lineaarisesti vuodesta 1995 lähtien, eniten uutta tuulivoimaa asennettiin vuonna 2009, 10,5 GW.



Kuva 3. Vuotuiset tuulivoiman asennukset EU:ssa gigawatteina. (Justin Wilkes, 2012, s. 9)

Vuonna 2011 Tuulivoiman osuus sähkön kokonaiskulutuksesta oli Tanskassa 25,9 %, Saksassa 10,6 %, Ruotsissa sekä Isossa-Britanniassa 4,5 %, Suomessa 0,5 % ja EU:ssa keskimäärin 6,3 %. Suomi on siis reilusti EU:n keskiarvoa alempana. Tanskassa on eniten tuulivoimaa, Espanjan ja Portugalin seurattessa perässä. Vähiten taas on Maltalla, Slovakialla ja Suomella, kuten voidaan kuvasta 4 nähdä. (Justin Wilkes, 2012, s. 11)



Kuva 4. Tuulivoiman osuus sähkön kokonaistuotannosta seuraavissa Euroopan maissa vuonna 2011. (Justin Wilkes, 2012, s. 11)

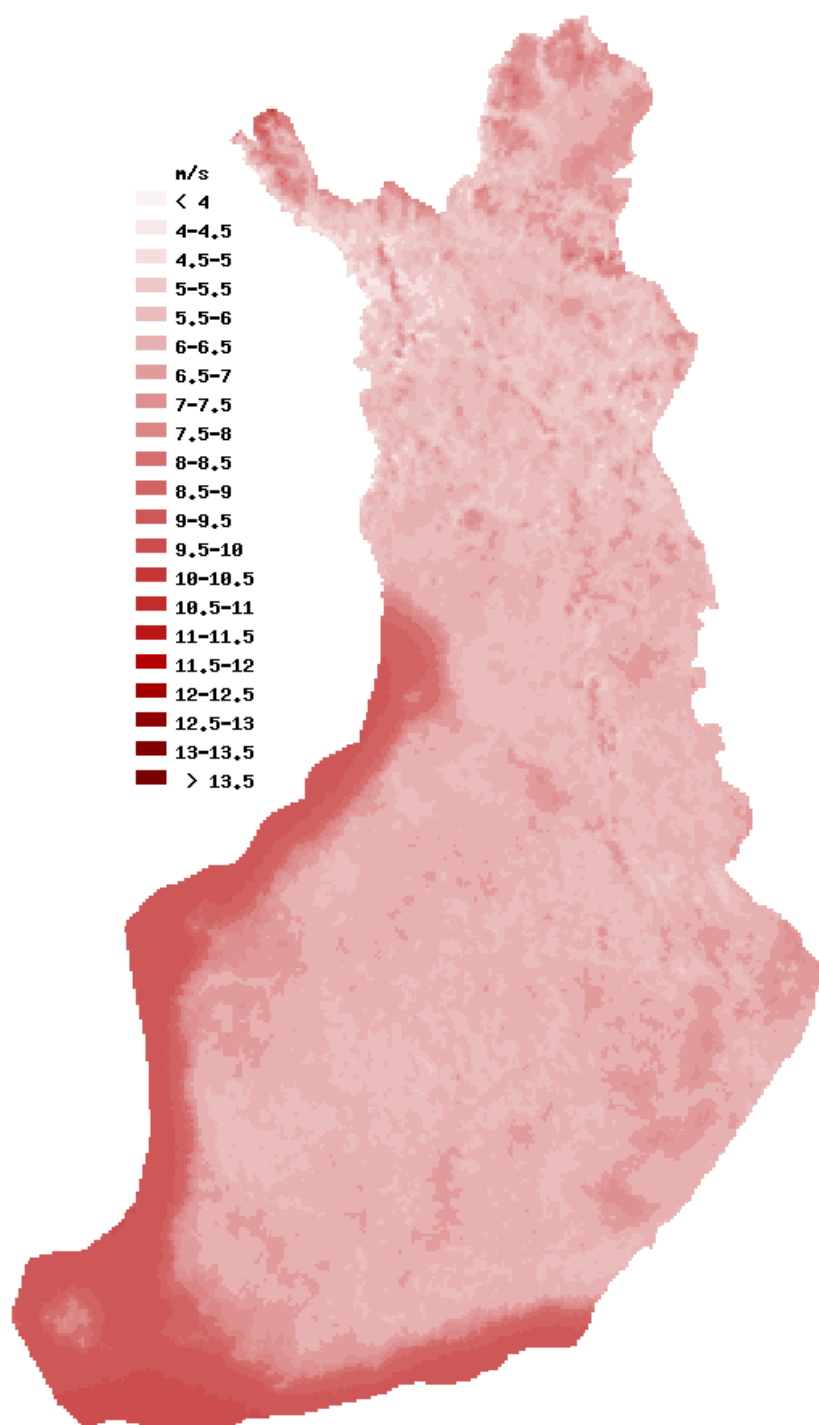
3 TUULIVOIMAPROJEKTI

Tässä kappaleessa käydään läpi vaiheita, joita Suomen tuulivoimatoimijoiden täytyy käydä läpi, saadakseen tuulivoimalan käyttöönottovaiheeseen saakka. Kuten voidaan kuvasta 6 nähdä, ei toimenpiteitä suoriteta tietyssä järjestyksessä, vaan myös lomittain aikataulun ja projektin etenemisen puitteissa.

3.1 Ennen rakentamista suoritettavat toimet

Tuulivoimahankkeen voi käynnistää esimerkiksi voimayhtiö, jakelusähköyhtiö, kunta tai yrittäjä. Tuulivoimaprojekti on monivaiheinen prosessi ja aikataulut vaihtelevat suuresti. Ensin on aloitettava esiselvityksellä, jonka tarkoituksena on sopivan sijoituskohteen löytäminen tuulivoimalaitoksille ja projektin teknisten, taloudellisten sekä maankäytöllisten toteutusedellytysten arviointi. Esiselvitys perustuu yleensä tietokoneavusteiseen tuulisuusarvioon tai paikan päällä tehtäviin tuulimittauksiin. (Motiva Oy, 1991, ss. 16-17)

Esiselvitykseen kuuluu siis sijoituskohteen valitseminen. Alueen valitsemiseen vaikuttavat: tuuliolosuhteet, liittynät sähköverkkoon, maaperän vakaus ja infrastruktuuri. Suomessa käytetään usein apuna tuulivoimakartoituksia, kuten Suomen tuuliatlasta. Tuulen keskinopeuden jakauma 100 metrin korkeudelta Suomen tuuliatlasta, voidaan nähdä kuvassa 5. Sijoituspaikkaa valittaessa tulee ottaa huomioon myös tuulivoiman ympäristövaikutukset, joiden huomioimisessa apuna voi käyttää Suomen luonnonsuojeluliiton Ekomerkin kriteerejä. (Motiva Oy, 1991, s. 31) Nämä kriteerit tuulivoimalle ovat: voimala ei saa sijoittua luonnonsuojelualueille eikä valtakunnallisesti ja maakunnallisesti arvokkaille maisema-alueille tai kulttuuriperintöalueille eikä kansainvälisesti ja valtakunnallisesti tärkeille lintualueille. (Kettunen, 2009) Esiselvitykseen arvioidaan Motivan tuulivoimaprojektioppaassa kuluvan kahdesta kahteentoista kuukautta.



Kuva 5. Kuva Suomen tuuliolosuhteista, tuulen keskinopeuden jakama 2,5 x 2,5 neliökilometrin tarkkuudella 100 metrin korkeudessa. (Suomen tuuliatlas)

Maa-alue on hankittava, kun onnistumistodennäköisyydestä on mahdollisimman hyvä käsitys, koska esimerkiksi alueen merkittävät luontoarvot viivästyttävät hanketta varmuudella. Suomessa saa rakentaa ainoastaan alueelle, jonka hallintaoikeus on rakennuttajalla. Kun maa-alue on vuokrattu tai ostettu on neuvoteltava verkonhaltijan kanssa verkkoon liittymästä. Suomessa verkonhaltija on kuitenkin velvoitettu liittämään verkkoon sähköntuottaja, jos sähkölle on ostaja. Tämä voi olla hyvin kallista keskikokoisille tuulivoimapuistoille, sillä näiden on katettava verkon vahvistamisen kustannukset. Alle 100 MW:n tuulipuistot voidaan liittää 110 kV verkkoon ja tästä suuremmat yleensä 400 kV verkkoon. (Motiva Oy, 1991, s. 55) Maa-alueen hankintaan arvioidaan Motivan tuulivoimanprojektioppaassa kuluvan kahdesta kahteentoista kuukautta.

Ennen investointipäätöstä on alueella tehtävä vuoden – kahden mittaiset tuulimittaukset, jotka tulee tehdä tuulivoimalan suunnitellulta napakorkeudelta. Mittauksilla varmistetaan alueen tuuliolosuhteet. Vuoden kestävien tuulimittausten hinta yhdellä paikalla on noin 20 000 euroa. (Suomen tuulivoimayhdistys ry) Tämän jälkeen on aloitettava ympäristövaikutusten arviointimenettely (YVA), jossa arvioidaan muun muassa: visuaaliset vaikutukset, käyntiääni, vaikutukset eläimiin, mahdolliset vaikutukset viestintäyhteyksiin, erilaiset maankäyttövaikutukset, merelle rakennettaessa vedenalaiset vaikutukset ja turvallisuus. YVA:n hyväksyy Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Myös ihmisiä koskevat vaikutukset on arvioitava YVA:n aikana. YVA -menettelyssä ei päätetä hankkeen toteutumisesta, vaan siinä saatu selvitys otetaan huomioon rakennuslupaharkinnassa. (Ympäristöministeriö) Ympäristöselvitykseen kuluu Motivan tuulivoimanprojektioppaan mukaan kahdesta kahdeksaan kuukautta.

Kaavoitus on tehtävä tuulivoimalle sopivaksi. Alueen soveltuvuus tuulivoimaloiden sijoituspaikaksi tulee lähtökohtaisesti ratkaista kaavalla, joka voi alueen luonteesta ja hankkeen koosta riippuen olla maakunta-, yleis- tai asemakaava. Yleiskaavan käyttöä tuulivoimarakentamisessa koskeva maanrakennus lain muutos tuli voimaan vuonna 2011. Muutos mahdollistaa tuulivoimarakentamiseen suoraan ohjaavan yleiskaavan,

jolloin rakennusluvut tuulivoimaloille voidaan myöntää suoraan sen nojalla. (Ympäristöministeriö, 2012, s. 21)

Tuulivoiman tuottaja tekee sopimuksen sähköverkkoon liittymisestä ja sähkönsiirrosta sen jakeluverkonhaltijan kanssa, jonka alueelle tuulivoimalaitos aiotaan rakentaa. Verkonhaltija voi periä tuottajalta liittymismaksun ja tulee veloittamaan siirtotariffia, joka koostuu kiinteästä maksusta ja energiamaksusta. (Suomen tuulivoimayhdistys ry)

Ennen kuin hanke voidaan toteuttaa, tulee selvittää vaikutukset tutkiin. Ensin rakennuttaja tarkistaa kunnan kaavoittajalta onko tutkavaikutuksia arvioitu. Jos niitä ei ole arvioitu, on pääesikunnasta pyydettävä lausuntoa hankkeesta. Puolustusvoimat toimittaa lausunnon koskien kaikkia toimintojaan, kun on selvittänyt vaikutukset toimintoihin. Mikäli lausunnosta selviää, että tuulivoimaloilla ei ole merkittäviä vaikutuksia heidän toimintoihinsa, hankkeessa voidaan edetä. Toisessa tapauksessa tutkavaikutukset tulee selvittää lisenssien avulla, jotka oikeuttavat tekemään selvityksiä VTT:llä. Hankkeen selvitys käynnistyy, kun yritys tilaa sen ja VTT on saanut tarvittavat lähdetiedot. VTT lähettää selvityksen puolustusvoimille, ja puolustusvoimat toimittaa lausunnon hankkeen hyväksyttävyydestä hanketoimittajalle. (Energiateollisuus ry)

VTT on kehittänyt tuulivoimarakentamisen tutkavaikutusten arviointiin laskentatyökalun, jolla arvioidaan tuulivoimaloiden vaikutukset puolustusvoimien tutkiin. Tämän avulla varmistetaan, ettei tuulivoimala heikennä puolustusvoimien valvontajärjestelmien suorituskykyä. Työkalun on tarkoitus nopeuttaa lupamenettelyä. (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2011)

Tuulivoiman rakentamiseen tarvitaan myös lentoestelupa. Liikenteenturvallisuusvirasto hyväksyi 14.12.2011 lentoestelausuntojen korkeusrajoitusten lieventämistä koskevan muutoksen otettavaksi käyttöön 15.12.2011. Tässä pyritään edistämään tuulivoiman lisärakentamista uusien tuulivoimahankkeiden lisääntyessä ja voimaloiden korkeuden kasvaessa. Kun tuulivoimaloiden pystytystä aletaan suunnitella, tulee ennen lentoesteen pystytyksen aloitusta ilmoittaa asiasta Finavialle noin 12 viikkoa ennen pystytystä. Tuulivoimalaa suunnittelevan tulee hakea Trafilta lupa lentoesteen asettamiseen,

lupahakemukseen on liitettävä (ilmaliikennepalvelujen tarjoajan eli) Finavian lausunto esteestä. (Energiateollisuus ry, 2011)

Edellä mainittujen toimien jälkeen tarvittavat luvat haetaan paikalliselta rakennusvalvontaviranomaiselta. Tarvittavia lupia ovat: rakennuslupa tai toimenpidelupa, ympäristölupa jos tuulivoimasta voi aiheutua naapuruussuhdelaisissa tarkoitettua kohtuutonta rasitusta alueen asukkaille. Vesilupa tarvitaan aina, kun tuulivoimala rakennetaan vesistöön ja silloin kun maa-alueelle rakentamisella on vaikutuksia vesistöön. (Ympäristöministeriö, s. 9) Lupien hankintaan kuuluu Motivan tuulivoimanprojektioppaan mukaan kahdesta kahteentoista kuukautta, mutta on huomioitava, että valitukset ovat mahdollisia. Valitukset voivat viivästyttävät lupien saamista.

Kaavoitusta ja lupia varten toiminnanharjoittajan on tehtävä useita erilaisia selvityksiä tuulivoimarakentamisen vaikutusten arvioimiseksi. Selvitykset voivat olla erilaisia maakuntakaavaa ja yleiskaavaa, YVA- menettelyä, rakennuslupaa ja ympäristölupaa varten. Esimerkiksi Rauman tuulivoimalaa varten TuuliSaimaa Oy on ilmoittanut tehneensä seuraavat selvitykset:

- Esiselvitykset tehdasalueen tuulivoimaloista
 - o Puiston layout
 - o Tuuli- ja tuotantoanalyysit
 - o Tieyhteydet ja verkkoliittymä
- Ympäristöselvitys
 - o Muuttolinnut keväällä ja syksyllä, pesimälinnut ja levähtäjät
 - o Luontotyypit ja kasvillisuus
- ELY- keskuksen YVA- tarveselvitys
- Äänimallinnus
 - o Tehtaiden ja liikenteen äänimallinnus, suunniteltujen voimaloiden äänimallinnus
 - o Näiden yhteinen äänimallinnus

- Varjovälkemallinnus
- Havainnekuvat
- Puolustusvoimien tutkavaikutuslausunto
- Rakennettavuusselvitykset ja maaperäselvitykset
- Sähköverkkoliittymän tarkempi suunnittelu
- Finnavian lentorajoituslausunto. (Tarasti, 2012, ss. 13-14)

3.2 Rakentaminen

Sitten on vielä vietävä loppuun maanrakennustöiden ja voimalaitosalueen suunnittelu, kuten laitosten tarkkojen sijoituspakkojen valinta, maaperätutkimukset, kuljetus- ja nostosuunnitelma, teiden linjaus ja suunnittelu ja ilma- ja maajohtojen linjaus. (Motiva Oy, 1991, s. 100)

Suomessa peruskallio on monin paikoin ehjä, kova ja lähellä maanpintaa jolloin voidaan käyttää kallioperustusta. Tämä ankkuroidaan kiinteään kallioon useilla kymmenillä useiden metrien mittaisilla harjaterästanhoilla. Kallioperustus on yleensä edullisempi vaihtoehto kuin mahdollisesti pehmeään tai murenevaan peruskallioon vaadittava massiivinen perustus, jossa on isoon maakuoppaan valettu betonilaatta. Tuulivoimala kiinnitetään betonilaattaan esimerkiksi perustuspulettien avulla. (Motiva Oy, 1991, ss. 101,102)

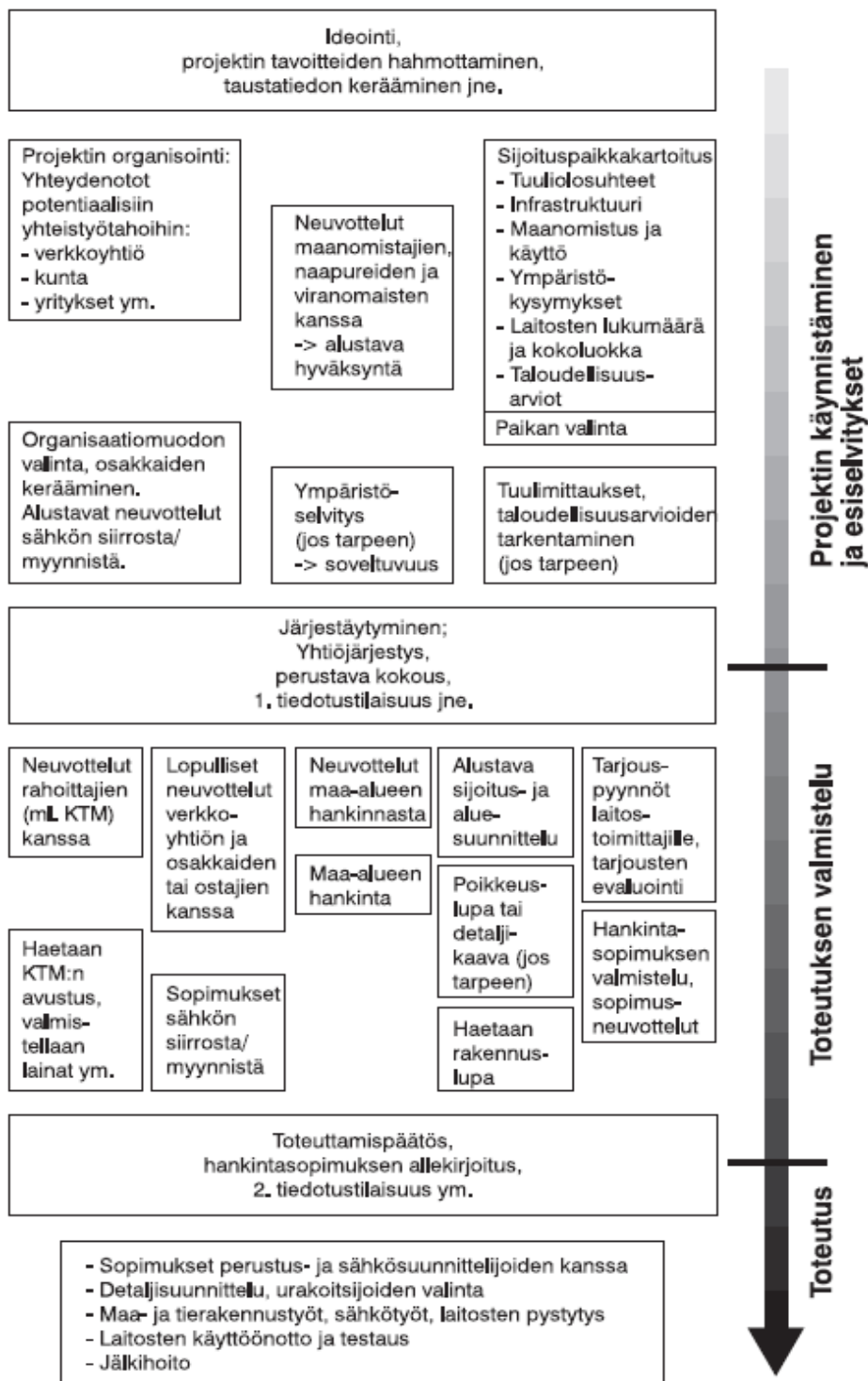
Suomen olosuhteissa tuulivoimalaitokset kytketään useimmiten yksikkökohtaisen muuntajan tai useamman yksikön yhteisen muuntajan kautta olemassa olevaan keskijännitejohtoon. Verkon rakennustöissä käytetään sijoituspaikasta riippuen ilmajohtoa, maakaapelia tai merikaapelia, joista ilmajohto on edullisin ratkaisu. Ilmajohtoa voidaan kuitenkin käyttää melko rajallisesti. (Motiva Oy, 1991, s. 103)

Useimmiten tuulipuistot rakennetaan haja-asutusalueille, joiden verkko on heikko. Heikko verkko rajoittaa puistojen kokoa ja verkon vahvistaminen on kallista. Monesti Suomessa maaston rikkonaisuus ja maankäytölliset tekijät aiheuttavat sen, ettei kovin

suuria tuulipuistoja voida rakentaa olemassa olevan 20 kV verkon läheisyyteen. (Motiva Oy, 1991, s. 104)

Tuulivoimalan pystytyksessä on otettava huomioon säärajoitukset, sillä nostettavat kappaleet ovat useiden kymmenien tonnin painoisia. Tornin koostuessa useammasta osasta se pystytetään kerrallaan ja osat kiinnitetään toisiinsa pystytyksen yhteydessä, näin menetellään usein suurempien laitostyyppien kanssa. (Motiva Oy, 1991, s. 106)

Motivan tuulivoimanprojektioppaassa laitosten toimitusajaksi arvioidaan 4-10 kuukautta, toteutussuunnittelun ja rakentamisvaiheen kestoksi 4-8 kuukautta ja koko projektin kestoksi on arvioitu puolestoista vuodesta kolmeen vuotta.



Kuva 6. Esimerkki tuulivoimaprojektin vaiheista. (Motiva Oy, 1991, s. 117)

3.3 Tuotantokustannukset

Vuonna 2010 tuulivoiman keskimääräinen investointikustannus maailmalla oli 1329 €/kW, Kiinassa tuulivoimaloiden hinta on tippunut jo lähemmäs 500 €/kW ja kokonaisinvestointi 800 €/kW. Vuodesta 2008 lähtien tuulivoimainvestoinnit ovat halventuneet johtuen teknologian kehityksestä ja aasialaisen valmistuksen aiheuttamasta kilpailusta. Tuulivoimalan investointikustannukset pienenevät myös voimaloiden suurentuessa. Yleensä itse tuulivoimalan kustannus koko hankkeesta on 75 %, joka on suurin menoerä. Toiseksi suurin menoerä on verkkoon liittyntä, jonka jälkeen perustusten teko, kuten voidaan taulukosta 3 havaita. Kustannukset vaihtelevat paljon tapauskohtaisesti. Seuraavassa taulukossa on esimerkki 2 MW:n maatuulivoimalalle Euroopassa. (Vaasa Energy Institute, 2010)

Taulukko 3. Esimerkki kustannusten jaosta kahden megawatin maatuulivoimalalle Euroopassa. (Vaasa Energy Institute, 2010)

Komponentti	Kustannus (€/kW)	Osuus kokonaiskustannuksesta
Turbiini	928	75,60 %
Sähköverkkoon liittyminen	109	8,90 %
Perusta	80	6,50 %
Maa-alueen hankinta	48	3,90 %
Sähkö asennukset	18	1,50 %
Konsultointi	15	1,20 %
Rahoitus kustannukset	15	1,20 %
Tierakenteet	11	0,90 %
Valvontajärjestelmä	4	0,30 %
Yhteensä	1228	100,00 %

Taulukosta 3 voidaan nähdä, että sähköverkkoon liittyminen on tässä 8,9 % ja tierakenteet 0,9 %. Sähköverkkoon liittyminen on kuitenkin erittäin tapauskohtaista, yhdessä kohteessa, esimerkiksi teollisuusalueella, on usein valmiina 110 kV:n johto lähellä johon voi liittyä sähköaseman kautta. Toisessa kohteessa taas, esimerkiksi

keskellä maaseutua, voi olla tilanne, että lähin 110 kV:n sähköverkko on 20 km:n päässä mikä lisää kustannuksia. Myös tierakenteitten kustannukset vaihtelevat suuresti: rakennetaanko tuulivoimala tai tuulipuisto alueelle, jossa on kehittynyt infrastruktuuri tavaroiden kuljettamiseen jo valmiiksi, vai tehdäänkö rakennustyöt vaikeasti luoksepäästävään paikkaan.

Tuulivoimalan käyttökuluja tarkasteltaessa merkittävää on, onko kyseessä 1-2 voimalan kohde vai kahdenkymmenen yksikön kokoinen tuulivoimapuisto. Tuulivoimapuistolla saadaan merkittävät edut huoltokulujen kanssa. Huoltohenkilökunnalta kestää yhtä kauan lähteä huoltamaan yhtä voimalaa kuin viittä voimalaa, ja jälkimmäisessä tapauksessa huoltokulut ovat paljon alhaisemmat. Käyttökuluissa voidaan säästöä tehdä myös vakuutusten, huoltosopimusten ja muiden kustannustekijöiden osalta. Euroopassa käyttökulut ovat noin 10–15 €/MWh ensimmäisinä vuosina, mutta takuun umpeuduttua ja voimalan tullessa 10–12 vuoden ikään käyttökulut voivat nousta lähemmäksi 30 €/MWh. (Vaasa Energy Institute, 2010)

Investointikulujen lisäksi tuulivoiman kannattavuus ja taloudellisuus muodostuu investointikulujen lisäksi seuraavista tekijöistä: keskimääräiset käyttökulut tuulivoimalan elinkaaren aikana, tuulivoiman vuosittainen arvon aleneman sen vanhetessa sekä vaatimus sijoitetun pääoman tuotolle, joka on yleensä 5 – 10 %. (Vaasa Energy Institute, 2010)

Tuulivoima on pääomavaltainen energiantuotantomuoto, jonka vuoksi syöttötariffi on monesti kannattavampi tukimuoto kuin energiatuki. Investointikuluissa iso erä on myös tierakenteet, riippuen tietysti maaston alkuperäisestä infrastruktuurin tasosta. Perustusten valaminen kuuluu investoinnin hintaan, kuten myös tuulivoimalan kuljetus ja pystytys sekä sähköverkkoon liittyminen. (Vaasa Energy Institute, 2010)

Käyttökustannuksista suhteellisen suuri osuus voivat olla vakuutukset, joilla pyritään varautumaan mahdollisiin vahinkoihin sekä seisokin aikana menetettyihin tuloihin. Maanvuokra on 15–20 % käyttökustannuksista, jolloin maanomistajat otetaan huomioon useamman sadan metrin säteellä. Lisäksi ovat hallintakulut, joissa on eniten

tapauskohtaista vaihtelua. Suurimmissa tuulivoimapuistoissa hallinto – ja muutkin käyttökulut voivat jakaantua suuremmalle määrälle voimaloita, kuin pienessä 1000 kWh hankkeessa. Tässä suuremmassa hankkeessa käyttökulut siis jäävät suhteellisen alhaiseksi megawattituntia kohden. (Vaasa Energy Institute, 2010)

Tuulivoimalan laskennallinen käyttöikä on 20–25 vuotta. Kun tuulivoimala poistetaan käytöstä, sen maanpäälliset osat puretaan ja kierrätetään. Entisen voimalan paikalle voidaan rakentaa uusi tai maisema voidaan maisemoida. (Motiva Oy, 2012)

4 TUULIVOIMA SUOMESSA

Tässä kappaleessa keskitytään tuulivoiman tuotantoon Suomessa yleistasolla. Työssä huomioidaan tuulivoimalat, jotka ovat verkkoon kytkettyjä yli 70 kW:n tehoisia voimaloita. Vuonna 2012 kesäkuussa Suomen tuulivoimakapasiteetti oli 220 MW (VTT, 2012). Vuoteen 2020 mennessä Suomen ilmasto- ja energiastrategian mukainen tavoite tuulivoimakapasiteetille on 2500 MW ja sähkön tuotannolle 6 TWh vuodessa. (Anders Stenberg, Hannele Holttinen, 2011, s. 3) Suomi haluaa siis noin kymmenkertaistaa tuulivoiman kapasiteettinsa vuoteen 2020 mennessä. Taulukosta 4 voidaan nähdä Suomen tuulivoimatuotannon kehitys vuosina 2010- 2012.

Taulukko 4. Yhteenvedotaulukko Suomen tuulivoimatuotannosta vuosina 2010–2012. (VTT, 2012)

	Kapasiteetti	Vuosituotanto	Osuus Suomessa tuotetusta sähköstä	Voimaloiden lukumäärä
	MW	TWh	%	kpl
2012	220	-	-	-
2011	197	483	0,6	131
2010	197	294	0,3	130

4.1 Tuulivoiman tukipolitiikka

Vuonna 2010 maaliskuussa astui voimaan tuulivoiman takuuhintajärjestelmä, jossa tuulivoimalle maksetaan markkinaehtoista takuuhintaa 12 vuoden ajan, joka on 83,5 €/MWh. Tämän lisäksi on mahdollista saada enintään kolmen vuoden ajan korkeampaa tariffia, 105 €/MWh, vuoden 2015 loppuun asti. Tuulisähkölle siis maksetaan kolmen kuukauden sähkön markkinahinnan keskiarvon sekä takuuhinnan välinen erotus ja näin taataan tuulisähkön kannattavuus. Tariffin piiriin ovat voineet siirtymäkautena hakea

voimalat, jotka on otettu käyttöön vuoden 2009 alun jälkeen. Nämä edut näkyvät tuulivoiman rakentamisessa tänä vuonna. (Anders Stenberg, Hannele Holttinen, 2011, s. 3)

Syöttötariffijärjestelmän kanssa tuulivoimalle ei enää makseta energia- eli investointitukea, jota myönnettiin esimerkiksi vuonna 2009 24,8 miljoonaa euroa. Myöskään sähkön tuotannon tukea valmisteverolain nojalla ei enää makseta tuulivoimantuottajille, tätä tukea maksettiin vuonna 2009 tuulivoimalle 1,7 miljoonaa euroa. Tämän valmistevero tuen tilalle tuli kiinteä sähkön tuotantotuki maaliskuussa 2011. (Työ- ja elinkeinoministeriö, s. 6) Vaikka syöttötariffijärjestelmän kanssa päällekkäisiä tukia ei voi olla, järjestelmää varten on varattu vuodelle 2012 lähes 100 miljoonaa euroa. Tukisumma kuitenkin kasvaa vuosittain, ja vuonna 2015 arvioidaan tukea maksettavan lähes 200 miljoonaa euroa. (Työ- ja elinkeinoministeriö)

Tuulivoimala voidaan hyväksyä syöttötariffijärjestelmään vain jos se ei ole saanut valtiontukea, se on uusi eikä sisällä käytettyjä osia, sekä sen generaattorien yhteenlaskettu nimellisteho on vähintään 500 kVA. Sähkön tuottaja voi saada syöttötariffia enintään 12 vuoden ajan. (Finlex)

Jos voimalaitos ei kuulu syöttötariffin piiriin, on se voinut saada kiinteä sähkön tuotantotukea, jota maksettiin 6,90 euroa megawattitunnilta. Tukea ei kuitenkaan maksettu, jos vuoden aikana tuotetun sähkön määrä oli vähemmän kuin 200 MWh tai jos sähkön markkinahinnan keskiarvo kalenterivuonna ylitti 76,6 euroa megawattitunnilta. (Finlex) Kiinteä sähkön tuotantotuki loppui vuoden 2012 alussa, joka tuo valtiolle 4,5 miljoonan euron vuosittaiset säästöt. (Työ- ja elinkeinoministeriö)

Syöttötariffijärjestelmän lisäksi tärkeä uusiutuvan energian tukimuoto on investointi- eli energiatuki. Energiatukea myönnettiin vuonna 2011 110,6 miljoonaa euroa uusiin laitosinvestointeihin, jotka edistävät uusiutuvan energiankäyttöä ja energiansäästöä. Tuulivoiman maksimituki on ollut 40 % investointikustannuksista. (Työ- ja elinkeinoministeriö) Investointitukea ei makseta syöttötariffin piirissä oleville tuulivoimaloille. (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, 2012)

Taulukosta 5 voidaan nähdä tämän kappaleen yhteenveto; Suomessa voimassa olevat ja lopetetut tuulivoiman tuet. Kiinteän sähkön tuotantotuki ehti olla voimassa vain vuoden, mikä aiheutti epäilyksiä tuulivoiman tukien pysyvyydestä. Yrityksien tulisi voida luottaa tukijärjestelmiin, jotta investointeja tehtäisiin. (Suomen Tuulivoimayhdistys ry, 2011) Ne voimalat, jotka eivät ole voineet päästä syöttötariffin piiriin, edellä mainituista syistä, kärsivät tukien leikkauksista eniten.

Taulukko 5. Kooste tuulivoiman tuista Suomessa vuonna 2012.

Voimassa olevat tuet	Suuruus
Syöttötariffi	83,5 €/MWh, 12 vuoden ajan 105 €/MWh vuoden 2015 loppuun asti
TAI Investointi- eli energiatuki	enintään 40 % investointi- kustannuksista
Lopetetut tuet	
Kiinteä sähkön tuotantotuki	6,90 €/MWh lopetettiin vuonna 2012
Valmistevero tuki	maksettiin vuonna 2009 1,7 milj. € lopetettiin vuonna 2011

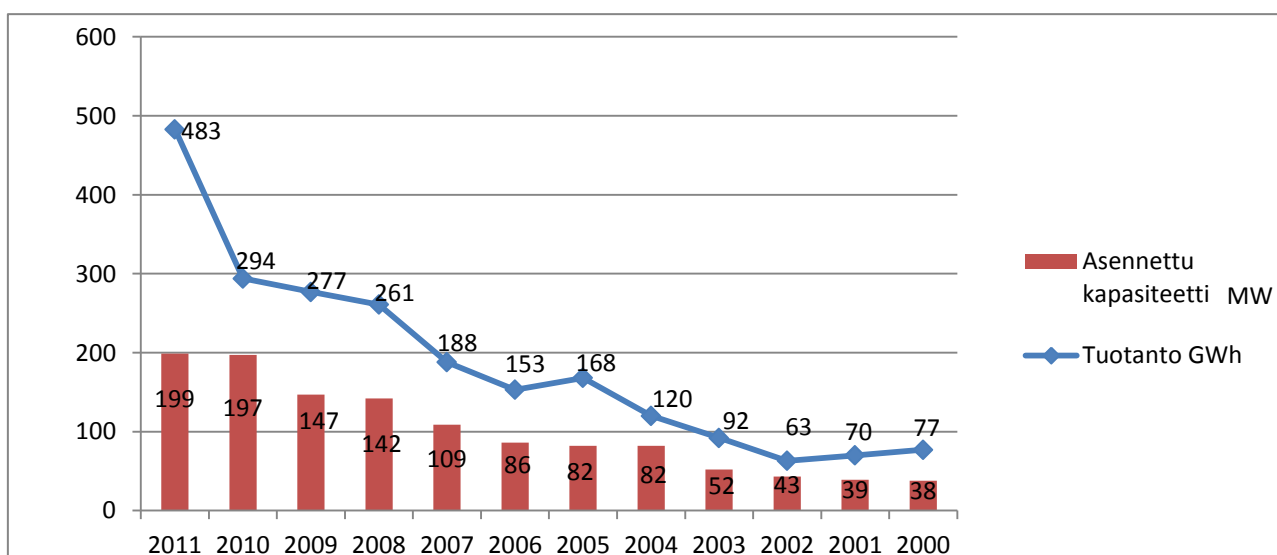
4.2 Asennetun tehon ja tuotannon kehitys

Suomessa ei kytketty yhtään uutta tuulivoimalaa vuonna 2011, joten tuulivoimakapasiteetti oli vuoden 2011 lopulla sama kuin vuoden 2010 lopulla. Kuvasta 7 voidaan nähdä, että kapasiteetti oli 197 MW. Eniten tuotantoa syntyi lokakuussa, eli noin 47 GWh. Vähiten taas toukokuussa noin 17 GWh. (Anders Stenberg, Hannele Holttinen, 2011, ss. 20-23) Voidaan todeta, että Suomessa tuulee eniten talvikuukausina ja vähemmän kesäkuukausina. Suomessa lounaistuulet ovat vallitsevia ja tuulen nopeus kasvaa korkeuden kasvaessa. (Suomen tuuliatlas)

Kuvasta 7 voidaan nähdä myös, että tuulisähkön tuotanto laski vuodesta 2000 vuoteen 2002, koska kapasiteetti pysyi tällöin lähes vakiona ja vuodet olivat aikaisempia

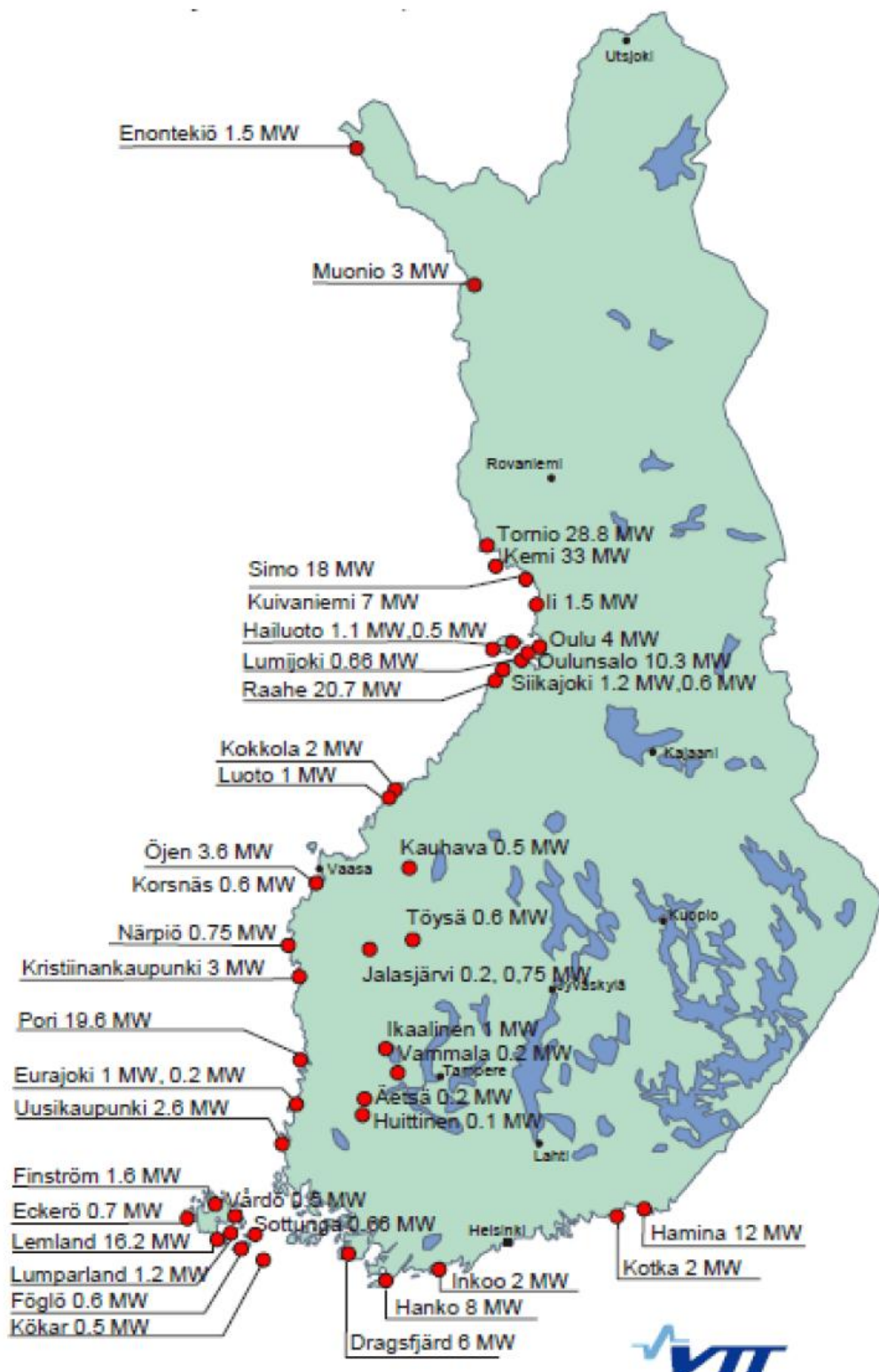
heikkotuulisempia. Myös vuonna 2006 ja 2008 tuuliolosuhteet olivat heikot. Suomen tuulivoimakapasiteetin kasvu on ollut hidasta, suurinta kasvu on ollut vuosina 2004 ja 2008. (Suomen tuulivoimayhdistys ry, 2010)

Käytöstä poistettiin 1,63 MW tuulivoimaa vuonna 2010 ja pystytettiin 52,3 MW joten kokonaiskapasiteetti kasvoi 50,7 MW vuonna 2010. Suomessa on poistettu käytöstä yhteensä 13 voimalaa vuosina 1991 - 2010 mikä on 7,01 MW. (Anders Stenberg, Hannele Holttinen, 2011, s. 24)



Kuva 7. Asennetun tuulivoimakapasiteetin ja tuotannon kehitys Suomessa vuosina 2000 - 2011. (Anders Stenberg, Hannele Holttinen, 2011, s. 22) (VTT, 2012)

Kuvasta 8 voidaan nähdä Suomen tuulivoimalaitosten sijainnit. Havaitaan, että rannikolla on paljon enemmän voimaloita, kuin sisämaassa. Syynä ovat ainakin rannikon paremmat tuuliolosuhteet. Suomen Tuuliatlas on kuitenkin osoittanut, että myös sisämaasta löytyy hyvätuulisia, tuulivoimatuotantoon sopivia alueita. Tämä tieto on vilkastuttanut rakentamista myös sisämaahan. (Motiva Oy, 2012) Kuvasta 5 voidaan nähdä, että myös sisämaasta löytyy tuulisia alueita tuuliatlaksen mukaan.



Kuva 8. Suomen tuulivoimalaitokset 15.6.2012 (VTT, 2012)

4.3 Toimijat Kaakkois-Suomessa

Suomen Voima Oy, on perustettu monien paikallisten ja alueellisten energiayhtiöiden voimin, kuten Haminan Energia Oy:n ja KSS Energia Oy:n kesken vuoden 2009 lopulla. Suomen Voiman tavoitteena on hankkia osakkailleen uusiutuvaa tai vähäpäästöistä energiaa useita satoja megawatteja seuraavan kymmenen vuoden aikana. Suomen Voiman osakkaat ovat lähinnä eteläisessä Suomessa. (Suomen Voima Oy) Suomen Voimalla on rakenteilla 4 kpl 2 MW:n Huyndain tuulivoimaloita Haminaan Mäkelänkankaalle. (VTT, 2012)

Tuuliwatti Oy kehittää ja rakentaa tuulipuistoja hajautetusti Suomen maa-alueille. Tuuliwatti on yhteistyössä Cursor Oy:n ja WinWinD:n kanssa kehittämässä tuulivoimalan kehitystä Kotka-Haminan seudulla. Tuuliwatti Oy toimii tässä yhteydessä Virolahden kunnan alueella. Oravankorpi-Vahterikon kankaan teollisuusalueelle suunnitellaan tuulipuistoa ja tavoitteena on 6 kpl 3 MW:n WinWinD:n tuulivoimalaa. Projekti on määrä toteuttaa vuoden 2012 aikana. TuuliWatti Oy on energiayhtiö ST1 ja S-Voima Oy:n vuonna 2009 perustama yhteisyritys. (TuuliSaimaa Oy, 2011) TuuliWatilla on rakenteilla Simoon 6 kpl 2,3-3 MW:n tuulivoimaloita sekä monia hankkeita, jotka vielä odottavat erilaisia lupia. (VTT, 2012)

Kotkan Energia Oy on Kotkan kaupungin kokonaan omistama energiayhtiö. Kotkan Energialla on meneillään tuulivoimahankkeita uusiutuvan energiantuotannon lisäämiseksi. Nykyisin voimaloita on kaksi (á 1 MW) ja niiden vuosituotanto on 4 000 MWh. Voimalaitokset on nimetty Ilonaksi ja Ilmariksi ja ne sijaitsevat Kotkan Mussalossa. (Kotka Energia Oy, 2012; Kotka Energia Oy, 2012) Kotkan Energia Oy:lla on rakenteilla 5,5 MW tuulivoimaa Mussaloon. (VTT, 2012)

Haminan Energia Oy on monipuolinen energia-alan palvelutuotantoon erikoistunut yritys, joka on Haminan kaupungin omistama. Yritys omistaa Summan tuulipuiston, joka pitää sisällään 4 kpl 3 MW:n tuulivoimalaa. Hamina Energialla on 3 MW:n tuulivoimala myös Kemin Ajoksessa, joka teki joulukuussa 2007 Suomen

kuukausiennätyksen sähköntuotannossa, 1 167 MWh. (Haminan Energia Oy, 2012; Haminan Energia Oy)

Haminan Energian on myös uutisoitu rakentavan 38 kappaletta 3 MW:n tuulivoimaloita ja nämä sijoitetaan kolmeen eri tuulipuistoon. Tuulipuistot sijoitetaan yksityisten maanomistajien maille Myllykylään Haminaan, Vallanjärvelle Virojoelle ja Harvajanniemeen Virolahdelle. Tavoitteena on, että voimaloiden varsinaiset pystytykset tapahtuvat keväällä 2013. (Haminan Energia Oy, 2012) Haminan Energian mukaan alueiden maanomistajat ovat hankkeissa aktiivisesti mukana.

TuuliSaimaa Oy on tuulivoiman asiantuntijayritys, joka antaa asiantuntijapalveluita sekä kartoittaa tuulivoiman kannattavuutta ja tuulienergian tuotannon mahdollisuuksia, enimmäkseen sisämaassa. Yhtiön tavoitteena on myös rakentaa tuulipuistoja – ja voimaloita. TuuliSaimaan tavoite on saavuttaa 200 MW:n tuulivoimakapasiteetti vuoteen 2013 mennessä. (TuuliSaimaa Oy, 2011) TuuliSaimaa Oy:n ensimmäinen investointikohde on Lappeenrantaan Muukonkankaalle suunniteltu 7 kpl 3 MW:n kokonaisuus (VTT, 2012), jonka rakentaminen on aloitettu. (Suomen Tuulivoimayhdistys ry, 2012)

TuuliSaimaa Oy ja UPM perustivat yhteisyrityksen, VentusVis Oy:n, joka kehittää UPM:n maa-alueita tuulivoimakäyttöön. (TuuliSaimaa Oy, 2011) UPM on Suomen toiseksi suurin metsänomistaja. VentusVis:in tehtävänä on maa-alueen soveltuvuuden selvittäminen ja lupaprosessin toteutus, jotta tuulivoimaprojekti saataisiin toteutettua. VentusVis Oy suunnittelee 4 kpl 3 MW:n voimalaa Hallan saarelle Kotkaan sekä Kotkamills Oy 4 kpl 3 MW:n voimalaa Kotkansaaren tehdasalueelle. (VentusVis Oy, 2011) Näiden hankkeiden yhteinen ympäristövaikutusten arviointi käynnistyi joulukuussa 2011. (VTT, 2012)

WinWinD Oy on tuulivoimaloiden turbiinien valmistaja. Yhtiö valmistaa WWD-3 eli 3 megawatin turbiineja, jotka soveltuvat sijoitettavaksi sekä maalle että rannikolle ja myös WWD-1 ja WinWind-3 voimaloita. Yritys on valmistanut 1 MW:n suuruisiin

voimaloihin turbiineita ja siipiä Intiassa vuodesta 2009 lähtien. 3 MW:n turbiineita on valmistettu Suomessa, Haminassa vuodesta 2009 lähtien. (WinWinD)

WWD-1 malli soveltuu alueille, joissa on logistisesti haasteelliset olosuhteet ja/tai ympäristösyistä roottorin halkaisija ei saa olla suurempi kuin 60 metriä. (WinWinD) WinWinD 3 – voimala on yhtiön uusi lanseeraus ja sen luvataan antavan poikkeuksellisen hyvän tuoton ja luotettavuuden koko tuottavuusalueellaan. Sen naselli on kevyt ja roottorin halkaisija on enimmillään 120 metriä. WinWinD:n turbiinit koostuvat roottorista, jossa on kolme lapaa ja sähköinen kallistuksen säätö. Turbiineissa on myös integroitu tehoyksikkö vaihteistolla sekä naselli taajuudenmuuntajalla ja lisälaitteilla. (WinWinD) WinWinD:llä on suurin osuus Suomen tuulivoimakapasiteetista, 37 %. Seuraavana ovat Siemens, 35 %, Enercon, 14 %, ja Vestas, 9 %. (VTT, 2012)

The Switch on Lappeenrantaan 1990-luvun lopulla perustettu yhtiö, jonka liiketoimintalueita ovat tuulivoiman, toimilaitteiden ja muuttuvanopeuksisten generaattoreiden sähkökäyttöjärjestelmä sekä tehoelektroniikkajärjestelmät. The Switch tunnettiin vuoteen 2006 asti Rotatek Finlandina, joka sitten yhdistyi Vertecon ja Youtility Incin kanssa The Switchiksi. (Tekniikka ja talous, 2007) The Switch on esimerkiksi tehnyt kaupat kestomagneettigeneraattori – ja tehonmuokkainkokonaisuuden toimittamisesta saksalaiselle, tuulivoimapuistoja kehittäväälle Prokonille. Kokonaisuus koostuu 3 MW:n suoravetoisista kestomagneettigeneraattoreista ja 3 MW:n täystehonmuokkaimista. (Tekniikka ja talous, 2011)

Ilmatar Oy on uudentyypinen yksityinen tuulivoimatoimija, joka pyrkii 300 MW kapasiteetin rakentamiseen seuraavan viiden vuoden aikana. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi Ilmatar Hamina Oy on tutkinut mahdollisuuksia rakentaa Haminan Neuvottomaan jopa 75 MW:n kokoista tuulivoimapuistoa. (Ilmatar Oy, 2012)

Taulukosta 6 voimme nähdä tuulivoimatoimijoiden luokittelusta, että tuulivoiman tuottajia ja investoijia on huomattavasti enemmän, kuin komponenttivalmistajia.

Taulukko 6. Kaakkois-Suomen tuulivoimatoimijoiden luokittelu.

Nimi	Toiminta
Suomen Voima Oy	Tuottaja
Tuuliwatti Oy	Tuottaja
Kotkan Energia Oy	Tuottaja
Haminan Energia Oy	Tuottaja
TuuliSaimaa Oy	Tuottaja
VentusVis Oy	Tuottaja
Ilmatar Oy	Tuottaja
WinWinD	Komponenttivalmistaja
The Switch	Komponenttivalmistaja

5 TUULIVOIMA KAAKKOIS-SUOMESSA

Kymenlaaksossa tuotettiin 3 % Suomen tuulisähköstä vuonna 2010. Kaakkois-Suomen nykyinen tuulivoimakapasiteetti voidaan nähdä taulukosta 7. Myöhemmin taulukosta 11 voidaan nähdä, missä vaiheessa Kaakkois-Suomeen tällä hetkellä suunnitellut voimat ovat. Kaakkois-Suomen tuulivoiman sijoituspaikkoja käsittelevissä kappaleissa on käytetty sekä Kymenlaakson että Etelä-Karjalan maakuntaselvityksiä. Tuulivoiman määrää käsittelevässä kappaleessa on käytetty VTT:n tuulivoimatilastoja.

Taulukko 7. Tuulivoiman määrä Kaakkois-Suomessa kesällä 2012. (Haminan Energia Oy) (Kotka Energia Oy, 2012)

Paikkakunta	Tuulivoimalat	Vuosituotanto
Hamina, Summan tehdasalue	3 kpl 3 MW	22,5 GWh
Hamina, Paksuniemi	1 kpl 3 MW	7,5 GWh
Kotka, Mussalo	2 kpl 1 MW	4 GWh
Yhteensä	14 MW	34 GWh

5.1 Suunnitteilla olevan tuulivoiman määrä

Haminaan Mäkelänkankaalle on rakenteilla 4 kpl 2 MW tuulivoimaloita, jotka toimittaa Hyundai ja rakennuttaja on Suomen Voima Oy. Kotkan Mussaloon on Kotkan Energia Oy:lla rakenteilla 5,5 MW tuulivoimaa. (VTT, 2012)

Haminan Energialla on rakentamisen valmisteluvaiheessa olevia tuulivoimaloita 2 kappaletta sekä lupien hakuprosessissa 2 kappaletta, joiden yhteisteho on 12 MW. Turbiinit ovat WinWinD:n valmistamia ja rakentamisen valmisteluvaiheessa olevien voimaloiden arvioitu valmistumisaika on vuosi 2012. Valmisteluvaiheessa ovat myös Lappeenrannan TuuliSaimaa Oy:n voimalat, 7 kpl 3 MW. (VTT, 2012) Haminan

Energialla on suunnitteilla myös 38 kpl 3 MW:n tuulivoimakokonaisuus. 38 voimalasta tulisi 3 tuulipuistoa Haminan kaupungin, Miehikkälän ja Virolahden kuntien alueille. (Haminan Energia Oy, 2012)

Kotka Energialla on YVA-lupaa odottamassa oleva hanke, jossa on turbiineita Kotkan Mussaloon 6-9 MW, joista 2-3 on 3 MW:n turbiineja. Rankkiin ja Vehkaluolle on samassa vaiheessa olevia voimaloita 8 kpl 3 MW. Sunilaan, Karhulanniemeen ja Hietasen teollisuusalueelle on myös samassa vaiheessa olevia voimaloita, joista Sunilaan 4 kpl 3 MW, Karhulanniemeen 2 kpl 2,5 MW ja Hietaseen 6 MW. Näiden rakennuttajat ovat Stora Enso, SG-power ja Kotkan kaupunki. Kotkan teollisuusalueelle kaavailtujen voimaloiden rakennuttaja on Kotka Mills Oy ja voimaloita tulisi 4 kpl 2-3 MW. Myös Loviisaan, Atomitielle on mahdollisesti tulossa kahdesta kolmeen turbiinia joiden rakennuttaja on Fortum. Kotkan Energialla on suunnitteilla myös Pyhtään Långöön 3 kpl 3 MW:n tuulivoimaloita. (VTT, 2012)

Ilmatar Hamina Oy tutkii mahdollisuuksia rakentaa jopa 75 MW:n kokoinen tuulipuisto Haminan Neuvottomaan. Alue on merkitty Kymenlaakson maakuntakaavassa tuulivoiman potentiaalisiksi tuotantoalueeksi. Alueelle on alustavien suunnitelmien mukaan rakennettavissa 9-25 tuuliturbiinia. Ilmatar Hamina Oy on käynnistänyt YVA- ja osayleiskaavaprosessit alueella kesällä 2012. Puiston arvioitu rakentamisaika sijoittuu vuodelle 2014. (Ilmatar Oy, 2012)

5.2 Kymenlaakson tuulivoiman sijoituspaikoista

Kymenlaakson tuulivoimaselvityksessä on kartoitettu Kymenlaaksossa parhaiten tuulivoimantuotantoon soveltuvia alueita ja laadittu niistä kohdekuvaukset sekä selvitetty alueiden teknisiä ja ympäristöön liittyviä edellytyksiä tuulivoimarakentamiseen. Tarkastelusta on jätetty pois luonnonsuojelualueet, tärkeät lintualueet, arvokkaat maisema-alueet, kulttuuriympäristöt, muinaismuistot sekä asutusalueet. Seuraavaksi on esitelty tarkemmin selvityksessä läpi käytyjen

tuulipuistojen sijoituspaikkoja. Yhteenveto selvityksessä esitellyistä alueista on taulukossa 8, sekä niiden sijainnit kuvassa 9.

Mäkelänkankaan aluetta on Kymenlaakson tuulivoimaselvityksessä kuvailtu pienenalaiseksi kohdealueeksi, joka muodostaa kokonaisuuden Summan tuulivoimaloiden kanssa ja vahvistaa tuulivoimatuotantoa Haminan kaupungissa. Summan alue on pienennlainen ranta-alue joka sijaitsee noin 5,5 km Haminan keskustasta lounaaseen. Alueen läheisyydessä ei ole merkittäviä luonto-, maisema-, tai kulttuuriympäristökohteita. (Kymenlaakson liitto, 2010, s. 137)

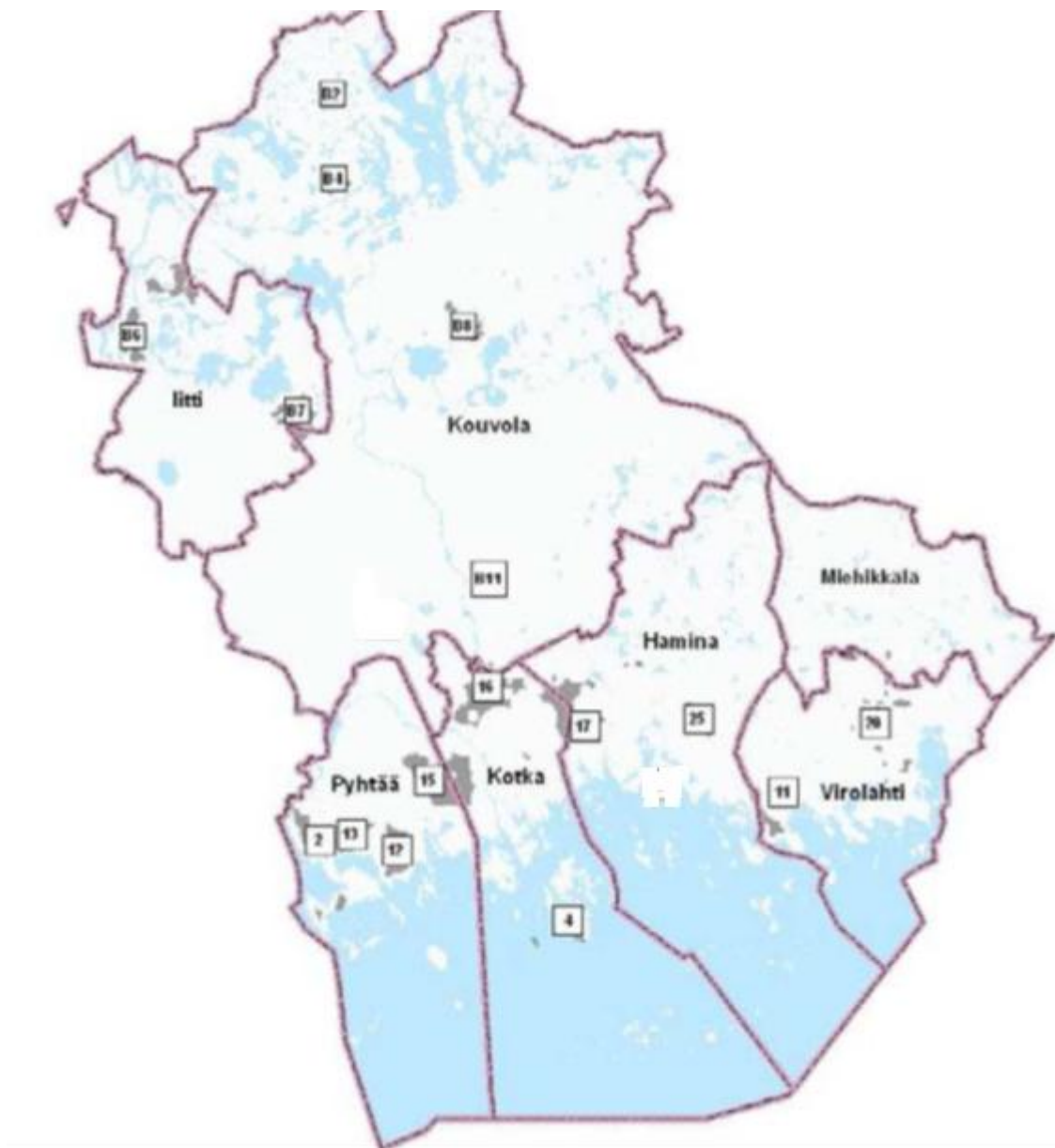
Virolahden Munapirtti on rannikkovyöhykkeellä ja sisäsaariston rajan tuntumassa. Maankäytöltään alue on maa- ja metsätalousvaltainen alue sekä retkeily- ja ulkoilualue. Alueella on myös tuulivoimaa rajoittavia alueita: Natura-alueita, lintuvesien suojeluohjelmakohde sekä merkittävä kulttuuriympäristö. Munapirtin kohdealueelle tuuliatlaksella tehdyn mallinnuksen mukaan alueelle voidaan sijoittaa noin 16 voimalaa, joiden kokonaiskapasiteetti on 48 MW. Alueen lähellä kulkee 110 kV Fingridin johto, johon liittymiseksi tarvittaisiin kytkinlaitos. (Kymenlaakson liitto, 2010, s. 58)

Kotkassa sijaitseva Kirkonmaan-Rankin alue sisältää kaksi saarta, jotka ovat molemmat puolustusvoimien aluetta. Selvityksen mukaan rakennettavuus on pääosin hyvä ja tuulivoimatuotannolle soveltuvia alueita ovat Kirkonmaan saaren etelä- ja keskiosat. Tuuliatlaksen mallinnuksen perusteella alueelle voidaan sijoittaa kuusi voimalaa, joiden kokonaiskapasiteetti on 18 MW. Alueella asutus rajaa voimaloiden sijoittelua paljon; alueelle rakennettavilla tuulivoimaloilla olisi suuri vaikutus alueen maisemaan. Tuulivoimarakentaminen on sijoitettu arvokkaiden linnustoalueiden ulkopuolelle.

Haminan alueella Kakkuvuori ja Haminanlahden itäosa on maakuntakaavassa osoitettu maa- ja metsätalousvaltaiseksi alueeksi, jolla on erityisiä ympäristöarvoja. Alueella on myös paljon virkistysalueita, ja tällaisilla alueilla tuulivoiman vaikutukset voidaan kokea haitallisina. Alueella on erinomaiset tuuliolosuhteet, mutta paljon Natura- ja IBA - alueita, jotka myös rajoittavat tuulivoimarakentamista alueella. (Kymenlaakson liitto, 2010, s. 69)

Matinmäellä Hamina-Virolahden alueelle voidaan mallinnuksen perusteella sijoittaa 18 tuulivoimalaa joiden kokonaiskapasiteetti on 54 MW. Alueen lähellä ei sijaitse 110 kV sähköverkkoja. Puistoa varten olisi rakennettava siis pitkä ja kallis 110 kV liittymisjohto. Tarkastelualueen lähistöllä sijaitsee loma-asutusta, siellä sijaitsee myös arvokas geologinen muodostelma, mutta alustavan arvion perusteella luonnon monimuotoisuudelle tuulivoimarakentamisella ei ole merkittäviä haittavaikutuksia. (Kymenlaakson liitto, 2010, s. 75)

Pyhtään Purolan alueelle tuulimallinnuksen mukaan voidaan sijoittaa 13 tuulivoimalaa, joiden kokonaiskapasiteetti on 39 MW. Tuulipuisto voitaisiin liittää sähköverkkoon esimerkiksi Kymenlaakson Sähköverkko Oy:n 110 kV verkkoon Länsikylän 110 kV:n sähköasemalla. Tarkastelualueen lähellä sijaitsee melko paljon loma-asutusta, jotka tulisi huomioida erityisen hyvin jatkotarkastelussa. Linnustoon alueen tuulivoimarakentaminen ei vaikuta, eikä tarkastelualueen tuntumaan sijoitu myöskään valtakunnallisesti arvokkaita maisema-alueita tai rakennettuja kulttuuriympäristöjä. (Kymenlaakson liitto, 2010, s. 79)



Kuva 9. Kymenlaakson tuulivoimaselvityksen kohteet kartalla. (Kymenlaakson liitto, 2010, s. 52)

Taulukko 8. Kymenlaakson tuulivoimaselvityksen yhteenveto

Kymenlaakso	Tuulennopeus [m/s]	Voimaloiden lukumäärä	Kokonaiskapasiteetti [MW]	Nro kuvassa 5
Munapirtti, Pyhtää	6,4-8,3	16	48	2
Kirkonmaa-Rankki, Kotka	8,6-8,9	6	18	4
Matinmäki, Virolahti-Hamina	6,6-7,6	18	54	11
Purola, Pyhtää	6,1-7,2	13	39	12
Struka, Pyhtää	6,3-7,1	12	36	13
Myllykylä-Valkjärvensuo, Kotka-Pyhtää	6,4-7	36	108	15
Suljento, Kotka-Kouvola	6,0-6,2	11	33	16
Suutari-Matarniemi, Kotka-Hamina	5,9-6,4	15	45	17
Suurisuo-Huosiossuo-Ala-Pihjala, Virolahti	6,3-7,1	25	75	20
Korven alueet, Hamina	6,5-6,8	7	21	25
Huhdasjärven pohjoiset alueet, Kouvola	7,0-7,2	9	27	B2
Petäjäposti, Kouvola	5,9-6,1	10	30	B4
Perä-Mankala, Iitti	5,6-6,1	9	27	B6
Tillola, Iitti-Kouvola	6,1	24	72	B7
Lintoja, Kouvola	5,9-6,2	12	36	B8
Keltakangas, Kouvola	6,5-6,6	6	18	B11
Yhteensä		229	687	

5.3 Etelä-Karjala

Etelä-Karjalan tuulivoimaselvityksessä Etelä-Karjalan alueelta löydettiin 15 aluetta, joista selvitykseen laadittiin kohdekohtaiset kuvaukset. Selvityksessä tarkasteltiin alueita, joilla tuulennopeus oli Tuuliatlaksen tietojen perusteella vähintään 6,3 m/s sadan metrin korkeudella. Selvityksessä on pyritty löytämään suurempia kokonaisuuksia, joten siinä ei ole huomioitu yksittäisille tuulivoimaloille soveltuvia alueita. Tästäkin selvityksestä esittelen selvityksen kohteet tarkemmin, jotka voidaan

nähdä yhteenvetotaulukosta 9 sekä sijaintipaikat kuvasta 10. Alueelle on tarkasteltu sijoitettavan Hyundain 2 MW:n tuuliturbiini, jonka napakorkeus on 100 tai 120 metriä.

Taipalsaaren Karhunpäässä huomioitavia asioita ovat: etäisyys jakeluverkkoon, joka on 850 metriä, alueen ympärivuotinen asutus ja loma-asunnot, laaja turpeenottoalue sekä puolustusvoimien ampuma- ja harjoitusalue. Kustannuksista ja kannattavuudesta on selvityksessä mainittu: tuulipuiston enimmäiskoko 15 MW, verkkoon liittymisen kustannukset 1,2-4 miljoonaa euroa ja arvioitu tuotanto 7 – 8,5 GWh voimalaa kohden. Selvityksen alustavassa mallissa tuulivoimalat sijoitettiin turpeenottoalueen sisällä olevien kohoumien sekä eteläisten mäkien päälle. Parhaimpien tuottoalueiden kohdalla asutus rajoittaa sijoittelua. (Etelä-Karjalan liitto, 2011, s. 26)

Taipalsaaren Pönniälänkankaalla huomioitavaa tuulivoimaloiden sijoittelussa on: 750 metrin matka jakeluverkkoon, vieressä sijaitseva puolustusvoimien ampuma- ja harjoitusalue sekä valtakunnallisesti arvokas harjuaalue kuten myös kehitettävä matkailu- ja maisematie. Teknisiä tietoja ovat: tuulipuiston maksimikoko 60 MW, tuotanto voimalaa kohden 7 - 9 GWh ja verkkoliittymän kustannukset, jotka ovat 1,7 - 4,5 miljoonaa euroa. Koska tarkasteltava alue on enimmäkseen tasaista metsämaastoa, koko aluetta katsottaessa kannattavuus ei ole kovin hyvä. Alueen pohjoisosissa on mäkiä, joiden päälle voimaloiden sijoitus olisi kaikista kannattavinta. (Etelä-Karjalan liitto, 2011, s. 28)

Ruokolahden Äitsaaren alue on seuraavaksi tarkastelussa. Alueen läpi kulkee lintujen muuttoreitti, alueella on monia muinaismuistokohteita sekä kehittävää matkailu- ja maisematie kulkee ympäri Äitsaaren. Nämä tulee, muiden muassa, ottaa huomioon tuulivoimaloiden sijoittelussa. Alueen tuulipuiston enimmäiskoko selvityksen mukaan on 60 MW, tuotannoksi voimalaa kohden on arvioitu 7 – 10 GWh ja verkkoliittymän kustannuksien arvioidaan olevan 2,5 – 4 miljoonaa euroa. Alueella parhaat tuuliolosuhteet ovat mäkien päällä ja lähellä rantaa, yhteensä alueelle voidaan sijoittaa noin 20 tuulivoimalaa joiden kannattavuus on riittävä toteutukseen. Sähköverkon etäisyys kuitenkin asettaa alueella rajoituksia. Sähköasemat, joihin voitaisiin kytkeä

edellä mainittu maksimiteho, sijaitsevat etelässä järven toisella puolen. (Etelä-Karjalan liitto, 2011, ss. 32-33)

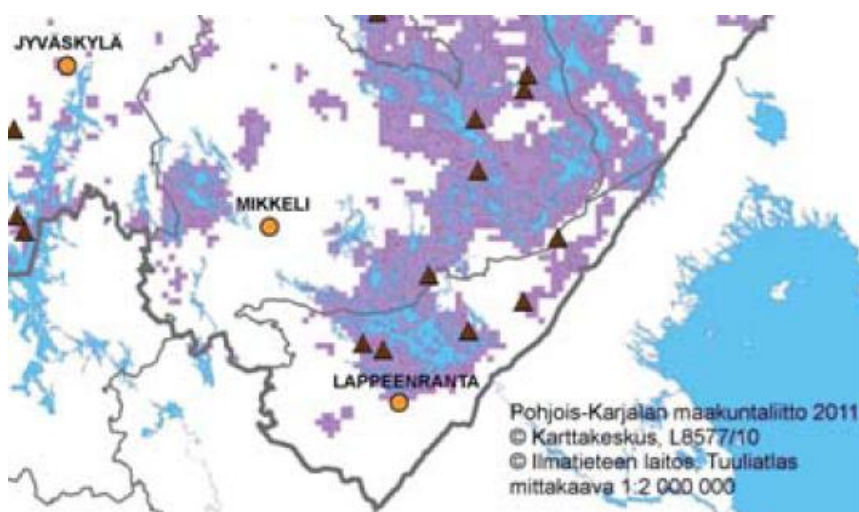
Ruokolahden Kalpialan alueella huomioitavia asioita selvityksen mukaan ovat: rantayleiskaava, retkeilyreitti ja sekä vakinaiset että loma-asunnot. Tuulipuiston enimmäiskooksi on arvioitu 54 MW selvityksen mukaisilla sijoituksilla sekä kannattavuudeksi voimialaa kohden 8,5 – 9,8 GWh ja verkkoliitynnän kustannuksiksi on laskettu 1 – 3,3 miljoonaa euroa. Maaston kerrotaan olevan vaihtelevaa, jolloin tarkempien mittausten tarve korostuu tuotantolaskelmien epävarmuuden lisääntyessä. Sähköverkko ei tuota suuria kustannuksia. Kuten huomataan, tämän kohteen kustannukset ovat paljon pienemmät kuin edellä mainittujen. Fingridin 110 kV:n kantaverkko kulkee alueen läpi, mutta sähköasemaan on etäisyyttä yli 10 km. (Etelä-Karjalan liitto, 2011, ss. 35-36)

Parikkalan Tarvaspohjalla on selvityksen mukaan rantayleiskaava, pysyvää asutusta sekä loma-asuntoja ja suojelualue. Tässä kohteessa tuulipuiston enimmäiskoko on 30 MW ja tuotannon voimialaa kohden on arvioitu olevan 6,8- 8,5 GWh. Verkkoliitynnän kustannukset ovat samat kuin Kalpialan alueella. Ympäröivästä maastosta löydettiin kaksi mahdollista tuulipuistoaluetta, joiden välissä on asutusta. Molempien toteuttaminen voisi siis muodostua ongelmalliseksi. Kaikissa muissa edellä mainituissa alueissa tieverkko on ollut kattava, kun tällä alueella taas osa mäkien huipuista on ilman tieyhteyttä. (Etelä-Karjalan liitto, 2011, ss. 38-39)

Selvityksen perusteella huomataan siis, että myös Etelä-Karjalasta löytyy monia tuulivoimatuotantoon soveltuvia alueita, siitä huolimatta että Saimaa on luontoarvojensa kuin myös laajojen näkymiensä vuoksi haasteellinen sijoitusympäristö. Suurimpia hidasteita Etelä-Karjalassa ovat lintujen muuttoreittien osuminen joillekin tuulivoimalueille, runsas loma-asutus sekä juuri nämä suojelualueet ja valtakunnallisesti arvokkaat kulttuuriympäristöt. Sähköverkko on erittäin tärkeä osa tuulivoimaloiden sijoituksen kannalta, tämän tai tiestön osalta ei Etelä-Karjalassa ole ongelmia. Etelä-Karjalassa kannattaa jatkaa tuulivoiman kehittämistä. (Etelä-Karjalan liitto, 2011, s. 56)

Taulukko 9. Etelä-Karjalan tuulivoimasselvityksen yhteenveto teknistaloudellisessa analyysissä mukana olleista alueista.

Etelä-Karjala	Tuulennopeus [m/s]	Voimaloiden lukumäärä	kokonaiskapa- siteetti [MW]
Taipalsaari, Karhunpää	5,7-7,1	5	15
Taipalsaari, Pönniälänkangas	6,3-6,5	20	60
Ruokolahti, Äitsaari	6,1-7	20	60
Ruokolahti, Kalpiala	6,4-7	18	54
Parikkala, Tarvaspohja	6-6,7	18	30
Yhteensä		81	219



Kuva 10. Etelä-Karjalan tuulivoimasselvityksen kohteiden sijainnit kartalla. (Etelä-Karjalan liitto, 2011, s. 13)

Selvityksessä käytiin läpi myös muita jatkotarkasteluun mahdollisia alueita, läpi käydyt alueet voidaan nähdä taulukosta 10. Huomioitavaa on erityisesti Ruokolahdella

Hauklapissa TuuliSaimaan valmisteltava enintään 9 turbiinin ja alle 30 MW:n tuulipuisto. (TuuliSaimaa Oy, 2011)

Taulukko 10. Etelä-Karjalan tuulivoimaselvityksen jatkotarkastelussa olleet alueet ja niistä huomioitavat tiedot. (Etelä-Karjalan liitto, 2011, ss. 43-52)

Paikka	Tuulisuus [m/s]	Etäisyys 110 kV voimajohtoon [m]	Muuta huomioitavaa
Parikkala, Jänölänmäki	6,3	10	kattava tiestö
Parikkala, Mustaniemi	6,3	7	kattava tiestö
Ruokolahti, Ruuska	6,3	yli 10	Natura-alue
Taipalsaari, Kuivaniemi-Orjainniemi	6,4	5,5	kattava tiestö
Ruokolahti, Laurinniemi	6,5	3,6	suunnittelun alla oleva alue
Suomenniemi, Soimäki	6,3	6,5	kattava
Taipalsaari, Pakkala	6,5	10	arvokas harjualue
Ruokolahti, Hauklappi	6,2	5	TuuliSaimaa suunnittelee 9 kpl 30 MW:n tuulipuistoa
Parikkala, Melkonniemi	6,3	0,6	Lähellä kehitettävä vesialue
Ruokolahti, Vehviälä	6,1	1	kattava tiestö

6 TUULIVOIMAN TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT

Suomen tavoite on tuottaa kolme prosenttia vuosittaisesta sähköntuotannosta tuulivoimalla eli 6 TWh vuoteen 2020 mennessä. Vaaditun tavoitteen saavuttaminen edellyttää tuotantokapasiteetin kasvattamista jopa yli kymmenkertaiseksi vuoden 2012 kapasiteettiin, 220 MW, verrattuna. Tässä luvussa esitetään erilaisia näkökohtia tavoitteen toteutumisen mahdollisuuksista.

Euroopan unionin direktiivin uusiutuvista energialähteistä mukaan Suomen on nostettava uusiutuvan energian käytön osuus energian loppukulutuksesta nykyisestä 30 prosentista 38 prosenttiin vuoteen 2020 mennessä. Kuten jo aiemmin mainittu, tämä tarkoittaa tuulivoiman osalta 6 TWh:n vuosituotantoa, joka taas merkitsee 2500 MW:n tuulivoimakapasiteettia ja arviolta 800 tuulivoimalaitosta. (Tarasti, 2012, s. 7)

Suomen energiastrategian mukaan myös muille uusiutuvan energian tuotantomuodoille on asetettu tavoitteita. Esimerkiksi metsähakkeen käyttöä lisätään 13,8 TWh:sta 25 TWh:iin, lämpöpumpuille tuotettu sähkö nostetaan 2,7 TWh:sta 8 TWh:n, biokaasun käyttöä lisätään 0,15 TWh:sta 0,7 TWh:iin, liikenteen biopolttoaineiden käyttö nostetaan 3,4 TWh:sta 7 TWh:iin. (Mika Laihanen, 2011, s. 1) Edellytys on lisätä 40 TWh uusiutuvien osuutta, josta tuulivoiman osuus on 6,7 %. (Motiva, 2012)

Edellä esiteltyt Etelä-Karjalan ja Kymenlaakson maakuntien tuulivoimaselvitykset eivät ole suinkaan ainoat laatuaan, vaan lähes kaikkien maakuntien liitot ovat laatineet maakuntakaavoitusta varten tuulivoimaselvityksen vuosien 2010–2011 aikana. Ympäristöministeriön 11/2011 julkaisemassa yhteenvedossa kerrotaan selvityksissä löytyneen yhteensä 289 tuulivoimatuotantoon sopivaa aluetta, joille voitaisiin sijoittaa tuulivoimakapasiteettia noin 12 600 MW. Nämä luvut eivät kuitenkaan anna virheetöntä kuvaa tuulivoiman rakentamisen mahdollisuuksista. Maakuntakaavoitus ei merkitse rakentamista vaan kaavasta huolimatta rakennusluvassa asia tutkitaan kokonaisuudessaan. Seuraavia esteitä voi ilmetä: paikallinen hyväksyttävyyys,

lentoesterajoitukset, puolustusvoimien asettamat ehdot, melu sekä muita kappaleessa 3 mainittuja tuulivoiman esteitä. (Tarasti, 2012, ss. 7-10)

Tuulivoimarakentamisen tiellä on siis Suomessa vielä paljon esteitä, ja toimiin olisi ryhdyttävä Tarastin esityksen mukaan muuttamalla eri lakipykälien ja ohjeiden sisältöä esimerkiksi maankäyttö – ja rakennuslaista, ilmailulaista ja ympäristöministeriön opasluonnoksesta. Suomessa tulisi poliittisesti ohjata tuulivoimarakentamisen esteitä pois tieltä.

VTT:n tuulivoima hankelistan mukaan, yrityksillä on Suomessa 22.1.2012 valmisteilla yhteensä 7 778 megawatin edestä tuulivoimaa. Tämän perusteella näyttää hyvinkin mahdolliselta, että tuulivoiman kapasiteettitavoite, 2500 megawattia vuoteen 2020 mennessä, toteutuisi.

Tuulivoiman huipunkäyttöaika lasketaan seuraavasti, kun vuosituotanto tilastokeskuksen mukaan vuosina 2010 ja 2011 olivat 294 GWh ja 483 GWh ja kapasiteetti oli 197 MW. (Tilastokeskus)

Keskiarvo on siis

$$\frac{294 \text{ GWh} + 483 \text{ GWh}}{2} = 388,5 \text{ GWh}$$

Jolloin huipunkäyttöaika:

$$\frac{388,5 * 10^3 \text{ MWh}}{197 \text{ MW}} = 1972,1 \text{ h}$$

Tämän avulla saadaan laskelma hankelistan mukaisen 7 778 MW:n kapasiteetin sähköntuotannosta.

$$7778 \text{ MW} * 1972,1 \text{ h} = 15,3 \text{ TWh}$$

15,3 TWh on siis noin 2,5-kertainen tavoitteeseen, 6 TWh, nähden. Tavoiteltu 6 TWh vuosituotanto saavutetaan, jos jo kaikki listatut hankkeet toteutuvat.

Monia hankkeita hankelistan mukaan on vasta ehdotettu, eivätkä ne siis ole vielä edes lupien käsittelyvaiheessa. Viivästyksiä voi siis helposti tapahtua mahdollisten valitusten sekä lupahakemusten myötä. Kuitenkin hankkeet, joihin on ilmoitettu arvioitu valmistumisaika, on aikataulutettu olemaan kaikki valmiita ennen vuotta 2016. On todennäköistä, että neljän – viiden vuoden viivästyksiä ei tapahtuisi ja jollei hankkeet kokonaan kaadu, ne ehtivät mahdollisesti valmistua vuoteen 2020 mennessä. Mutta koska syöttötariffi on riittävä lähinnä vain maa-alueille kaavailuille voimaloille, on epävarmaa voidaanko vuoden 2020 tavoitetta sittenkään saavuttaa.

Merituulivoima hankkeet ovat kuitenkin 39 % tästä kokonaismäärästä, 7 778 MW:sta. Nykyinen syöttötariffi on liian alhainen merituulivoima hankkeille. Merelle kaavailut 3 028 MW ovat siis epävarmempia toteutumiseltaan, kuin maalle suunnitellut 4 700 MW. Jos nämä n. 3 000 MW offshore voimaloita jäisivätkin toteutumatta, se tekisi n. 9 TWh:n menetyksen ja 9 TWh vähennettynä 15,3 TWh:sta tekisi noin 6 TWh:n edestä tuulisähköä. Eli tavoite tulisi juuri ja juuri saavutetuksi. 9 TWh sähkön tuotanto merituulivoimaloille on laskettu olettaen offshore voimaloiden huipunkäyttöajan olevan korkeampi kuin maalla olevilla eli n. 3000 h.

Nykyinen syöttötariffi on liian alhainen merituulivoimahankkeille, koska merituulivoimalla on maatuulivoimaa huomattavasti suuremmat investointi- ja huoltokustannukset. Suomessa on vasta yksi merituulivoimala, Kemin Ajoksessa sijaitseva 3 MW:n tuuliturbiini. Merituulivoiman osalta tulisi varautua siihen, että hankkeelle voidaan maksaa syöttötariffijärjestelmän lisäksi erillisiä investointitukia. (Suomen merituuli Oy, 2010) Suomen hallitus on sopinut maaliskuussa 2012 valtiontalouden kehityksen ja lisäbudjetin yhteydessä, että investointeja uusiutuvaan energiaan tuetaan varaamalla erillistuki merituulivoiman demohankkeelle. (Tarasti, 2012, s. 17)

Kaakkois-Suomen osuus koko tästä 7 778 megawatin hankekokonaisuudesta on noin 442 MW, mikä on noin viisi prosenttia kokonaismäärästä, 7 778 megawatista. Tämä voidaan nähdä taulukosta 11. Kokonaismäärä, 7 778 MW, on vuoden 2012 alussa

päivitetty, uusia hankkeita on tämän määrän lisäksi uutisoitu olevan vireillä, esimerkiksi Haminan Energialla. On siis todennäköistä, että vaikka jotkin hankkeet kaatuisivat, niin uusia tulee tilalle. Nämä uudet hankkeet tekevät tuulivoimatavoitteen toteutumisesta osaltaan todennäköisempää.

Edellisessä kappaleessa läpi käymissäni maakuntaselvityksissä selvisi lähinnä tuulivoimarakentamiseen soveltuvat alueet, ei niinkään arvioita siitä, tullaanko juuri näille alueille rakentamaan tuulivoimaa. Selvitykset kertoivat käsiteltyjen paikkojen ominaisuuksia tuulivoimarakentamisen kannalta. Tietysti parhaat paikat ovat teollisuusalueilla eli alueilla missä on mahdollisimman vähän asutusta, jolloin voidaan varmimmin taata paikallisen hyväksyntä. Myös sähköverkkoon liittymisen mahdollisuus ja vahvat tierakenteet sekä alueen tuulisuus ovat merkitseviä tekijöitä.

Taulukosta 9 nähdään Etelä-Karjalan tuulivoimaselvityksen teknistaloudellisen analyysin tuloksia. Tämän perusteella Etelä-Karjalaan voisi siis pystyttää 219 megawatin edestä tuulivoimaa ja 81 kappaletta tuulivoimaloita.

Taulukosta 8 taas nähdään Kymenlaakson tuulivoimaselvityksen teknistaloudellisen analyysin tuloksia. Voidaan huomata, että kokonaiskapasiteettia olisi rakennettavissa noin 687 MW:n verran ja voimaloita voitaisiin rakentaa 229 kappaletta. Tämä on paljon enemmän kuin edellä esitetyssä Etelä-Karjalan alueessa. Tämä johtunee paljolti mm. Kymenlaakson sijainnista meren rannalla sekä Saimaan rantojen loma-asuntojen runsaudesta.

Kaakkois-Suomeen tullaan rakentamaan seuraavien vuosien kuluessa useita tuulivoimaloita lisää, mikäli taulukossa 11 näkyvät hankkeet toteutuvat ja jos Kymenlaakson kuntien yhteinen 100 tuulivoimalan tavoite vuoteen 2015 mennessä toteutuu.

Tuulivoimaakaakosta.fi -sivusto kertoo, että Kymenlaakson kunnat ovat sitoutuneet 100 tuulivoimalan tavoitteeseen ja että haasteena on löytää sopivia paikkoja investoiville yrityksille. 100 tuulivoiman tavoitteen saavuttamiseksi tarvitaan yhteistyötä

maanomistajien, kuntien, energiayhtiöiden ja muiden toimijoiden kesken. Hankkeen toteutumiseksi on tehty mm. Cursor Oy:n ja WinWinD Oy:n kesken yhteistyösopimus vuonna 2011. Sopimuksen tavoitteena on kehittää vuoden 2013 loppuun mennessä alueelle uusia tuulipuistoja, joihin pystytettäisiin 40 WinWinD:n tuulivoimalaa. (tuulivoimaakaakosta.fi, 2012) Taulukosta 11 voidaan nähdä tämän sopimuksen tuotoksena Virolahden kunnan alueella olevan Vahterikkokangas-Oravankorven teollisuusalueen suunnitellut 6 kappaletta 3 MW:n voimaloita.

Kotkan kaupunkiin on suunnitteilla noin 20 tuulivoimalan kaupunkituulipuisto. Suunnitellut voimalapaikat sijaitsevat teollisuuden ja kaupungin omistamilla mailla. (tuulivoimaakaakosta.fi, 2012)

Maanlaajuisen syöttötariffin lisäksi Kymenlaaksossa ollaan innostamassa tuulivoimainvestointeihin erilaisin toimin. Alueen tuulivoimatoimijoille ollaan luomassa informaatiopalvelua eli tuulidatapankkia, jolla pyritään nopeuttamaan tuulipuistohankkeiden toteutusta. (tuulivoimaakaakosta.fi, 2012) Etelä-Kymenlaakson kunnissa on pidetty infotilaisuuksia maanomistajille, Suomen tuulivoimatavoitteista ja niiden merkityksestä Kaakkois-Suomen työllisyydelle. Maanomistajat ovat oleellinen osa tuulivoimatavoitteen toteutumista, joten heidän myönteisyytensä ja aktiivisuutensa tuulivoimarakentamista kohtaan on erittäin tärkeää. (tuulivoimaakaakosta.fi, 2012) Näiden toimien perusteella, voidaan huomata, että tuulivoimarakentamisen kanssa ollaan tosissaan ja sitä yritetään lisätä monin keinoin. Hankkeella on hyvät edellytykset toteutua, aktiivisten toimien ja toimijoiden ansiosta.

Etelä-Karjalassa, Lappeenrannan teknillisessä yliopistossa, taas keskitytään tutkimaan tuulivoimaa eri osa-alueilta: tuuliturbiinikonstruktiot sekä turbiinin ja tuulipuiston energiantuotannon optimointi. Tutkimusta tehdään Etelä-Karjalan yritysten toimesta toteutetussa koelaitoksessa. Koelaitos toimii testauspaikkana yritysten tuoteinnovaatioille sekä on tutkimusalustana erityisesti sisämaan tuulioloihin liittyvälle tutkimustoiminnalle. Koelaitos on 20 kW:n tuuliturbiini, tehonmuokkaimineen sekä mittalaitteineen. (Etelä-Karjalan liitto, 2010, s. 19)

Taulukko 11. Kaakkois-Suomen tuulivoimaprojektien yhteenveto. Projektit ovat maatuulivoimaloita. (VTT, 2012) (Haminan Energia Oy, 2012) (Ilmatar Oy, 2012)

Tuulipuisto	Vaihe	Arvioitu valmistumisaika	Voimalavalmistaja/hanketietoja	Rakennuttaja
Hamina, Mäkelänkangas Kotka, Mussalo	Rakenteilla Rakenteilla	2012 ei ilmoitettu	4 x 2MW Huyndai 5,5 MW	Suomen Voima Oy Kotkan Energia Oy
Hamina, Summa Hailikari ja Koirakari Lappeenranta, Muukonkangas	Valmistellaan rakentamisen aloittamista Rakenteilla	2012 2013	2 x 3 MW WinWinD 7x3 MW	Haminan Energia Oy TuuliSaimaa Oy
Hamina, Summa Syväsamata Kotka, Halla	Hakee lupia YVA- menettely kesken	2012 ei ilmoitettu	3x2 MW WinWinD 4 x 3MW	Haminan Energia Oy VentusVis Oy
Kotka, Mussalo Kotka, Rankki Vehkaluoto	Päätös hakea YVA-menettelyä Päätös hakea YVA-menettelyä	ei ilmoitettu 2014	2 -3 x 3 MW 8 x 3 MW	Innopower Kotkan Energia Oy
Kotka, Sunila, Karhulan- niemi, Hietasen teollisuusalue Kotkansaaren teollisuusalue	Päätös hakea YVA-menettelyä Päätös hakea YVA-menettelyä	ei ilmoitettu ei ilmoitettu	Sunila 4x3 MW, Karhulanniemi 2x2,5 MW, Hietanen 6 kpl 4x 2-3 MW	Stora Enso, SG-Power Kotkan kaupunki Kotkamills Oy
Loviisa, Atomitie Virolahti, Vaahterikkokangas-Oravakorppi	Päätös hakea YVA-menettelyä saapunut Päätös hakea YVA-menettelyä	ei ilmoitettu ei ilmoitettu	2-3 turbiinia 6 x 3 MW	Fortum Tuuliwatti, Vironlahdenkunta
Virolahti, Vaahterikkokangas-Oravakorppi Ruokolahti; Hauklapin alue	Soveltuvuustutkimus tehty Lupien haku -vaiheessa	2013 2013	6 x 3 MW 9 x 3 MW	Tuuliwatti Oy Oxford Intercon TuuliSaimaa Oy
Kouvola Pyhtää, Långö	Projektia ehdotettu Päätös hakea YVA-menettelyä	2013 2014	8-13 x 2-3 MW 3 x 3 MW	Finland Oy Kotkan Energia Oy
Hamina; Myllykylä, Vallanjärvi, Virolahden kunta; Harvajanniemi	suunnitteilla	2013-2014	38 x 3MW	Haminan Energia Oy
Hamina;Neuvoton	YVA-prosessissa	2014	enintään 75 MW	Ilmatar Hamina Oy
Yhteensä			442MW, 5 % 7 778 MW:sta	

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO

Tuulivoima on uusiutuvaa energiaa, mikä ei saastuta eikä näin lisää kasvihuonekaasujen määrää ilmakehässä. Tämän sekä työllistävän vaikutuksensa takia tuulivoimalla tuotetun sähkön määrää halutaan lisätä.

Suomen tuulivoimatavoite voi toteutua. Kaakkois-Suomen hankkeiden tämän hetkinen kapasiteetti eli, 442 MW, on noin 5 % koko Suomen tämän hetken hankkeista eli 7 778 MW:sta. Kaakkois-Suomen runsas tuulivoimatoimijoiden määrä vaikuttaa omalta osaltaan positiivisesti alueen tuulivoimatuotantoon ja tuulivoiman lisäämiseen alueelle. Suomen tavoite on 6 TWh sähköntuotantoa vuoteen 2020 mennessä, mikä edellyttää 2500 MW tuulivoimakapasiteettia. 6 TWh olisi noin 6 % Suomessa tuotetusta sähköstä. Hankkeita on vireillä paljon tavoitteeseen tarvittavaa määrää enemmän.

Kaakkois-Suomessa on hyvät edellytykset tuulivoimalle: rannikon, teollisuuden, joka takaa sijoituspaikat ja hyvät mahdollisuudet sähköliitännöihin, tuulivoimatoimijoiden runsauden sekä Lappeenrannan teknillisessä yliopistossa tehtävän tutkimuksen ja tuulivoimakoulutuksen ansiosta. Esimerkiksi Kymenlaakson kuntien yhteistavoite on saada 100 tuulivoimalaa alueelle vuoteen 2015 mennessä tuulivoimaakaakosta.fi -sivuston mukaan. Tavoitteen toteutumista helpottaa Haminassa toimiva WinWinD:n tuuliturbiini tehdas, Kotka-Hamina satama logistiikkoineen sekä paikallisten energiayhtiöiden aktiivisuus.

Tuulivoimarakentamista on helpotettu mm. tuuliatlaksella, VTT:n kehittämällä laskentatyökalulla tuulivoimarakentamisen tutkavaikutusten arviointia varten sekä lentoesteluvan korkeusrajoitusten lieventämisen avulla.

Suomen syöttötariffijärjestelmä on luotu, jotta tuulivoimatoimijat uskaltaisivat investoida tuulivoimaan, tietäen että saavat takuuhinnan tuotetulle sähkölle. Varsinkin kolmelle ensimmäiselle tuotantovuodelle luvatus korotetun tuen 105,3 €/MWh,

toivotaan vaikuttavan positiivisesti tuulivoimaloiden investointeihin. VTT:n hankelistasta 22/1/2012 (VTT, 2012) voidaan huomata 55 hanketta, jotka ovat vaiheessa: projektia ehdotettu. Uusia hankkeita on siis viritelty, ja niiden valmistumisajaksi on arvioitu 2013–2015. VTT:n hankelistan 7 778 MW ei sisällä esimerkiksi taulukossa 11 nähtäviä Haminan Energian 38 kpl 3 MW:n tuulivoimaloita eikä Ilmatar Oy:n 75 MW:a tuulivoimaa. Hankkeita tulee koko ajan lisää joten, kuten edellä mainittu, joidenkin hankkeiden mahdollisesti kaatuessa uusia tulee tilalle.

Vuoden 2012 kesällä Suomessa oli rakenteilla 80 MW tuulivoimaa, kun saman vuoden alkupuoliskolla on rakennettu jo 21 MW eli 7 voimalaa. (Motiva Oy, 2012) Rakentaminen on tästäkin päätellen lähtenyt käyntiin ja tällaista kehitystä tarvitaan tuulivoimatavoitteen saavuttamiseksi.

Taulukossa 12 voidaan nähdä yhteenveto Suomen ja Kaakkois-Suomen tuulivoimapotentiaalista, hankkeista ja tavoitteista. Mikäli tuulivoimarakentaminen nopeutuu, eivätkä investoijat vedä suurta määrää hankkeita pois, voidaan todeta että Suomen tuulivoimatavoite on näiden lukujen valossa saavutettavissa.

Taulukko 12. Yhteenveto tuulivoimasta Kaakkois-Suomessa sekä koko Suomessa.

	Tuulivoiman määrä kesällä 2012	Tuulivoima hankkeet vuonna 2012	Tuulivoimapotentiaali (maakuntaselvityksien mukaan)	Tuulivoimatavoite vuoteen 2020 mennessä
Kaakkois-Suomi	14 MW	442 MW	906 MW	100 kpl (2015 mennessä)
Koko Suomi	220 MW	7 778 MW	12 600 MW	2500 MW, 6 TWh

8 LÄHDELUETTELO

- Anders Stenberg, Hannele Holttinen. (Elokuu 2011). *VTT Suomen tuulivoimatilastot*. Haettu 2012 osoitteesta VTT: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2011/W178.pdf>
- Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. (2 2012). *Energiatuki vuonna 2012*. Noudettu osoitteesta Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus: <http://ely-keskus.fi/fi/ELYkeskukset/pohjanmaanely/Ajankohtaista/uutiskirjeet/Uutiskirjeen%20sisltj/Energiatukivuonna2012.aspx>
- Energiateollisuus ry. (2011). *Energiateollisuus*. Noudettu osoitteesta Tuulivoimaloiden ja muun korkean rakentamisen lentoesteluvat: <http://www.energia.fi/node/1692>
- Energiateollisuus ry. (ei pvm). *Tuulivoimahankkeen vaikutukset tutkiin ja muihin Puolustusvoimien toimintoihin*. Haettu 5 2012 osoitteesta Energiateollisuus: <http://www.energia.fi/energia-ja-ymparisto/energialahteet/tuulivoima/tutkavaikutukset>
- Etelä-Karjalan liitto. (2010). *Etelä-Karjalan maakuntaohjelman toteuttamissuunnitelma 2011-2012*. Haettu 2012 osoitteesta Työ- ja elinkeinoministeriö: http://www.tem.fi/files/28249/Valmis_EKTotsu.pdf
- Etelä-Karjalan liitto. (2011). *Sisä-Suomen tuulivoimaselvitys, Etelä-Karjala*. Haettu 2012 osoitteesta Etelä-Karjalan liitto: <http://194.251.35.222/Kiinteasivu.asp?KiinteasivuID=14198&NakymaID=515>
- Finlex. (ei pvm). *Finlex*. Haettu 30. 12 2010 osoitteesta Uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön tuotantotuesta: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2010/20101396>
- Haminan Energia Oy. (23. tammikuu 2012). *Haminan Energia Oy*. Noudettu osoitteesta Haminan Energia Oy:lle kolme uutta tuulipuistoa: <http://www.haminanenergia.fi/fi/yritys/ajankohtaista/body0=1833>
- Haminan Energia Oy. (ei pvm). *Haminan Energia Oy*. Noudettu osoitteesta Puhdasta energiaa nyt ja huomenna: <http://www.haminanenergia.fi/fi/tuotteet/sahko/tuulienergia/kemintuulivoimala>
- Ilmatar Oy. (2012). *Hamina-Neuvoton*. Noudettu osoitteesta Ilmatar: <http://www.ilmatarwind.fi/hankkeet/hamina-neuvoton/>
- International Energy Agency. (heinäkuu 2011). *IEA wind*. Noudettu osoitteesta IEA wind 2010 annual report:

http://www.ieawind.org/index_page_postings/IEA%20Wind%202010%20AR_cover.pdf

Justin Wilkes, J. M. (helmikuu 2012). *The European wind energy association*. Noudettu osoitteesta Wind in power 2011 European statistics: http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/publications/statistics/Stats_2011.pdf

Kettunen, T. (2009). *Ekoenergiamerkki - Suomen luonnonsuojeluliiton energian ympäristömerkki*. Haettu 2012 osoitteesta Ekoenergia.fi: <http://www.ekoenergia.fi/merkin-kayttajille/lisenssisopimus/Liite3-Ekoenergia-kriteerit.pdf>

Kotka Energia Oy. (2012). *Kotka Energia*. Noudettu osoitteesta Tuulivoimalaitokset: <http://www.kotkanenergia.fi/tuotanto/tuulivoimalaitokset>

Kymenlaakson liitto. (2010). *Kymenlaakson tuulivoimaselvitys 2010*. Haettu 2012 osoitteesta <http://services.kymenlaakso.fi/www/DimDocumentDownload?action=show&id=5006&fileId=10574>

Mika Laihanen, A. K. (2011). Regional Energy Balance and Its Implementation to South Karelia. *Journal of Sustainable Bioenergy Systems*, 2011, 1.

Motiva. (2012). *Uusiutuva energia*. Noudettu osoitteesta Motiva: http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/

Motiva Oy. (1991). *Tuulivoimaprojektiopas*. Haettu 2012 osoitteesta Motiva Oy: <http://www.motiva.fi/files/228/tuulivoimanprojektiopas.pdf>

Motiva Oy. (2012). *Tietoa tuulivoimasta*. Haettu 2012 osoitteesta Motiva: http://www.motiva.fi/files/5915/Tietoa_tuulivoimasta.pdf

Pirilä, M. (2012). *Maantieto*. Haettu 2012 osoitteesta Peda.net: http://peda.net/veraja/lohja/anttila/oppiaineet/erityisopetus/markku_pirilä/maantieto

Suomen merituuli Oy. (30. 3 2010). *Syöttötariffiesitys*. Haettu 2012 osoitteesta Työ - ja elinkeinoministeriö: http://www.tem.fi/files/26707/Suomen_merituulen_lausunsto_syottot.pdf

Suomen tuuliatlas. (ei pvm). *Tuulivoima*. Haettu 2012 osoitteesta Suomen tuuliatlas: <http://www.tuuliatlas.fi/tuulivoima/index.html>

Suomen tuulivoimatieto ry. (2009). *Mitä tuuli on?* Haettu 2012 osoitteesta Tuulivoiman tietopaketti: <http://www.tuulivoimatieto.fi/tuuli>

- Suomen Tuulivoimayhdistys ry. (2011). *Tiedotteet*. Noudettu osoitteesta Suomen Tuulivoimayhdistys ry: <http://www.tuulivoimayhdistys.fi/tiedotteet>
- Suomen Tuulivoimayhdistys ry. (14. 8 2012). *Uutiset*. Haettu 2012 osoitteesta Suomen Tuulivoimayhdistys ry: <http://www.tuulivoimayhdistys.fi/uutiset>
- Suomen tuulivoimayhdistys ry. (ei pvm). *Sopimukset sähkö- ja verkkoyhtiön kanssa*. Haettu 2012 osoitteesta Tuulivoimaprojekti: <http://www.tuulivoimatieto.fi/sopimukset>
- Suomen tuulivoimayhdistys ry. (ei pvm). *Tuulimittaus*. Noudettu osoitteesta Tuulivoimaprojekti: <http://www.tuulivoimatieto.fi/tuulimittaus>
- Suomen Voima Oy. (ei pvm). *Suomen Voima*. Haettu 2011 osoitteesta Suomen Voima Oy: <http://www.suomenvoima.fi/fi/suomenvoimaoy>
- Tarasti, L. (13. 2 2012). *Tuulivoimaa edistämään*. Haettu 2012 osoitteesta Työ- ja elinkeinoministeriö: http://www.tem.fi/files/32699/Tuulivoimaa_edistamaan_A4_lop.pdf
- Tekniikka ja talous. (2007). *The Switch räätälöi sähkökoneet maailmalle*. Haettu 2012 osoitteesta Tekniikka ja talous: <http://www.tekniikkatalous.fi/metalli/the+switch+raataloi+sahkokoneet+maailmalle/a33552>
- Tekniikka ja talous. (2011). *Suomalaisyritys voitti kaupan tuulivoimatekniikasta*. Haettu 2012 osoitteesta Tekniikka ja Talous: Suomalaisyritys voitti kaupan tuulivoimatekniikasta
- The World Wind Energy Association. (3 2012). *Home*. Noudettu osoitteesta World Wind Energy Assosiation: <http://www.wwindea.org/webimages/WorldWindEnergyReport2011.pdf>
- Tilastokeskus. (ei pvm). *Muuttujat ja luokat*. Haettu 2012 osoitteesta Tilastokeskus: <http://pxweb2.stat.fi/Dialog/Saveshow.asp>
- TuuliSaimaa Oy. (2011). *TuuliSaimaa*. Haettu 2012 osoitteesta TuuliSaimaa: <http://www.tuulisaimaa.fi/index.php?p=1>
- tuulivoimaakaakosta.fi. (2012). *100 tuulivoiman tavoite*. Haettu 2012 osoitteesta tuulivoimaa Kaakosta: <http://www.tuulivoimaakaakosta.fi/100-tuulivoimalan-tavoite>
- tuulivoimaakaakosta.fi. (2012). *Päätöksenteko*. Haettu 2012 osoitteesta tuulivoimaa Kaakosta: <http://www.tuulivoimaakaakosta.fi/paatoksenteko>

- tuulivoimaakaakosta.fi. (2012). *Tuulidatapankki*. Haettu 2012 osoitteesta tuulivoimaa Kaakosta: <http://www.tuulivoimaakaakosta.fi/tuulidatapankki>
- Työ- ja elinkeinoministeriö. (7. Joulukuu 2011). *Työ- ja elinkeinoministeriö*. Noudettu osoitteesta Tuulivoimarakentamisen tutkavaikutustutkimus valmistui: http://www.tem.fi/index.phtml?105033_m=104811&s=4760
- Työ- ja elinkeinoministeriö. (ei pvm). *Kiinteä sähkön tuotantotuki loppuu vuoden 2012 alussa*. Haettu 24. 11 2011 osoitteesta http://www.tem.fi/index.phtml?105033_m=104680&s=4760
- Työ- ja elinkeinoministeriö. (ei pvm). *Tuulivoima ja biokaasusähkö*. Haettu 10. 4 2010 osoitteesta Syöttötariffia koskeva hallituksen esitys: http://www.tem.fi/files/26664/Valtovarainministerion_lausunto_syottotariffia_koskevasta_HEn_luonnoksesta.pdf
- Vaasa Energy Institute. (2010). *Tuulivoiman kustannukset*. Haettu 2012 osoitteesta Medvind Tuulivoimaportaali: http://wind.vei.fi/public/index.php?cmd=smarty&id=37_lfi&PHPSESSID=3c8d77b5a1d612b4f80a1852d86c902b
- VentusVis Oy. (2011). *Projektit*. Haettu 2012 osoitteesta VentusVis: <http://ventusvis.com/en/projects/?lang=fi>
- WinWinD. (ei pvm). *Production facilities*. Haettu 2012 osoitteesta WinWinD: <http://www.winwind.com/fi/about-us/production-facilities/>
- WinWinD. (ei pvm). *The new WinWinD- 3*. Haettu 2012 osoitteesta WinWinD: <http://www.winwind.com/fi/offering/winwind-3/>
- WinWinD. (ei pvm). *WWD-1*. Noudettu osoitteesta WinWinD: <http://www.winwind.com/fi/offering/1-mw/>
- VTT. (15. 6 2012). *Suomen tuulivoimatilastot*. Haettu 2012 osoitteesta VTT: <http://www.vtt.fi/proj/windenergystatistics/>
- VTT. (22. 1 2012). *VTT.fi*. Haettu 2012 osoitteesta Tuulivoimahankkeita: http://www.vtt.fi/proj/windenergystatistics/windenergystatistics_projects.jsp
- Ympäristöministeriö. (2012). *Korjaustiedote: Tuulivoimarakentamisen opas kokoaa yhteen säännökset ja suunnittelun periaatteet*. Noudettu osoitteesta Ympäristöministeriö: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=137706&lan=fi>

Ympäristöministeriö. (ei pvm). *Tuulivoimarakentaminen*. Noudettu osoitteesta
Ympäristöministeriö:
<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=42234&lan=FI>

Ympäristöministeriö. (ei pvm). *Ymparistö*. Noudettu osoitteesta Hankkeiden YVA-
menettely: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=1499&lan=fi>