



Tuulivoimamarkkinat suomalaisen teknologiaviennin kannalta

VTT Energian raportteja 45/2001

Esa Peltola, Hannele Holttinen

VTT Energia
PL 1606, 02044 VTT
puh. (09) 456 5005, telefax (09) 456 6538

Joulukuu 2001

ISSN 1457-3350

VTT Energian raportteja 45/2001

<p>Suorittajaorganisaatio ja osoite VTT Energia, Energijärjestelmät PL 1606 02044 VTT</p> <p>Projektipäällikkö Hannele Holttinen Hannele.holttinen@vtt.fi</p> <p>Asiasanat Tuulivoima, markkinakatsaus, teknologiavienti</p>	<p>Raportin numero VTT Energian raportteja 45/2001</p> <p>VTT:n diaarinumero</p> <p>Asiakkaan tilausnumero 40546/00</p>
<p>Projektin nimi ja projektinumero Tuulivoiman mahdollisuudet ilmastonmuutosta rajoittavana teknologiana (TuuliClimTech)</p>	<p>Raportin sivumäärä 40 s. + liitt. 1 s</p> <p>Päiväys 26.4.2002</p>
<p>Raportin nimi ja kirjoittajat</p> <p>Esa Peltola, Hannele Holttinen: Tuulivoimamarkkinat suomalaisen teknologiaviennin kannalta</p>	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Raportissa on tarkasteltu tuulivoimateknologian kehittymistä ja arvioitu tuulivoiman markkinapotentiaali suomalaisen teknologiaviennin kannalta sekä tueksi tarvittavat toimet.</p> <p>Merkittävimpiä lähivuosien yleisiä kehitystrendejä ovat yksikkökojojen kasvu, säädön ja älyn lisääntyminen kaikissa laitoksen komponenteissa, projektikokojen kasvu, sekä laajamittaisen offshore-rakentamisen käynnistyminen.</p> <p>Suomalaisella teollisuudella on tällä hetkellä vahva jalansija tuulivoimaloiden pääkomponenteissa (generaattori ja vaihteisto) sekä materiaalipuolella (lapoihin ja torneihin). Suomalainen tuulivoimateknologiayritykset muodostavat jo teknologiaklusterin.</p> <p>Tuulivoima on voimakkaassa kasvussa erityisesti Euroopassa. Vuoden 2001 lopussa tuulivoimakapasiteettia oli asennettuna noin 24 GW. Tällä hetkellä markkina on noin 6 mrd € (6 GW vuodessa) ja sen arvioidaan kasvavan 15-25 mrd €:on (15-25 GW:in vuodessa) vuonna 2010.</p> <p>Vuonna 2001 suomalainen tuulivoimateknologiavienti on ollut noin 0,2 mrd €. Olettaen, että suomalaiset yritykset pitävät markkinaosuutensa, arvioidaan viennin arvon vuonna 2010 olevan 0,8-1,2 miljardia euroa vuodessa (markkinat 15-25 mrd €). Uusien tuotteiden mahdollisuudet sekä uuden suomalaisen tuulivoimalaitoksen WinWinDin pääsy kasvaville markkinoille voivat kaksinkertaistaa sen vientivolyymin, mikä on arvioitu nykyiselle tuotevalikoimalle.</p> <p>Kehitystyö ja räätälöidyt tuotteet ovat erityisesti pääkomponenttitoimittajille toiminnan edellytys, ja tässä sekä kotimarkkinoiden tuki että T&K panostus ovat tärkeässä asemassa. Voimakkaasti kasvavat tuulivoimaliiketoiminnan miljardimarkkinat ovat muualla, ja niille</p>	
<p>Jakaja: VTT Energia, kirjasto, PL 1606, 02044 VTT, puh. (09) 456 5004, faksi (09) 456 6538</p>	
<p>Raportin päävastuullinen laatija</p> <p>Tutkija Hannele Holttinen</p> <p>Hyväksynyt</p> <p>Tutkimuspäällikkö Ritva Hirvonen</p>	<p>Tarkastanut</p> <p>Tuotepäällikkö Esa Peltola</p> <p>Julkisuus</p> <p>julkinen</p>

TIIVISTELMÄ

Raportissa on tarkasteltu tuulivoimateknologian kehittymistä ja arvioitu tuulivoiman markkinapotentiaali erityisesti suomalaisen teknologiaviennin kannalta. Tueksi tarvittavat toimet on hahmoteltu T&K panostusten ja kotimarkkinoiden kannalta.

Merkittävimpiä lähivuosien yleisiä kehitystrendejä ovat yksikkökokojen kasvu, säädön ja älyn lisääntyminen kaikissa laitoksen komponenteissa, projektikokojen kasvu, sekä laajamittaisen offshore-rakentamisen käynnistyminen. Suomalaisen teknologiaviennin kannalta tuulivoimaloiden komponentit muuttuvat entistä enemmän erikoisosaamista sisältäviksi. Komponenttien kehittämisessä, suunnittelussa ja optimoinnissa joudutaan alusta pitäen ottamaan huomioon laitosvalmistajan konseptivalinnasta johtuvat ratkaisut. Tämän lisää kehityskustannuksia ja tarvetta pilot-laitoksiin.

Suomalaisella teollisuudella on tällä hetkellä vahva jalansija tuulivoimaloiden pääkomponenteissa (generaattori ja vaihteisto) sekä materiaalipuolella (lapoihin ja torneihin). Uuden suomalaisen tuulivoimalavalmistajan olisi mahdollista kuroa umpeen kilpailijoiden ajallista etumatkaa käynnistämällä uuden laitoksen kehitystyö nopeasti. Suomalainen tuulivoimateknologia-yritykset muodostavat jo teknologiaklusterin. Nykyisen tuotevalikoiman lisäksi yritysten verkottunut yhteistoiminta avaa mahdollisuuksia esimerkiksi lapateknologiaan, tornirakenteisiin, ohjaujärjestelmiin ja merituuhiipujien perustamiseen liittyvään vientiin..

Tuulivoima on voimakkaassa kasvussa. Vuoden 2001 lopussa tuulivoimakapasiteettia oli asennettuna noin 24 GW, josta yli 17 GW Euroopassa. Tuulivoimakapasiteetin kasvuprosentti on viimeiset 5 vuotta ollut 25–40 % vuosittain. Tällä hetkellä markkina on noin 6 mrd € (6 GW vuodessa). Vuonna 2001 suomalainen tuulivoimateknologia-vienti on ollut noin 0,2 mrd €, ja se on lähes kymmenkertaistunut seitsemässä vuodessa.

Suomalaista vientipotentiaalia arvioitaessa on käytetty markkinoille arvioita 25 ja 15 GW vuodessa vuonna 2010. Kun oletetaan, että suomalaiset tuulivoimateknologia-yritykset pitävät markkinaosuutensa, on vienti vuonna 2010 noin 1,2 mrd €. Mikäli lisäksi suomalainen tuulivoimalaitos pääsee markkinoille, on vientipotentiaali 2–4,5 mrd € vuonna 2010. Jos globaalit markkinat kehittyvät varovaisemman arvion mukaan vastaavat vientimahdollisuudet ovat 0,8 mrd€ nykyisillä markkinaosuuksilla ja 1,3–2,6 mrd € mikäli suomalainen tuulivoimalaitos pääsee markkinoille. Tuulivoiman osalta onkin ilmeistä, että teknologiavienti on Suomen näkökulmasta tuulivoiman tuotantoa merkittävämpi tuulivoimateknologian kehittämistä ohjaava argumentti.

Markkinaosuuden säilyttäminen kasvavilla tuulivoimamarkkinoilla on vaativaa. Kehitystyö ja räätälöidyt tuotteet ovat erityisesti pääkomponenttitoimittajille toiminnan edellytys, ja tässä sekä kotimarkkinoiden tuki että T&K panostus ovat tärkeässä asemassa. Voimakkaasti kasvavat tuulivoimaliiketoiminnan miljardimarkkinat ovat muualla, ja niille pääseminen tai niillä pysyminen vaatii enenevässä määrin kotimarkkinoiden tukea, eli mahdollisuutta saada referenssejä sekä testata uusia ratkaisuja kotimaassa.

, , VTT Energian raportteja - VTT Energy Reports , 45/2001, 40 s./p. + liitt./app. 1 p.

Keywords: Wind power markets, wind power technology trends, Finnish wind power technology

UDK-classification:

ABSTRACT

In this report, the development trends of wind power technology are presented and the potential for exports of Finnish wind technology is estimated. The national measures needed for realising this potential are sketched.

Finnish industry has a strong position in the wind power markets: generators, gear-boxes and blade materials have been manufactured by Finnish companies from the very start of modern wind power development, with a 10-20 % global market share. Steel plates for towers and large castings have increased their share during the past years. In 2001, the Finnish exports of wind technology amounted to 0,2 billion €. A new Finnish wind turbine manufacturer, WinWinD, erected their first 1 MW prototype in 2001. The Finnish wind power technology industry already forms a technology cluster. By networking, the companies could have more export possibilities, for example the blade technology, control systems, tower components and offshore foundation techniques.

Increasing the turbine size as well as the control and intelligence in all the components of a wind turbine are the most significant technology trends in the near future. The project size will be increased, and the building of large offshore wind farms will start. Looking at these trends from the viewpoint of Finnish wind power component industry, more and more special know-how will be required. The solutions based on the concept chosen by the wind turbine manufacturer have to be taken into account from the beginning, when developing, designing and optimising the components.

Wind power is growing fast. The total installed capacity at the end of 2001 was about 24 GW, of which 17 GW in Europe. At the moment, the global market for wind power is about 6 billion € (6 GW annually). The growth rate has been 25–40 % for the past 5 years, and is expected to keep at 10 % or more until 2010.

When estimating the future potential of Finnish wind technology exports, the market estimates of 25 and 15 GW annually in 2010 have been used. If the Finnish industry is able to maintain the current market shares, the exports will be 0,8–1,2 billion € in 2010. If the Finnish wind turbine manufacturer was able to get a global market share of 5 %, this would more that double the Finnish exports.

The fast growing wind power market is abroad. To stay there, or get there as a newcomer, requires more and more national support in the form of R&D and a home market.

ALKUSANAT

Tämä raportti on osa TEKESin ClimTech ohjelman tuulivoimaprojektia ”Tuulivoiman mahdollisuudet ilmastonmuutosta rajoittavana teknologiana”. Projektin johtoryhmänä on toiminut ClimTech -ohjelman ohjausryhmä.

Raportin tavoitteena on tarkastella tuulivoimateknologian kehittymistä maailmalla, kartoittaa tuulivoiman markkinapotentiaali sekä teknologiaviennin potentiaali suomalaisten yritysten kannalta. Lisäksi arvioidaan liiketoimintamahdollisuuksien tueksi tarvittava T&K- ja demonstroitipanos ja vaadittavat kansalliset toimet sekä hahmotellaan alustava toimenpidesuunnitelma niiden toteuttamiseksi.

Selvityksen teknologiapotentiaaliosuus perustuu tuulivoima-alan globaaleihin markkinakartoituksiin. Lisäksi tutkimukseen liittyen haastateltiin useita suomalaisia yrityksiä tuulivoimateknologian sekä tuulivoiman tuotannon parista. Tekijät kiittävät kaikkia haastateltuja tiedoista ja näkemyksistä.

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	9
2	Tuulivoiman teknologiatrendit.....	10
2.1	Konseptit	10
2.2	Trendejä.....	11
2.2.1	Laitoskoko	11
2.2.2	Roottori ja lavat	13
2.2.3	Voimansiirto	13
2.2.4	Generaattorit	14
2.2.5	Torni	14
2.2.6	Verkkoon liittäminen	15
2.2.7	Merituulipuistot	15
3	Markkinat.....	16
3.1	Markkinoita ajavat tekijät.....	16
3.2	Volyymin kehitysarvioita	16
3.3	Markkinoiden alueellinen jakautuminen	18
3.4	Toimijat	19
3.5	Tuulivoimalan kustannusrakenne.....	20
4	Suomalainen teollisuus	22
4.1	Tuotteet.....	22
4.2	Viennin volyymi.....	24
4.3	Viennin kehitysmahdollisuudet vuoteen 2010	26
4.3.1	Tuulivoimamarkkinat 25 000 MW v. 2010	27
4.3.2	Tuulivoimamarkkinat 15 000 MW v. 2010	30
5	Kehitystarpeet teknologiaviennin näkökulmasta	31
5.1	Kotimarkkinat.....	31
5.2	Tutkimus, tuotekehitys, demonstraatiot	32
5.2.1	Tuulivoimateknologiaan liittyvä tutkimus, kehitys ja demonstraatiot	32
5.2.2	Tuulivoiman tuotantoon ja käyttöön liittyvä tutkimus ja kehitys.....	34
5.3	Suomalaisen tuulivoimateknologian road map	35
6	Yhteenveto	37
7	Lähteet.....	39

1 JOHDANTO

Tuulivoima on voimakkaassa kasvussa maailmalla, erityisesti Euroopassa. Vuoden 2001 lopussa tuulivoimakapasiteettia oli asennettuna noin 24 000 MW maailmanlaajuisesti ja tästä suurin osa, yli 17 000 MW Eurooppaan. Vuonna 2000 rakennettiin uutta kapasiteettia noin 4500 MW ja v. 2001 on arvioiden mukaan asennettu noin 6000 MW. Tämä vastaa noin 6 mrd Euron vuotuisia markkinoita. Tuulivoimakapasiteetin kasvuprosentti on viimeiset 5 vuotta ollut 25–40 % vuosittain. Voimakkaan kasvun odotetaan jatkuvan vielä useita vuosia Euroopassa julkaistujen markkinakatsausten mukaan /1/.

Osana kansallista ilmastostrategiaa toteutettavassa Uusiutuvien energioiden edistämishjelmassa esitetään 500 MW tuulivoimakapasiteetin rakentamista Suomeen vuoteen 2010 mennessä, eli tavoitteena on yli 10-kertaistaa Suomen tuulivoimakapasiteetti. Ohjelman tavoitteena on tukea tuulivoiman rakentamista Suomessa ja edistää investointi- ja käyttökustannusten laskua. Tämä edellyttää myös panostusta T&K-puolelle, jotta parhaita sovellutuksia voidaan kehittää ja ottaa käyttöön.

Suomalaisella teollisuudella on tällä hetkellä vahva jalansija tuulivoimaloiden pääkomponenteissa (generaattori ja vaihteisto) sekä materiaalipuolella (lapoihin ja torneihin). Teknologiaviennin potentiaali riippuu teollisuuden kyvystä säilyttää, tai jopa kasvattaa markkinaosuuttaan tuulivoimateollisuudessa. Siihen vaikuttavat lisäksi uusien tuotteiden mahdollisuudet: arktisen tuulivoiman osaaminen (arktiset lavat, tornit, instrumentit), verkkoonliitäntä (offshore-tuulipuistot), automaatio/tuotannon hallinta sekä luotettavuuden kasvattamiseen liittyvä käytön valvonnan monitorointi (condition monitoring).

Tässä raportissa tarkastellaan erityisesti tuulivoimateknologian markkinanäkymiä ja suomalaisen vientiteollisuuden mahdollisuuksia kasvavalla markkinasektorilla.

2 TUULIVOIMAN TEKNOLOGIATRENDIT

Merkittävimpiä lähivuosien kehitystrendejä ovat yksikkökokojen kasvu, projektikokojen kasvu, sekä laajamittaisen offshore-rakentamisen käynnistyminen. Monissa maissa tullaan enenevässä määrin hyödyntämään myös vuoristoalueita tuulivoimaloiden ja –puistojen sijoituspaikkoina.

Suomalaisen teknologiaviennin kannalta yksikkökokojen kasvu merkitsee sitä, että tuulivoimaloiden komponentit muuttuvat entistä enemmän erikoisosaamista sisältäviksi. Komponenttien kehittämisessä, suunnittelussa ja optimoinnissa joudutaan alusta pitäen ottamaan huomioon laitosvalmistajan konseptivalinnasta johtuvat ratkaisut. Tämän johdosta eri laitosvalmistajille toimitettavat tuotteet eriytyvät, mikä lisää kehityskustannuksia ja tarvetta pilot-laitoksiin.

Projektikoon kasvu yhdessä yksikkökoon kasvun kanssa merkitsee, että myös yksittäisiin projekteihin liittyvien komponenttitoimitusten arvo kasvaa. Tällöin myös uusiin teknisiin ratkaisuihin liittyvät riskit kasvavat, mikäli ne joudutaan ottamaan ensi kertaa käyttöön kaukana Suomesta.

Offshore-rakentaminen eli merituulipuistojen vähittäinen käynnistyminen erityisesti Pohjois-Euroopassa selittää osittain sekä yksikkökoon että projektikoon kasvua. Samalla projektien ja voimaloiden suunnitteluajat pitenevät. Merituulipuistoissa voimaloiden tekniset vaatimukset kasvavat toisaalta vaativan ympäristön takia ja toisaalta sen johdosta, että voimaloiden teknisen luotettavuuden tulee olla korkea alentuneen luoksepääsyn takia. Samasta syystä myös huoltovälin pituus kasvaa ainakin kaksinkertaiseksi nykyisestä. Tämän johdosta tarve komponenttien ennakoivaan kunnonvalvontaan ja huoltoon, sekä kaukokäytön vaatimukset kasvavat. Suuremmat tuotantoyksiköt asettavat vaatimuksia myös tuotannon ja sähköverkon hallintaan.

Laitosteknologian yleisinä trendeinä ovat säädön ja älyn lisääntyminen, vaihteettomien tai osittaisten suoravetoratkaisuiden lisääntyminen sekä siirtyminen muuttuvaan pyörimisnopeuteen.

2.1 KONSEPTIT

Taulukkoon 1 on koottu suurimpien laitevalmistajien käyttämiä peruskonsepteja jaoteltuna roottorin tehonsäädön, päävoimansiirron ja generaattorijärjestelmien mukaan. Kaikki taulukossa esitetyt laitokset ovat 3-lapaisia ja vaaka-akselisia laitoksia.

Ruotsissa on ollut kehitteillä kaksi konseptia, jotka poikkeavat taulukon laitoskonsepteista: Ruotsin ABB:n yhdessä Scanwindin kanssa kehittämä laitos perustuu Windformer generaattoriratkaisuun. Siinä lähdettiin kehittämään tuulivoimalaitosta innovatiivisen generaattori- ja verkkoonkytkentäkonseptin ympärille. Kehitystyö lanseerattiin suurin odotuksin vuonna 2000, mutta vuoden 2002 alussa työ keskeytettiin. Yhteyksiä johtaviin voimalavalmistajiin ei ollut. Toinen ruotsalainen

laitosvalmistaja Nordic Wind Power, joka valmistaa 2-lapaista hyvin kevyeksi optimoitua tuulivoimalaitosta, on parhaillaan myynnissä.

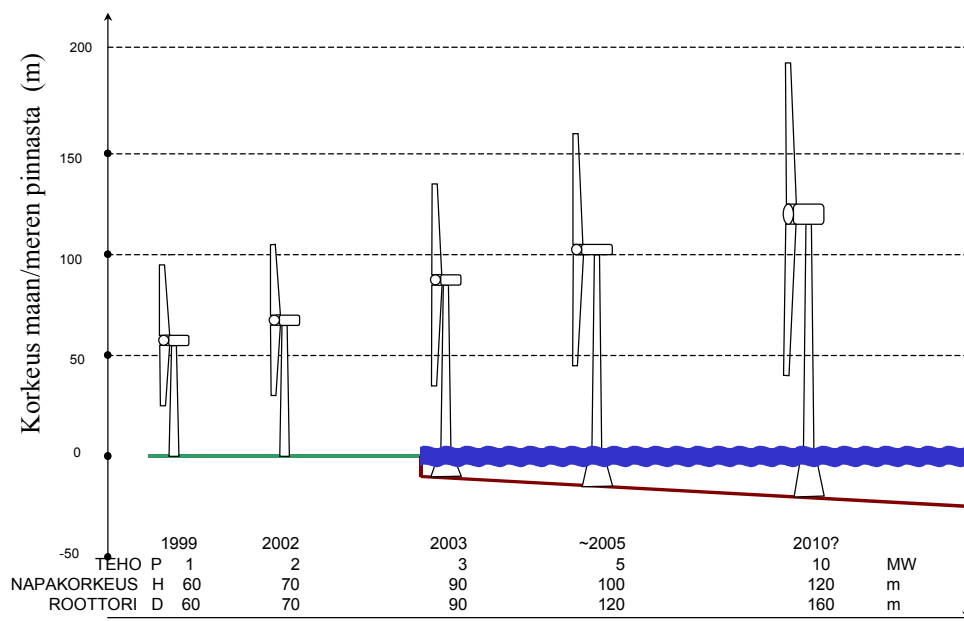
Taulukko 1. Suurimpien tuulivoimalavalmistajien käyttämiä konsepteja. Mukana myös suomalainen Winwind-konsepti. Kaikki laitokset ovat vaaka-akselisia 3-lapaisia laitoksia.

Valmistaja	Roottorin tehon säätö	Päävoimansiirto	Generaattori
Vestas, DK (2 MW)	3 lapaa, lapakulman säätö	Vaihde (planeetta + lieriöhammasvaihde)	Epätahtig. + taajuuden säätö
Gamesa, SP (1,5 MW)	3 lapaa, lapakulman säätö	Vaihde (planeetta + lieriöhammasvaihde)	Epätahtig. + taajuuden säätö
Enercon, GE (1,8 MW)	3 lapaa, lapakulman säätö	Suoraveto	Hidas epätahtig. + taajuuden säätö
NEG Micon, DK (2 MW)	3 lapaa, aktiivinen sakkaus 2 MW mallissa, pienemmissä sakkaus	Vaihde (planeetta + lieriöhammasvaihde)	Epätahtigeneraattori
Bonus, DK (2 MW)	3 lapaa, aktiivinen sakkaus 1, 1,3 ja 2 MW malleissa, pienemmissä sakkaus	Vaihde (planeetta + lieriöhammasvaihde)	2- nop. epätahtigeneraattori
Nordex, GE/DK (2,5 MW)	3- lapaa, sakkaus, lapakulman säätö 2,5 MW mallissa	Vaihde (planeetta + lieriöhammasvaihde)	2- nop. epätahtigeneraattori
Enron, US (1,5 MW)	3- lapaa, lapakulman säätö	Vaihde (planeetta + lieriöhammasvaihde)	Epätahtig. + taajuuden säätö
DeWind, GE (1 MW)	3- lapaa, lapakulman säätö	Vaihde (planeetta + lieriöhammasvaihde)	Epätahtig. + taajuuden säätö
Zephyros(Lagerwey) NL (1,5-2 MW)	3-lapaa, lapakulman säätö	Suoraveto	Kestomagn generaattori + taajuuden säätö
WinWind, FI (1 MW)	3- lapaa, lapakulman säätö	Vaihde (planeetta) Matalakierroskoneisto	Kestomagn generaattori + taajuuden säätö

2.2 TRENDEJÄ

2.2.1 Laitoskoko

Tuulivoimaloiden yksikkökoko on kasvanut nopeasti. Kuvassa 1 on eräs arvio tuulivoimaloiden kokoluokkien kehittymisestä. Se on laadittu yhdistämällä useista eri lähteistä peräisin olevia näkemyksiä ja tietoja käynnissä olevista kehityshankkeista.



Kuva 1. Tuulivoimaloiden koon kehittyminen lähivuosina

Asennettavien voimaloiden nimellisteho vaihtelee tällä hetkellä välillä 0,6–2,5 MW. Nimellisteho on noin kymmenkertaistunut 10 vuodessa. Keskimääräinen asennettujen laitosten teho oli Saksassa n. 1,3 MW v. 2001. Suomeen ensimmäiset 1 ja 1,3 MW laitokset pystytettiin v. 1999 ja ensimmäiset 2 MW ja sitä suuremmat laitokset rakennetaan v. 2002. Ensimmäinen suomalaisvalmisteinen 1 MW laitos rakennettiin v. 2001 noin 2-3 vuotta MW-luokan laitosten kaupallistumisen jälkeen. Tuulivoimaloiden pystyttäminen maalle on mahdollista ainakin 2-2,5 MW tehoon saakka. Ensimmäiset isommat offshore-hankkeet, Kööpenhamina 20 x 2 MW v. 2001 ja Horns Rev 80 x 2 MW v. 2002, on toteutettu tämän kokoluokan laitoksilla.

3 MW:n tehoisia laitoksia ei ole vielä tarjolla sarjavalmisteisina, mutta on merkille pantavaa että suomalaisen tuulivoimalavalmistajan olisi mahdollista kuroa umpeen kilpailijoiden ajallista etumatkaa käynnistämällä uuden laitoksen kehitystyö nopeasti. 3 MW laitoksilla tähdätään jo selkeästi offshore-hankkeisiin. Kokonsa puolesta niitä voitaneen tarvittavasta nostotekniikasta riippuen käyttää myös maalla.

5 MW laitosten arvellaan kaupallistuvan noin v. 2005 tienoilla. Suuret laitokset tullaan selkeästi suunnittelemaan merisijoittamista silmällä pitäen. Merituulipuistosovellukset tulevat asettamaan uusia lähtökohtia ja reunaehtoja tuulivoimaloiden suunnittelulle ja toteutukselle. Erityisesti luotettavuus- ja elinikävaatimukset kasvavat. Todennäköisesti jo 5 MW kokoluokassa mutta varsinkin, jos koko siitä edelleen kasvaa, em. vaatimukset, komponenttien koon kasvu ja korjattavuus avaavat mahdollisuuksia uusille teknisille ratkaisuille vaikka tuulivoimalan peruskonsepti säilyneekin ennallaan. Periaatteellista teknistä estettä nimellisteholtaan noin 10 MW:n voimalan toteuttamiselle ei pitäisi olla.

2.2.2 Roottori ja lavat

Peruskonstruktio 2 tai 3 lapaa, vaaka-akselinen roottori näyttää säilyvän. Roottorin tehonsäätö sen sijaan on selvästi muuttumassa suurien laitosten myötä, kun sakkaussäädön käyttö vähenee ja tilalle tulee aktiivisakkaus tai lapakulman säätö. Sakkaussäätöä käyttäneet valmistajat ovat viimeistään 2 MW-nimellistehoisissa laitoksissaan siirtyneet lapakulman säätöön. Perinteisen lapakulman säädön ohella käytössä on ns. aktiivinen sakkaus, jossa lapakulmaa säädetään negatiiviseen suuntaan ja tehoa rajoittava vaikutus saadaan aikaan tavallista lapakulman säätöä vähäisemmällä säädöllä. Lapakulman säädön yleistyessä myös muuttuvan pyörimisnopeuden käyttö yleistyy.

Roottorin koko on nyt suurimmissa kokoluokissa 80 m halkaisijaltaan, ja suunnitteilla ovat 100 m roottorit. Materiaalina käytetään tällä hetkellä eniten lasikuitu-polyesteriä, mutta lasikuitu-hiilikuitu-puuyhdistelmät ja epoksi ovat vahvasti nousussa. Lapojen valmistustekniikka on kehitymässä käsinlaminoinnista automatisoituun prosessiin.

Roottorin ja lapojen koon kasvaessa lapojen paino kasvaa suhteessa pituuden kuutioon, jos rakenteet yksinkertaisesti skaalataan. Käytännössä paino on kasvanut karkeasti pituuden neliöön verrannollisesti. Esimerkiksi 25 m lapa painaa noin 4500 kg, 30 m lapa painaa 6000 kg ja tulevaisuudessa 50 m lapa painaa noin 10 000 kg. Suhteellisesti keveämpään painoon päästään laparakenteita kehittämällä ja käyttämällä enenevässä määrin hiilikuitua.

Yhä useammalla suurella lapavalmistajalla on käytössään omaa lapateknologiaa. Suurin itsenäinen lapavalmistaja, tanskalainen LM Glasfiber käyttää edelleen laukuitu-polyesteri-teknologiaa.

Jos edellä ennakoitu laitoskoon kasvu jatkuu, syntyyne mahdollisuuksia ja tarvetta kehittää laparatkaisuja, jotka mahdollistavat lapojen kuljetukset, asennukset ja korjaukset pienempinä osina.

2.2.3 Voimansiirto

Tuulivoimaloiden päävoimansiirrossa käytetyin ratkaisu on ollut planeettavaihteen ja lieriöhammasvaihteen muodostama ylennysvaihte. Tämän konseptin markkinaosuus on noin 85 %.

Vaihteistojen vaurioituminen on johtanut mittaviin vaihteistojen vaihto-operaatioihin. Niiden seurauksena on syntynyt painetta kehittää vaihteettomia ratkaisuja. Suuriin vaihto-operaatioihin johtaneiden vaurioiden taustalla on ollut yleensä johonkin osaan liittyvä tyyppimittausvirhe. Vauriot ovat esiintyneet lieriöhammasvaihteportaassa.

Vaihteettomia ratkaisuja on kehitetty. Vaihteettomien ratkaisujen markkinaosuus on noin 15 % ja niitä tarjoavat saksalainen Enercon ja hollantilainen Lagerwey.

Näiden välimuotona on kehitetty matalakierroskoneisto (saksalainen multibrid-konsepti, jota käytetään suomalaisessa WinWinD laitoksessa). Siinä planeettavaihteportaan

perään kytketään moninapainen kestmagnetoitu generaattori. Tämä ratkaisu mahdollistaa suoravetoon verrattuna halkaisijaltaan pienempikokoisen generaattorin hyödyntämisen. On huomattava, että tulevaisuuden suuret laitosyksiköt (5...10 MW) tarkoittavat sitä, että tuulivoimalan roottorin kierrosnopeus on erittäin alhainen. Näillä laitoksilla matalakierroskoneisto voi osoittautua huomattavasti helpommaksi toteuttaa kuin suoraveto.

Vaihteettomien ratkaisujen kehittämisestä ja käyttöönotosta huolimatta vaihteiden markkinaosuus tulee säilymään suurena ja vaihteistomarkkinat tuulivoimateollisuudessa kasvavat. Suurten laitosten markkinat ovat pääosin merellä, mutta offshore-markkinoiden osuuden on arvioitu jäävän noin 10 %:iin maailmanmarkkinoista.

2.2.4 Generaattorit

Tällä hetkellä epätahtigeneraattori on vielä yleisin tuulivoimaloissa käytetty ratkaisu. Perinteisen oikosulkukoneen rinnalle on tulossa erilaisia liukurengaskoneita. Viime vuosina erityisesti muuttuvanopeuksiset, kaksoissyötetyt epätahtikoneet ovat yleistyneet. Näiden avulla saavutetaan kohtuullisen laajalla alueella vaihteleva pyörimisnopeus ilman että tarvittava vaihtosuuntaaja on teholtaan suuri.

Kestomagnetoitu tahtigeneraattori tekee tuloaan erityisesti vaihteettomissa ratkaisuisissa. Vaihteettoman generaattorin yhteydessä tarvitaan laitoksen koko teholle mitoitettu taajuusmuuttaja.

Liitettäessä suurempia tuulipuistoja suoraan siirtoverkkoon järjestelmäoptimointi voi tuoda uutta myös generaattoreihin, esim. korkeajännitegeneraattoreilla voidaan vähentää yksi muuntajaporras tuulipuistoinvestoinneista.

2.2.5 Tornit

Kokoluokan kasvaessa tuulivoimalaitoksen tornin korkeus kasvaa. Maalle rakennettavissa laitoksissa tornin korkeus on yleensä ollut suunnilleen sama kuin roottorin halkaisija. Meriolosuhteissa tuulen nopeuden keskimääräinen kasvu korkeussuunnassa ei ole yleensä niin voimakasta kuin maalla, jolloin hyvin suurella laitoskoolla tornin korkeus voi olla selvästikin roottorin halkaisijaa pienempi. Toisaalta meriolosuhteissa tornirakenne ulottuu myös veden pinnan alle (kuva 1)

Suuremmissa laitoksissa myös tornin päässä oleva massa on suurempi. Näiden yhteisvaikutuksena tornia mitoitettaessa päädytään halkaisijaltaan suurempiin putkitorneihin. Kuljetus asettaa rajan sille, kuinka suurta tornin osaa pystytään yhtenäisenä putkirakenteena siirtämään sijoituspaikalle: sillat rajoittavat tyvihalkaisijan 4,2 m:iin. Tämän vuoksi, rakennettaessa muualle kuin merelle tai meren rantaan, on mahdollista että tulevaisuudessa torniratkaisuinähdään myös muita kuin putkitorneja, esimerkiksi osittaista ristikkorakennetta.

2.2.6 Verkkoon liittäminen

Verkkoon liittäminen tuo haasteita toisaalta suurille tuulipuistoille ja toisaalta etäisten sijoituspaikkojen hyödyntämiseen heikoissa verkoissa. Tähän asti verkkoonliittämisessä ollaan käytetty nyrkkisääntöjä ja staattisia tarkasteluja siitä, kuinka paljon olemassaolevaan jakeluverkkoon pystytään liittämään tuulipuistoja. Suuret (meri)tuulipuistot vaativat myös dynaamisten tilanteiden tarkastelun, jolloin mallintaminen ja mallien verifioiminen on tärkeää.

Isoilta tuulipuistoilta tullaan vaatimaan, että tuotettua tehoa sekä loistehoa pystytään rajoittamaan ja säätämään, jolloin tuulivoimalaitokset tulevat enenevässä määrin osallistumaan verkon jännitteen säätöön.

2.2.7 Merituulipuistot

Merituulivoima on vielä tuotantokustannuksiltaan kalliimpaa kuin maalle rakennettu tuulivoima. Kuitenkin laajamittainen tuulivoimatuotanto vaatii suuria puistokokoja, ja erityisesti Keski- ja Pohjois-Euroopassa tämä tarkoittaa siirtymistä merelle. Muualla kuin Euroopassa merituulivoiman markkinat jäävät todennäköisesti pieniksi.

Suuremmat kustannukset tulevat merelle rakennetuista perustuksista ja verkkoonliittämisestä. Nämä ovat voimakkaan kehityksen alaisena. Kokoluokan kasvu vaikuttaa suoraan perustuskustannusten osuuden pienenemiseen, mutta myös perustustekniikoiden (massiiviperustus/kasuuni ja junttapaalu) kehittäminen edelleen ja uusien ratkaisujen kehittäminen on näköpiirissä. Pakkokommutoituihin suuntaajiin perustuva tasasähköteknologia (esim. HVDC light ja HVDC plus) on nopean kehityksen kohteena, ja saattaa osoittautua lupaavaksi teknologiaksi liitettäessä suuria, kauempana rannikosta olevia merituulipuistoja verkkoon.

Merituulipuistot tuovat kehittämistarpeita myös pystytystekniikalle (korkeat laitokset vaativat uusia, korkeampia nostureita), sekä voimalaitosten kaukokäytölle, luotettavuudelle ja kunnonvalvonnalle. Rakennusvaiheessa suunnittelun optimointi onshore- ja offshore-vaiheiden välillä on tärkeää (kustannukset/kalusto/aika/sää).

Tulevaisuudessa merelle rakennettavat tuulivoimalat eroavat entistä enemmän mantereelle rakennettavista, eli puhutaan erillisistä merituulivoimaloista ja mannertuulivoimaloista sen sijaan että nykyään puhutaan offshore-modifikaatioista, jotka tehdään standardilaitoksiin.

3 MARKKINAT

Tässä luvussa kuvataan tuulivoimamarkkinoiden suuruus, sen kehitysnäkymät sekä suurimmat voimalavalmistajat.

3.1 MARKKINOITA AJAVAT TEKIJÄT

Tuulivoiman markkinat jaetaan yleisesti kahteen osaan markkinoita ajavien tekijöiden mukaisesti.

Teollistuneissa maissa uusiutuvia energialähteitä kehitetään ja otetaan käyttöön pääasiassa ympäristösyistä. Kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamiseksi useissa maissa on otettu käyttöön erilaisia tukimekanismeja edistämään uusiutuvien energialähteiden käyttöönottoa.

EU:n alueella tuulivoima on bioenergian ohella yksi harvoista uusista energialähteistä, joilla on merkittävää kasvupotentiaalia lähi vuosikymmeninä ja jolla voi olla merkitystä myös EU-alueen energiaomavaraisuuden kannalta (liite 1, uusien teknologioiden kehitysnäkymien vertailu).

Energiateknologian kehityksen ja energiamarkkinoiden vapautumisen seurauksena markkinoilla on trendinä laitostoon pieneneminen ja hajautetun tuotannon lisääntyminen. Tuulivoimasta hajautettuun tuotantoon voidaan laskea jakeluverkkoihin kytketyt yksittäiset voimalat ja pienehköt puistot paikallisista olosuhteista riippuen noin 10 MW kokonaistehoon saakka. Kaikki Suomeen rakennetut tuulipuistot ovat toistaiseksi olleet tätä kokoluokkaa.

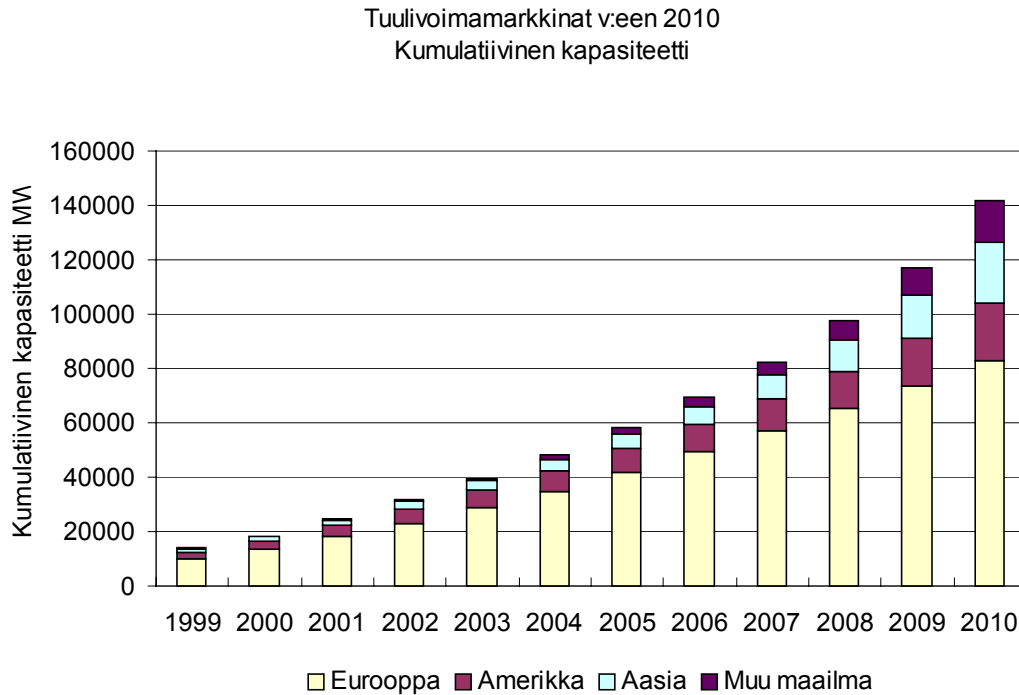
Kehitysmaissa kasvava energian tarve on syy tuulivoimankin käyttöönottoon. Sähkönsiirron osalta infrastruktuuri aiheuttaa luonnollisen tarpeen hajautetulle tuotannolle.

3.2 VOLYYMIN KEHITYSARVIOITA

Tuulivoimateollisuus on voimakkaasti kasvava teollisuuden haara. Keskimääräinen kasvu viimeisen viiden vuoden aikana on ollut 30 % vuodessa, sekä kumulatiivisessa asennetussa kapasiteetissa että vuosittain asennetussa määrässä. Maailman kumulatiivinen tuulivoimakapasiteetti on kaksinkertaistunut 2–3 vuoden välein.

Tuulivoima-alan kehitysarvioille on yhteistä se, että niissä on kohtuullisen voimakas vaihteluväli. Tässä työssä on käytetty pohjana tanskalaisen konsulttitoimiston BTM Consultin tekemää tuulivoima-alan markkinakatsausta. Se ennustaa tuulivoiman kokonaiskapasiteetin kasvavan lähes 60 000 MW:iin vuonna 2005 (Euroopassa yli 40 000 MW) ja 140 000 MW:iin vuonna 2010 (Euroopassa yli 80 000 MW), kuva 2. Saman lähteen mukaan vuosina 2005 ja 2010 asennettaisiin vastaavasti 10 000 MW/a ja

25 000 MW/a uutta tuulivoimakapasiteettia. Arvion mukaan kasvu jatkuu korkeana v:een 2005, jonka jälkeen Euroopassa vuosittain asennettu määrä kasvaa hitaammin, ja muualla maailmassa kasvu on voimakkaampaa. Tämän perusteella vuosittain rakennettava lisäkapasiteetti kasvaa kuvan 3 mukaisesti.

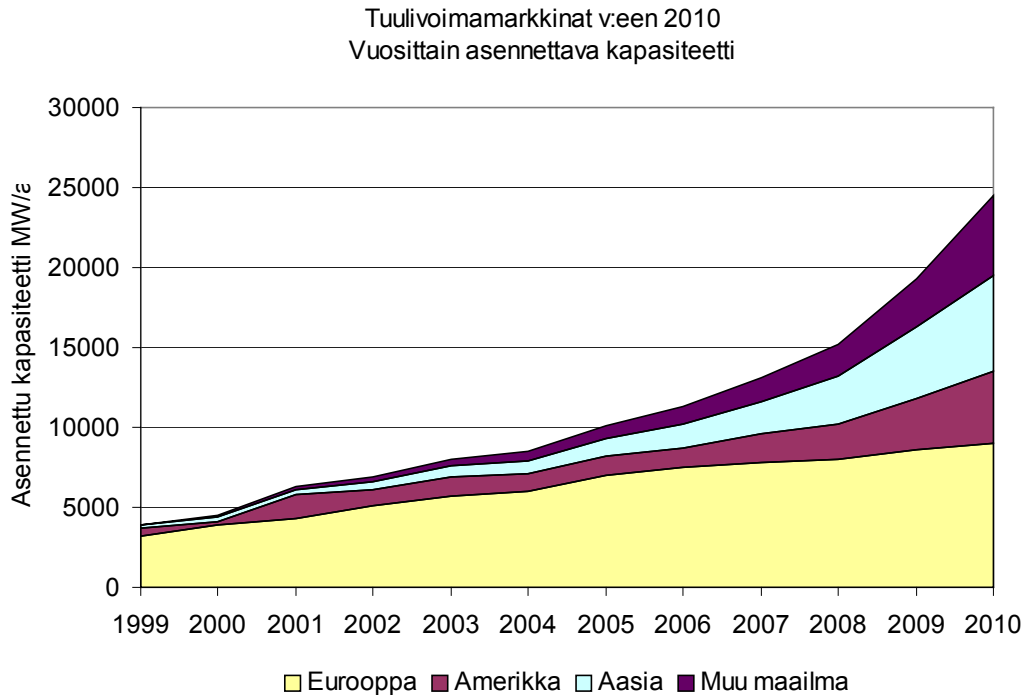


Kuva 2. Maailman tuulivoimakapasiteetin kehittymisarvio. Lähde: BTMadsen, 2001.

Tuulivoimamarkkinat ovat kehittyneet tähän asti nopeammin kuin on etukäteen osattu ennustaa. Myös tässä raportissa pohjana käytetyn BTMConsultin arviot, joita on tehty vuodesta 1995 eteenpäin vuosittain, ovat aiemmin aliarvioineet kehitystä. Vertailun vuoksi todettakoon tunnuslukuja eräistä muista alan ennusteista:

- Kansainvälinen investointipankki Dresdner Kleinworth Wasserstein (DKW) ennustaa että maailmanlaajuinen tuulivoimakapasiteetti kasvaa 67 000 MW:iin vuonna 2006. Tämä on hyvin linjassa käytetyn BTMConsultin arvion kanssa.
- EU:n valkoisen kirjan tavoitteena on kasvattaa tuulivoimakapasiteetti 40 000 MW:iin vuonna 2010. Euroopan tuulivoimayhdistyksen (EWEA) tavoite on 60 000 MW vuonna 2010. Käytetyn arvion perusteella nämä ylittyvät.
- WEC on vuonna 1993 ennustanut maailman tuulivoimakapasiteetiksi 185...480 GW vuonna 2020.
- EWEA yhdessä Greenpeacen kanssa on julkaissut WindForce10 raportin, jossa hahmotellaan tuulivoimalle 10 % osuutta maailman sähkönkulutuksesta vuonna 2020, jolloin asennettu kapasiteetti vuonna 2010 olisi 181 000 MW. Käytetty BTMConsultin arvio on konservatiivisempi.

- IEA:n ennuste (World Energy Outlook) on konservatiivisin: 34 300 MW vuonna 2010 ja 66 700 MW vuonna 2020. Koska v. 2001 lopun kapasiteetti on jo yli 24 000 MW, tämä ennuste ei vaikuta realistiselta.



Kuva 3. Vuositain asennettavan tuulivoimakapasiteetin kehitysarvio vuoteen 2010. Lähde: BTMadsen, 2001

3.3 MARKKINOIDEN ALUEELLINEN JAKAUTUMINEN

Markkinoista valtaosa tulee lähimmän kymmenen vuoden aikana olemaan edelleen Euroopassa (taulukko 2), missä tuulivoimakapasiteetin ennustetaan kasvavan vuoden 2001 alun noin 18 000 MW:sta noin 80 000 MW:iin v. 2010.

Taulukko 2. Tärkeimmät markkina-alueet tuulivoimalle.

Alue	2000 MW/a	2005 MW/a	2001-2005 MW	Huom!
Espanja	1000	1800	8400	Markkina stabiili
Saksa	1200	2000	8200	2700 MW lisää v. 2001! Offshore liikkeelle -> 2005
Ranska	40	600	2000	5000 MW vuoteen 2010
Tanska	600	400	1500	Offshore 50 % 2001-05
Italia	150	300	1500	2500 MW v:een 2010
UK	60	400	1400	10% RES tavoite v. 2010, josta 50% tuulivoimaa. Offshore paikat jaettu.
Norja	0	300	900	3000 MW tavoite 2010
Alankomaat	40	200	800	Pääosin offshore
Ruotsi	45	300	700	
USA	165	800	4800	1700 MW lisää vuonna 2001!
Intia	170	500	1600	
Kiina	84	400	1200	
YHTEENSÄ	3554	8000	33 000 MW	Tärkeimmät 12 maata
YHTEENSÄ	4500	10 000	40 000 MW	Koko maailma

3.4 TOIMIJAT

Tuulivoimaloiden valmistajat käyttävät runsaasti alihankintaa. Trendinä on, että tuulivoimalan valmistaja on koneiston kokoonpanija. Kasvavassa määrin valmistajat haluavat pitää hallussaan mahdollisuuden valmistaa itse roottorin lavat ja koko voimalan ohjausjärjestelmän. Tanskalainen Vestas ja saksalainen Enercon ovat halunneet pitää suurimman mahdollisen osan omaa valmistusta. Osa alihankinnoista tapahtuu vakiintuneilta alihankkijoilla, osa voidaan siirtää sopivien toimitusprojektien osalta kohdemaahan.

Alunperin tanskalaisilla valmistajilla, Bonus Energy A/S, NEG Micon A/S, Nordex AG ja Vestas Wind Systems A/S, on yhteensä noin 50 % markkinaosuus tuulivoimalaitosten markkinoista. Niiden yhteenlaskettu liikevaihto on vuonna 2001 lähes 20 mrd DKK, noin 15 mrd.mk.

Bonus ja Vestas panostavat kahta muuta näkyvämmiin tutkimus- ja kehitystoimintaan, Bonus enemmän myös yhteistyössä alihankkijoidensa kanssa. Vestas on alusta lähtien kehittänyt ja valmistanut omat lapansa itse, muut valmistavat osan lavoistaan ja ovat kehittäneet omaa lapateknologiaa ja –valmistusta alihankinnan oheen joko yritysostoin (NEG Micon) tai kehityshankkein (Bonus, Nordex).

Taulukko 3. Tuulivoima-alan suurimmat valmistajat.

Valmistaja	Markkinaosuus	Huom
Vestas, DK	18 %, pienessä kasvussa	Pörssiyhtiö
Gamesa Eolica, SP	14 %, Vestas teknologiaa, voimakkassa kasvussa	Vestas myynyt osuutensa 40% v. 2001. Kotimarkkina Espanjassa.
Enercon, GE	14 %, pienessä kasvussa	Vaihteeton. Yksityinen.
NEG Micon, DK	13 %, laskussa, uusi nousu?	Pörssiyhtiö
Bonus, DK	12 %, 2x kahden vuoden aikana	1 toimittajan periaate. Yksityinen
Nordex, GE/DK	8 %, lähes 2x kahden vuoden aikana	Babcock
Enron Wind, US	6 %, puoliintunut 2 vuodessa, uusi nousu ??	Enron Corp myynyt General Electricille 2002
Ecotecnia, SP	4 %, kasvussa kotimarkkinoillaan	
DeWind, GE	2 %, kasvussa, voimakas outsourcing	Yksityinen
Suzlon, IN	2 %, toimii kotimarkkinoillaan	
Mitsubishi, JP	<2 %, tullut uudelleen alalle	

3.5 TUULIVOIMALAN KUSTANNUSRAKENNE

Tuulivoimamarkkinoiden arvo on laite- ja projektitoimitusten osalta noin 1 milj. Euroa asennettua MW kohti. Tämän perusteella v. 2001-2005 tuulivoimamarkkinat 30-40 000 MW ovat siis yhteensä 30–40 mrd Euroa (6...10 mrd Euroa/vuosi).

Tuulivoimaloiden valmistus muodostuu varsinaisen voimalan kokoonpanon ohella joukosta komponentteja, joista suusta osaa tuulivoimalan valmistaja ei tee itse. Taulukossa 4 on esitetty eräs jako tuulivoimalan komponenteista, arvio ko. komponentin osuudesta koko voimalan arvosta sekä lyhyt kommentti voimalaitosvalmistajan roolista ko. komponentin valmistuksessa tai palvelun tarjonnassa.

Taulukko 4. Tuulivoimaan liittyviä liiketoimintoja (perinteinen voimansiirtoteknologia).

Komponentti	Osuus	Laitosvalmistajan rooli
Tornit	~ 18 %	Ulkoistettu
Lavat	~ 18 %	“omaa” osuutta nostetaan
Konehuone	~ 5 %	kokoonpano, osat ulkoa
Vaihteisto	~ 10 %	Ulkoistettu
Muu (mek.) voimansiirto (navat, akselit)	~ 5 %	kokoonpano, osat ulkoistettu
Generaattori	~ 6 %	pääosin ulkoistettu
Tehoelektroniikka ja muu sähköistys	~ 8 %	pääosin alihankkijoilta
Ohjaukset, säätö, kunnonvalvonta	~ 7 %	osin omaa, osin alihankkijoilta
Puistojen suunnittelu ja rakentaminen	~ 15 %	osa tekee myös itse
Puistojen sähköistys	~ 10 %	ei yleensä tee
O & M	~ 2-3 %/a	yrittää pitää kiinni takuuajan jälkeen

4 SUOMALAINEN TEOLLISUUS

Tässä luvussa kuvataan suomalaisen teollisuuden tuulivoimaliiketoimintaa nyt sekä mahdollisuuksia tulevaisuudessa. Tiedot on koottu pääosin yrityshaastatteluista.

4.1 TUOTTEET

Suomen teollisuuden tuulivoimateknologian vienti koostuu pääasiassa pääkomponenteista vaihteistoista ja generaattoreista, sekä materiaaliennistä (tornien teräslevyt, lapamateriaalit). Lisäksi Suomessa tehdään suuria valuja (esim. naparakenne) sekä pääkomponenttien alihankintaa (esim. kestromagneetteja generaattoreihin). Vuonna 2001 pystytettiin kokonaan suomalaisen tuulivoimalavalmistajan, WinWinD Oy:n, ensimmäinen 1 MW pilotlaitos.

Kansainvälinen konserni ABB on markkinajohtaja tuulivoimageneraattoreiden valmistuksessa (markkinaosuus 20-30 %), ja erityisesti megawattiluokan laitoksilla markkinaosuus on ollut kasvussa v. 2001. Tuulivoimalaitosten generaattorit valmistaa Suomen ABB, lisäksi Suomessa valmistetaan taajuusmuuttajia. Vaasan (ent. ABB Motors) tehtailla tehdään generaattoreita 1 MW:n kokoon asti. Helsingin Pitäjänmäen (ent. ABB Industry) tehtailla valmistetaan yli 1 MW:n generaattoreita, sekä taajuusmuuttajia. Tuotevalikoimaan kuuluvat yksi- ja kaksinopeuksiset (kaksoiskäämitys) sekä ilma- että vesijäähdytteiset oikosulkukoneet, myös puolittain (kaksoissyötetyt) ja kokonaan taajuusmuuttajan kautta toimivat muuttuvanopeuksiset koneet. Lisäksi valmistetaan kestromagnetoituja suoravetogeneraattoreita. Helsingin tehtaalla tuulivoimaliiketoiminnan kasvu on tapahtunut parissa vuodessa tuulivoimalaitosten kokoluokan saavutettua yli 1 MW:n. Vaikka voimaloiden koko on kasvussa, riittää pienemmillekin generaattoreille kysyntää: 1 MW voimaloilla on jatkossakin markkinoita ja suurissa laitoksissa käytetään pienempiä moottoreita esim. konehuoneen ja lapojen kääntömoottoreina.

Suomalainen Metso -konserni sisältää useita tuulivoimaliiketoimintoja: Tuulivoimalaitosten vaihteistoja valmistaa Metso Drives (ent. Santasalo ja Valmet), jolla on alalla 10-15 % markkinaosuus. Jyväskylän tehtaalla tuulivoimaliiketoiminta työllistää noin 200 henkilöä. Vuonna 2002 valmistuva uusi koestushalli on saanut kansainvälisessä tuulivoimalehdistössä hyvin palstatilaa. Metson Valimo on viime vuosina tehnyt kasvavassa määrin suuria valukappaleita, kuten konepetejä ja napoja. Metso Automation tarjoaa kunnonvalvontasovelluksia, ensimmäinen kehitystyö yhdessä Metso Drivesin kanssa liittyi älyvaihteeseen.

Kolmas jo 1980-luvulta lähtien aktiivisesti tuulivoimamarkkinoilla toiminut yritys on ollut Ahlström Oy Kuitulasi. Se toimittaa lasikuitutuotteita lapavalmistajien tarpeisiin. Viennin arvo on vuositasolla ollut jopa samaa luokkaa generaattorimyynnin kanssa.

Viime vuosina Suomesta on alettu viedä kasvavassa määrin mm. tornimateriaaleja, kuten esivalmistellut levyt ja tornien laipat (Rautaruukki alihankkijoineen).

Lapojen jäänestojärjestelmien kehitys on tapahtunut pääosin Suomessa ja ensimmäiset ulkomaan toimitukset tehtiin v. 1998 (Kemijoki Arctic Technology).

Tuuli- ja jääantureita valmistetaan myös Suomessa. Vaisala Oyj on vahva toimija, ja sen antureita käytetään jo mittauksissa – pääosin tuulivoimalaitoksen ohjausantureihin ei ole vielä tullut, osittain sen vuoksi että laitosvalmistajille riittää yleensä laadultaan heikompi ja edullisempi tuote. Labko Oy on kehittänyt jääantureita, viimeisimmät versiot yhdessä Kemijoki Arctic Technologyn kanssa sopimaan osaksi jäänestojärjestelmää.

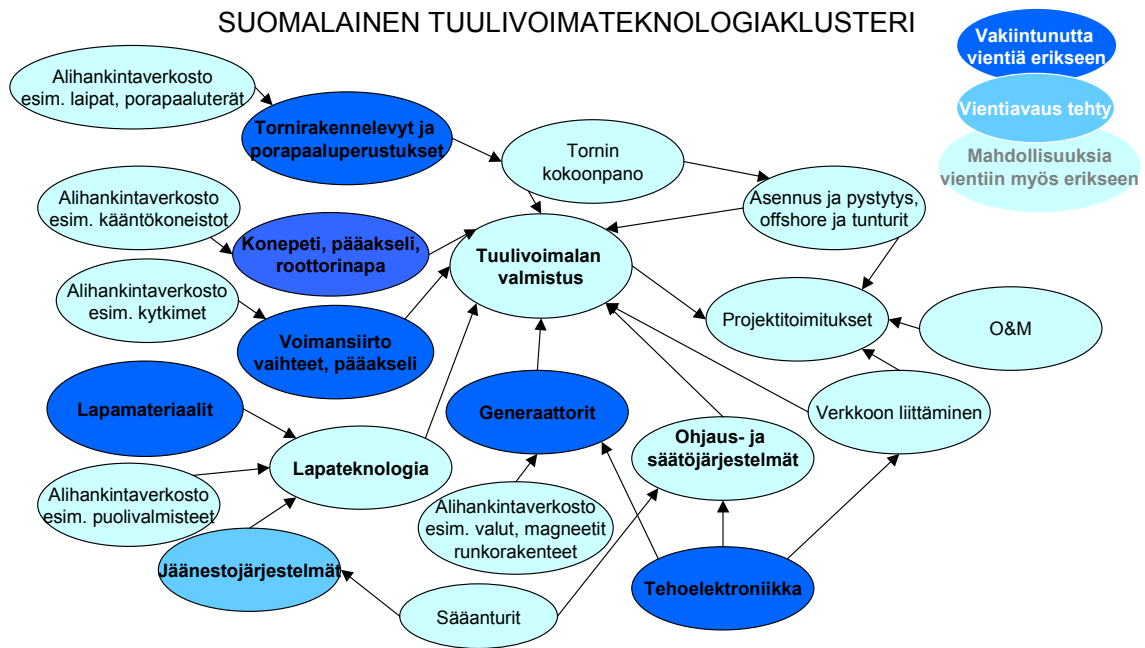
Alalle on muodostumassa pienimuotoinen teknologiaklusteri tai verkosto, jota on hahmoteltu kuvaan 4. Verkoston avulla suomalainen teollisuus voi lisätä edelleen vientimahdollisuuksiaan.

Metalli- ja konepajateollisuuden alihankintamahdollisuuksia voidaan kuvata seuraavasti:

- suuret valukappaleet ja niiden koneistus: roottorin napa, konepeti, tuulivoimalavalmistaja suoraan asiakkaana (Metson Valimo)
- tornien valmistus, tuulivoimalavalmistajalle suoraan, markkina-alue kotimaassa ja Itämeren alueella (muutama konepaja tehnyt toimituksia Suomeen tuleville voimaloille).
- Hammaspyörät ja erikoisvaihteet: kääntövaihedekokonaisuus voidaan toimittaa laitosvalmistajalle suoraan. Hammaspyörien osalta mahdollista toimia vaihdevalmistajien alihankkijana.
- Materiaalialihankinta, valmiiksi muotoonleikatut teräsrakenteet torneja varten on jo nyt merkittävää Suomesta (Rautaruukki).

Lujitemuovituotteiden osalta on seuraavia mahdollisuuksia

- Lapojen lisenssivalmistus on yleensä mahdollista sellaisilla alueilla, missä on olemassa kotimarkkina. Suomessa erityisen mahdollisuuden tarjoaa arktiset sovellukset. Toistaiseksi ei ole olemassa suoraan lapavalmistukseen integroitua jäänestojärjestelmän valmistusta.
- Osa-alihankinnan kannalta (esimerkiksi tukisalat, puolivalmisteet) erikoistuneet lapavalmistajat myös mahdollisia yhteistyökumppaneita.
- Materiaalialihankinta kaikille lapavalmistajille on jo nyt merkittävää Suomesta (Ahlström Kuitulasi Oy, Neste Resins).



Kuva 4. Tuulivoimateknologian verkottuminen: tuulivoimalaitoksen sekä laitosten rakentamisen ja käytön yhteydet alihankintoihin. Suomalaisilla yrityksillä on valmiuksia kaikkiin osateknologiatoimituksiin – teknologiaviennin kannalta jo nykyään näkyvät osuudet on tummennettu.

4.2 VIENNIN VOLYYMI

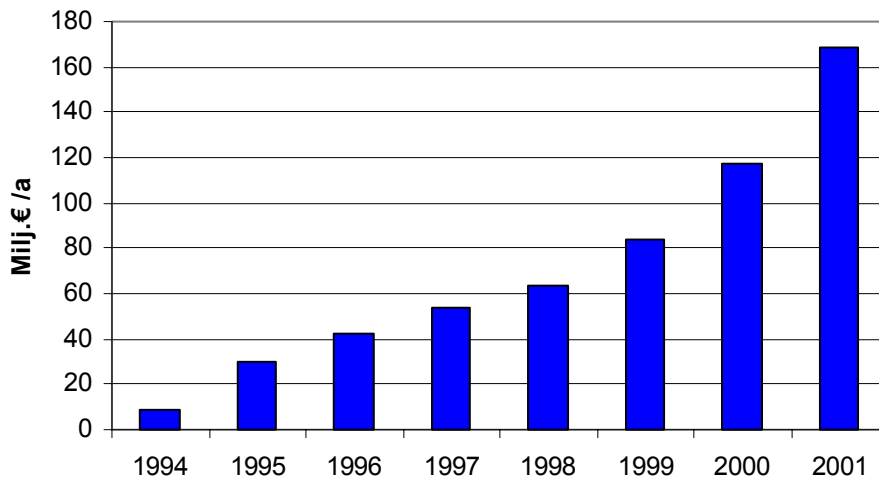
Suomalaisen tuulivoimateknologiaviennin volyyymi v. 2001 oli tehtyjen haastattelujen perusteella yli 1 mrd mk (170 M€) jakautuen arviolta seuraavasti:

- Pääkomponentit (vaihteet, generaattorit) n. 55 %
- Lapamateriaalit n. 20 %
- Tornimateriaalit, valut n. 25 %

Näistä tornimateriaalit ja valukappaleet edustavat uusinta aluevaltausta. Tornimateriaalien osalta on nähtävissä verkottumisen kautta tapahtuvaa jalostusasteen nousua ja tuotevalikoiman laajentumista teräslevyjen toimittamisesta pitkälle esivalmisteltuihin tuotteisiin sekä tornien laippoihin.

Suuria valukappaleita, kuten pääakselit ja konepeti, valmistamaan kykeneviä yrityksiä on maailmanlaajuisesti harvoja. Suomessa vastaavan kokoisia valukappaleita valmistetaan mm. paperikoneisiin.

Tuulivoimateknologian vienti on kasvanut 90-luvulla voimakkaasti (kuva 5).



Kuva 5. Tuulivoimaliiketoiminnan kehittyminen Suomessa (lähteet: Electrowatt-Ekono, yritysshaastattelut)

Suomalaisten yritysten markkinaosuus eri komponenteissa on arvon mukaan tällä hetkellä

- vaihteet ~10-15 %
- generaattorit ~20-30 %
- lapamateriaalit ~30 %
- tornimateriaalit ~10 %,
- lapojen jäänestöjärjestelmät lähes 100 %

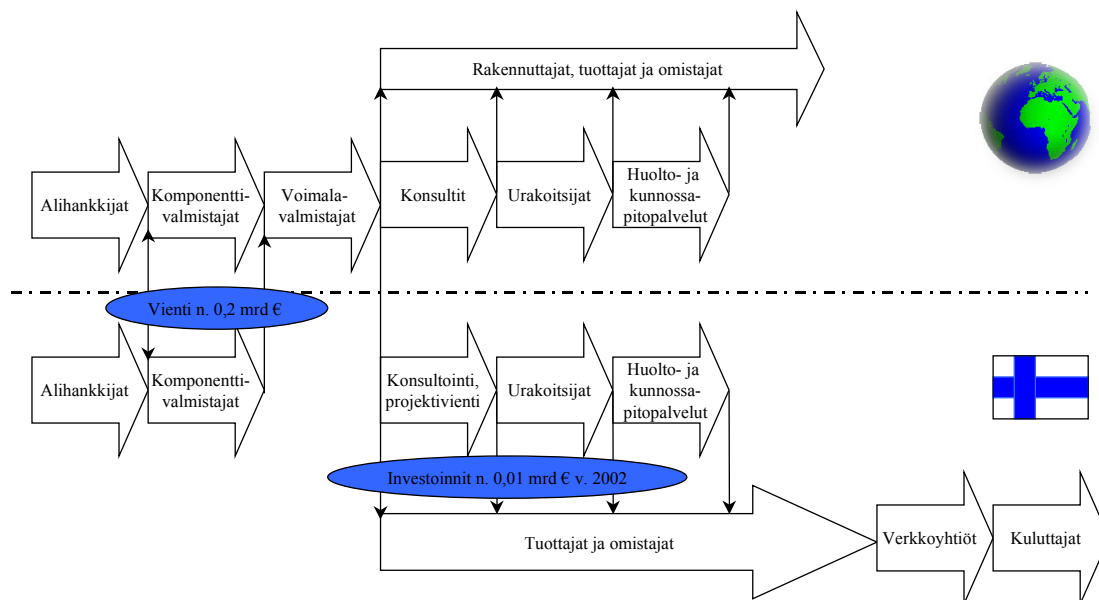
Lapojen jäänestöjärjestelmien osalta markkinaosuutta tuskin voidaan pitää pitkällä tähtäyksellä näin suurena ilman lavan valmistusta. Tuulivoiman kansainvälistä projektivientiä on käynnistetty v. 2001.

Kokonaisuutena katsoen suomalaisten yritysten markkinaosuus tuulivoimaloiden maailmanmarkkinoista on alle 5 %.

Kuvassa 6 on hahmoteltu tuulivoima-alan arvoketjua suomalaisesta näkökulmasta tilanteessa, jossa kotimaista laitosvalmistusta ei merkittävässä määrässä ole. Kuviossa voi Suomessa (kuvion alapuoli) erottaa kolme toisistaan erillään toimivaa arvoketjua:

- a) komponenttivalmistusta ja sitä tukevaa alihankintaa, joka toimii vientimarkkinoilla asiakkanaan tuulivoimateollisuus, sekä laitosvalmistajat että ulkomaiset komponenttivalmistajat
- b) palvelujen tuottajia kotimarkkinoilla asiakkanaan tuulipuistojen rakentajat ja omistajat
- c) tuulienergian tuotanto, siirto ja myynti.

Kotimaisen tuulivoimalavalmistuksen puuttuessa alihankkijat ja komponenttitoimittajat toimivat suoraan vientimarkkinoilla. Uusien tuotteiden kehittäminen ja demonstrointi edellyttää yhteistyötä ulkomaisten voimalavalmistajien kanssa. Kotimaisten markkinoiden ollessa epävarmoja pitää myös demonstraatiokohteet uusille tuotteille löytää ulkomailta. Tältä kannalta kotimarkkinoiden merkitys uusien tuotteiden markkinoille saattamisessa on suuri.



Kuva 6. Tuulivoimaliiketoiminnan arvoketjut. Nykytilanne Suomessa: a) komponenttivalmistusta ja sitä tukevaa alihankintaa, joka toimii vientimarkkinoilla, b) palvelujen tuottajia kotimarkkinoilla ja c) energian tuotanto, siirto ja myynti.

Tuulivoimainvestoinnit Suomessa v. 2002 tulevat olemaan suurusluokaltaan korkeintaan 10 % viennin arvosta. Kotimarkkinoihin sijoitettu julkinen tuki saadaan siis moninkertaisesti takaisin vientituloina. Vastaavasti kotimarkkinoiden pysähtyminen voi merkittäväällä tavalla vaikeuttaa uuden tuotteen vientiponnisteluja. Tästä on esimerkkinä lapon jäänestöjärjestelmien kehittämisen pysähtyminen vuoden 1999 jälkeen.

4.3 VIENNIN KEHITYSMAHDOLLISUUDET VUOTEEN 2010

Tuulivoimateknologiaviennin kehittymismahdollisuuksia v. 2010 on arvioitu tuulivoiman maailmanmarkkinoiden kehittymisen ja suomalaisen markkinaosuuden kehittymisen perusteella.

Kokonaismarkkinoiden koko on karkeasti arvioitu sillä perusteella, että tuulivoimaloiden kokonaisinvestointikustannukset asennettuna olisivat keskimäärin 1 milj €/MW. Tästä tuulivoimalan osuus olisi 0,7 milj €/MW. Todellisuudessa asennettun kapasiteetin yksikkökustannus vaihtelee asennuspaikan mukaan. Se on korkeampi esimerkiksi merituulipuistoissa ja arktisissa sovelluksissa. Merituulipuistojen oletetaan edustavan 10 % osuutta tuulivoimaloiden maailmanmarkkinoista v. 2010.

Laskelmat on tehty olettaen kokonaismarkkinoiksi v. 2010 perustapauksessa BTM Consultin mukaan 25 000 MW ja konservatiivisemmän kasvuennusteen mukaisesti 15 000 MW v. 2010, joka vastaa 10 % keskimääräistä vuosikasvua vv. 2002-2010. Nämä luvut vastaavat 25 ja 15 mrd€ markkinaa vuonna 2010.

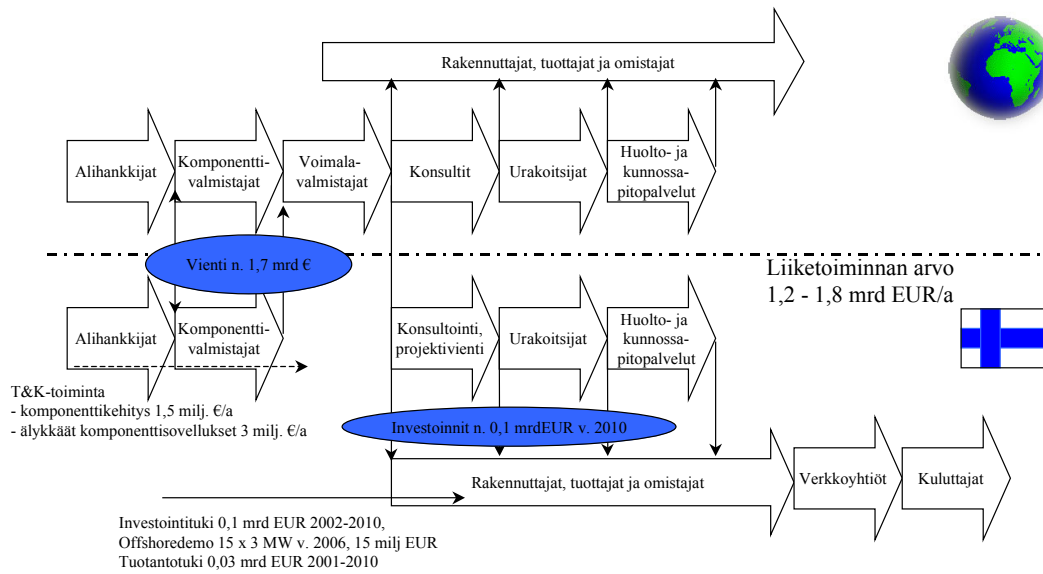
4.3.1 Tuulivoimamarkkinat 25 000 MW v. 2010

Perustapauksessa globaalien markkinoiden oletetaan kehittyvän kuvan 3 mukaisesti. Vuosittain asennettava kapasiteetti kasvaa sen mukaan noin 6000 MW:sta v. 2001 noin 25 000 MW:iin v. 2010. Tällä perusteella laskettu tuulivoimalan komponenttien markkinavolyymi v. 2010 sekä arvio suomalaisten markkinaosuudesta ja markkinaosuuden riippuvuus kotimaisesta voimalavalmistuksesta on koottu taulukkoon 5.

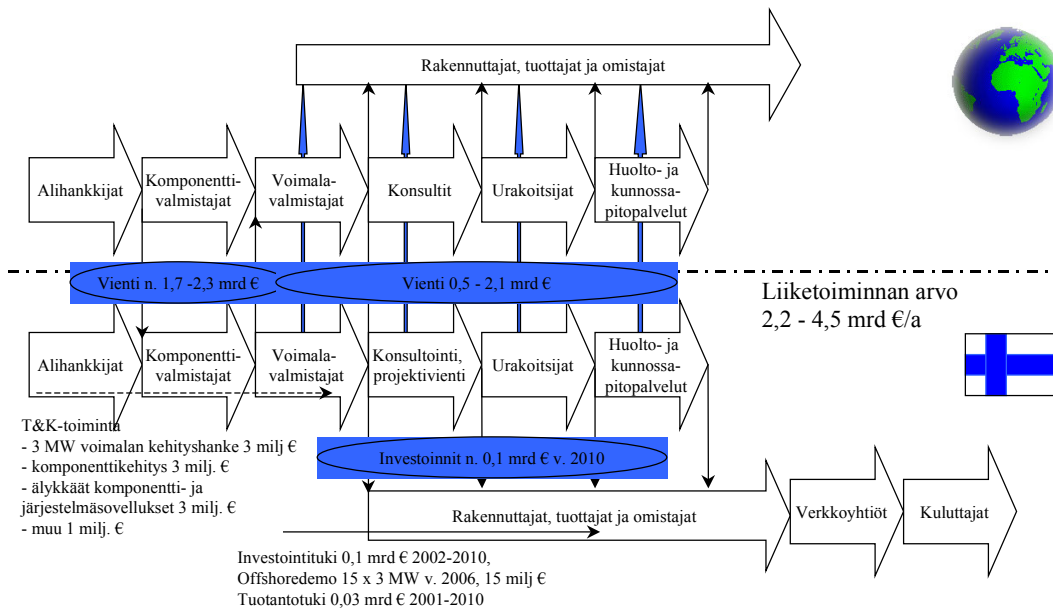
Käytön ja kunnossapidon markkinoiden pohjana on v. 2010 arvioitu kokonaiskapasiteetti 80 000 MW.

Taulukko 5. Tuulivoimaloiden maailmanmarkkinat jaoteltuna segmentteihin sekä arvio suomalaisten yritysten markkinaosuudesta v. 2010, kun kokonaismarkkina noin 25 mrd €.

	Arvo MrdEUR	Suomalainen vientimahdollisuus, markkinaosuuden riippuvuus kotimaisesta laitosvalmistuksesta
Komponentit		
Tornit		
- Materiaalit	1,7	10 – 15 %
- valmistus	2,5	1 – 6 %
Lavat		
- materiaalit	1,9	~30 %
- valmistus	1,3	10 – 20 %
- jäänesto	0,6	~ 67 %
Konehuoneen osat, akselit		
- valukappaleet	1,3	1- 6 %
- kokoonpano		ei arvioitu erikseen
Vaihteistot	1,8	20 – 30 %
Generaattorit	1,8	~ 30 %
Tehoelektroniikka ja muu sähköistys	0,8	~ 30 %
Ohjaukset, säätö, kunnonvalvonta	0,2	ei arvioitu
Voimaloiden valmistus ja kokonaistoimitukset		
Voimaloiden valmistus	17	0 – 10 %
Puistojen suunnittelu ja rakentaminen	5	1 – 5 %
Käyttö ja kunnossapito		
O & M	2 /a	0 – 10 %



Kuva 7. Tuulivoimaliiketoiminnan arvoketju ja vientimahdollisuudet eri sektoreilta v. 2010. Ei kotimaista voimalavalmistusta mutta panostetaan komponenttitekniikan kehittämiseen.

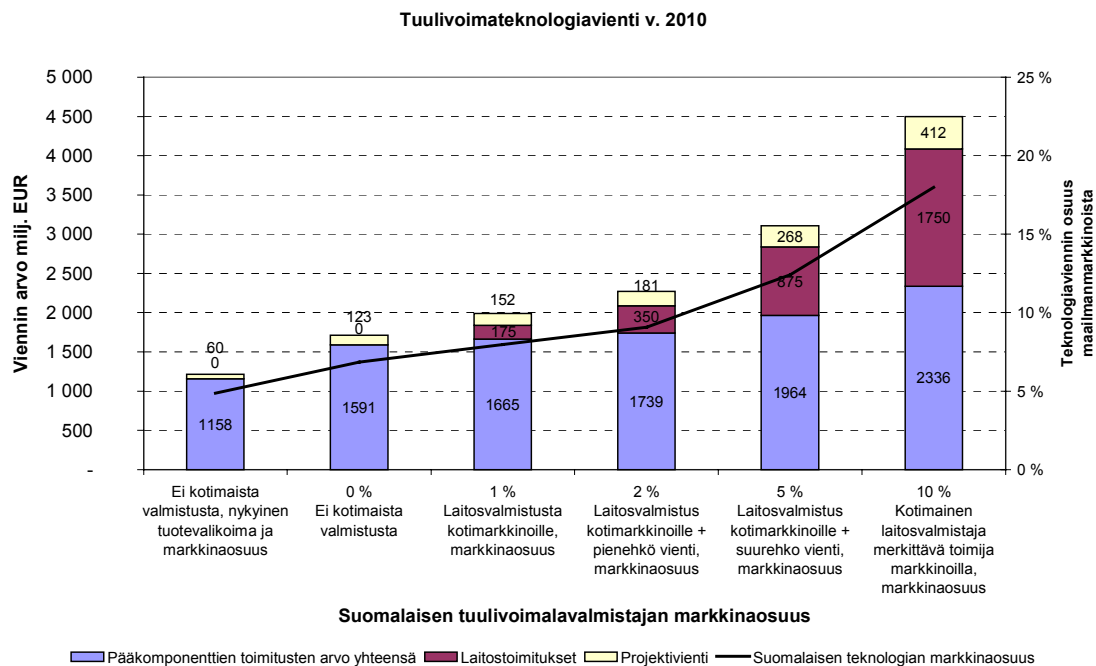


Kuva 8. Tuulivoimaliiketoiminnan arvoketju ja vientimahdollisuudet eri sektoreilta. Kotimainen voimalavalmistus saavuttaa merkittävän markkinaosuuden.

Markkinaosuutta on arvioitu sen mukaan syntykö Suomeen kymmenen vuoden kuluessa merkittävää tuulivoimalan valmistusta. Kuvassa 7 on esitetty visio tuulivoimaan liittyvän liiketoiminnan arvoketjusta, jos kilpailukykyistä kotimaista tuulivoimalan valmistusta ei ole mutta panostetaan komponenttitekniikkaan. Kuva 8

vastaa tilannetta, jossa kotimainen tuulivoimala saavuttaa merkittävää jalansijaa markkinoilla.

Kuvassa 9 on edellä esitettyjen oletusten perusteella laskettu arvio tuulivoimateknologian vientimahdollisuuksista v. 2010 ja sen jakaantuminen komponenttivientiin, voimalaitosvientiin ja projektivientiin. Näistä viimeksi mainitun volyymin arviointi on kaikkein epävarmin.



Kuva 9. Arvio tuulivoimateknologiaviennin mahdollisuuksista v. 2010, asennettava teho 25 000 MW v. 2010.

Nollavaihtoehtona kuvassa 9 esitetään tilanne, jossa ei haeta uusia tuotteita tai tuotekonsepteja ja nykyisillä tuotteilla pyritään pitämään nykyinen markkinaosuus (vasen pylväs). Viennin arvo tässä tilanteessa voisi olla hieman runsas 1,1 mrd EUR.

Nykyisiä tuotteita aktiivisesti kehittämällä vientimahdollisuuksia voidaan komponenttipuolella kasvattaa tästä arviolta noin 50 %. Tällöin kyseeseen voivat tulla esimerkiksi sellaiset älykkäät ratkaisut päävoimansiirrossa (vaihteissa ja generaattoreissa), joilla näiden luotettavuutta parannetaan ja käyttö- ja huoltokustannuksia alennetaan.

Näiden konseptien kuten myös esimerkiksi kotimaisen lapavalmistuksen alulle saattaminen edellyttää kuitenkin nykyistä parempaa tuulivoimalakokonaisuuden hallintaa sekä läheistä yhteistyötä tuulivoimalavalmistajan tai –valmistajien kanssa. Kotimaisen tuulivoimalakonseptin edelleen kehittäminen loisi luontevan perustan kotimaisen osaamisen kehittämiseksi ja mahdollistaisi samalla sekä kasvavan

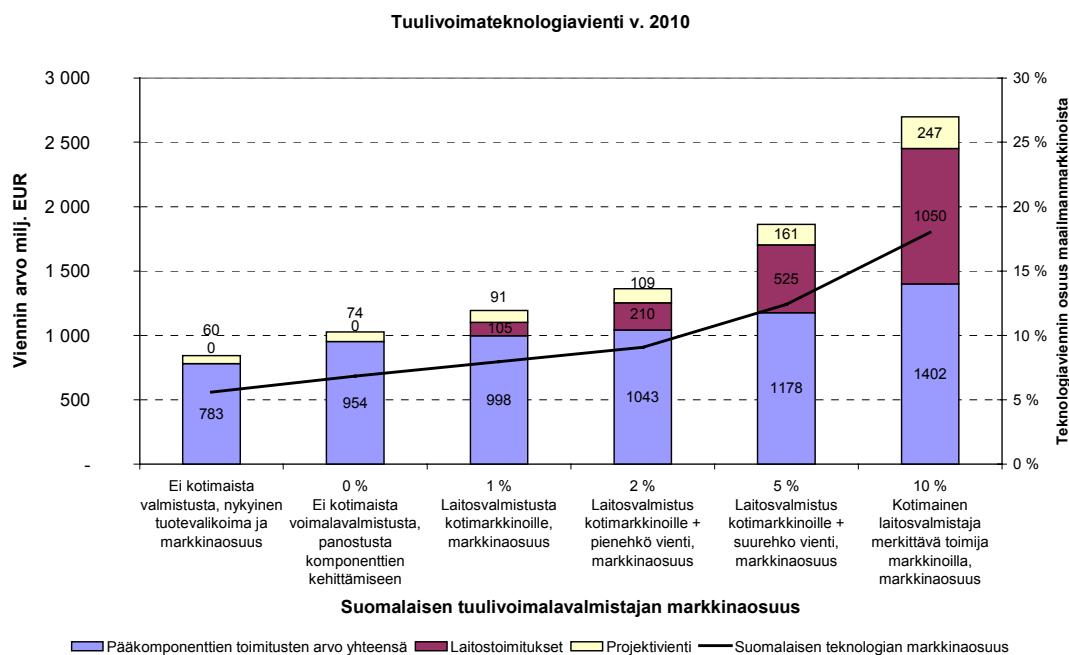
komponenttiviennin että kotimaisen laitosvalmistuksen vähintäänkin kotimaisten rakentamistavoitteiden saavuttamiseksi ja samalla myös vientituotteeksi.

Kotimaisen voimalaitosvalmistuksen ja sen maailmanlaajuisen markkinaosuuden vaihtelusta riippuen viennin arvo v. 2010 voisi olla 2,0 – 4,5 mrd EUR. Kumulatiivinen vienti vv. 2002-2010 ylittäisi samoilla oletuksilla 8-14 mrd EUR

4.3.2 Tuulivoimamarkkinat 15 000 MW v. 2010

Tuulivoimamarkkinoiden kehittymiseen liittyy runsaasti epävarmuustekijöitä, mikä näkyy mm. kv. markkina-arvioiden suuressa vaihteluvälissä. Edellisen kohdan analyysin pohjana käytetty luku 25 000 MW uutta kapasiteettia v. 2010 edustaa arvioiden joukossa keskimääräistä lukua.

Herkkyystarkastelumielessä on tarkasteltu vaihtoehtoa, jossa markkinat kasvaisivat v. 2005 jälkeen selvästi BTM Consultin arviota hitaammin ja olisivat 15 000 MW v. 2010. Vientivolyymi olisi tässä vaihtoehdossa komponenttitekniikan ja kotimaisen laitosvalmistuksen kehittämisestä ja kilpailukyvyistä riippuen 0,8 – 2,6 mrd €. Tässäkin tapauksessa tuulivoimateknologiaviennin 10-kertaistaminen v. 2001 tasosta on mahdollista. Kumulatiivinen vienti vv. 2002-2010 olisi näillä oletuksilla 6-10 mrd €.



Kuva 10. Arvio tuulivoimateknologiaviennin mahdollisuuksista v. 2010, asennettava kapasiteetti 15 000 MW v. 2010.

5 KEHITYSTARPEET TEKNOLOGIAVIENNIN NÄKÖKULMASTA

Yrityshaastatteluissa on käynyt ilmi selvästi, että markkinaosuuden säilyttäminen kasvavilla tuulivoimamarkkinoilla on vaativaa. Suomalaisen toimittajien kilpailuvalttina on ollut mm. nopea toimitusaika. Ne toimittajat, jotka pystyvät kasvattamaan tuotantoaan markkinoiden tahdissa ovat vahvoilla. Kehitystyö ja räätälöidyt tuotteet ovat erityisesti pääkomponenttitoimittajille toiminnan edellytys, ja tässä sekä kotimarkkinoiden tuki että T&K panostus ovat tärkeässä asemassa.

5.1 KOTIMARKKINAT

Tuulivoiman kotimarkkinoita perustellaan energiapoliittisesti uusiutuvien energioiden käytön lisäämisellä ja CO₂ päästösäästöillä. Kuitenkin Suomessa on huomattava tarve kotimarkkinoille teollisuuspoliittisesti: voimakkaasti kasvavat tuulivoimaliiketoiminnan miljardimarkkinat ovat muualla, ja niille pääseminen tai niillä pysyminen vaatii enenevässä määrin kotimarkkinoiden tukea.

Kotimaan toiminta luo edellytyksiä koko liiketoiminnalle – ainoana poikkeuksena ehkä alihankkijat. On selvää, että suomalainen tuulivoimalaitos ei pärjää ulkomaisilla markkinoilla ennen kuin tekniikka on koeteltu Suomessa. Myös komponenttivalmistajille kotimarkkinat ovat suuri etu: uusien ratkaisujen toimintaa on mahdollista seurata, verifioida ja parannella, jos laitos sijaitsee lähellä. Lisäksi kotimaisilla tuulivoimalaitoksen ostajilla on mahdollisuus katsoa kotimaisuusastetta, ja näin on mahdollista saada uuteen kokoluokkaan tai malliin kotimaisen komponenttivalmistajan tuote, joka voi olla ratkaiseva päänavaus suurille toimituksille.

Suomalaisten markkinoillepääsulle uusilla tuotteilla kotimarkkinat ovat usein ainoa mahdollisuus. Laitos- ja komponenttitoimittajien valintakriteereinä ovat toimivat referenssit, tunnettisuus, kumulatiiviset valmistusmäärät, liikevaihto ja tase, luottokelpoisuus ja riskinotto-kyky (mahdollisten sarjavikojen varalta). Kaikki nämä toimivat isojen ja tunnettujen toimijoiden eduksi. Uuden ja pienen toimijan on vaikea päästä kotimaan ulkopuolisille markkinoille silloinkin, kun kotimarkkina on stabiili (esimerkkinä pienemmät saksalaiset laitosvalmistajat).

Kuviin 6 hahmotelluissa tuulivoimaliiketoiminnan arvoketjuissa suorat kotimarkkinat edustavat alemman osan (Suomen lippu) oikean puolista osaa eli varsinaista tuulivoimalan rakennuttamista ja käyttöä. On huomattava, että myös rakennuttaminen ja käyttö on osaamista, jota voidaan vielä ulkomaille. Sen kohdalla on kuitenkin erityisen kriittistä saada hyvät referenssit kotimaasta.

Koska kotimarkkinat ovat teollisuuspoliittisesti erittäin tärkeät, Uusiutuvien energioiden edistämishjelmaan kohdistuu tältäkin puolelta paineita. Esimerkiksi vuosien 2000-01 notkahdus kotimaan rakentamisessa, sähkömarkkinatilanteen seurauksena, on hyvin

hankala tilanne alan teollisuudelle eikä samanlaista saisi päästää enää tapahtumaan. Aktiivinen edistäminen vaikka sopimus-menettelyillä suurimpien tuottajien kanssa (Hyötytuuli, VAPO, PVO, Fortum) voisi olla yksi lääke toiminnan stabiloimiseksi, mikäli näyttää siltä että tuulivoiman kotimarkkinat eivät investointitukitoimista huolimatta lähde vetämään.

5.2 TUTKIMUS, TUOTEKEHITYS, DEMONSTRAATIOT

5.2.1 Tuulivoimateknologiaan liittyvä tutkimus, kehitys ja demonstraatiot

Tuulivoimateknologia-alalla on edelleen voimakas tuotekehitystarve. Voimalaitoskoko on kasvussa, samalla luotettavuusvaatimukset kasvavat ja investointi- sekä käyttökustannusten tulisi edelleen pienentyä. Uudet sijoitusalueet (meret, vuoristot) aiheuttavat erityisvaatimuksia laitoksille. Kaikista näistä vaatimuksista tulee osansa myös tuulivoimalaitoksen komponenteille.

Ruotsin ABB:n kehittämä Windformer-laitoskonsepti on haudattu vuoden 2002 alussa. Tämä on esimerkki siitä, miten vaikea komponenttitoimittajalle on kehittää tuotettaan kokonaan uuteen suuntaan ilman että on läheisessä yhteistyössä laitosvalmistajan kanssa. Tuotekehitystä tarvitaan, ja se on osattava tehdä verkottuen asiakkaan kanssa.

Suomalainen tuulivoimalaitos WinWinD on aloittamassa haastavaa taivaltaan pääsystä kasvaville tuulivoimamarkkinoille. Tällä hetkellä ensimmäinen pilotlaitos (1 MW) on käytössä ja toisen suunnittelu (2,5–3 MW) on alkamassa. Kyseessä on uusi voimansiirtokonsepti. Sen suunnittelulähtökohtana on voimalan 30 vuoden käyttöikä, missä suhteessa se poikkeaa monista kilpailijoistaan. Mikäli laitoskonsepti osoittautuu toimivaksi ja kilpailukykyiseksi kotimarkkinoilla, mahdollisuus vientiin aukeaa.

Valmiina oleva 1 MW voimala edustaa kokoluokkaa, joka soveltuu myös vuoristoloihin ja johon siten voisi yhdistää aikaisemman kehitystyön tuloksena syntyneen arktisen tuulivoiman tietotaidon. Laitoksen suunnitellulle käyttöiälle ei ole olemassa valmista lapateknologiaa.

Noin 3 MW kokoluokan voimaloilla tullaan ottamaan ensiaskeleet merituulivoiman suuntaan vaikka suurempiakin laitoksia jo suunnitellaan. Merituulipuistojen perustaminen, asentaminen ja pystyttäminen Itämeren alueella edellyttää uutta osaamista erityisesti jäätyvillä merialueilla. Tällainen projektivienti tarvitsisi alkuvaiheessa kotimarkkinat: kun toimivia referenssejä on saatu, mahdollisuus vientiin kasvaa. Kotimaisissa hankkeissa on toistaiseksi erittäin huonosti kyetty käyttämään hyväksi esimerkiksi EU:n demonstraatiohankkeita varten varaamaa rahoitusta. Jo kaksi EU:n rahoituspäätöstä saanutta hanketta on kotimaisen rahoittajan vetäytymisen jälkeen jouduttu keskeyttämään. Samalla on menetetty tilaisuus kotimaisen teknologian demonstroimiseksi kotikentällä.

Eräs mahdollisuus kilpailukykyisen tuulivoimateknologian kehittämiseksi olisi keskittyä älykkäiden komponenttien ja rakenteiden kehittämisen tuulivoimasovelluksiin. VTT panostaa omarahoitteisessa Älykkäät tuotteet ja järjestelmät -teknologiateemassa mm. sulautetun rakenneälyn kehittämiseen sovelluskohteena erityisesti tuulivoimaloiden komponentit. Tavoitteena on kehittää tuulivoimalakokonaisuuden hallintaa ja sen avulla etsiä uusien materiaalien ja sulautetun rakenneälyn mahdollistamia sovelluksia tuulivoimalassa. Pääpaino on lapasovelluksissa ja tornirakenteissa mutta myös päävoimansiirron sovelluksia kehitetään.

Tuulivoimateknologian kehittämiseksi Suomessa voidaan ajatella viittä päätavoitetta

- matalakierroskoneistoin perustuvan tuulivoimalakonseptin kehittäminen, joka
 - käyttöikänsä vähintään 30 vuotta
 - tähtää merkittävään markkinaosuuteen maailmanlaajuisesti vähintäänkin voimansiirron komponenteissa
- lapateknologian kehittäminen, joka
 - sopii kylmiin ja jäätäviin olosuhteisiin sekä vuoristoissa että merialueilla
 - mahdollistaa roottorihalkaisijan kasvattamisen modulaarisina ratkaisuuina
- perustamis- ja pystytysteknologia Itämeren alueen merituulipuistoja varten, joka
 - soveltuu erityyppisille pohjaolosuhteille ja vesisyvyyksille
 - hallitsee perustukseen ja torniin kohdistuvat yhdistetyt tuuli-, aalto- ja jääkuormat
- tuulivoimaloiden ohjaus- ja verkkoonkytkentäkonsepti, joka
 - parantaa suurten tuulipuistojen hallintaa ja ohjausta erityisesti voimantuotannon ja sähköverkon stabiilisuuden näkökulmasta
- älykkäät komponentit, jotka
 - lisäävät elinikää, pienentävät vikautuvuutta ja alentavat käyttökustannuksia

Tuulivoimaan liittyvää tutkimusta ja kehitystä tehdään useissa yksiköissä VTT:llä ja korkeakouluissa. VTT:llä tutkimusta tehdään kolmessa yksikössä (Prosessit, Tuotteet ja tuotanto, Rakennus- ja yhdyskuntateknikka) omarahoitteisissa, julkisrahoitteisissa että toimeksiantohankkeissa. Kotimaisen julkisen rahoituksen volyymi on pienentynyt NEMO-tutkimusohjelman jälkeen. Ulkomainen julkinen rahoitus on ollut noin 10 % toiminnan volyymistä. Korkeakouluista aktiivisia ovat TKK, TTKK, Vaasan yliopisto ja LTKK. Ilmatieteen laitoksella tehtävä tutkimus keskittyy meteorologiseen tutkimukseen mutta sillä on kytkentää mm. antureiden kehittämiseen. Suurten komponenttivalmistajien, ABB:n ja Metson oma T&K yhdessä ulkomaisten ja kotimaisen laitosvalmistajan kanssa on huomattavaa.

Tuulivoimatutkimukselta Suomessa on puuttunut keskitetty koordinaatio sisältäen teknologiaseminaarien kaltaiset tutkimustiedon levittämismahdollisuudet sekä TEKESin ohjelmien tuoman tuen. TEKESin Tuulivoimateknologian tutkimusohjelma täyttäisi nämä tarpeet. TEKESillä on muutama alkava tutkimusohjelma, johon tuulivoimatutkimus voisi myös liittyä: MASINA (Kone2015) sekä Hajautettujen ohjelma. On myös mahdollista, että näiden ohjelmien kautta saataisiin kanavoitua tuulivoimahankkeita.

Tuulivoimahankkeiden koordinaation kannalta on hyvä, että alan teollisuus on järjestäytymässä mm. yhteisten tutkimus- ja kehitystavoitteiden ajamiseksi. Tällainen yhteistyö muodostuu entistä tärkeämmäksi, jos tuulivoiman t&k-rahoitukselle ei edelleenkään löydy omaa ohjelmakokonaisuutta.

5.2.2 Tuulivoiman tuotantoon ja käyttöön liittyvä tutkimus ja kehitys

Suomen rannikolle on pystytetty 1990-luvulta lähtien tanskalaisia ja saksalaisia standardituulivoimaloita. Periaatteessa Keski-Euroopan teknologiaa voi soveltaa suoraan Suomessa. On kuitenkin joitakin erityispiirteitä, jotka vaativat Suomen omaa tutkimus- ja kehitystoimintaa:

- Tuuliresurssien parempi tuntemus
Mittaukset merialueilla, erityisesti korkeusväli 50-150 m. Ilmatieteen laitoksen meteorologiset mittaukset eivät ole riittäviä, kun arvioidaan mihin olosuhteisiin (tuotanto, kuormitus) tämän ja huomispäivän tuulivoimalaitoksia pystytetään (vrt. Kuva 1). Tuulisuus vaihtelee vuosittain, joten tarvitaan pitkäaikaisempaa havaintoaineistoa korkealta. Myös jääolosuhteet pitäisi tuntea nykyistä paremmin, jotta osataan varautua tarvittaessa jäänestöjärjestelmällä.
- Tuuliatlaksen päivitys
Nykyisin käytettävä laskentamalli WA⁵P yhdessä Suomen tuuliatlaksen kanssa (vuodelta 1992) toimii kohtuullisen hyvin Suomen rannikon avoimilla sijoituspaikoilla. Tunturit, metsäinen saaristo ja offshore ovat alueita, joiden tuotantoarvioihin ei ole malleista tällä hetkellä apua. Suomen oloihin paremmin soveltuvat laskentamallit sekä nykyisin käytettävän päivitys uusien, korkeammalla tehtyjen mittausten avulla olisi tarpeellinen tutkimuskohde. Keskituulen-nopeuksien lisäksi tarvitaan tietoja mm. turbulenssista
- Tuotannon ennustaminen:
Tuotannon lyhytaikaista ennustamista tarvitsee sekä järjestelmävastaava että pienemmätkin tuottajat siinä vaiheessa, kun tuulivoima edustaa näkyvää osaa tuotannosta, tai halutaan käydä kauppaa markkinoilla (12...36 h etukäteen). Menetelmät ovat parhaillaan kehityksen kohteena muualla Euroopassa. Sovelluksista esimerkiksi tuulipuiston ohjausjärjestelmään integroitu ennustemenetelmä voisi osaltaan edistää projektivientä.
- Tuulivoiman liittäminen energiajärjestelmään tuotannon määrän kasvaessa:
Siinä vaiheessa kun tuulivoiman tuotannon vaihtelut näkyvät järjestelmän toiminnassa, tarvitaan lisää joustavuutta (tuotantokapasiteettiin, kulutukseen tai siirtoon). Tällä hetkellä olevan tutkimustiedon perusteella tämä tulee ajankohtaiseksi, kun tuulivoimalla tuotetaan yli 5 % Suomen sähkönkulutuksesta.

- Tuulivoiman tuotanto-, vika ja kustannusseuranta (tilastointi):
Käyttökokemukset suomalaisista tuulivoimaloista ovat erityisesti alkuvaiheessa erittäin tärkeitä tuulivoiman rakentajille, niin uusille kuin jo kokemusta omaaville. Tuotantotilastot yhdessä tuotantoindeksin kanssa antavat tietoa tuotannon arviointia varten. Vika- ja kustannustilastot antavat tietoa luotettavuudesta sekä rahoituspäätöksen tueksi että jatkokehitykselle.

Tuotantoa ja käyttöä tukeva tutkimustoiminta sopisi hyvin mukaan tuulivoiman teknologiaohjelman sisältöön. Toinen vaihtoehto on sisällyttää osa TEKESin Hajautettujen ohjelmaan (ennusmenetelmät/järjestelmätarkastelut) ja osa Uusiutuvien energialähteiden edistämishjelmaan.

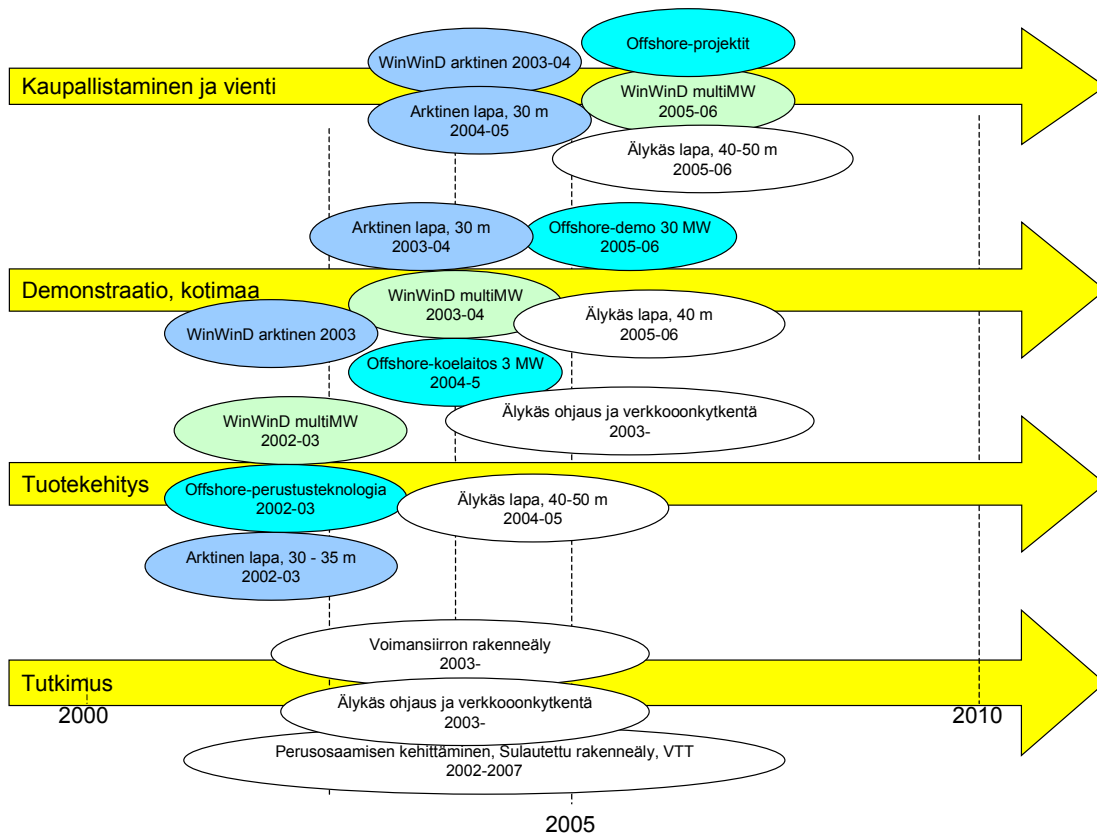
5.3 SUOMALAISEN TUULIVOIMATEKNOLOGIAN ROAD MAP

Edellä esitettyjen vientimahdollisuuksien saavuttamiseksi on tarvetta panostaa määrätietoisesti tuulivoimateknologian kehittämiseen, pysyviin kotimarkkinoihin sekä perusosaamisen ja henkilöresurssien kehittämiseen. Tarvittavia T&K- ja demonstrointipanoksia ja muita kansallisia toimia on hahmoteltu alustavasti seuraavista lähtökohdista.

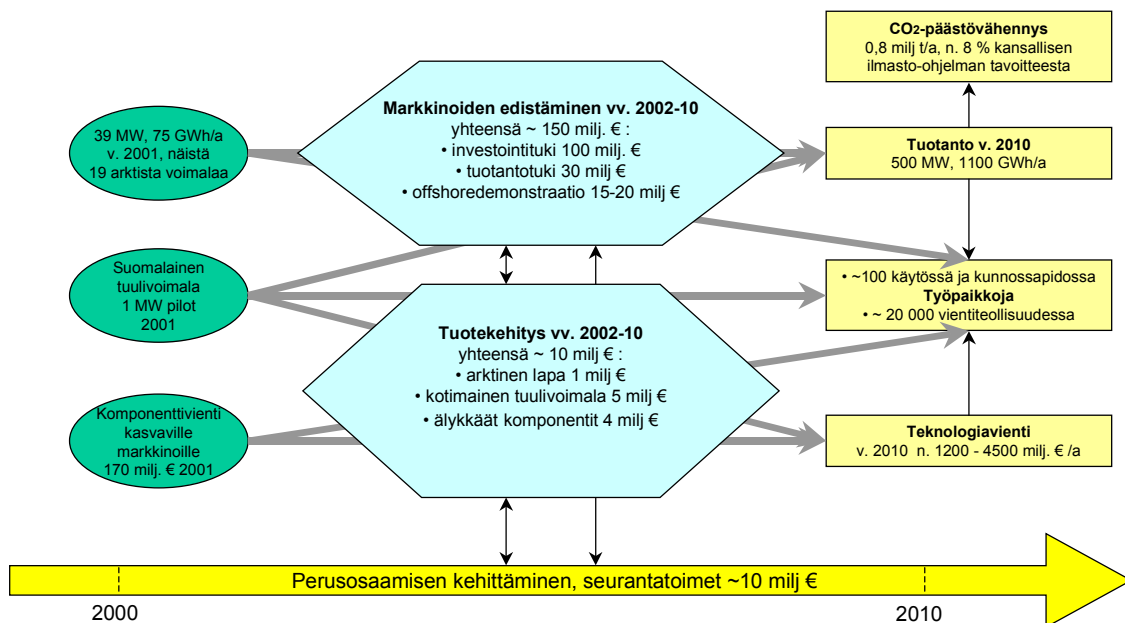
Visiot:

- Suomalainen tuulivoimalavalmistus lähtee käyntiin ja saavuttaa 10 % markkinaosuuden v. 2010 (globaalisti)
- Suomalainen tuulivoimala käyttää pääkomponenteissa suomalaista alihankintaa
- Nykyiset komponenttitoimittajat säilyttävät nykyisen markkinaosuutensa globaalisti
- Suomalainen, kylmiin olosuhteisiin kehitetty lapateknologia hallitsee ko markkinasegmenttiä
- Pohjoisen Euroopan merituulivoimahankkeissa suomalainen konsortio saavuttaa 10 % osuuden
- Asennettu kapasiteetti v. 2010 500 MW, josta 50 % rannikolla, 30 % merellä, 20 % tunturialueilla
- Suomalainen tuulivoimateknologian vienti vähintään 2 mrd Euroa/a vuonna 2010

Näistä lähtökohdista laadittu road map on esitetty kuvassa 11. Kuvaan 12 on koottu yhteenvedona tarvittavat panostukset nykyhetkestä vuoteen 2010. Teknologiaviennin volyymin perusteella on arvioitu työpaikkojen määräksi noin 1 työpaikka/100 000 €.



Kuva 11. Teknologia road map tuulivoiman teknologiavientimahdollisuuksien saavuttamiseksi ja tuulivoiman tuotantotavoitteiden täyttämiseksi.



Kuva 12. Tuulivoima Suomessa: mahdollisuudet ja saavutettavat edut vuoteen 2010.

6 YHTEENVETO

Tutkimuksen tavoitteena oli tarkastella tuulivoimateknologian kehittymistä maailmalla, kartoittaa tuulivoiman markkinapotentiaali sekä teknologiaviennin potentiaali suomalaisten yritysten kannalta. Lisäksi on arvioitu liiketoimintamahdollisuuksien tueksi tarvittava T&K- ja demonstrointipanos ja vaadittavat kansalliset toimet sekä hahmoteltu alustava toimenpidesuunnitelma niiden toteuttamiseksi.

Merkittävimpiä lähivuosien yleisiä kehitystrendejä ovat yksikkökokojen kasvu, projektikokojen kasvu, sekä laajamittaisen offshore-rakentamisen käynnistyminen. Asennettavien voimaloiden nimellisteho vaihtelee tällä hetkellä välillä 0,6–2,5 MW, ja 3–5 MW laitoksia on suunnitteilla. Laitosteknologian kehitystrendeinä ovat säädön ja älyn lisääntyminen, vaihteettomien tai osittaisten suoravetoratkaisuiden lisääntyminen sekä siirtyminen muuttuvaan pyörimisnopeuteen. Suuremmat tuotantoyksiköt asettavat vaatimuksia myös tuotannon ja sähköverkon hallintaan.

Suomalaisen teknologiaviennin kannalta tuulivoimaloiden komponentit muuttuvat entistä enemmän erikoisosaamista sisältäviksi. Erityisesti merirakentaminen lisää tarvetta komponenttien ennakoivaan kunnonvalvontaan ja huoltoon. Komponenttien kehittämisessä, suunnittelussa ja optimoinnissa joudutaan alusta pitäen ottamaan huomioon laitosvalmistajan konseptivalinnasta johtuvat ratkaisut. Tämän johdosta eri laitosvalmistajille toimitettavat tuotteet eriytyvät, mikä lisää kehityskustannuksia ja tarvetta pilot-laitoksiin. Projektikoon kasvu yhdessä yksikkökoon kasvun kanssa merkitsee, että myös yksittäisiin projekteihin liittyvien komponenttitoimitusten arvo kasvaa. Tällöin myös uusiin teknisiin ratkaisuihin liittyvät riskit kasvavat, mikäli ne joudutaan ottamaan ensi kertaa käyttöön kaukana Suomesta.

Suomalaisella teollisuudella on tällä hetkellä vahva jalansija tuulivoimaloiden pääkomponenteissa (generaattori ja vaihteisto) sekä materiaali puolella (lapoihin ja torneihin). Teknologiaviennin potentiaali riippuu teollisuuden kyvystä säilyttää, tai jopa kasvattaa markkinaosuuttaan tuulivoimateollisuudessa. Siihen vaikuttavat lisäksi uusien tuotteiden mahdollisuudet sekä uuden suomalaisen tuulivoimavalmistajan pääsy kasvaville markkinoille. Suomalainen tuulivoimateknologiayritykset muodostavat jo teknologiaklusterin. Alihankinta sekä voimalaitoksiin että niiden komponentteihin on verkottunut. Yritysten verkottunut yhteistoiminta avaa mahdollisuuksia esimerkiksi lapateknologiaan, tornirakenteisiin, ohjausjärjestelmiin ja merituulipuistojen perustamiseen liittyvään vientiin.

Suomalaisen tuulivoimalavalmistajan olisi mahdollista kuroa umpeen kilpailijoiden ajallista etumatkaa käynnistämällä uuden laitoksen kehitystyö nopeasti. 3 MW laitoksilla tähdätään jo selkeästi offshore-hankkeisiin. Kokonsa puolesta niitä voitaneen tarvittavasta nostotekniikasta riippuen käyttää myös maalla.

Tuulivoima on voimakkaassa kasvussa maailmalla, erityisesti Euroopassa. Vuoden 2001 lopussa tuulivoimakapasiteettia oli asennettuna noin 24 GW maailmanlaajuisesti ja tästä suurin osa, yli 17 GW Eurooppaan. Vuonna 2000 rakennettiin uutta kapasiteettia noin

4,5 GW ja v. 2001 on arvioiden mukaan asennettu noin 6 GW. Tämä vastaa noin 6 mrd € vuotuisia markkinoita. Tuulivoimakapasiteetin kasvuprosentti on viimeiset 5 vuotta ollut 25–40 % vuosittain.

Teknologiapotentiaalin arvioinnissa käytettiin apuna markkinakatsauksia. Tuulivoimalan kehitysarvioille on yhteistä se, että niissä on kohtuullisen voimakas vaihteluväli. Suomalaista teknologiapotentiaalia arvioitaessa on käytetty markkinoille arvioita 25 ja 15 GW vuodessa vuonna 2010. Nämä vastaavat kumulatiivista tuulivoimakapasiteettia 140 ja 120 GW v. 2010.

Vuonna 2001 suomalainen tuulivoimateknologiavienti on ollut noin 0,2 mrd €, ja se on lähes kymmenkertaistunut seitsemässä vuodessa. Jos oletetaan, että suomalaiset tuulivoimateknologiayritykset pitävät markkinaosuutensa, on suomalainen tuulivoimateknologiavienti vuonna 2010 noin 1,2 mrd €. Mikäli lisäksi suomalainen tuulivoimalaitos pääsee markkinoille, on vientipotentiaali 2–4,5 mrd € vuonna 2010. Jos globaalit markkinat kehittyvät varovaisemman arvion mukaan vastaavat vientimahdollisuudet ovat 0,8 mrd € nykyisillä komponenttimarkkinaosuuksilla ja 1,3–2,6 mrd € mikäli suomalainen tuulivoimalaitos pääsee markkinoille.

Tuulivoiman osalta onkin ilmeistä, että teknologiavienti on Suomen näkökulmasta tuulivoiman tuotantoa merkittävämpi tuulivoimateknologian kehittämistä ohjaava argumentti.

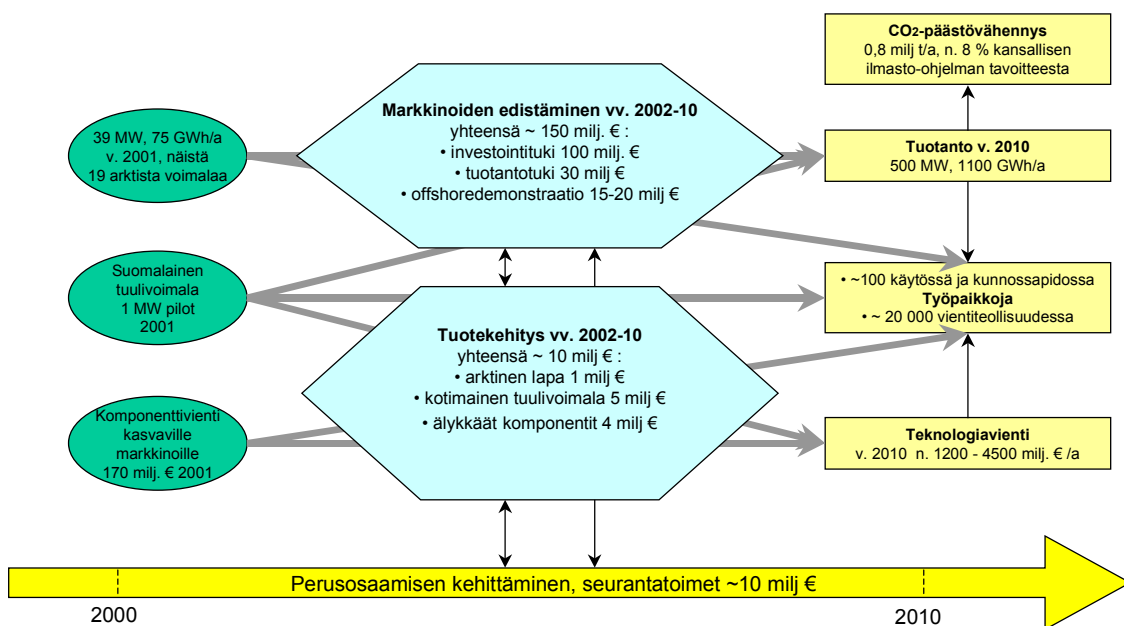
Yrityshaastatteluissa on käynyt ilmi selvästi, että markkinaosuuden säilyttäminen kasvavilla tuulivoimamarkkinoilla on vaativaa. Suomalaisen toimittajien kilpailuvaltteina on ollut mm. nopea toimitusaika. Ne toimittajat, jotka pystyvät kasvattamaan tuotantoaan markkinoiden tahdissa ovat vahvoilla. Kehitystyö ja räätälöidyt tuotteet ovat erityisesti pääkomponenttitoimittajille toiminnan edellytys, ja tässä sekä kotimarkkinoiden tuki että T&K panostus ovat tärkeässä asemassa. Suuret, jo etabloituneet toimijat pystyvät jatkossakin vientiin ilman kotimarkkinoitakin, mutta niin kauan kuin laitokset ja komponentit ovat voimakkaan kehitystyön kohteena, lähellä tapahtuva uusien ratkaisuiden demonstrointi mahdollistaa myös komponenttivalmistajille markkinoilla pärjäämisen. Suomalaisilla yrityksillä on myös mahdollisuuksia uusiin avauksiin tuulivoima-alalla. Kotimarkkinoiden luoma mahdollisuus saada referenssejä sekä testata uusia tuotteita kotimaassa on tällöin ainoa keino päästä markkinoille. Voimakkaasti kasvavat tuulivoimaliiketoiminnan miljardimarkkinat ovat muualla, ja niille pääseminen tai niillä pysyminen vaatii enenevässä määrin kotimarkkinoiden tukea.

Tuulivoimatutkimukselta Suomessa on puuttunut keskitetty koordinaatio sisältäen teknologiaseminaarien kaltaiset tutkimustiedon levittämismahdollisuudet sekä TEKESin ohjelmien tuoma tuki. TEKESin Tuulivoimateknologian tutkimusohjelma täyttäisi nämä tarpeet. TEKESillä on muutama alkava tutkimusohjelma, johon tuulivoimatutkimus voisi myös liittyä: MASINA (Kone2015) sekä Hajautettujen ohjelma. Näin ollen on myös mahdollista, että TEKESin ohjelmien kautta saataisiin kanavoitua tuulivoimahankkeita. Tuulivoimatutkimuksen statusta olisi tällöin nostettava esimerkiksi erillisen tuulivoimatutkimuskoordinaation avulla, jotta hyviä hankkeita saadaan näissä ohjelmissa käyntiin. Tuotantoon ja käyttöön liittyvät

tuulivoimaselvitykset ja tutkimus jäisi tällöin edelleen ohjelman ulkopuolelle, koska kauppa- ja teollisuusministeriöllä ei uusiutuvien edistämishjelmaan liittyen ole mahdollisuutta käynnistää tutkimushankkeita.

Vientimahdollisuuksien saavuttamiseksi tarvittavat toimet ja vastaava julkinen panostus on esitetty road mapin muodossa kuvassa 13.

Tuulivoima v. 2010 - julkinen panostus ja vaikutukset



Kuva 13. Tuulivoima Suomessa: mahdollisuudet ja saavutettavat edut vuoteen 2010.

7 LÄHTEET

/1/ International Wind Energy Development. World Market Update 2000, forecast 2001-2005. BTMConsult ApS, March 2000. <http://www.btm.dk/>

/2/ Muut arviot v. 2010 kehityksestä: WEC, IEA, EU, EWEA, WindForce 10. Dresdner Kleinworth Wasserstein: Power Generation for the 21st Century, March 2001.

/3/ Yrityshaastattelut:

Jyrki Virtanen, Mauri Asunto/Metso Drives
 Tapani Vainio-Mattila, Juhani Kyytsönen/Metso
 Peter Skeppar, Ralf Granholm, Esa Pekkola, Hannu Väänänen/ABB Oy.
 Veli-Matti Jääskeläinen, Georg Böhmeke/WinWinD Oy.
 Matti Malinen/PVO Innopower.
 Esa Holttinen/Electrowatt-Ekono.

Seppo Partonen/Fortum, Tunturituuli.
Leena Roiko-Kallio/Kemijoki Arctic Technology,
Rainer Bergström Ahlström Oy Kuitulasi,
Sami Eronen/Rautaruukki Oy Metform
MET ry./alihankintaryhmä.

Uudet energiatuotantoteknologiat, kehitysnäkymiä

	Tuotantokustannus US\$/kWh		Installoitu kapasiteetti MW	
	Nyt	2020	2010	2020
Tuulivoima	0.05-0.11	0.02-0.03	150 000	500 000
Geoterminen energia	0.03-0.12	0.03-0.08	"now 7000 MW, potential needs to be quantified"	
Aurinkosähkö	0.25-0.65	0.10-0.15	"high potential in many remote regions that have poor access to energy services"	
Keskitetty aurinkosähkö	0.12-0.15	0.04-0.05	"four new plants being planned to be funded by World Bank"	
Bioenergia (sähkö)	0.06-0.09	0.05-0.06	}	Nyt 50 EJ, potentiaali 200-300 EJ
Bioenergia (lämpö)	0.01-0.02	0.01-0.02		
Aurinkolämpö	0.04-0.12	0.04-0.08		
(Vertailukohta: konventionaaliset tuotantomuodot				
- lämpö	0.01-0.02			
- sähkö	0.03-0.05)			

Lähde: Developing a New Generation of Sustainable Energy Technologies, Workshop report, Renewable Energy Working Party of the International Energy Agency