



WWF Asiantuntija-analyysi 14.9.2011

Hanna-Liisa Kangas, Ilmastovastaava, WWF Suomi

TUULIVOIMA – kehitys ja tulevaisuus



© Bruno Arnold / WWF-Canon

Tuulivoimakapasiteetti on kasvanut maailmassa huimasti ja tämän kehityksen voidaan olettaa jatkuvan. Kehittyvät maat, Kiina kärjessä, ovat nousseet jo teollisuusmaita suuremmiksi tuulivoimatuottajiksi. Suomi on jäljessä kehityksestä, mutta uusi syöttötariffijärjestelmä saattaa lisätä Suomen tuotantoa, jos tuulivoimarakentamisen esteitä puretaan. Kansainvälisen energiajärjestö IEA:n mukaan Suomen on mahdollista saavuttaa vuonna 2020 jopa 14 miljardin euron vientitulot ja 36 000 työpaikkaa tuulivoima-alalla. WWF:n energiaraportin ”100 % uusiutuvia vuonna 2050” – vision mukainen kunnianhimoinen tuulivoimakehitys tuntuu hyvin mahdolliselta, jos sitä verrataan tuulivoiman kehitykseen viime vuosikymmeninä.

Kehittyvät maat tuulivoimatuotannon kärjessä

Maailman tuulivoiman tuotantokapasiteetti oli vuoden 2010 lopussa noin 198 GW, ja se kasvoi noin 25 prosenttia vuoteen 2009 verrattuna. Vuodesta 1996 vuoteen 2010 maailman tuulivoiman tuotantokapasiteetti on yli 30-kertaistunut. Kapasiteetin kasvu on johtunut ilmastopolitiikasta ja uusiutuvan energian tukipolitiikasta, ja näiden tehostamasta tuulivoiman nopeasta teknologisesta kehityksestä. Lisäksi öljyn nouseva hinta ja tuulivoiman kotimaisuus tekevät siitä tavoiteltavan energiantuotantomuodon. Talouskriisi vaikutti vuoden 2010 tuulivoimainvestointeihin negatiivisesti varsinkin teollisuusmaissa, sen sijaan kehittyvissä maissa tuulivoiman kasvu jatkui huimana. Kiina on maailman suurin tuulivoiman tuottaja. Kiinan osuus maailman tuulivoimakapasiteetista on melkein 23 prosenttia. Suhteellisesti suurin tuulivoiman tuottajamaa maailmassa on Tanska: noin 22 prosenttia Tanskan sähköstä tuotettiin tuulivoimalla vuonna 2010.

Vuonna 2010 suurin osa tuulivoimakapasiteetin kasvusta tapahtui kehittyvissä maissa. Kaikkein räjähdysmäisintä tuulivoimakapasiteetin kasvu oli Kiinassa. Kiina ohittikin Yhdysvallat ja Saksan ja nousi maailman suurimmaksi tuulivoimatuottajaksi. Kiinan osuus oli noin puolet vuoden 2010 uudesta tuulivoiman tuotantokapasiteetista. Intia on maailman viidenneksi suurin tuulivoiman tuottaja ja sen kapasiteetti kasvoi noin 21 prosenttia vuonna 2010. Sekä Kiinassa että Intiassa on suunnitteilla jättimäisiä tuulivoimahankkeita, joten tuulivoiman tuotannon voidaan olettaa kasvavan myös tulevina vuosina rajusti näissä maissa. Myös Latinalaisessa Amerikassa tuotantokapasiteetin kasvu on kiivasta: vuonna 2010 kapasiteetti kasvoi siellä keskimäärin jopa 54 prosenttia. Latinalaisen Amerikan maat eivät kuitenkaan ole vielä merkittäviä tuulivoiman tuottajia, koska kapasiteetin lähtötaso on siellä vielä pientä verrattuna suuriin tuottajiin.



Kuvan lähde: REN21 2011.

Tuulivoiman tuotanto kasvanut heikosta taloustilanteesta huolimatta

Yhdysvalloissa ja Euroopassa huono taloudellinen tilanne rajoitti tuulivoimakapasiteetin kasvua vuonna 2010. Lisäksi tuulivoiman tukipolitiikan kehityksessä oli epäselvyyttä tärkeissä tuulivoiman tuotantomaissa

(Espanja ja Yhdysvallat). Tästäkin huolimatta Yhdysvalloissa tuulivoiman tuotantokapasiteetti kasvoi vuonna 2010 noin 15 prosenttia. Yhdysvalloissa Texasin osavaltio on suurin tuulivoiman tuottaja. Euroopan Unionin (EU) tuulivoiman tuotantokapasiteetti kasvoi vuoteen 2009 verrattuna noin 12 prosenttia. Kasvu oli hidasta esimerkiksi vuoteen 2009 verrattuna, jolloin EU:n tuulivoiman tuotantokapasiteetti kasvoi noin 23 prosenttia. Vuonna 2010 EU:n suurimmat tuulivoimainvestoijat olivat Espanja (16 % EU:n investoinneista), Saksa (16 %), Ranska (12 %), Iso-Britannia (10 %) ja Italia (10 %). EU:ssa kapasiteetin suhteellinen kasvu oli suurinta uusissa Itä-Euroopan jäsenvaltioissa: esimerkiksi Romania yli 30-kertaisti oman tuulivoiman tuotantokapasiteettinsa vuoden 2010 aikana.

Tanskan lisäksi tuulivoimalla tuotettiin vuonna 2010 merkittävä osa sähköstä Portugalissa (21 %), Espanjassa (15,4 %) ja Irlannissa (10,1 %). Saksassa tuulivoimalla tuotettiin noin 6 prosenttia sähkönkulutuksesta, mutta neljässä Saksan osavaltiossa tuulivoimalla tuotettiin yli 40 prosenttia sähköstä. Yhdysvalloissa Iowan osavaltio on suhteellisesti suurin tuulivoiman tuottaja: noin 15 prosenttia osavaltion sähköstä tuotetaan tuulivoimalla. Vaikka Kiinassa onkin maailman suurin tuulivoiman tuotantokapasiteetti, kattoi tuulivoiman tuotanto vain 1 prosentin Kiinan sähkötarpeesta vuonna 2010. Toisaalta suuri osa Kiinan tuotantokapasiteetista on hyvin uutta ja se ei ollut täydessä käytössä vielä vuonna 2010.

Syöttötariffeista nostetta Suomen tuulivoimatuotannolle?

Suomessa tuulivoiman tuotanto on vähäistä, kokonaiskapasiteetti oli vuoden 2010 lopussa 197 MW, jolla tuotettiin ainoastaan 0,3 prosenttia Suomen sähkönkulutuksesta. VTT on arvioinut, että Suomen tuulivoimakapasiteettia voitaisiin nostaa vuoteen 2020 mennessä 4000 MW:iin. Tämä tarkoittaisi 10 TWh:n vuosituotantoa vuonna 2020, kun Suomen uusiutuvan energian velvoitepaketin mukainen tuulivoiman tuotantotavoite vuodelle 2020 on 6TWh. Suomessa suurin potentiaali on merituulivoimalla.

Vuoden 2010 lopussa Suomen osuus EU:n tuulivoiman tuotantokapasiteetista oli noin 0,2 prosenttia, kun Suomen osuus EU:n energiankulutuksesta oli noin 2,2 prosenttia. Suomen tuulivoiman tuotantokapasiteetin kasvu oli kuitenkin vuonna 2010 suhteellisesti suurta, 35 prosenttia. Tämä johtui lähinnä kapasiteetin hyvin alhaisesta lähtötasosta. Esimerkiksi Ruotsin tuulivoiman tuotantokapasiteetti oli vuoden 2010 lopussa noin 15-kertainen Suomeen verrattuna.

Suomen tuulivoiman kasvu on ollut hidasta johtuen muun muassa puutteellisesta tuulivoiman tukijärjestelmästä. Vuonna 2011 otettiin käyttöön tuulivoiman syöttötariffijärjestelmä, jonka voidaan olettaa lisäävän kiinnostusta tuulivoimaan Suomessa. Tällä hetkellä Suomessa onkin suunnitteilla paljon tuulivoimahankkeita. Pientuulivoima on kuitenkin tukijärjestelmien ulkopuolella. Muissa maissa pientuulivoimaa on tuettu esimerkiksi mahdollistamalla nettomittarointi, jolloin pientuottaja voi myydä tuottamaansa sähköä verkkoon, kun tuotanto ylittää oman tarpeen. Suomen tuulivoimahankkeita hidastavat myös esimerkiksi lento- ja maantieliikenteen aiheuttamat tuulivoimarakentamisen rajoitukset, jotka ovat poikkeuksellisen tiukat suhteessa esimerkiksi muihin EU-jäsenvaltioihin. Lisäksi suomalaiset energia- ja teollisuusyritykset eivät ole olleet kovin innostuneita investoimaan uusiin energialiiketoimintamahdollisuuksiin, kuten tuulivoimaan. Tämä johtunee lähinnä suomalaisen teollisuuden keskittymisestä ydinvoimaan.

Tuulivoimateknologiasta tulevaisuuden vientivaltti?

Tuulivoimalla on paljon positiivisia taloudellisia vaikutuksia. Tuulivoimateknologia on kasvava ala, ja vaikka Suomi ei olekaan tuulivoiman edelläkävijämaita, tuo tuulivoiman kasvu meillekin huomattavia vientituloja. Suomen tuulivoimateknologiayritysten liikevaihto oli 800 miljoonaa euroa vuonna 2010. Jos Suomi pitäisi

saman markkinaosuuden maailman tuulivoimateknologiemarkkinoilla, nousivat tuulivoimateknologian tulot IEA:n arvion mukaan Suomessa 3 miljardiin euroon vuodessa vuoteen 2020 mennessä. IEA:n mukaan Suomella on kuitenkin mahdollisuuksia kasvattaa osuuttaan markkinoilla niin, että Suomen vientitulot nousisivat vuonna 2020 jopa 14 miljardiin euroon. Tuulivoiman liiketoimintamahdollisuudet ovat siis Suomelle todella huomattavat. Vertailun vuoksi metsäteollisuustuotteiden vientiarvo oli 8,7 miljardia euroa vuonna 2010.

Tuulivoima työllistää paljon ja työpaikkoja on eniten samoissa maissa kuin suurta tuulivoimatuotantoakin. Eniten tuulivoima työllistää Kiinassa (279 000 työpaikkaa), Saksassa (96 100) ja USA:ssa (75 000). Pienessä Tanskassa tuulivoima on merkittävä työllistäjä (24 700 työpaikkaa). Suomessa tuulivoima työllistää 2000 ihmistä. IEA arvioi, että Suomen tuulivoimasektori voisi työllistää jopa 36 000 ihmistä vuonna 2020.

Jos tuulivoiman osuus kasvaa suureksi sähkömarkkinoilla, niin sähkön markkinahinta laskee. Tämä johtuu siitä, että sähkön markkinahinta määräytyy rajatuotantoteknologian (esimerkiksi kivihiili tai maakaasu) rajatuotantokustannuksen mukaan ja tuulivoiman rajatuotantokustannus on hyvin alhainen. Tuulivoiman kustannukset keskittyvät investointikustannuksiin ja varsinaiset tuotantokustannukset ovat alhaiset. Tuulivoiman tuotannon lisääminen siis muuttaa sähkömarkkinoiden rakennetta ja laskee sähkön hintaa.

Tuulivoimateknologia on vielä kehitysvaiheessa ja tuulivoiman käyttöönotto tarvitsee edelleen tukea. Tuulivoimainvestointien kustannukset kuitenkin laskevat jatkuvasti ja tuulivoimakustannusten saavuttaessa fossiililla polttoaineilla tuotetun sähkön kustannukset tuesta voidaan luopua. Työ- ja elinkeinoministeriö on arvioinut, että tuulivoiman tukeminen maksaa Suomelle 210 miljoonaa euroa vuonna 2020, jos tuulivoimaa tuotetaan tavoitteen mukainen 6 TWh. Jos tuulivoiman tukikustannuksia verrataan sen mahdolliseen työllistävyyteen ja teknologiaviennin tuloihin vuonna 2020, ovat tukikustannukset hyvin maltilliset. Kotimaista tuotantoa kannattaa tukea ja edistää, sillä toimivat sisämarkkinat auttavat myös pärjäämään kansainvälisessä kilpailussa. Tanskassa tämä on onnistunut hyvin: vuonna 2010 tanskalaisten tuulivoimayritysten liikevaihto oli yhteensä 13,2 miljardia euroa.

WWF Hollannin teettämässä tutkimuksessa on vertailtu eri valtioiden kehitystä puhtaan ilmastoteknologian (Cleantech) alalla. Alaan kuuluu sekä uusiutuva energia että energiansäästötoimiala. Tutkimuksen mukaan toimiala kasvoi 31 % vuodessa vuosina 2008–2010 ja alan markkinat ovat tällä hetkellä noin 179 miljardia euroa vuodessa. Tuulivoima on suurin toimiala puhtaan teknologian sisällä, sen osuus markkinoista on noin 30 %. Absoluuttisesti mitattuna Kiina on suurin toimija puhtaan teknologian alalla ja tässä vertailussa Suomi on sijalla 20. Kun puhtaan teknologian tulot suhteutetaan bruttokansantuotteeseen, niin Tanska on selkeästi suurin toimija. Suomi on tässä listauksessa sijalla 13, kun vuonna 2008 Suomen sijoitus oli vielä viides. Tämä kertoo osaltaan siitä, että Suomi on vaarassa tippua kansainvälisestä kehityksestä ja samalla myös kansainvälisiltä markkinoilta. Vuoden 2010 listauksessa muun muassa Liettua, Tšekki, Latvia ja Belgia olivat pärjänneet suhteellisesti Suomea paremmin puhtaan teknologian markkinoilla. Jotta Suomi voisi päästä IEA:n arvioimiin tuloksiin tuulivoiman osalta vuonna 2020, tarvitaan poliittisilta päättäjiltä tukea puhtaan teknologian tutkimukselle ja kehitykselle sekä tuulivoimarakentamisen esteiden purkamista Suomessa. Lisäksi suomalaisen elinkeinoelämän tulisi ottaa puhtaan teknologian ala ja myös tuulivoimatoimiala tosissaan suurena liiketoimintamahdollisuutena.

Tuulivoiman haasteet

Tuulivoimatuotanto on riippuvaista säästä ja siksi tuulivoiman tuotantomäärä vaihtelee tuuliolosuhteiden mukaan. Tuulivoima tarvitsee siis rinnalleen säätövoimaa, jota voidaan hyödyntää, kun tuuliolosuhteet ovat heikommat. Suomi kuuluu yhteispohjoismaisiin Nordpool-sähkömarkkinoihin, jonka kautta

tuulivoimatuotannon vaihtelua voidaan tasata. Nordpool-markkinoilta tuleva sähkö voidaan ottaa hyvin nopeasti, jopa 10–15 minuutissa, käyttöön. Tuuliolosuhteiden ennakoitavuus on yleensä hyvä (1-2 päivää), joten myös hitaammin käyttöön saatavalla varavoimalla voidaan tasata tuuliolosuhteita tarvittaessa. Tanskassa, jossa huomattava osa sähköstä tuotetaan tuulella, ei ole jouduttu rakentamaan lisäsäätövoimaa. VVT:n arvion mukaan tuulivoima ei tule tarvitsemaan erityistä säätövoimaa Suomessa. Tuulivoiman erityissäädölle saattaa tulla Suomen tapauksessa tarvetta, kun kapasiteettia on kasvatettu huomattavasti (yli 4000 MW). Siinäkin vaiheessa vesivoima, älykkäät sähköverkot ja hyvät sähköverkko-yhteydet Nordpool-markkinoille sekä Euroopan sähkömarkkinoille vakauttavat sähkön tarjontaa, joten lisäsäätövoiman rakentamistarve ei ole todennäköistä Suomessa.

Tuulivoiman tuotannolla on myös negatiivisia ympäristövaikutuksia. Huonosti suunniteltu tuulivoimala ja siihen liittyvä infrastruktuuri vaikuttaa haitallisesti erityisesti lintuihin, lepakoihin ja vedenalaiseen luontoon. Linnustolle erityisesti tuulivoimaloiden häirintävaikutukset voivat olla merkittäviä, sillä linnut välttävät tuulivoimaloiden lähialueita varsinkin muutto- ja talviaikaan. Joillekin lintulajeille myös suora törmäysvaikutus voi olla merkittävä: muista maista saadun kokemuksen perusteella Suomen lajistossa mm. merikotka on laji, jolle väärin sijoitettu tuulivoima saattaa muodostavan merkittävän uhkatekijän. WWF Suomi, joka on vastannut merikotkan suojelutyöstä Suomessa 1970-luvulta alkaen, on laatinut ohjeen merikotkien huomioimiseksi tuulivoimalapuistojen suunnittelussa. Ohjeen avulla tuulivoimapuiston voi suunnitella niin, että se ei vaaranna merikotkan pesimäkannan elinmahdollisuuksia. Pystyakseliset tuulivoimat saattaisivat vähentää linnustovaikutuksia, mutta niiden teknologia mahdollistaa tällä hetkellä, ja ainakin seuraavien vuosikymmenien aikana, vain hyvin pienimuotoista tuulivoimatuotantoa.

Merituulivoiman on pelätty vaikuttavan negatiivisesti merten ekosysteemeihin mm. rakennusaikaisen veden samentumisen ja habitaattien tuhoutumisen takia, erityisesti merenalaisen luonnon monimuotoisuuden kannalta tärkeillä matalikoilla. Tuoreen hollantilaistutkimuksen (Lindeboom ym. 2011) mukaan merituulivoimalan negatiiviset vaikutukset ovat pienet ja sillä voi olla myös positiivisia vaikutuksia merenalaiselle luonnolle. Koska Itämeri on pahoin saastunut ja voimakkaan ihmistoiminnan paineen alla, kaikkea lisäkuormitusta sen ekosysteemeille tulee välttää. Lisäksi tuulipuistojen ympäristövaikutusten arvioinnit tulee tehdä perusteellisesti ja muu merellinen toiminta huomioiden. Hollantilaistutkimuksen kaltaisia perusteellisia tutkimuksia on tarpeen suorittaa myös Itämerellä. WWF:n mukaan oikein sijoitettu tuulivoiman lisärakentaminen on kannatettavaa. Tuulivoiman positiiviset vaikutukset ovat negatiivisia suuremmat, silloin kun ympäristövaikutukset on huomioitu jo suunnitteluvaiheessa. BirdLife Suomi, Suomen luonnonsuojeluliitto ja WWF Suomi ovat laatineet ohjeen luonnon monimuotoisuuden huomioimiseksi tuulivoimahankkeissa.

Tuulivoimalakehityksen kaksi erilaista trendiä

Tuulivoimateknologia on kehittynyt nopeasti ja tämä trendi on näkynyt varsinkin voimaloiden koon kasvuna. 1990-luvun alussa tuulivoiman roottorin tyypillinen halkaisija oli noin 30 metriä, kun 2005–2010 rakennettujen tuulivoimaloiden halkaisija on keskimäärin 80 metriä. Tällä hetkellä maailman suurin tuulimylly on saksalaisen Enercon-yhtiön malli Enercon E-126. Tämän roottorin halkaisija on 126 metriä ja yhden tuulimyllyn tuotantokapasiteetti on noin 7 MW. Tuulivoima kehittyy edelleen vauhdilla: Kansainvälisen ilmastopaneeli IPCC:n arvion mukaan tulevaisuuden tuulivoimaturbiinien halkaisija on 250 metriä ja tuotantokapasiteetti 20 MW.

Tuulivoimaloiden koon kasvun lisäksi nyt on nähtävissä myös toinen, täysin päinvastainen tuulivoimatrendi: pientuotannon lisääntyminen. Paikalliset, yhteisölliset tuulivoimahankkeet ovat lisääntyneet varsinkin Kiinassa, Kanadassa, Iso-Britanniassa ja Yhdysvalloissa. Pientuulivoimalainvestoinnit ovat lisääntyneet

etenkin syrjäisten seutujen lisääntyneen energiantarpeen ja pientuulivoimaloille myönnettyjen tukien vuoksi. Kiinnostus pientuulivoimaloita kohtaan on lisääntynyt myös niiden teknisen kehityksen ja kustannusten alenemisen myötä. Kiinassa jopa 1,5 miljoonaa ihmistä saa sähkönsä pientuulivoimaloista.

Tuulivoimatuotannolla hyvät tulevaisuudennäkymät

Tuulivoiman tuotanto on kasvanut viime vuosikymmenien aikana huimasti ja kasvun voidaan olettaa jatkuvan, sillä esimerkiksi EU:n, Yhdysvaltojen ja Kiinan energiapolitiikassa on tavoitteita tuulivoiman tuotannon kasvulle. Lisäksi kasvun voidaan ennustaa jatkuvan myös jo nyt rakenteilla tai suunnitteilla olevien suurten tuulivoimahankkeiden vuoksi, joita on tällä hetkellä yhteensä 131 GW. Esimerkiksi Kiina aikoo kasvattaa tuulivoimatuotantoaan nykyisestä 44,7 GW:sta 112 GW:n vuoteen 2015 mennessä. Jos ilmastonmuutos aiotaan pitää edes kohtuullisissa rajoissa, eli lämpeneminen rajoitetaan 1,5 asteeseen, tulee maailman kasvihuonekaasupäästöjen lähteä laskuun viimeistään vuonna 2015. Tämä vaatii uusiutuvan energian tuotannon huomattavaa lisäämistä ja voimakasta energiansäästöä. IPCC:n mukaan globaali tuulivoimapotentiaali on maailman tämän hetken sähkönkulutusta suurempi, joten tuulivoimakehitys ei ole ainakaan teknisestä potentiaalista kiinni.

WWF:n energiaraportissa (The Energy Report) osoitetaan, että maailman energiantarve voidaan kattaa vuonna 2050 uusiutuvalla energialla, jos energiatehokkuutta lisätään huomattavasti. Tällöin noin 25 prosenttia maailman sähköntarpeesta tulisi kattaa tuulivoimalla. Jos tuulivoiman tuotanto kasvaa samaa tahtia kuin tällä hetkellä, niin WWF:n vision mukainen tuulivoimatuotanto saavutetaan, ja ylitetäänkin, helposti.

Lähteet:

BirdLife Suomi, Suomen luonnonsuojeluliitto ja WWF Suomi. 2010. Luonnon monimuotoisuuden huomioiminen tuulivoimahankkeissa.

(http://www2.wwf.fi/wwf/www/uploads/pdf/tuulivoima_yva_ngo_linjaus_110209.pdf)

Eurostat. 2011. Statistics. (<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/>)

EWEA. 2010. Wind in Power. 2009 Statistics. (<http://www.ewea.org/index.php?id=1665>)

EWEA. 2011. Wind in Power. 2010 Statistics. (<http://www.ewea.org/index.php?id=1665>)

IEA Wind. 2011. 2010 Annual Report. (<http://www.ieawind.org/>)

IPCC 2011. Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. (<http://srren.ipcc-wg3.de/>)

Lindeboom, Kouwenhoven, Bergman, Bouma, Brasseur, Daan, Fijn, de Haan, Dirksen, van Hal, Hille Ris Lambers, ter Hofstede, Krijgsveld, Leopold and Scheidat. 2011. Short-term ecological effects of an offshore wind farm in the Dutch coastal zone. (<http://iopscience.iop.org/1748-9326/6/3/035101>)

Metsäntutkimuslaitos. 2011. Metsätilastollinen vuosikirja.

REN21 2011. Renewables 2011. Global Status Report. (<http://www.ren21.net/>)

Slot, Berg ja Berkout 2011. Clean Economy, Living Planet.

Suomen Tuulivoimayhdistys 2011. (www.tuulivoimayhdistys.fi)

TEM 2010. Finland's National renewable action plan for promoting energy from renewable sources pursuant to Directive 2009/28/EC.

VTT, Hannele Holttinen 2007. Tuulivoiman sijoittelu ja integrointi – Tuulivoiman mahdollisuudet Suomessa.

WWF 2011. The Energy Report. (<http://wwf.panda.org/energyreport>)

WWF Suomi. Ohje merikotkien huomioon ottamiseksi tuulivoimaloita suunniteltaessa. (<http://www.wwf.fi/mediabank/868.pdf>)