



Anders Stenberg & Hannele Holttinen

Tuulivoiman tuotantotilastot

| Vuosiraportti 2010

ISBN 978-951-38-7520-6 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

ISSN 1459-7683 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

Copyright © VTT 2011

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

VTT, Vuorimiehentie 5, PL 1000, 02044 VTT
puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 4374

VTT, Bergsmansvägen 5, PB 1000, 02044 VTT
tel. växel 020 722 111, fax 020 722 4374

VTT Technical Research Centre of Finland, Vuorimiehentie 5, P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland
phone internat. +358 20 722 111, fax +358 20 722 4374

Toimitus Leena Ukskoski

Kannen kuva: Haminan tuulipuiston pystytys. Kuva Winwind Oy.

Tekstinvalmistus Tarja Haapalainen



Julkaisun sarja, numero ja
raporttikoodi

VTT Working Papers 178
VTT-WORK-178

Tekijä(t) Anders Stenberg & Hannele Holttinen		
Nimeke Tuulivoiman tuotantotilastot Vuosiraportti 2010		
Tiivistelmä <p>Vuonna 2010 Suomen sähköverkkoon syötettiin 294 GWh tuulivoimalla tuotettua sähköä, mikä vastaa noin 0,3 %:a Suomen sähkönkulutuksesta. Suomen tuulivoimakapasiteetti oli 197 MW vuoden 2010 lopussa (130 laitosta). Uutta kapasiteettia rakennettiin 52,3 MW (17 laitosta) ja 1,6 MW poistettiin käytöstä. Suomen tuulivoimakapasiteetti on tällä hetkellä pieni verrattuna muihin EU-maihin. Euroopan tuulivoimakapasiteetti oli vuoden 2010 lopussa noin 86 000 MW, josta vuoden 2010 aikana asennettua uutta kapasiteettia oli lähes 10 000 MW.</p> <p>Uuden ilmasto- ja energiastrategian mukainen tuulivoimatavoite on 2 500 MW vuonna 2020. Maaliskuussa 2010 syöttötariffipohjainen tukimenetelmä tuli voimaan, ja tuulivoimalle maksetaan markkinaehtoista takuuhintaa, joka on 83,5 €/MWh 12 vuoden ajan. Sen lisäksi on mahdollista saada enintään kolmen vuoden ajan korkeampaa tariffia, 105,3 €/MWh, vuoden 2015 loppuun asti.</p> <p>Vuosi 2010 oli keskimääräistä selvästi tynyempi. Ilmatieteen laitoksen laskemien tuotantoindeksien mukaan tuulivoimatuotanto oli Perämerellä 73 %, Selkämerellä 65 %, Ahvenanmaalla 89 % ja Suomenlahdella 71 % pitkän aikavälin keskimääräisestä tuotannosta. Vertailujaksona käytettiin vuosien 1987–2001 keskimääräistä tuotantoa.</p> <p>Koko vuoden toiminnassa olleiden laitosten keskimääräinen huipunkäyttöaika oli noin 1 650 h/a. Uudet korkeat MW-laitokset tuottavat selvästi paremmin kuin 90-luvun alkupuolella rakennetut tuulivoimalaitokset. Paras laitos ylsi 2 800 h:n/a huipunkäyttöaikaan. Tuulivoimalaitosten tekninen käytettävyyys vuonna 2010 oli 89 %. Suomen tuulivoimalaitosten keski-ikä oli vuoden 2010 lopussa 8,3 vuotta.</p> <p>Vuosiraportti sisältää laitosten tuotanto- ja käytettävyyystietojen lisäksi yhteenvedon vika- ja seisokkiaikatilastoista vuodelta 2010.</p>		
ISBN 978-951-38-7520-6 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		
Avainnimeke ja ISSN VTT Working Papers 1459-7683 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		Projektinnumero 75360
Julkaisuaika Elokuu 2011	Kieli Suomi, engl. tiiv.	Sivuja 46 s. + liitt. 5 s.
Projektin nimi Tuulivoiman kansainvälinen yhteistyö IEA R&D WIND	Toimeksiantaja(t) Tekes ja tuulivoimatuottajat	
Avainsanat Wind energy, wind power, power production, statistics, production statistics, failures	Julkaisija VTT PL 1000, 02044 VTT Puh. 020 722 4520 Faksi 020 722 4374	



Series title, number and
report code of publication

VTT Working Papers 178
VTT-WORK-178

Author(s) Anders Stenberg & Hannele Holttinen		
Title Wind energy statistics of Finland Yearly report 2010		
Abstract <p>Wind power production from grid connected wind turbines in Finland was 294 GWh in 2010. This corresponds to 0.3% of Finland's electricity consumption. Installed wind capacity was 197 MW at the end of the year and the number of the operating turbines was 130. Seventeen new turbines were installed in 2010 with the total power of 52.3 MW and five turbines with the total power of 1.6 MW were taken out of operation. The rated power of wind power plants has continued to rise steadily. The average size of all turbines in Finland was 1 519 kW at the end of 2010 (1 244 kW at the end of 2009).</p> <p>The new climate and energy strategy has a target of 2 500 MW wind power in 2020. A market based feed-in system with a guaranteed price of 83.5 €/MWh entered into force on 25 March 2011 in Finland. There will be an increased tariff of 105.3 €/MWh until end of 2015 (max 3 years). The difference between the guaranteed price and spot price of electricity will be paid to the producers as a premium.</p> <p>Year 2010 had low wind resource. The weighted production index for the four sea areas was 74%. Average capacity factor of standard wind turbines, which operated the whole year, was 19 % while the best turbine yielded 32% capacity factor.</p> <p>Technical availability of the standard wind power plants was 89% in 2010. The average age of wind turbines was 8.3 years at the end of 2010.</p> <p>This report contains production and availability figures of the grid connected wind turbines in Finland as well as component summary of failure statistics. There is an English list of figure and table captions and the yearly statistics table is as an appendix.</p>		
ISBN 978-951-38-7520-6 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		
Series title and ISSN VTT Working Papers 1459-7683 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		Project number 75360
Date August 2011	Language Finnish, Engl. abstr.	Pages 46 p. + app. 5 p.
Name of project Tuulivoiman kansainvälinen yhteistyö IEA R&D WIND	Commissioned by Tekes and wind power producers	
Keywords wind energy, wind power, power production, statistics, production statistics, failures	Publisher VTT Technical Research Centre of Finland P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland Phone internat. +358 20 722 4520 Fax +358 20 722 4374	

Alkusanat

Tuulivoiman tuotantotilastoa on ylläpidetty vuodesta 1992 lähtien Suomen Tuulivoimayhdistyksessä vapaaehtois pohjalla ja vuodesta 1994 lähtien osana VTT:n IEA-yhteistyötä. Vuodesta 1996 eteenpäin tuotantotilastot on kerätty VTT:n tietokantaan siten, että Ilmatieteen laitos on toimittanut tuotantoindeksit ja tuulivoiman tuottajat ovat toimittaneet tuotanto- ja seisokkitiedot.

Tuotantotilastot perustuvat tietokantaan, joka luotiin kauppa- ja teollisuusministeriön rahoittamassa projektissa ”Tuulivoiman tuotantotilastoinnin kehittäminen” vuonna 1996 ja jota kehitettiin edelleen vastaavassa projektissa 2000–2002. Tilastoituna on tuotannon lisäksi laitosten seisokkiajat ja vikaerittelyt sekä Ilmatieteen laitoksen laskemat tuotantoindeksit. Tuotantoindeksi on mitta tuulienergian määrästä kunakin kuukautena verrattuna ko. kuukauden keskimääräiseen tuulisuuteen. Lisäksi tietokannassa on laitosten teknisiä tietoja sekä sijoituspaikkakunta, maakunta ja verkkoyhtiö.

Tuulivoimatilastoja käytetään kansallisessa ja kansainvälisessä energiatilastoinnissa. Tilastot helpottavat julkisen tuen kohdentumisen ja tuloksellisuuden seuranta. Kun tuulivoimalaitoksista raportoidaan tuotannon lisäksi seisokkiajat ja tuulisuuden vaihtelu otetaan huomioon tuotantoindeksissä, voidaan tietoja käyttää arvioitua ja toteutuneen tuotannon mittaamiseen. Lisäksi tilastoaineistoa voidaan käyttää laitosten teknisen toimivuuden seurantaan, mistä on yhdessä tuotannon arvioinnin parantumisen kanssa apua uusien tuulivoimalaitoshankkeiden suunniteltaessa.

Tuotantotilastot julkaistaan kuukausittain VTT:n Internet-sivulla <http://www.vtt.fi/windenergystatistics/> ja neljännesvuosittain Windstats-, Vindögar- ja Tuulienergiälehdissä. Vuosittain julkaistaan tämä tuulivoimatilastoinnin vuosiraportti, joka on ladattavissa pdf-formaatissa VTT:n Internet-sivuilta. Tilastokeskukselle on toimitettu vuosittain brutto- ja nettotuotannot laitoksittain osaksi Suomen ja Euroopan energiatilastoja. Energiateollisuus ET ylläpitää Suomen sähkötilastoja, ja sen kanssa vaihdetaan tietoja kuukausituotannoista, koska ET:n tilastointi ei kata koko tuulivoimakapasiteettia Suomessa.

Kiitos tästä tuotanto- ja vikatilastoihin perustuvasta raportista kuuluu tuulivoiman tuottajille, joiden toimittamien tietojen perusteella raportti on laadittu.

Sisällysluettelo

Alkusanat.....	5
Table and figure captions in English	7
1. Kuukausiraportointi.....	9
2. Tilastointiin osallistuvat laitokset.....	10
2.1 Tuulivoimalaitokset tyypeittäin.....	15
3. Määritelmät ja tunnusluvut.....	17
4. Tuulen energiasisältö	19
4.1 Tuotantoindeksit	19
4.2 Tuotantoindeksit Pohjoismaissa	21
5. Asennetun tehon ja tuotannon kehitys.....	22
5.1 Teho ja sähköntuotanto.....	22
5.2 Euroopan tuulivoimakapasiteetti	24
5.3 Laitoskoon kehitys	26
5.4 Tunnuslukuja.....	27
6. Tuotantovertailuja vuodesta 2010.....	31
6.1 Tuotannon tunnusluvut vuonna 2010.....	31
6.2 Tuotannon jaotteluja vuodelta 2010.....	35
7. Käyttökatkot	36
7.1 Tekninen käytettävyys	36
7.2 Käyttökatkojen erittelyt.....	37
7.3 Jäätymiset ja kylmä aika	40
8. Tuulivoima ja sähkön kulutus.....	42
8.1 Tuulivoiman kausivaihtelu	42
8.2 Tuulivoimatuotanto valtakunnan huipun aikana.....	43
Lähdeluettelo	46
Liitteet	
Liite 1: Tilastoinnissa käytettävät raportointilomakkeet	
Liite 2: Vuositalasto 2010	

Table and figure captions in English

List of Figures:

1. Location of wind power plants at the end of year, turbines and wind parks marked according to size (> 10 MW wind parks labelled).
2. Development of market shares in Finland.
3. Market shares of end of year capacity.
4. Wind production index, yearly (100% means average production 1987–2001). Average of four indices is marked with line and label. (Perämeri: Gulf of Bothnia, North. Selkämeri: Gulf of Bothnia, South. Ahvenanmaa: Åland. Suomenlahti: Gulf of Finland.)
5. Wind production index, monthly. 100% means average monthly production in 1987–2001. Average of four indices is marked with line and label.
6. Wind resource variations in Finland, Sweden and Denmark. Production index, yearly.
7. Development of installed capacity and total yearly wind power production in Finland.
8. Total 12 month's wind power production of Finland as sliding averages. Production index (dotted line) is weighted average of the four indices. Installed capacity at the end of month is marked with broken line.
9. Development of installed capacity and total monthly wind power production in Finland.
10. Development of installed capacity in Finland, Sweden, Norway and total Europe.
11. Development of new installed wind power capacity, including the range, separately for new (Uudet) and second-hand (Käytetyt) capacity.
12. Development of the size of wind turbines. Hub height (napakorkeus) and rotor diameter for all turbines at the end of year, according to the manufacturing year.
13. Taller turbines produce more. Average power as capacity factor calculated for all turbines, and separately for hub heights of more and less of 50 m. Only turbines with availability > 80% and operating the whole year are in the analysis. Production index (weighted) as broken line.
14. Production as full load hours (huipunkäyttöaika) and relative to rotor area from all turbines that operated the full year. X-axis: starting year (manufacturing year for second-hand turbines).
15. The capacity factor for the turbines in Finland during year 2010, separately for the yearly and monthly values.
16. The best 30 wind turbines according to full-load hours. The full load hours of two previous years as lighter bars, 3 year average as a line mark.
17. The best 30 wind turbines according to production relative to rotor area. The two previous years as lighter bars, 3 year average as a line mark.
18. Produced wind energy divided to producers.
19. Regional distribution of wind energy production in Finland.

20. Technical availability as function of turbine age.
21. Distribution of downtime during 2003–2010. The average downtime for the period is 6,5 %.
22. Downtime caused by component faults for the year (kääntöjärjestelmä: yaw system; jarrut: brakes; lavat: blades; liukurenkaat: slip rings; ohjausjärjestelmä: control unit; sähköjärjestelmä: electrical; pääakseli + napa: main shaft and hub; vaihde: gearbox; generaattori: generator).
23. Downtime caused by component faults, cumulative since 1996 (konehuone: nacelle; torni: tower; tuntematon: unknown; lämmitys: heating system).
24. Seasonal variation of wind power production. (Kuukausi: month; Kulutus: consumption; Keskiarvo: average; % vuosituotannosta/kulutuksesta: % of yearly production/consumption).
25. The hourly changes in wind power production and electricity consumption during the day when the peak of consumption was achieved.

List of Tables:

1. Wind turbines in the statistics.
2. Ownership categories of wind turbines in Finland.
3. Wind turbines that have been taken out of operation. Five turbines (1.625 MW) were taken out of operation in 2010.
4. Turbine types in Finland.
5. Development of wind power capacity in Finland.
6. Wind power capacity installed in Europe.
7. Key figures from standard turbines operating the whole year. Second-hand turbines installed inland are not included and 3 MW plants are not included before 2009 (nimellisteho = nominal rated capacity; laitosten lukumäärä = number of turbines; vuosituotanto = yearly production; Keskimäärin = average; Suurin = max; pienin = min; Huipunkäyttöaika = full load hours; Kapasiteettikerroin = capacity factor; tuotantoindeksi = production index).
8. Key figures from standard turbines operating the whole year, when taking only the turbines with technical availability more than 90%.
9. Downtime reported, average 6.5% in 2003–2010. (Huolto: planned maintenance; Häiriö: unspecified (shorter) downtime; Jäätyminen: icing; Muu syy: other; Sähköverkko: grid failure; Vika: failure; Vain seisokkiaika raportoitu: only downtime reported; yhteensä: total; % ajasta: % of time; Raportoineet laitoksi (MW): turbines reported (MW); % kapasiteetista raportoitu: % of capacity reported.)
10. Downtime reported as component failure. (Anturit: sensors; ilmajarrut: tip brakes; kytkimet: switches; kääntömoottori: yaw motor; lapa: blade; lapakulman säätömekanismi: pitch control; liukurenkaat: slip rings; lämmitys: heating; mekaaninen jarru: mechanical brake; ohjausjärjestelmä: control system; ohjausyksikkö: control unit; pääakseli: main shaft; tehoelektronikka: power electronics; vaihdelaatikko: gearbox; vaihteen laakerit: gear bearings; vaihteen tiivisteet: gear sealing; vaihto/tasasuuntaaja: converter; verkkoonkytkentä: grid connection; komponenttia ei eritelty: component not known; % vika-ajasta: % of total failure time.)
11. Turbines that have reported icing time or icing related downtime. % of total downtime (Osuus häiriöajasta) only from the turbines that have reported icing. (Tuntia: hours; Laitoksia: number of turbines. Regions, see Figure 18.)
12. Cold time reported from wind turbines in Finland.
13. Wind power production during the highest peak load in Finland.
14. Wind power production during the highest peak load hours in Finland: average and range of production all year (koko vuosi) and during 10, 50 and 100 highest peaks.

1. Kuukausiraportointi

Tilastointiin ovat osallistuneet Suomen verkkoon kytketyt yli 70 kW:n tuulivoimalaitokset. Tavoitteena on tilastoida Suomen jokaisen tuulivoimalaitoksen kuukausittaiset tuotantotiedot (brutto ja netto) sekä mahdolliset seisokkiajat erittelyineen.

Tietokantaan lisättävien uusien laitosten seisokkiaikojen tilastointi aloitetaan niiden koekäyttövaiheen jälkeen. Koekäyttö kestää yleensä kuukaudesta muutamaa kuukauteen laitoksen verkkoonkytkennästä. Osa seisokkiajoista on jouduttu arvioimaan jälkeinpäin ja muutama laitos ei raportoi seisokkiaikoja.

Vuodesta 1999 lähtien tuotanto- ja vikaraportoinnissa on käytetty Excel-tiedostoja, joiden sisältämät tiedot luetaan tilastotietokantaan automaattisesti tietokoneohjelman avulla. Tilastotietojen keräämisessä käytettävät lomakkeet esitetään liitteessä 1.

Kuukausittaiset laitoskohtaiset yhteenvedot ovat ladattavissa linkin <http://www.vtt.fi/windenergystatistics/> kautta aina seuraavan kuukauden lopussa. Puuttuvia tietoja päivitetään yleensä *Tuulienergia-*, *Vindögat-* ja *Windstat-*lehtiin tehtävän neljännesvuosiraportoinnin yhteydessä. Pienistä sisämaan laitoksista osa raportoi tuotantonsa vain vuositasolla.

2. Tilastointiin osallistuvat laitokset

Suomessa oli vuoden 2010 lopussa 130 verkkoonkytkettyä yli 70 kW:n tehoista tuulivoimalaitosta, yhteensä 197 MW. Kaksi pientä sisämaan laitosta ei ole raportoinut tuotantoaikoja vuodelta 2010 ja osa laitoksista raportoi ainoastaan tuotantotiedot (ei seisokkiaikoja/käytettävyyttä). Laitosten sijainnit esitetään kuvassa 1 ja perustiedot taulukossa 1. Omistusmuotolyhenteet selitetään taulukossa 2.

Tuulivoimalaitosten nimeäminen muutettiin vuoden 2008 alussa (vuoden 2008 raportissa on liitteenä lista uusista ja vanhoista nimistä). Laitoksista ilmoitetaan kunta sekä laitoksen nimi. Nimen perässä olevien numeroiden perusteella voi päätellä, kuinka monen laitoksen ryhmästä on kyse. Tästä muodostavat poikkeuksen Porin laitokset: muita laitoksia aikaisemmin rakennettu 300 kW:n Pori 1 sijaitsee Reposaarella ja Meri-Porinimisistä laitoksista 1–4 Reposaaren Pengertiellä, 5 Reposaarella ja laitokset 6–11 Tahkoluodossa.

Vuoden 2010 aikana Suomessa otettiin käyttöön 17 laitosta, yht. 52,3 MW. Suomen Hyötytuuli Oy on rakentanut neljä 2,3 MW Siemens laitosta Raahen tuulipuiston laajenuksena ja sen lisäksi 2,3 MW Siemens laitoksen merelle Porissa. Haminan Energia Oy on rakentanut kolme tuulivoimalaitosta Summan tehdasalueelle sekä yhden Paksuniemeen (4 x 3 MW Winwind). Rajakiiri Oy on rakentanut Tornion Röyttäniemeen kahdeksan tuulivoimalaitoksen tuulipuiston, jossa on Suomen suurimmat 3,6 MW laitokset (Siemens). Laitokset otettiin käyttöön joulukuun viimeisinä päivinä, eli varsinaista tuotantoa vuoden 2010 aikana ei ollut. Vuoden 2010 lopun kapasiteetista pisimpään käytössä olleet laitokset ovat Korsnäsin 3 laitosta, jotka ovat olleet käytössä marraskuusta 1991 lähtien.



Kuva 1. Suomen tuulivoimaloiden sijainnit vuoden 2010 lopussa. Tuulipuistot on merkitty koon mukaan, yli 10 MW:n tuulipuistot nimetty. Vuoden 2010 aikana uusia laitoksia otettiin käyttöön Haminaassa 12 MW, Porissa 2,3 MW, Raahessa 9,2 MW ja Torniossa 28,8 MW.

2. Tilastointiin osallistuvat laitokset

Taulukko 1. Suomen tuulivoimalaitokset siinä järjestyksessä, kun ne on otettu tilastoihin mukaan. Omistusmuotolyhenteet selitetään taulukossa 2. Tuulivoimalaitosten nimeäminen muutettiin 2008; vuoden 2008 raportin liitteenä on lista uusista ja vanhoista nimistä.

Kunta Nimi	Aloitus: kk.vv	Omistaja	Omistus- muoto	Yhteyshenkilö	Valmistaja	Teho kW
Korsnäs Korsnäs 1–3	11.91	Korsnäsin Tuulivoimapuisto Oy	C	Herbert Byholm	Nordtank	3 x 200
Siikajoki Säikkä 1–2	04.93	Spawer Kraft Ab	C	Javier Garaizábal	Nordtank	2 x 300
Pori Pori 1	09.93	Pori Energia Oy	U	Heikki Pukkila	Nordtank	300
Hailuoto Marjaniemi 1–2	10.93	Spawer Kraft Ab	C	Javier Garaizábal	Nordtank	2 x 300
Hailuoto Marjaniemi 3	04.95	Spawer Kraft Ab	C	Javier Garaizábal	Nordtank	500
Hailuoto Huikku	04.95	Spawer Kraft Ab	C	Javier Garaizábal	Nordtank	500
Eckerö Bredvik	08.95	Ålands Vindenergiandelslag	C	Henrik Lindqvist	Vestas	500
Kuivaniemi Vatunki 1	08.95	VAPO Oy	I	Esa Aarnio	Nordtank	500
Enontekiö Lammasoivi 1–2	10.96	Tunturituuli Oy	U	Seppo Partonen	Bonus	2 x 450
Siikajoki Tauvo 1–2	04.97	Spawer Kraft Ab	C	Javier Garaizábal	Nordtank	2 x 600
Kökar Kökar 1	10.97	Ålands Vindenergiandelslag	C	Henrik Lindqvist	Enercon	500
Lemland Knutsboda 1, 4	11.97	Ålands Vindenergiandelslag	C	Henrik Lindqvist	Vestas	2 x 600
Lemland Knutsboda 2	11.97	Ålands Skogsägarförbund	C	Henrik Lindqvist	Vestas	600
Lemland Knutsboda 3	11.97	Ålands Vindkraft Ab	C	Henrik Lindqvist	Vestas	600
Vårdö Vårdö 1	09.98	Ålands Vindenergiandelslag	C	Henrik Lindqvist	Enercon	500
Finström Pettböle 1–2	10.98	Ålands Vindkraft Ab	C	Henrik Lindqvist	Enercon	2 x 500
Kuivaniemi Kuivamatala 1–3	10.98	VAPO Oy	I	Esa Aarnio	NEGMicon	3 x 750
Muonio Olos 1–2	11.98	Tunturituuli Oy	U	Seppo Partonen	Bonus	2 x 600
Enontekiö Lammasoivi 3	11.98	Tunturituuli Oy	U	Seppo Partonen	Bonus	600
Lumijoki Routunkari	03.99	Lumituuli Oy	C	Sampsa Hario	Vestas	660
Pori Meri-Pori 1–8	06.99	Suomen Hyötytuuli Oy	U	Ralf Granholm	Bonus	8 x 1 000
Oulunsalo Riutunkari T1	08.99	PVO Innopower	U	Lauri Luopajarvi	Nordex	1 300
Närpiö Öskata 1	09.99	Ab Öskata Vind Närpes Oy	C	Andreas Ek	NEGMicon	750
Kotka Kotka 1–2	09.99	Kotkan energia Oy	U	Jarmo Ritola	Bonus	2 x 1 000
Muonio Olos 3–5	09.99	Tunturituuli Oy	U	Seppo Partonen	Bonus	3 x 600
Finström Pettböle 3	10.99	Ålands Vindkraft Ab	C	Henrik Lindqvist	Enercon	600
Föglö Brättö	09.99	Ålands Vindenergiandelslag	C	Henrik Lindqvist	Enercon	600
Uusikaupunki Hankosaari 1–2	10.99	Propel Voima Oy	U	Osmo Laine	Nordex	2 x 1 300
Kuivaniemi Vatunki 1, 3, 5	11.99	VAPO Oy	I	Esa Aarnio	NEGMicon	3 x 750
Oulu Vihreäsaari T1	09.01	PVO Innopower Oy	U	Lauri Luopajarvi	WinWinD	1 000
Pori Meri-Pori 9	07.02	Suomen Hyötytuuli Oy	U	Ralf Granholm	Bonus	2 000
Kuivaniemi Vatunki 6	12.02	VAPO Oy	I	Esa Aarnio	Vestas	2 000
Huittinen Huittinen 1	03.03*	Nordeco Oy	C	Kariniemi	Nordtank	75
Lumparland Lumparland 1–2	08.03	Ålands Vindenergiandelslag	C	Henrik Lindqvist	Enercon	2 x 600
Kokkola Kokkola T1–2	06.03	PVO Innopower Oy	U	Lauri Luopajarvi	WinWinD	2 x 1 000

2. Tilastointiin osallistuvat laitokset

Kristiinankaup. Kristiina T1–3	12.03	PVO Innopower Oy	U	Lauri Luopajarvi	WinWinD	3 x 1 000
Oulunsalo Riutunkari T4–6	08.03	PVO Innopower Oy	U	Lauri Luopajarvi	WinWinD	3 x 1 000
Eckerö Mellanön	07.04*	JG Vind	C	Henrik Lindqvist	Vestas	225
Raahe Raahe 1–5	06.04	Suomen Hyötytuuli Oy	U	Ralf Granholm	Bonus	5 x 2 300
Hanko Sandö 1–4	09.04	SABA Wind Oy Ab	C	Tage Romberg	Enercon	4 x 2 000
Inkoo Barö 3	09.04	SABA Wind Oy Ab	C	Tage Romberg	Enercon	2 000
Eurajoki Olkiluoto TU-1	10.04	Teollisuuden Voima Oy	U	Jaakko Tuomisto	WinWinD	1 000
Jalasjärvi Vaasantie	07.03*	Hannu-Pekka Kivistö	C	H. Kivistö	Windworld	220
Oulu Vihreäsaari T2	12.04	PVO Innopower Oy	U	Lauri Luopajarvi	WinWinD	3 000
Vammala Koppelo	12.04*	Maatalousyrittäjä Pertti Tuori	C	Pertti Tuori	Vestas	225
Sottunga Kasberget	01.05*	Ålands Vindkraft Ab	C	Henrik Lindqvist	Vestas	660
Äetsä Marjamäenvuori	09.05*	Oittisen tila Oy	C	Jussi Oittinen	Vestas	225
Eurajoki Krisantie	12.05*	Ari-Matti Väkiparta	C	Ari-Matti Väkiparta	NegMicon	250
Kemi Ajos 1	12.05	Haminan Energia Oy	U	Pekka Raukko	WinWinD	3 000
Luoto Fränsviken 1	06.06	Larsmo Vindkraft	C	Jan-Erik Bång	WinWinD	1 000
Pori Meri-Pori 10	06.06	Porituuli Oy	U	Ralf Granholm	WinWinD	3 000
Pori Hilskansaari	07.07	Kansallistuuli Oy	C	Markku Paju	WinWinD	1 000
Lemland Båtskär 1–6	08.07	Leovind Ab	C	Henrik Lindqvist	Enercon	6 x 2 300
Dragsfjärd Högsåra 1–3	09.07	Viawind Oy	C	Mats Enberg	Harakosan	3 x 2 000
Kemi Ajos T5	12.07	PVO Innopower Oy	U	Lauri Luopajarvi	WinWinD	3 000
Kemi Ajos T2–T3, T6–T7	01.08	PVO Innopower Oy	U	Lauri Luopajarvi	WinWinD	4 x 3 000
Kemi Ajos T4, T8–T11	12.08	PVO Innopower Oy	U	Lauri Luopajarvi	WinWinD	5 x 3 000
Oulunsalo Riutunkari T1–T2	05.08	PVO Innopower Oy	U	Lauri Luopajarvi	WinWinD	2 x 3 000
li Laitakari 2	02.09	Iin Energia Oy	U	Jussi Kärsämä	WinWinD	1 000
Töysä Riihontie 1	06.09*	Terho Riiho	C	Terho Riiho	NegMicon	600
Pori Meri-Pori 11	10.09	TuuliWatti Oy	C	Antti Kettunen	WinWinD	3 000
Raahe Raahe 6–9	06.10	Suomen Hyötytuuli Oy	U	Ralf Granholm	Siemens	4x 2 300
Pori Offshore 1	07.10	Suomen Hyötytuuli Oy	U	Ralf Granholm	Siemens	2 300
Hamina Summa 1–4	08.10	Haminan Energia Oy	U	Pekka Raukko	WinWinD	4 x 3 000
Tornio Röyttä 1–8	12.10	Rajakiiri Oy	I	Frans Liski	Siemens	8 x 3 600

* Ostettu käytettynä, aloitus aika ei kerro laitoksen ikää.

2. Tilastointiin osallistuvat laitokset

Taulukko 2. Suomen verkkoonkytkettyjen ja tilastointiin osallistuvien tuulivoimalaitosten omistusmuodot vuoden 2010 lopussa.

Omistusmuoto		Laitoksia		Kapasiteetti	
		lkm	%	MW	%
U	Sähköyhtiö (Utility company)	63	49 %	111,70	57 %
C	Kuluttajaomisteinen (Consumer owned)	51	39 %	49,99	25 %
I	Teollisuus (Industry owned company)	16	12 %	35,80	18 %
YHTEENSÄ		130	100 %	197,49	100 %

Taulukko 3 sisältää laitokset, jotka on poistettu tilastoseurannasta. Suomessa oli ennen vuotta 2005 purettu vain muutamia tutkimuskäytössä olleita laitoksia. Inkoon Kopparnäsin tutkimuslaitokset (purettu vuoden 2001 alussa) eivät olleet mukana tilastoissa. Vuoden 2001 syyskuussa purettiin Pelkosenniemen Pyhätunturilla sijainnut 220 kW:n tutkimuslaitos. Laitoksella oli merkittävä asema arktisen tuulivoiman tutkimus- ja kehitystyössä. Vuoden 2002 aikana purettiin Enontekiön Paljasselällä sijainnut 65 kW:n tuulivoimala. Lapin laitokset on sittemmin pystytetty uudelleen sisämaahan Etelä-Suomeen ja otettu uudestaan mukaan tilastointiin vuonna 2005. Vuonna 2005 purettu Inkoon Barösundin (2 x 2 MW) laitokset vietiin takaisin Saksaan. Vuonna 2009 päätettiin poistaa Kalajoen voimalat tilastoseurannasta, koska kyseiset laitokset eivät ole tuottaneet sähköä verkkoon vuoden 2006 jälkeen. Korsnäs 4 on otettu pois käytöstä kesällä vuonna 2009. Laitos kuului Korsnäsän tuulivoimapuistoon, joka on Suomen ensimmäinen verkkoon kytketty tuulivoimapuisto. Laitoksen käyttöikä oli melkein 18 vuotta, kun sen otettiin pois käytöstä.

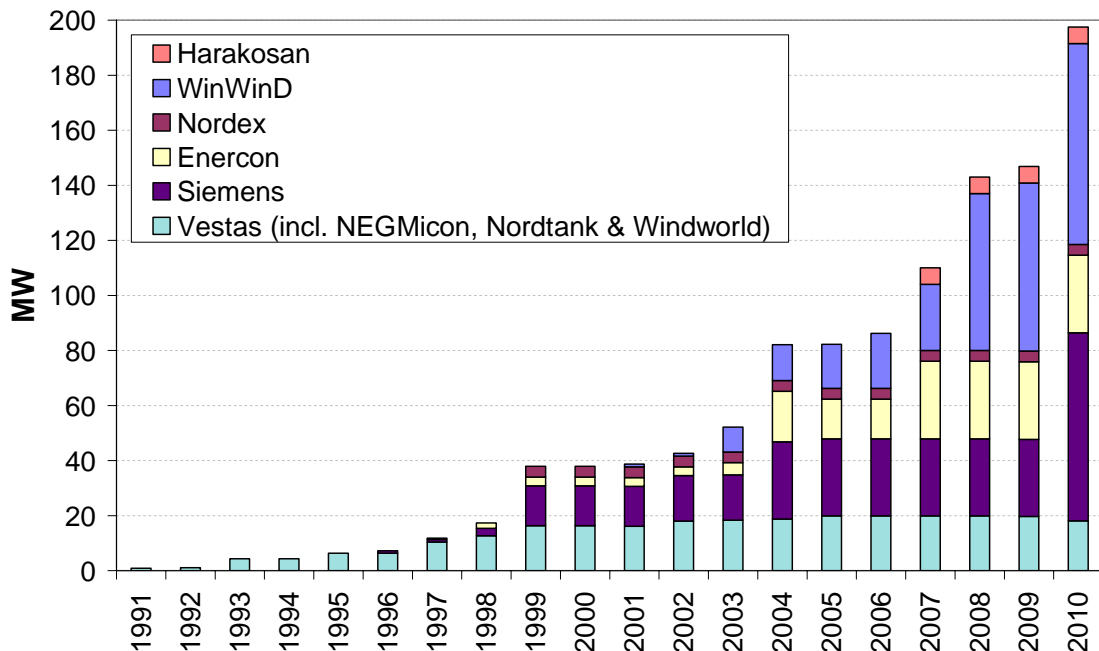
Vuoden 2010 aikana 5 laitosta poistettiin käytöstä, yhteensä 1,625 MW. Laitokset Kemi 1–3 poistettiin käytöstä heinäkuussa, ja samalla Kemin Tuulivoimapuisto Oy:n olemassa olo lakannut. Kemin laitokset olivat käytössä 17 vuotta. Iin Energian laitos Laitakari 1 otettiin käyttöön tammikuussa 1997 ja poistettiin käytöstä elokuussa 2010. Ormhällä, Ahvenanmaan ensimmäinen laitos Sottungassa, poistettiin käytöstä 18 käyttövuoden jälkeen.

Taulukko 3. Suomen puretut tuulivoimalaitokset siinä järjestyksessä kun ne on poistettu tilastosta. Vuoden 2010 aikana 5 laitosta poistettiin käytöstä, yhteensä 1,625 MW.

Kunta Nimi	Aloitus: kk.vv	Poistettu käytöstä: kk.vv	Valmistaja	Teho kW	Info
Inkoo Kopparnäs	11.86	01.95	DWT	300	Purettu (ei osallistunut tilastointiin)
Pelkosenniemi Pyhätunturi	10.93	09.01	Windworld	220	Siirretty Jalasjärvelle
Enontekiö Paljasselkä	02.91	08.02	Nordtank	65	Siirretty Huittisiin
Inkoo Barö 1–2	09.04	11.05	Enercon	2 x 2 000	Purettu (Saksaan)
Kalajoki Rahja 1–2	04.93	10.06	Nordtank	2 x 300	Poistettu käytöstä
Korsnäs Korsnäs 4	11.91	07.09	Nordtank	200	Poistettu käytöstä
Kemi Kemi 1–3	08.93	07.10	Nordtank	3 x 300	Purettu
li Laitakari 1	01.97	08.10	Nordtank	500	Poistettu käytöstä
Sottunga Ormhälla	01.92	08.10	Vestas	225	Purettu

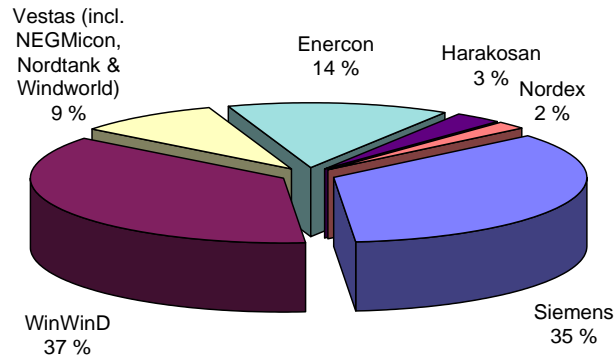
2.1 Tuulivoimalaitokset tyypeittäin

Tuulivoimalavalmistajien markkinaosuuksien kehittyminen Suomessa vuodesta 1991 esitetään kuvassa 2. Valmistajien markkinaosuudet Suomen koko tuulivoimakapasiteetista vuoden 2010 lopussa esitetään kuvassa 3. Suomessa käytössä olevien tuulivoimaloiden tyypit on koottu taulukkoon 4.



Kuva 2. Markkinaosuuksien kehitys Suomen tuulivoimakapasiteetista vuosina 1991–2010.

2. Tilastointiin osallistuvat laitokset



Kuva 3. Tuulivoimalavalmistajien markkinaosuudet Suomen tuulivoimakapasiteetista vuoden 2010 lopussa (197 MW).

Taulukko 4. Suomessa käytössä olevat tuulivoimalaitostyytit vuoden 2010 lopussa.

Valmistaja	Nimellisteho kW	Lukumäärä	Yhteensä kW
Siemens	3 600	8	28 800
WinWinD	3 000	20	60 000
Enercon	2 300	6	13 800
Siemens	2 300	5	11 500
Bonus*	2 300	5	11 500
Enercon	2 000	5	10 000
Harakosan*	2 000	3	6 000
Bonus*	2 000	1	2 000
Vestas	2 000	1	2 000
Nordex	1 300	3	3 900
WinWinD	1 000	13	13 000
Bonus*	1 000	10	10 000
NEG Micon*	750	7	5 250
Vestas	660	2	1 320
Bonus*	600	6	3 600
Enercon	600	4	2 400
Vestas	600	4	2 400
Nordtank*	600	2	1 200
NEG Micon*	600	1	600
Enercon	500	4	2 000
Nordtank*	500	3	1 500
Vestas	500	1	500
Bonus*	450	2	900
Nordtank*	300	5	1 500
NEG Micon*	250	1	250
Vestas	225	3	675
Windworld	220	1	220
Nordtank*	200	3	600
Nordtank*	75	1	75
		130	197 490

*Bonus on siirtynyt Siemensin omistukseen vuoden 2005 lopussa, Nordtank on ollut osa NEG Miconia ja vuodesta 2003 siirtynyt Vestaksen omistukseen. Harakosan on siirtynyt STX:n omistukseen.

3. Määritelmät ja tunnusluvut

Koska tuulivoimalaitokset ovat erikokoisia, niiden tuotantoja ei voi suoraan verrata toisiinsa. Tuulivoimalaitosten tuotantolukuja verrataan yleensä kahden tunnusluvun avulla: suhteuttamalla tuotanto nimellistehoon (huipunkäyttöaika kWh/kW eli h) tai roottorin pyörähdyspinta-alaan (kWh/m²). Mikäli tuulivoimalaitoksen vuosituotanto ylittää 1 000 kWh/m² tai huipunkäyttöaika on yli 2 400 h, on laitos tuottanut erittäin hyvin. Heikot tunnusluvut johtuvat huonoista tuulisuusolosuhteista, suuresta häiriötuntimäärästä tai teknisistä vioista. Heikot tuuliolosuhteet voivat johtua huonosta sijoituspaikasta tai keskimääräistä heikkotuulisemmasta vuodesta. On myös huomioitava, että laitos, jossa on suuri roottori suhteessa generaattorin kokoon (niin sanottu heikkojen tuulien laitos), antaa suuren huipunkäyttöajan mutta pienen tuotannon pyörähdyspinta-alaa kohden, kun taas erittäin tuulisille paikoille suunniteltu laitos (suuri generaattori suhteessa roottoriin) antaa päinvastaiset tunnusluvut.

$$\text{Tuotanto roottorin pyörähdyspinta-ala kohti } e \text{ (kWh/m}^2\text{): } e = \frac{Tuot.(kWh)}{\pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2}$$

$$\text{Kapasiteettikerroin CF: } CF = \frac{Tuot.(kWh)}{Nimellisteho(kW) \cdot \text{tunnit}(h)}$$

$$\text{Huipunkäyttöaika } t_h \text{ (h): } t_h = \frac{Tuot.(kWh)}{Nimellisteho(kW)}$$

Seisokkiaika (h): Aika, jolloin tuulivoimalaitoksella on käyttökatko huollon, vian, ohimenevän häiriön tai muun pysäytyksen vuoksi. Seisokkiaikaan ei lasketa laitoksen normaalitoimintaan kuuluvia aikoja, jolloin tuulen nopeus on alle laitoksen käynnistymisnopeuden (3–5 m/s) tai yli myrskyrajan (20–25 m/s), tai kun lämpötila on alle laitoksen toimintalämpötilarajan (–15...–30 °C riippuen laitoksesta). Seisokkiaikaan lasketaan mukaan sähköverkosta aiheutuneet seisokit, jotka eivät kuitenkaan vähennä laitoksen teknistä käytettävyyttä.

$$\text{Tekninen käytettävyys (\%): } \frac{\text{tunnit} - (\text{seisokkiaika} - \text{sähköverkkohäiriöt})}{\text{tunnit}}$$

Esim. tekninen käytettävyys vuodelta 2010: tunnit saavat arvon 8 760 h. Keskimääräinen käytettävyys kaikille laitoksille: seisokkiaika yhteensä pois lukien sähköverkkohäiriöt;

3. Määritelmät ja tunnusluvut

tunnit yhteensä kaikille laitoksille ottaen huomioon kesken vuotta aloittaneiden laitosten pienempi tuntimäärä.

Tuotantoindeksi (%): Sääasemalta mitattujen tuulennopeushavaintojen perusteella laskettu tuotanto suhteessa pitkän aikavälin havainnoista laskettuun keskimääräiseen tuotantoon. Tuulennopeushavainnot muutetaan keskitehoksi käyttäen 1 500 kW:n tuuli-voimalaitoksen tehokäyrää. Lämpötilan muutoksista johtuvan ilman tiheyden vaihtelun vaikutus tuotantoon otetaan huomioon.

Napakorkeus Z (m): korkeus maan pinnasta roottorin (ja navan) keskipisteeseen.

4. Tuulen energiasisältö

Tuulivoimalle on ominaista tuotannonvaihtelut tunti-, kuukausi- ja vuositasolla. Tuuli-voimatuotantoa arvioitaessa on siis huomioitava myös tarkasteltavan jakson tuulisuus (energiasisältö) verrattuna keskimääräiseen jaksoon.

Tuulienergialle on etsitty indeksi kuvaamaan jakson tuulisuutta verrattuna keskimääräiseen tuulisuuteen, hieman samaan tapaan kuin energiatilastojen astepäiväluku, joka kuvaa lämmitysenergian riippuvuutta ulkolämpötilasta. Indeksiksi on valittu tuotantoindeksi, joka saadaan laskennallisesti muuttamalla Ilmatieteen laitoksen sääasemilla mitatut tuulen nopeustiedot tuulivoimalaitoksen tehokäyrän avulla tehoarvoiksi.

Indeksit lasketaan neljältä sääasemalta, jotka on valittu kuvaamaan Suomen neljää merialuetta (mittausmaston korkeus ilmoitettu suluissa):

1. Suomenlahti: Helsinki Isosaari (17 m)
2. Ahvenanmaa ja Saaristomeri: Lemland Nyhamn (16 m)
3. Selkämeri: Kristiinankaupunki Karhusaari (36 m)
4. Perämeri: Hailuoto Marjaniemi (46 m).

Lapin tunturialueilta ei ole saatavilla pitkän ajan keskiarvon määrittämiseen vaadittavaa havaintoaineistoa, joten Lapin alueelle tuotantoindeksiä ei voida toistaiseksi määrittää.

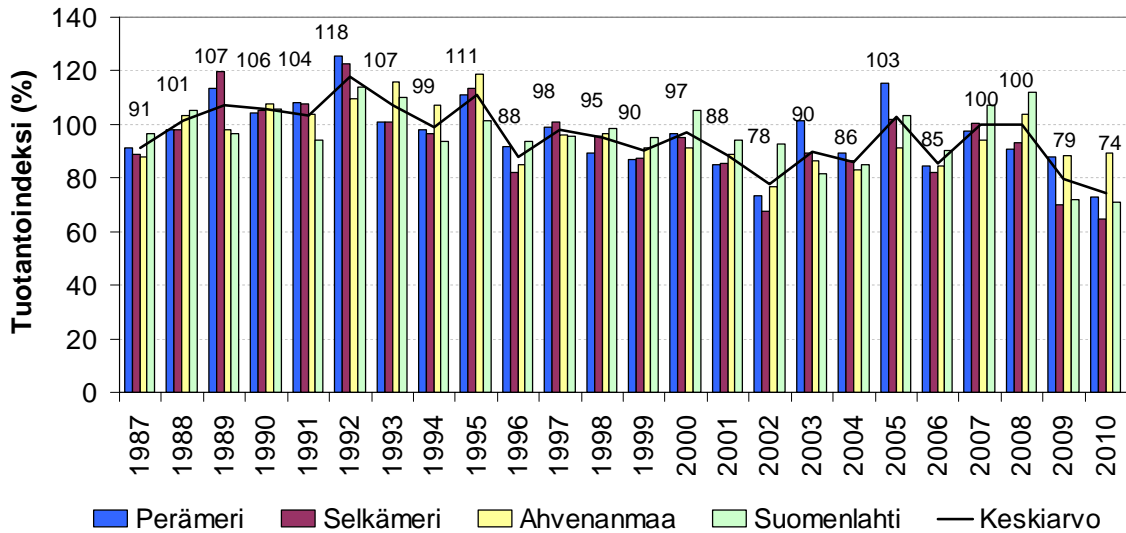
Ennen vuotta 2002 lasketuissa tuotantoindekseissä vertailujaksona käytettiin vuosia 1985–1995 ja indeksien laskennassa nimellisteholtaan 500 kW:n voimalan tehokäyrää. Vuoden 2002 aikana suoritetun tilastoinnin kehittämishankkeen yhteydessä päivitettiin tuotantoindeksien laskenta ja laskennassa käytetty vertailujakso. Vertailujaksoa pidentettiin aiemmin käytetystä 11 vuodesta 15 vuoteen ja vertailujaksoksi valittiin 1987–2001. Indeksien laskennassa käytetään vuodesta 2002 alkaen nimellisteholtaan 1 500 kW:n laitosta. Vuonna 2005 siirryttiin käyttämään Selkämeren indekseissä Kristiinankaupungin sääasemaa Valassaarten sijaan.

4.1 Tuotantoindeksit

Vuosi 2010 oli tuulisuudeltaan keskimääräistä tynempi koko maassa. Eri merialueiden tuulisuutta kuvaavat Ilmatieteen laitoksen laskemat tuotantoindeksit vuonna 2010 olivat seuraavat: Perämerellä 73 %, Selkämerellä 65 %, Ahvenanmaalla 89 % ja Suomenlahdella

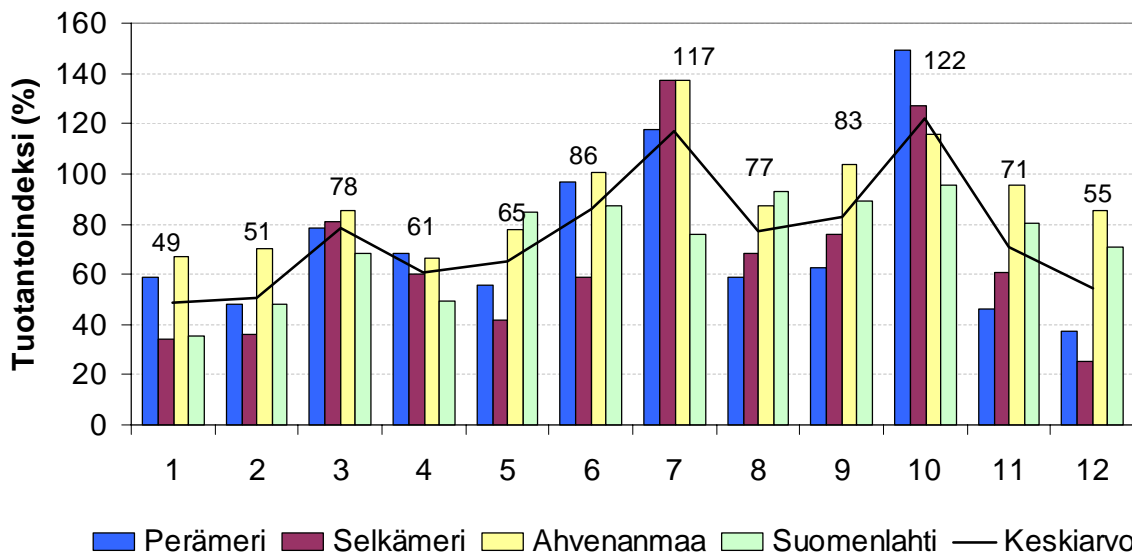
4. Tuulen energiasäilytys

71 % pitkän aikavälin keskimääräisestä tuotannosta. Vuosittaiset tuotantoindeksit sekä niiden keskiarvo esitetään kuvassa 4. Tuotantoindeksien keskiarvo vuonna 2010 oli 74 %. Indeksien tuotannolla painotettu keskiarvo, jossa on huomioitu, millä indeksialueilla tuotettiin tuulivoimaa, oli 73 %.



Kuva 4. Tuulivoiman tuotantoindeksit Suomen rannikolla vuosina 1987–2010. 100 % on keskimääräinen tuotanto vertailuajanjaksolla 1987–2001. Keskiarvo on merkitty viivalla ja numeroilla.

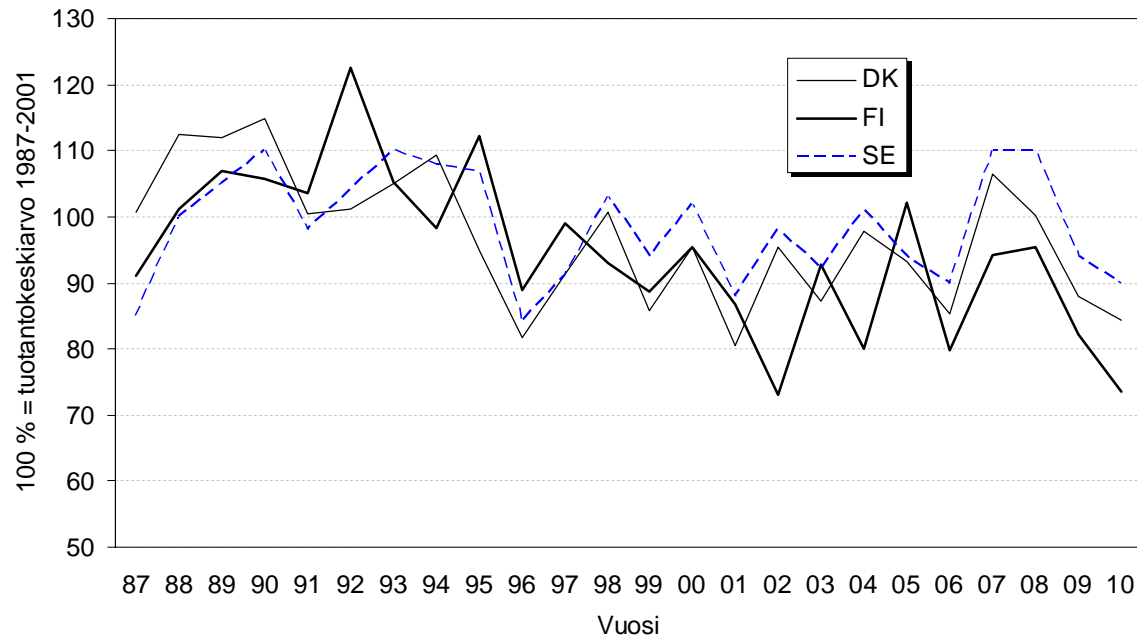
Kuukausitason indeksit vuodelta 2010 esitetään kuvassa 5. Kuvassa 100 % vastaa kunkin kuukauden keskimääräistä tuotantoa. Suurin osa kuukausiarvoista on ollut reilusti alle pitkän ajan keskimääräisen arvon. Poikkeus tähän ovat lokakuun ja heinäkuun arvot, jotka olivat noin 1,2 kertaa suuremmat kuin keskimäärin. Tämä näkyy myös tuotannossa: lokakuun tuotanto oli vuoden suurin, melkein 47 GWh.



Kuva 5. Kuukausittaiset tuotantoindeksit v. 2010 neljältä sääasemalta. 100 % on keskimääräinen kuukausituotanto vertailuajanjaksolla 1987–2001. Keskiarvo on merkitty viivalla ja numeroilla.

4.2 Tuotantoindeksit Pohjoismaissa

Tuuliolosuhteet vaihtelevat sekä Suomen eri merialueilla että eri Pohjoismaissa. Vertailu Ruotsin ja Tanskan tuotantoindekseihin esitetään kuvassa 6 [1, 2].



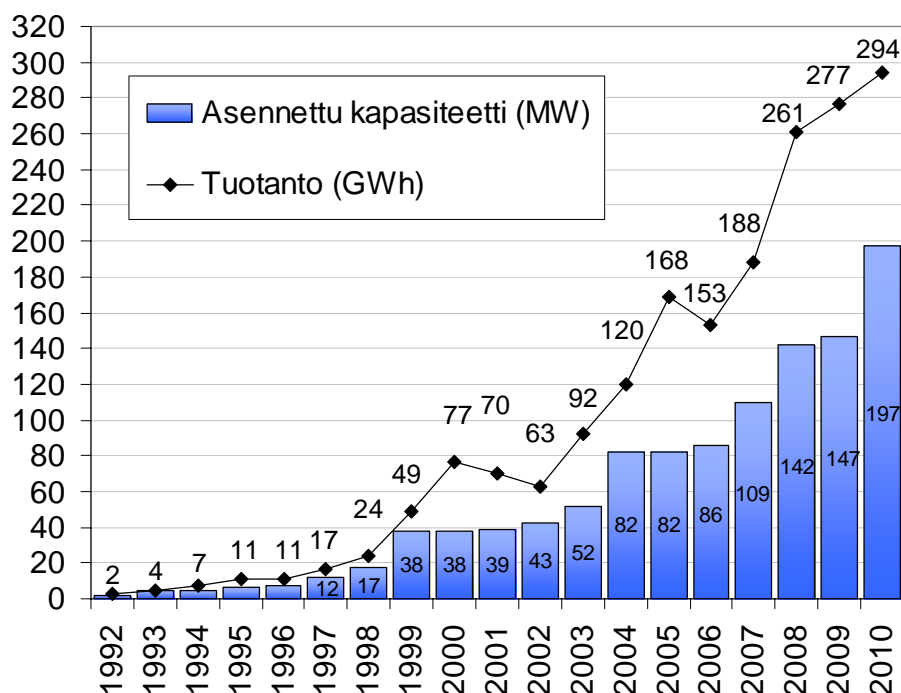
Kuva 6. Tuuliolosuhteiden vuosivaihtelu Suomessa (FI), Ruotsissa (SE) ja Tanskassa (DK). Tuulivoiman tuotantoindeksit 1987–2010.

5. Asennetun tehon ja tuotannon kehitys

Vuoden 2010 tuotantotilasto tuulivoimalaitoksittain esitetään taulukkona liitteessä 2.

5.1 Teho ja sähköntuotanto

Suomen tuulivoimakapasiteetti vuoden 2010 lopussa oli 197 MW. Vuonna 2010 pystytettiin 52,3 MW, mikä on tähän asti suurin kapasiteetin vuosittainen kasvu. 1,625 MW poistettiin käytöstä vuoden aikana, eli kokonaiskapasiteetti kasvoi 50,675 MW:lla (35 %). Kapasiteetin suhteellinen kasvu on ollut suurinta vuonna 1999 (yli 100 %). Suomen tuulivoimalaitosten yhteenlaskettu tuotanto vuonna 2010 oli 294 GWh. Tuotanto kasvoi 17 GWh (6 %) vuoteen 2009 verrattuna. Tuotannon kehitys 1992–2010 esitetään käyränä kuvassa 7. Samassa kuvassa näkyy pylväinä asennettu kapasiteetti vuoden lopussa. Asennetun kapasiteetin kehitys näkyy taulukossa 5. Tuotantotilastoinnissa käytetään suurimmasta osasta voimaloita nettotuotantoja (laitoksen omakäyttösähkö on vähennetty).



Kuva 7. Asennetun tuulivoimakapasiteetin ja tuotannon kehitys Suomessa vuosina 1992–2010.

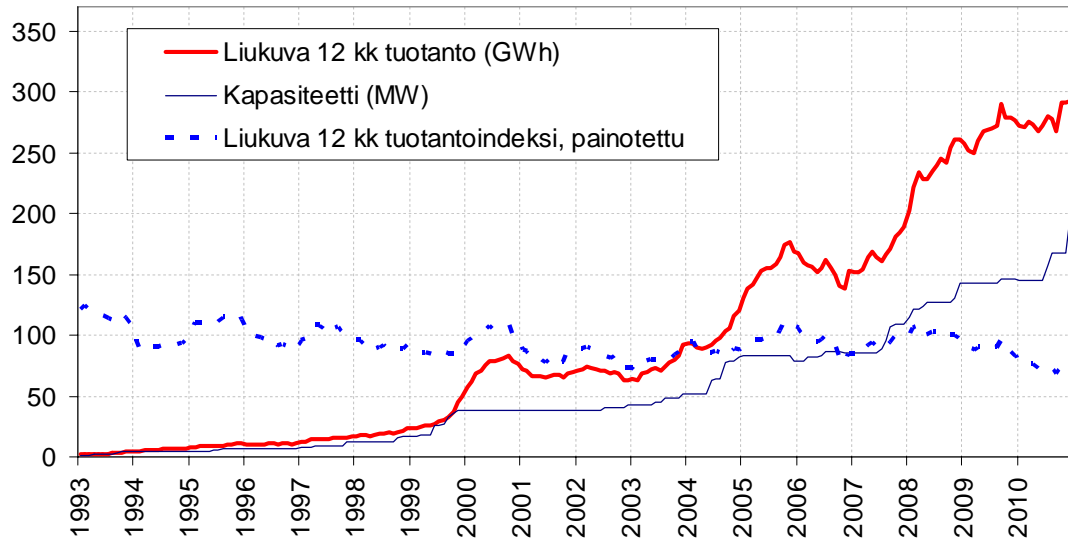
Taulukko 5. Suomen tuulivoimakapasiteetin kehitys vuosina 1991–2010.

Vuosi	Uusi kapasiteetti		Käytöstä poistettu		Vuoden lopussa	
	MW	lkm.	MW	lkm.	MW kumul.	lkm.
1991	0,865	5			1,2	6
1992	0,225	1			1,4	7
1993	3,22	11			4,6	18
1994	0	0			4,6	18
1995	2	4	0,3	1	6,3	21
1996	0,9	2			7,2	23
1997	4,6	8			11,8	31
1998	5,55	9			17,4	40
1999	20,56	23			37,9	63
2000	0	0			37,9	63
2001	1	1	0,22	1	38,7	63
2002	4	2	0,065	1	42,6	64
2003	9,5	12			52,1	76
2004	29,95	16			82,1	92
2005	4,135	4	4	2	82,2	94
2006	4	2	0,6	2	85,6	94
2007	23,8	11			109,4	105
2008	33	11			142,4	116
2009	4,6	3	0,2	1	146,8	118
2010	52,3	17	1,625	5	197,5	130

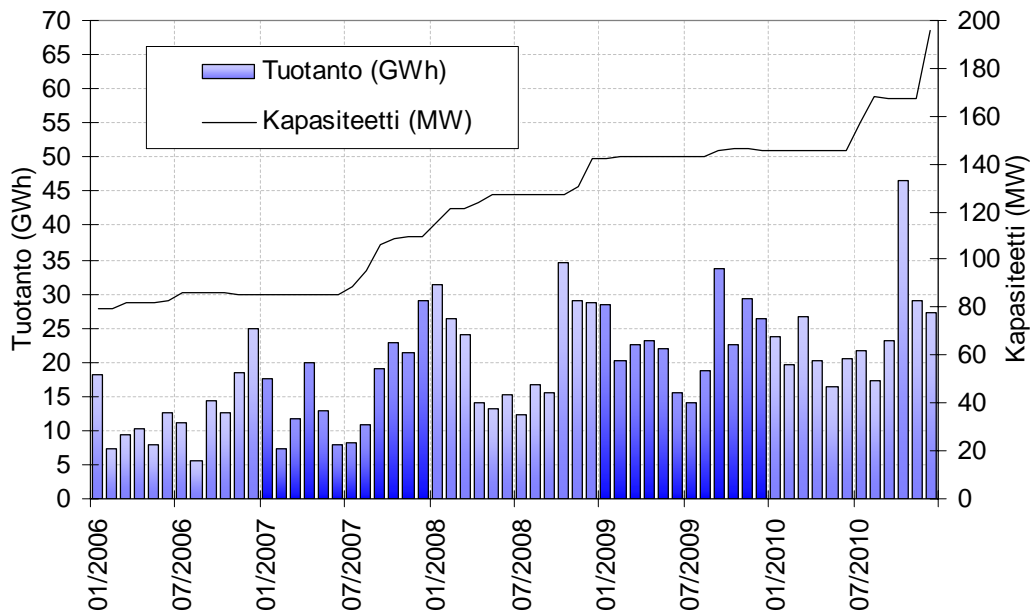
Kuvassa 8 vuosituotannot esitetään liukuvana 12 kk:n summana. Vuoden 2010 joulukuussa saavutettiin tähän mennessä suurin 12 kk:n tuulivoimatuotanto (294 GWh). Kuvaan on piirretty myös tuotantoindeksit samanlaisina liukuvina 12 kk:n arvoina. Tuotantoindekseistä on laskettu yksi luku kuvaamaan Suomea siten, että neljää indeksiä on painotettu indeksialueille asennetun kapasiteetin mukaan.

Kuvassa 9 näkyy Suomen kuukausittainen tuulivoimatuotanto sekä kapasiteetin kasvu neljän viimeisen vuoden ajalta. Koko Suomen tuulivoimaloiden kuukausituotanto vaihteli 17 ja 47 GWh välillä vuonna 2010.

5. Asennetun tehon ja tuotannon kehitys



Kuva 8. Suomen tuulivoiman vuosituotanto 1992–2010 kuukausittain liukuvana 12 kk summana. Kuukauden lopussa asennettu kapasiteetti näkyy ohuempana viivana. Neljästä tuotantoindeksistä on painotettu keskiarvo sen mukaan, mille alueille on asennettu tuulivoimakapasiteettia.



Kuva 9. Tuulivoiman tuotanto ja kapasiteetin kehitys Suomessa kuukausittain vuosina 2006–2010.

5.2 Euroopan tuulivoimakapasiteetti

Euroopan tuulivoimakapasiteetti vuoden 2010 lopussa oli noin 86 000 MW (EU:n alueella 84 000 MW), josta vuoden 2010 aikana rakennettiin melkein 10 000 MW. Maailman tuulivoimakapasiteetti vuoden 2010 lopussa oli noin 197 000 MW. Taulukossa 6 esitetään Euroopan tuulivoimakapasiteetin kehitys maittain vuosina 2003–2010. Suomi on Euroopan sijalla 19 asennetussa tuulivoimakapasiteetissa. Vuonna 2010 Euroopassa

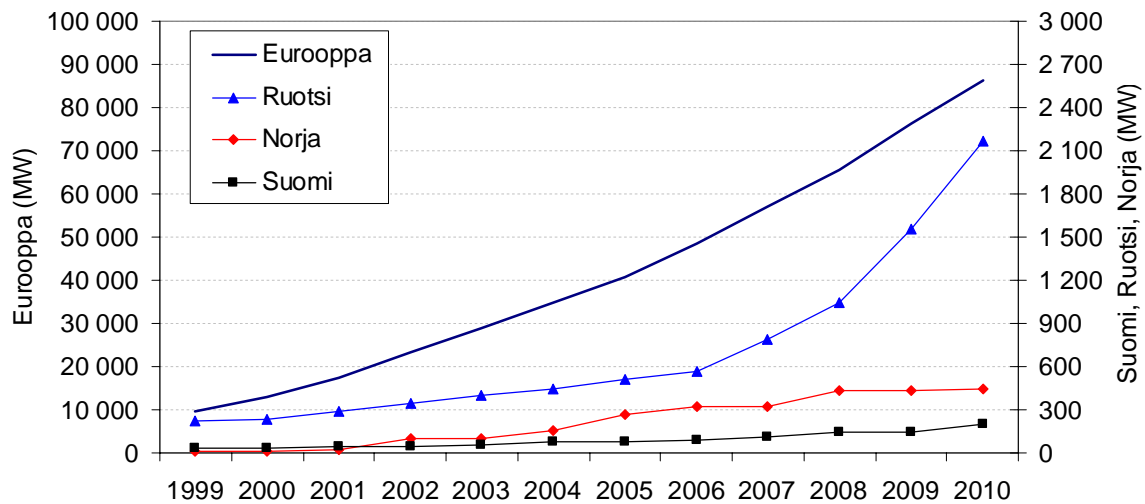
rakennetusta tuulivoimakapasiteetista valtaosa rakennettiin Saksaan, Espanjaan, Italiaan, Ranskaan ja Britanniaan (yli 6 000 MW).

Tuulivoimakapasiteetin kehitys Ruotsissa, Norjassa ja Suomessa esitetään kuvassa 10. Samaan kuvaan on merkitty myös Euroopan tuulivoimakapasiteetin kehitys.

Taulukko 6. Euroopan tuulivoimakapasiteetti [3]. Muu Eurooppa sisältää Turkin (1 329 MW).

MW	Kapasiteetti vuoden lopussa							
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Saksa	14 609	16 629	18 415	20 622	22 247	23 897	25 777	27 214
Espanja	6 203	8 264	10 028	11 623	15 131	16 689	19 160	20 676
Italia	905	1 266	1 718	2 123	2 726	3 736	4 849	5 797
Ranska	257	390	757	1 567	2 454	3 404	4 574	5 660
Britannia	667	904	1 332	1 962	2 406	2 974	4 245	5 204
Portugali	296	522	1 022	1 716	2 150	2 862	3 535	3 898
Tanska	3 116	3 118	3 128	3 136	3 125	3 163	3 465	3 752
Hollanti	910	1 079	1 219	1 558	1 747	2 225	2 215	2 237
Ruotsi	399	442	509	571	788	1 048	1 560	2 163
Irlanti	190	339	496	746	795	1 027	1 310	1 428
Kreikka	383	473	573	746	871	985	1 087	1 208
Puola	63	63	83	153	276	544	725	1 107
Itävalta	415	606	819	965	982	995	995	1 011
Belgia	68	96	167	194	287	415	563	911
Norja	101	160	267	325	326	429	431	441
Bulgaria	0	10	10	36	57	120	177	375
Unkari	3	3	17	61	65	127	201	295
Tshekki	9	17	28	54	116	150	192	215
Suomi	52	82	82	86	109	142	147	197
Liettua	0	6	6	48	51	54	91	154
Viro	2	6	32	32	59	78	142	149
Kypros	0	0	0	0	0	0	0	82
Luxemburg	22	35	35	35	35	35	35	42
Sveitsi	5	9	12	12	12	14	18	42
Latvia	27	27	27	27	27	27	28	31
Muu Eurooppa	136	104	109	176	270	584	940	1 974
Eurooppa	28 838	34 650	40 893	48 574	57 111	65 724	76 462	86 263

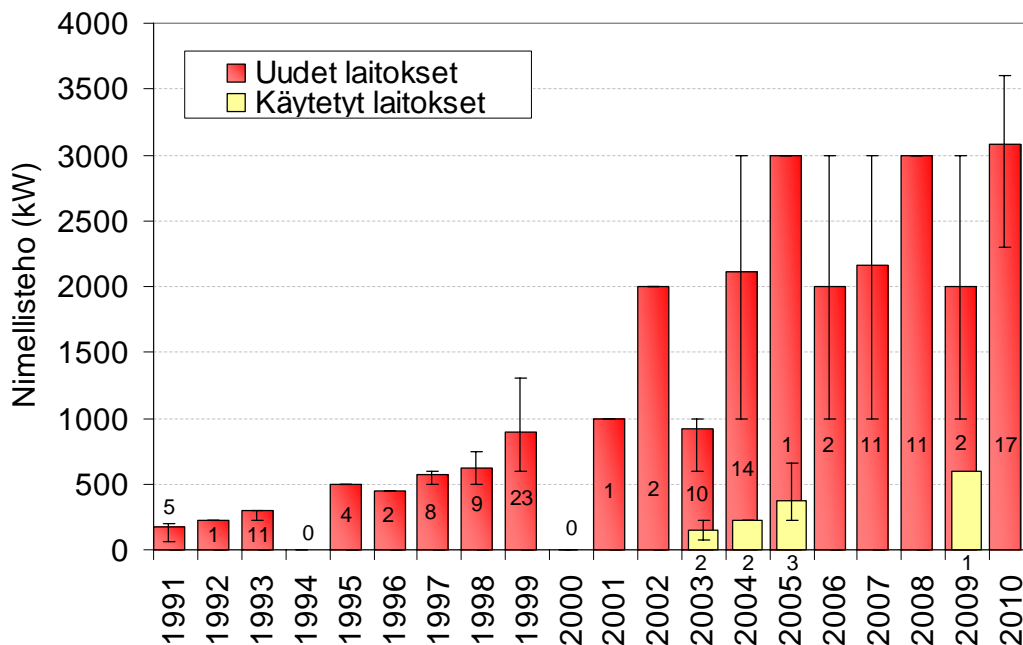
5. Asennetun tehon ja tuotannon kehitys



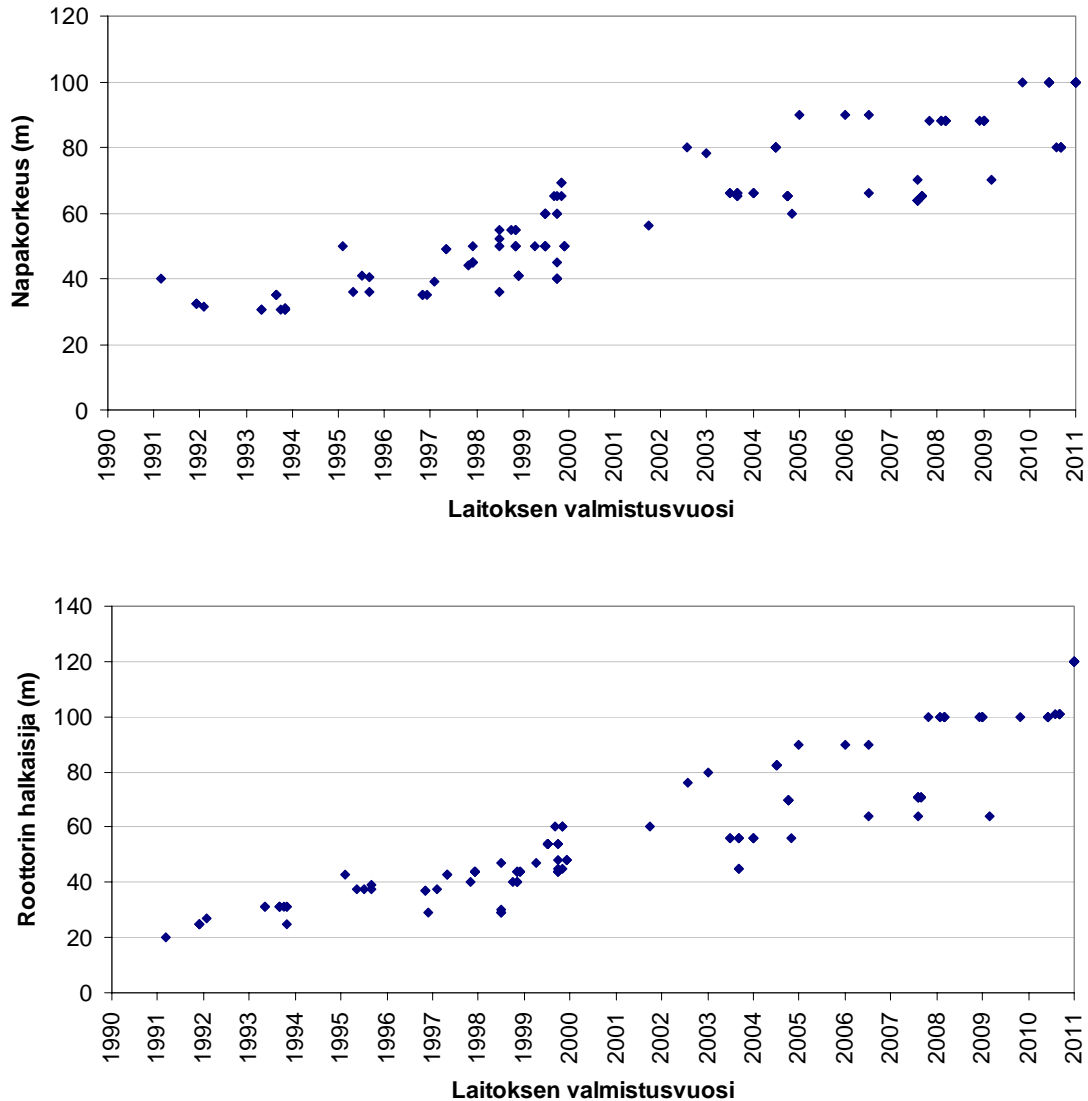
Kuva 10. Tuulivoimakapasiteetin kehitys Suomessa, Ruotsissa, Norjassa ja Euroopassa.

5.3 Laitoskoon kehitys

Asennetun uuden kapasiteetin keskiteho on kasvanut 170 kW:sta (vuonna 1991) 3 080 kW:iin (vuonna 2010). Vuodesta 2003 käytettynä ostettujen laitosten huomattavasti pienemmät laitoskoot vaikuttavat jonkin verran keskitehoon; tämän vuoksi ne on eritelty kuvassa 11. Vuoden 2010 lopussa Suomen tuulivoimalaitosten keskikoko oli 1 519 kW (130 laitosta, yht. 197 MW). Ilman käytettynä ostettuja laitoksia keskiteho oli 1 587 kW (123 laitosta, yht. 195 MW). Laitosten korkeus ja roottorin halkaisija näkyvät kuvassa 12.



Kuva 11. Vuosittain asennetun tuulivoimakapasiteetin keskitehon kehitys 1991–2010 ja vuosittain asennetun kapasiteetin koonvaihtelu, erikseen uusille ja käytettynä ostetuille laitoksille. Laitosten lukumäärä näkyy numerona pylvään sisällä.



Kuva 12. Laitoskorkeuden ja roottorin halkaisijan kehitys Suomessa tuulivoimalaitoksen iän mukaan.

5.4 Tunnuslukuja

Eri vuosien tuotantotietojen vertailemiseksi laitosten yhteenlasketusta tuotannosta on laskettu keskimääräiset tunnusluvut taulukkoon 7. Taulukossa on myös yksittäisten laitosten maksimi- ja minimiarvot (eniten tuottanut laitos ja vähiten tuottanut laitos). Laskelmiin on otettu mukaan ainoastaan ne laitokset, jotka ovat olleet koko vuoden toiminnassa. Etelä-Suomen sisämaahan pystytetyt alle 300 kW:n laitokset eivät ole mukana. Vihreäsaari 2 on ensimmäinen Winwind 3 MW koelaitos eikä ole mukaan tarkasteluissa. Vuosina 2007–2008 luvuissa eivät ole mukana 3 MW:n laitokset. Kesällä 2004 tulipalossa tuhoutunut laitos ei ole mukana vuoden 2004 luvuissa. Taulukossa 7 esitetyt painotetut tuotantoindeksit ovat vertailukelpoisia, eli tässä on käytetty samaa indeksiin vertailujaksoa 1987–2001 ja Selkämeren aseman tietoja kaikille vuosille.

5. Asennetun tehon ja tuotannon kehitys

Taulukko 7. Koko vuoden toiminnassa olleiden voimalaitosten tuotantoluvuista laskettuja tunnuslukuja vuosilta 2003–2010. Sisämaan käytettynä ostetut laitokset eivät ole mukana luvuissa.

Vuosi	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Laitosten nimellisteho yht. (MW)	43	51	75	75	76	96	138	141
Laitosten lukumäärä	64	73	87	87	86	96	109	106
Vuosituotanto yht. (MWh)	84 619	98 134	159 977	140 578	153 527	203 119	269 808	263 383
Eniten tuottaneen laitoksen tuotanto	6 578	5 697	7 035	6 420	6 784	7 493	7 728	8 405
Vähiten tuottaneen laitoksen tuotanto	259	258	317	196	153	256	152	104
Huipunkäyttöaika keskimäärin (h)	1 985	1 942	2 063	1 789	1 953	1 944	1 744	1 654
Suurin huipunkäyttöaika	3 289	2 848	3 518	3 210	3 392	3 258	2 888	2 824
Pienin huipunkäyttöaika	862	861	696	536	674	909	305	174
Tuotanto pyyhkäisy-pinta-alaa kohti	789	760	861	746	813	846	747	705
Suurin tuotanto kWh/m ²	1 450	1 256	1 551	1 415	1 495	1 893	1 678	1 641
Pienin tuotanto kWh/m ²	343	342	319	246	268	361	139	72
Kapasiteettikerroin keskimäärin	0,22	0,21	0,24	0,20	0,22	0,22	0,20	0,19
Suurin kapasiteettikerroin	0,38	0,32	0,40	0,37	0,39	0,37	0,33	0,32
Pienin kapasiteettikerroin	0,10	0,10	0,08	0,06	0,08	0,10	0,03	0,02
Tuotantoindeksi keskimäärin*	93 %	87 %	107 %	84 %	99 %	97 %	83 %	74 %

* Laitosten tuotannolla painotettu keskiarvo Perämeren, Selkämeren, Suomenlahden ja Ahvenanmaan tuotantoindekseistä.

Taulukossa 7 on esitetty laitosten kapasiteettikerrointen keskiarvo (0,19 vuodelle 2010). Laskettaessa kapasiteettiarvo koko Suomen tuulivoimatuotannolle suhteessa asennettu tehoon saadaan kapasiteettikerroin 0,21. Näiden arvojen ero johtuu siitä, että isommilla laitoksilla on korkeampi kapasiteettikerroin kuin pienillä ja pieniä laitoksia on lukumääräisesti enemmän kuin mitä niiden osuus tuotannosta on.

Keskimääräinen huipunkäyttöaika vuonna 2010 oli 1 654 h/a, ja kun otetaan vain yli 90 % käytettävyydellä toimineet laitokset 1 952 h/a. Taulukkoon 8 on tehty sama laskenta niin, että on poistettu niiden voimaloiden tuotanto, joiden käytettävyys on ollut heikko (< 90 %).

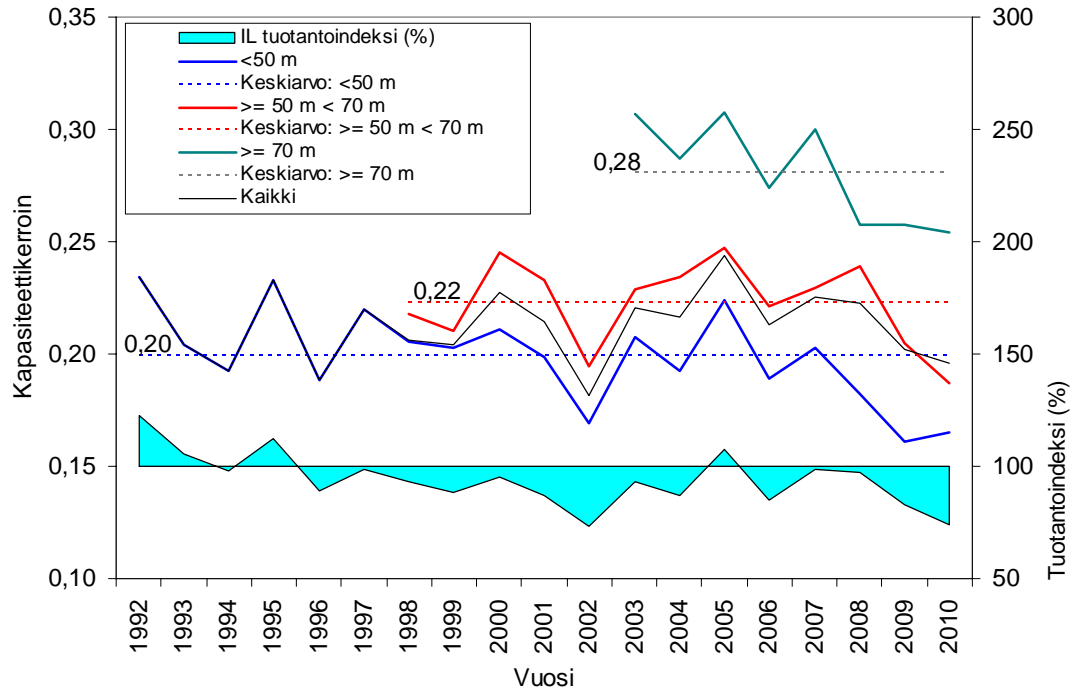
Taulukko 8. Tilastointiin osallistuvien standardilaitosten tuotantoluvuista laskettuja tunnuslukuja vuosilta 2003–2010, kun mukana ovat ainoastaan laitokset, joiden käytettävyys on ollut yli 90 %.

Vuosi	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Laitosten nimellisteho yht. (MW)	37	44	68	61	67	90	74	74
Laitosten lukumäärä	54	63	76	67	73	87	69	55
Vuosituotanto yht. (MWh)	75 719	89 672	147 697	119 369	139 794	191 262	158 635	161 234
Eniten tuottaneen laitoksen tuotanto	6 578	5 697	7 035	6 420	6 784	7 493	7 728	8 405
Vähiten tuottaneen laitoksen tuotanto	279	281	343	239	295	256	182	255
Huipunkäyttöaika keskimäärin (h)	2 067	2 036	2 134	1 900	2 035	1 978	1 877	1 952
Suurin huipunkäyttöaika	3 289	2 848	3 518	3 210	3 392	3 258	2 888	2 824
Pienin huipunkäyttöaika	1 341	936	1 091	797	985	909	802	1 079
Tuotanto pyyhkäisy-pinta-alaa kohti	836	796	889	790	846	868	806	848
Suurin tuotanto kWh/m ²	1 450	1 256	1 551	1 415	1 495	1 893	1 678	1 641
Pienin tuotanto kWh/m ²	586	372	455	317	391	361	319	386
Kapasiteettikerroin keskimäärin	0,23	0,22	0,24	0,22	0,23	0,23	0,21	0,22
Suurin kapasiteettikerroin	0,38	0,32	0,40	0,37	0,39	0,37	0,33	0,32
Pienin kapasiteettikerroin	0,15	0,11	0,12	0,09	0,11	0,10	0,09	0,12
Tuotantoindeksi keskimäärin*	93 %	87 %	107 %	84 %	99 %	97 %	83 %	74 %

* Laitosten tuotannolla painotettu keskiarvo Perämeren, Selkämeren, Suomenlahden ja Ahvenanmaan tuotantoindekseistä.

Kuvassa 13 näkyy keskimääräinen kapasiteettikerroin eri vuosina erikseen korkeille ja matalille laitoksille sekä tuotantoindeksi. Tuulivoimaloiden suorituskyvyn parantuminen selittyy toisaalta megawattiluokan korkeilla voimaloilla, toisaalta paremmin valituilla sijoituspaikoilla.

5. Asennetun tehon ja tuotannon kehitys



Kuva 13. Korkeammat tuulivoimalaitokset tuottavat enemmän. Laitosten keskiteho (prosenttina nimellistehosta, ns. kapasiteettikerroin) kaikista laitoksista sekä erikseen laitoksista, joiden tornin korkeus on yli 70 m, 50 ja 70 m välillä ja alle 50 m. Mukana laitokset, joiden käytettävyys on ollut yli 80 % ja jotka ovat olleet tuotannossa koko vuoden.

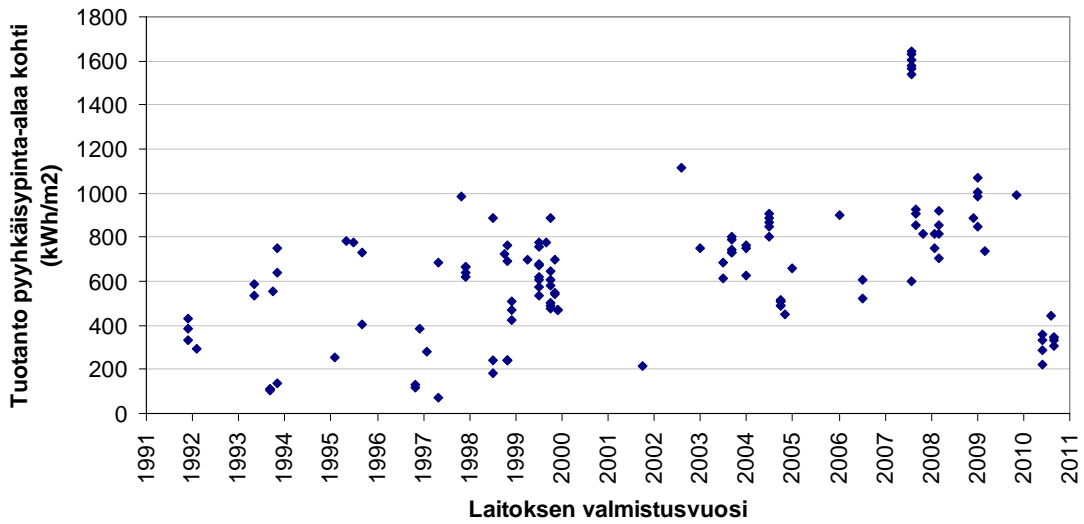
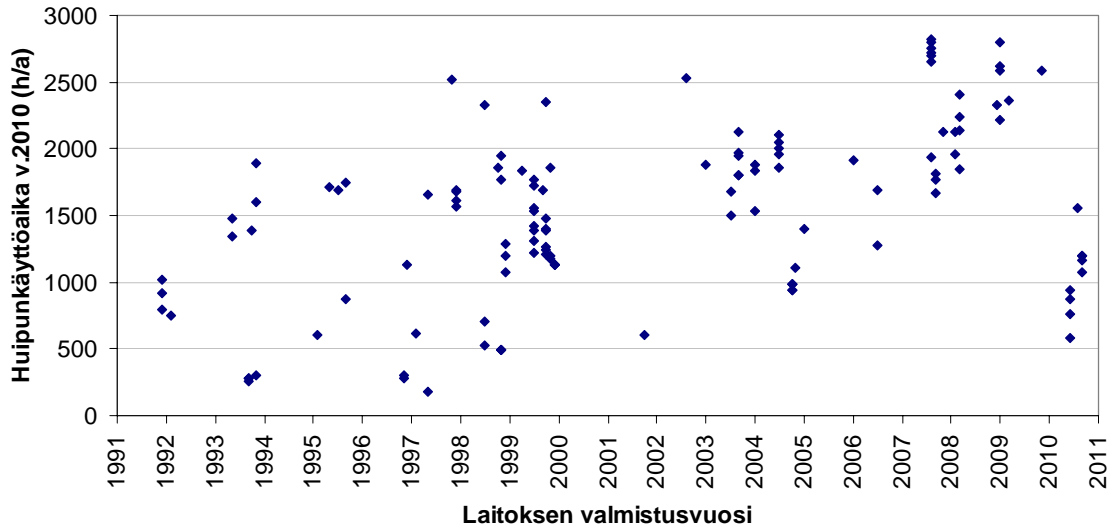
6. Tuotantovertailuja vuodesta 2010

6.1 Tuotannon tunnusluvut vuonna 2010

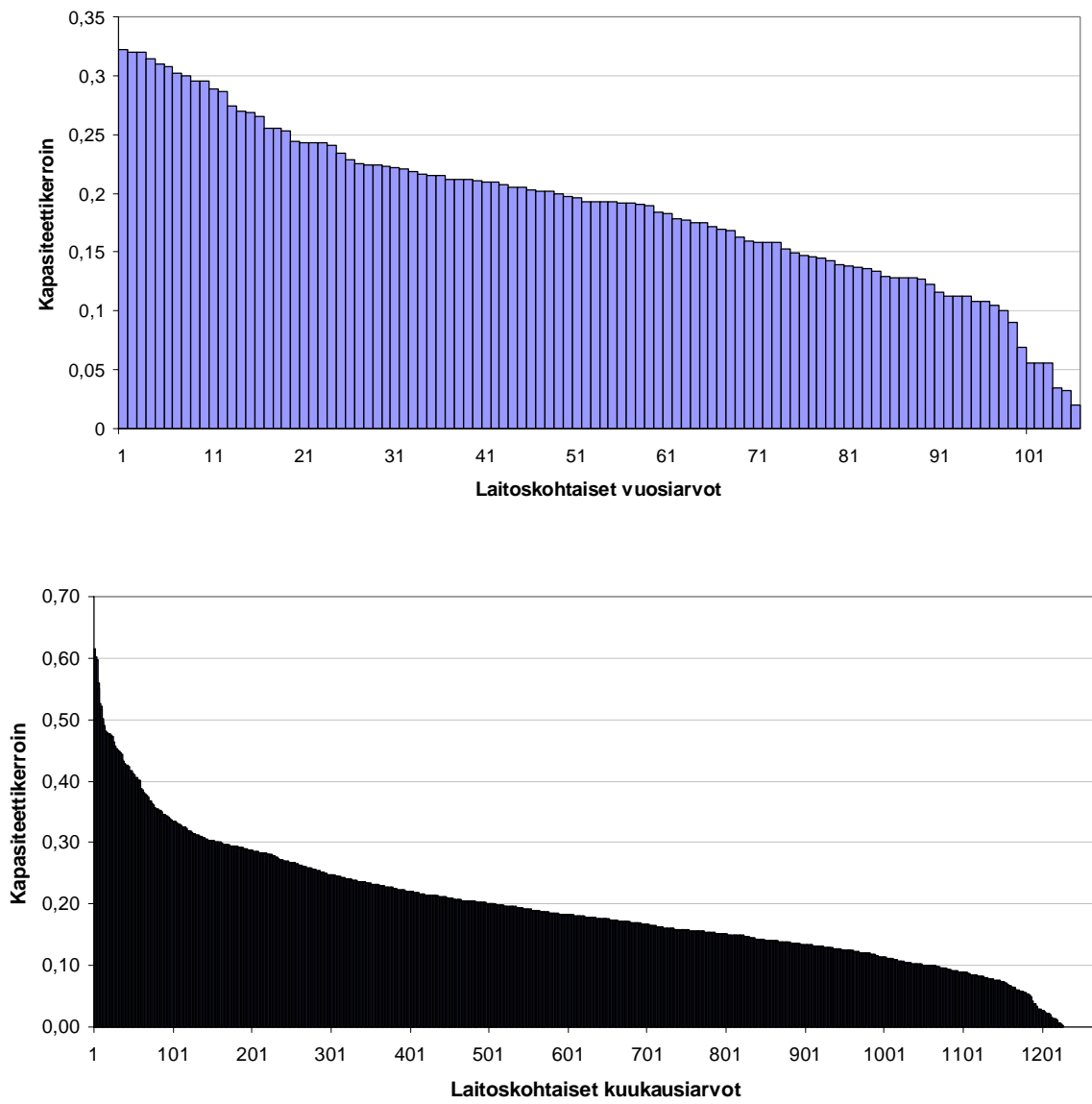
Nimellisteholtaan erikokoisten tuulivoimaloiden tuotantolukujen vertailemiseksi on laskettu tunnuslukuja, joiden avulla laitosten suorituskyvyn vertaileminen helpottuu. Kuvassa 14 esitetään kaikkien laitosten tuotantojen tunnusluvut laitosten iän mukaan ja kuvassa 15 ovat kapasiteettikerrointen laitoskohtaiset vuosi- ja kuukausiarvot. Kuvista on nähtävissä trendi, että uusimmat laitokset tuottavat paremmin. Vuoden 2010 aikana aloittaneet laitokset ovat ennättäneet toimia vain osan vuotta eivätkä siksi ole vertailukelpoisia. Hyvin tuottaneet laitokset yltyvät yli 2 400 tunnin huipunkäyttöaikaan ja yli 1 000 kWh/m² tuotantoon pyyhkäisyypinta-alaa kohti. 30 parhaan laitoksen tunnusluvut esitetään kuvissa 16 ja 17.

13 parasta laitosta ylitti 2 400 tunnin huipunkäyttöajan rajan ja 9 laitosta 1 000 kWh/m² rajan. 30 parhaan laitoksen joukosta 83 % on nimellisteholtaan 1 MW tai yli – näiden laitosten osuus kaikista Suomen laitoksista on 56 %. Parhaat laitokset sijaitsevat Ahvenanmaalla (Båtskärillä, Kökarilla, Föglössä ja Sottungassa), Meri-Porin Tahkoluodossa, Raahessa, Oulunsalossa sekä Kemissä. Kun laitosten tuotantoa verrataan suhteutettuna roottorin pyyhkäisyypinta-alaan (kuva 17) nimellistehon sijaan, keskinäinen järjestys muuttuu jonkin verran. Huipunkäyttöajan ja pyyhkäisyypinta-alan perusteella laskettuihin tunnuslukuihin vaikuttaa laitostyyppiin valittu lavan pituus suhteessa generaattorin nimellistehoon. Båtskärin laitoksilla oli tänäkin vuonna erinomaiset arvot tuotannossa roottorin pinta-alaa kohti: 1 640 kWh/m². Laitokset on mitoitettu kovatuuliselle sijoi- tuspaikalle (lavan pituus pieni suhteessa generaattorin kokoon). Ennen vuotta 2010 parhaat Suomessa saavutetut tunnusluvut olivat Meri-Pori 9:n 3 518 h/a vuodelta 2005 ja Båtskär 4:n 1 893 kWh/m² vuodelta 2008.

6. Tuotantovertailuja vuodesta 2010

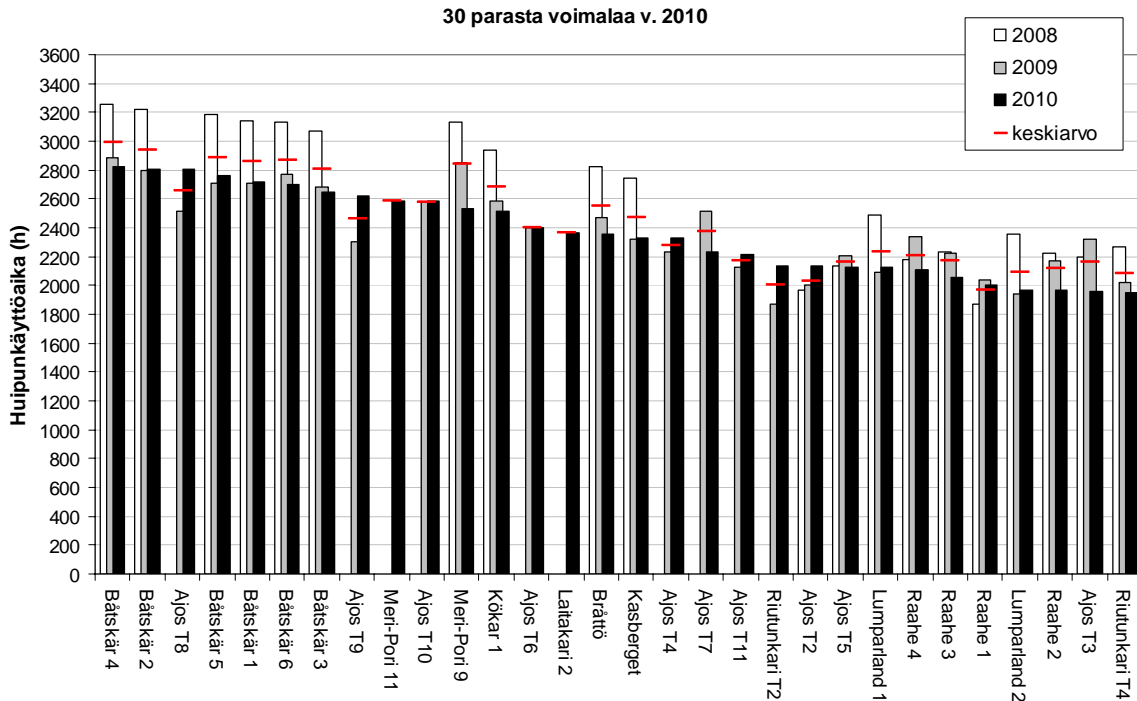


Kuva 14. Kaikkien laitosten tuotanto vuonna 2010 huipunkäyttöaikana ja suhteessa pyyhkäisyypinta-alaan (Vuoden 2010 aloittaneet laitokset olivat vain osan vuotta toiminnassa. Tornion uudet laitokset eivät ole tässä vertailussa mukana, koska niiden tuotanto alkoi vasta vuoden viimeisinä päivinä).

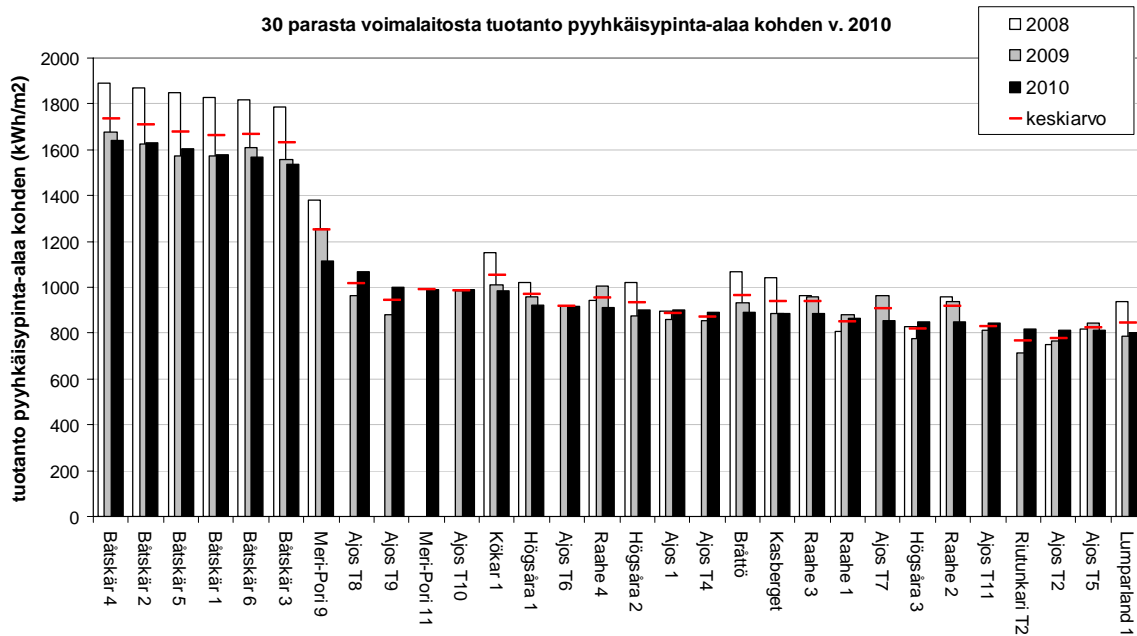


Kuva 15. Kapasiteettikerrointen laitoskohtaiset vuosi- ja kuukausiarvot vuodelta 2010.

6. Tuotantovertailuja vuodesta 2010



Kuva 16. Suomen 30 parasta tuulivoimalaitosta vuoden 2010 huipunkäyttöajan mukaisessa järjestyksessä. Vuosien 2008 ja 2009 huipunkäyttöajat näkyvät vaaleampina pylväinä ja kolmen vuoden keskiarvo vaakasuoralla viivalla.

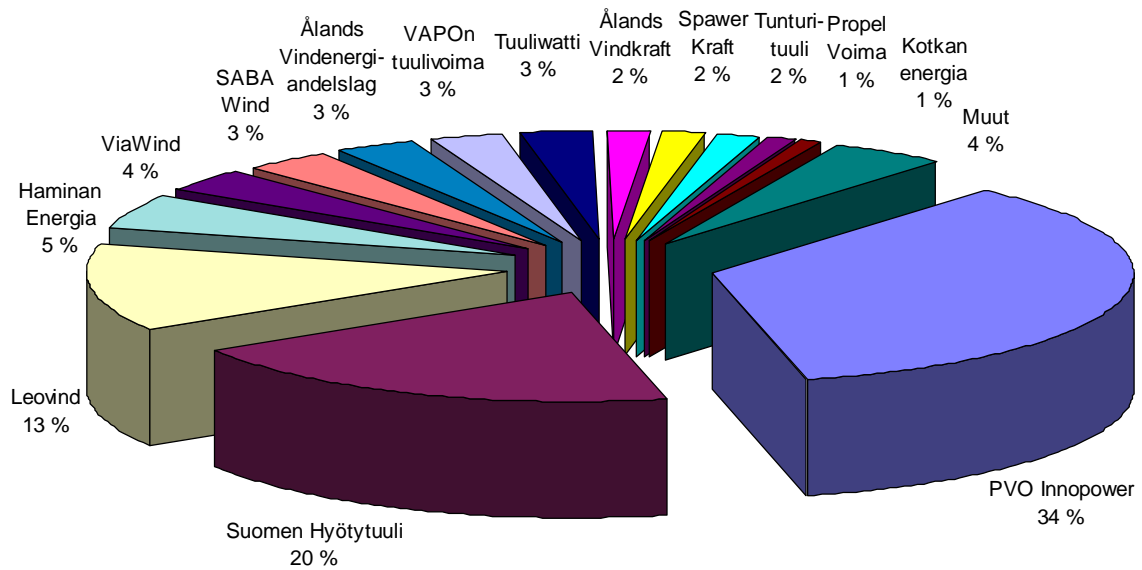


Kuva 17. Suomen 30 parasta tuulivoimalaitosta järjestettynä vuoden 2010 ominaistuotannon (tuotanto pyyhkäisy-pinta-alaa kohden) mukaan.

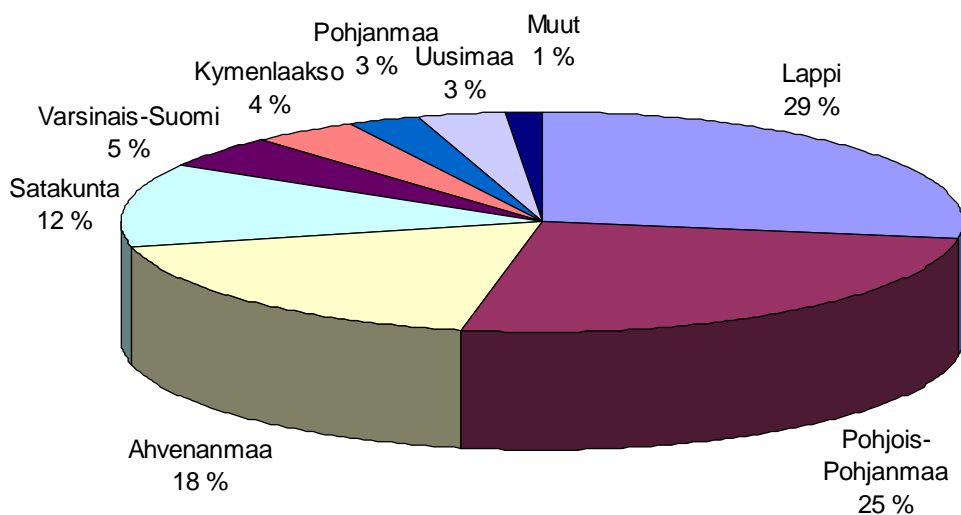
6.2 Tuotannon jaotteluja vuodelta 2010

Tuulivoiman tuotanto vuonna 2010 jaoteltuna omistajien mukaan esitetään kuvassa 18. Suurimmat tuulivoimatuottajat olivat PVO Innopower (34 % Suomen tuulisähköstä), Suomen Hyötytuuli (20 %), Leovind (13 %), Haminan Energia (5 %) ja ViaWind (4 %).

Tuulivoimatuotannon jakautuminen maakunnittain esitetään kuvassa 19. Vuonna 2010 eniten tuulisähköä tuotettiin Lapissa (29 %) ja toiseksi eniten Pohjois-Pohjanmaalla (25 %). Kymenlaakso osuus kasvoi eniten verrattuna vuoteen 2009.



Kuva 18. Tuulivoimatuottajien osuudet tuotetusta tuulisähköstä (yhteensä 294 GWh) vuonna 2010.



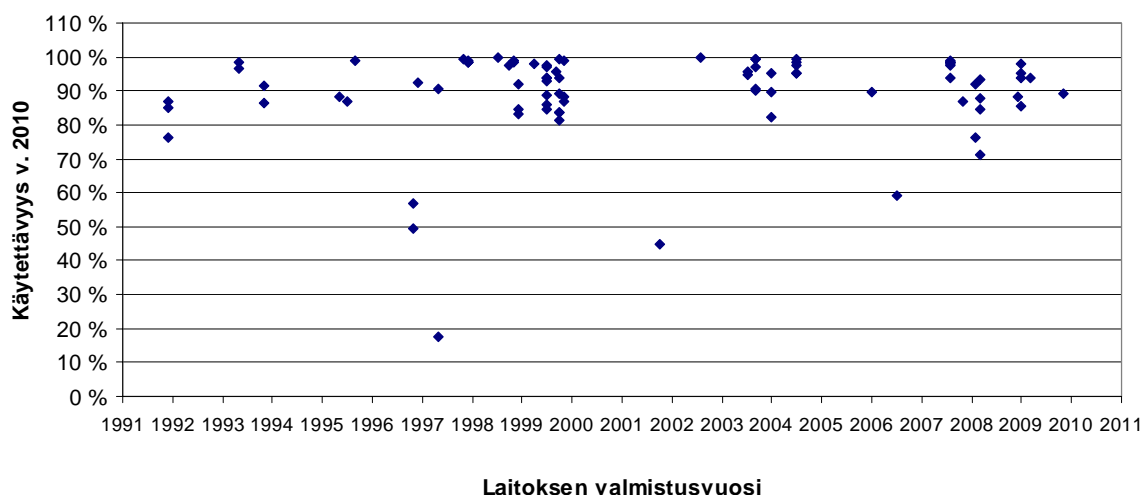
Kuva 19. Tuulivoimatuotannon alueellinen jakautuminen vuonna 2010.

7. Käyttökatkot

Suomen tuulivoimaloiden keski-ikä oli vuoden 2010 lopussa 8,3 vuotta (130 laitosta). Vikatilastoissa ei ole mukana vuoden 2010 aikana rakennettuja laitoksia eikä sisämaan käytettyjä laitoksia. Vihreäsaari 2 on ensimmäinen Winwind 3 MW -koelaitos eikä ole mukaan tarkasteluissa. Vuonna 2010 näiden lisäksi oli yhdeksäntoista laitosta, jotka eivät raportoineet seisokkiaikoja koko vuodelta, joten vikatilastoissa on mukana yhteensä 86 laitosta (115 MW).

7.1 Tekninen käytettävyys

Viimeisten kymmenen vuoden aikana keskimääräinen käytettävyys on vaihdellut 89 %:n ja 96 %:n välillä eri vuosina. Vuonna 2010 keskimääräinen tekninen käytettävyys oli 89 % (91 % vuonna 2009). Tekninen käytettävyys esitetään laitosiän mukaisessa järjestyksessä kuvassa 20. Teknisessä käytettävyydessä ei ole otettu huomioon sähköverkon aiheuttamia käyttökatoja. Muut tuotantoseisokit, kuten vuosihuollot, korjaukset ja seisokit, jolloin tuulivoimala ei ole ollut valmiustilassa, on otettu huomioon käytettävyyttä vähentävinä (ks. luku 3).



Kuva 20. Tekninen käytettävyys vuonna 2010 laitosiän funktiona.

7.2 Käyttökattojen erittelyt

Taulukossa 9 ja kuvassa 21 esitetään raportoidut käyttökatkot vuodesta 2003 lähtien. Käyttökattojen aiheuttamat seisokkiajat on jaoteltu taulukossa häiriön syyn mukaan.

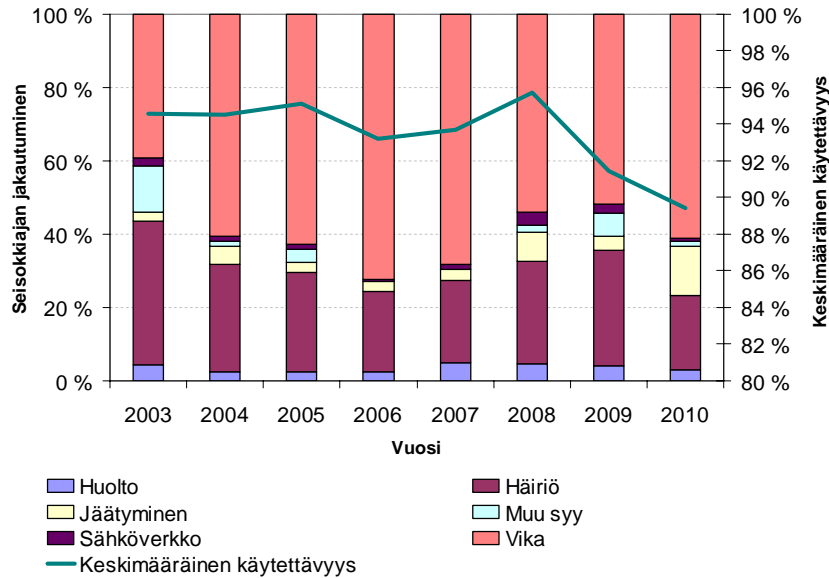
- Huollot ovat suunniteltuja huoltoja, jotka tuulivoimalaitoksissa tehdään yleensä puolivuositain.
- Häiriö-kohtaan on kerätty ne keskeytykset, joissa toimenpiteeksi on riittänyt voimalan uudelleenkäynnistys.
- Muu syy -kohdassa on esim. tutkimuksen tai esittelyn vuoksi aiheutunut seisokkiaika.
- Vika tarkoittaa niitä tapauksia, joissa on jouduttu tekemään korjaustoimenpiteitä, ja vain näistä tehdään tilastoihin tarkempi komponenttijaottelu.
- Sähköverkosta aiheutuneet häiriöt eivät vähennä laitoksen käytettävyyttä. Samoin osa jäätyishäiriöistä on aiheuttanut ainoastaan vähentyneen tuotannon, jolloin laitoksen käytettävyys ei ole pienentynyt.
- Osassa laitoksista on ollut käytössä vain kuukausittainen seisokkiaika-tieto; tai se on arvioitu tuntitehoaikasarjojen perusteella. Näistä laitoksista ei ole ollut käytävissä vikaerittelyä, vaan koko seisokkiaika on taulukossa 9 kohdassa ”vain seisokkiaika raportoitu”.

Taulukko 9. Käyttökatkot vuosina 2003–2010. Vikatilastoissa ei ole mukana sisämaan käytettyjä laitoksia eikä 3 MW koelaitos Vihreäsaarella. Vuonna 2010 näiden laitoksia oli tämän jälkeen 140 MW, joista 86 kpl (115 MW) raportoi seisokit koko vuodelta. Kesken vuotta aloittaneet laitokset ovat mukana tilastossa ennen vuotta 2006. Seisokkiaikaa on keskimäärin 6,5 % vuosina 2003–2010.

Seisokin syy	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Huolto	1 092	800	840	1 275	2 233	1 415	2 913	2 310
Häiriö	9 939	9 156	9 773	10 622	9 924	8 423	22 093	15 919
Jäätyminen	642	1 605	924	1 382	1 374	2 391	2 648	10 364
Muu syy	3 231	378	1 262	0	72	543	4 439	965
Sähköverkko	517	469	474	317	541	1 103	1 612	797
Vika	9 947	19 052	22 449	35 461	30 434	16 240	36 368	47 488
Vain seisokkiaika raportoitu		6 601	3 538	3 398	1 293			
Seisokkiaika yhteensä (h)	25 368	38 061	39 260	52 455	45 871	30 115	70 073	77 843
Seisokkiaika % ajasta	5,4 %	5,5 %	4,9 %	6,8 %	6,3 %	4,3 %	8,5 %	10,6 %
Raportoineet laitokset (MW)	39	78	79	75	67	77	120	115
% kapasiteetista raportoitu	75 %	100 %*	96 %*	87 %*	87 %*	80 %	87 %	82 %

* Osasta laitoksia vain koko vuoden tieto, osasta arvio tuntitehoaikasarjojen perusteella.

7. Käyttökatkot



Kuva 21. Seisokkijajan jakautuminen vuosina 2003–2010. Keskimääräinen käytettävyys on 93,5 %.

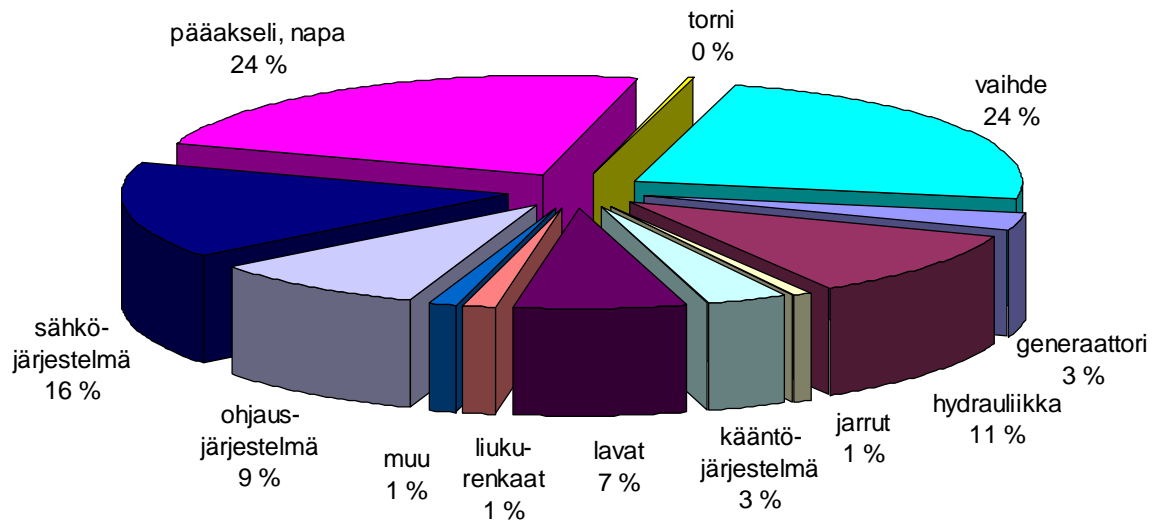
Taulukossa 10 vuoden 2010 vikatunnit on jaoteltu vikaantuneen komponentin mukaan. Taulukossa esitetään myös komponenttivikojen lukumäärät. Kuvassa 22 esitetään vikojen aiheuttamien käyttökatojen jakautuminen eri komponenttien välille.

Taulukko 10. Suomen tuulivoimalaitosten viat vuonna 2010: seisokkitunnit vian aiheuttajien ja komponenttien mukaan.

Komponentti	Vika-aika yhteensä	% vika-ajasta	Vikojen lkm
anturit	680	1,4 %	11
gen. laakerit	1 051	2,2 %	5
generaattori	279	0,6 %	6
hydrauliikka	5 075	10,7 %	31
ilmajarrut	162	0,3 %	2
jäähdytys	139	0,3 %	3
kaapelit	410	0,9 %	4
kytkimet	65	0,1 %	1
kääntöjärjestelmä	1 366	2,9 %	13
kääntömoottori	251	0,5 %	6
lapa	3 188	6,7 %	8
lapakulman säätömekanismi	11 115	23,4 %	65
lavan pultit	17	0,0 %	1
liukurenkaat	704	1,5 %	8
mekaaninen jarru	453	1,0 %	7
muu	498	1,0 %	15
napa	50	0,1 %	2
ohjausjärjestelmä	3 486	7,3 %	27
pääakseli	90	0,2 %	1
tehoelektroniikka	6 219	13,1 %	48
tehomuuntaja	903	1,9 %	4
torni	20	0,0 %	1
vaihdelaatikko	11 267	23,7 %	34
Yhteensä	47 488	100,0 %	303

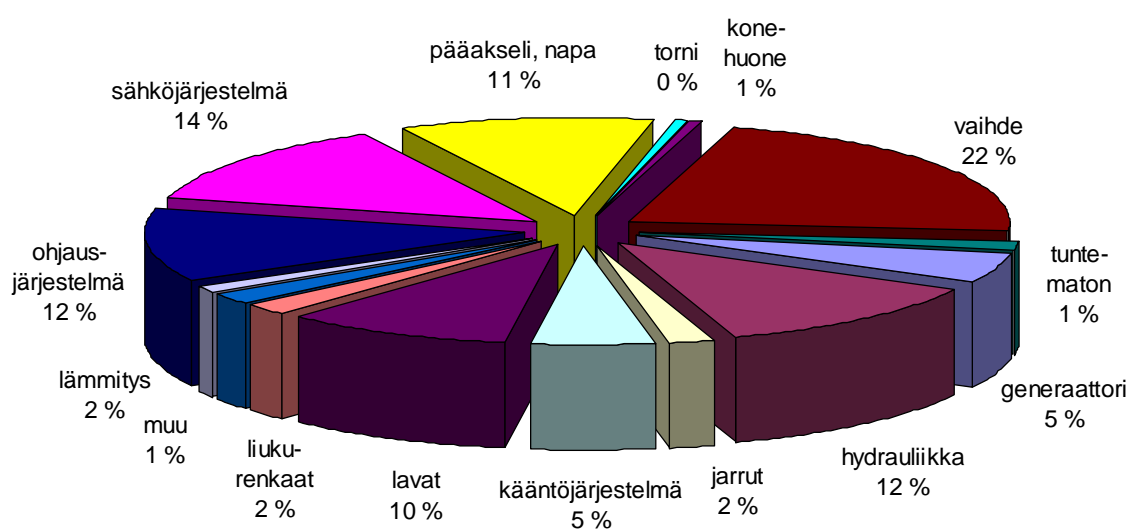
Kuvassa 23 esitetään vikoja aiheuttaneiden komponenttien prosenttiosuudet koko vika-tilastoinnin aikajaksolta 1996–2010. Vaihteistojen vikautumisesta aiheutuneet seisokit näkyvät suurimpana, koska ne on erityisesti vanhemmissa 300 kW:n laitoksissa tehty useita kuukausia kestävinä korjaustöinä.

**Vikojen aiheuttamat käyttökatkot vuonna 2010
yhteensä 47488 h, 86 laitosta, 115 MW (keskiarvo 6 % ajasta)**



Kuva 22. Vikojen aiheuttamien käyttökatkosten jakautuminen tuulivoimaloiden eri komponenteille vuonna 2010.

Vikojen aiheuttamat käyttökatkot vuosina 1996-2010



Kuva 23. Vikojen aiheuttamien käyttökatkosten jakautuminen tuulivoimaloiden eri komponenteille vuosina 1996–2010.

7.3 Jäätymiset ja kylmä aika

Vikatilastoihin rekisteröidään myös jäätymistapaukset (taulukko 11). Osa Suomen tuuli-voimalaitoksista on varustettu lapalämmitysjärjestelmillä. Tunturialueiden ulkopuolella lapalämmitysjärjestelmiä on Porissa. Näissä laitoksissa jäätyminen on osittain ollut myös lämmitysjärjestelmälaitteiston vika eikä ole aina tilastoissa jäätymistapauksena. Laitosten ohjausjärjestelmien käyttämät tuulimittarit ovat yleensä lämmitettyjä. Siitäkin huolimatta niissä esiintyy joskus jäätymisiä. Jäätyminen oli vuonna 2010 normaalia kovempaa.

Yleisimpiä jäätymisen ja kylmän aiheuttamia ongelmia ovat laitoksen käynnistymättömyys, joka johtuu vaihteistoöljyjen kangistumisesta, tuulimittarien jäätyminen ja lapoihin kerääntynyt jää. Osa laitosten jäätymistapauksista jää todennäköisesti raportoimatta, koska laitoksilla on vain kaukovalvonta, minkä seurauksena pienemmät jäätymistapaukset näkyvät ainoastaan tuotannon alenemisena.

Taulukko 11. Jäätymistapauksia ja jään aiheuttamia häiriöitä raportoineiden laitosten lukumäärät ja jäätymisaikojen pituus eri vuosina. Osuus seisokkijasta on laskettu suhteessa niiden laitosten kokonaisseisokkiaikoihin, joissa jäätymistapauksia esiintyi.

		Lappi	Ahvenanmaa	Perämeri	Selkämeri	Suomenlahti	Koko Suomi	Osuus seisokkijasta
1996	Tuntia	119	12	858	219		1 208	45 %
	Laitoksia	2	1	4	5		12	
1997	Tuntia		55	372	68		495	21 %
	Laitoksia		5	5	4		14	
1998	Tuntia		23	98	75		196	9 %
	Laitoksia		3	2	2		7	
1999	Tuntia		49	532			581	12 %
	Laitoksia		9	7			16	
2000	Tuntia	159	7	573			739	9 %
	Laitoksia	8	3	7			18	
2001	Tuntia	5	44	4 143	38		4 230	26 %
	Laitoksia	1	3	15	1		20	
2002	Tuntia		26	434	411		871	15 %
	Laitoksia		2	3	5		10	
2003	Tuntia			408	301		709	27 %
	Laitoksia			1	3		4	
2004	Tuntia	1 468		55	82		1 605	25 %
	Laitoksia	8		1	3		12	
2005	Tuntia	1 527	15	35			1 577	28 %
	Laitoksia	8	3	1			12	
2006	Tuntia	1 050	601	263	197		2 111	16 %
	Laitoksia	8	12	7	1		28	
2007	Tuntia	817	22	511	46		1 396	10 %
	Laitoksia	8	1	14	1		24	
2008	Tuntia	2 157		53	181		2 391	22 %
	Laitoksia	8		4	5		17	
2009	Tuntia	2 246	15	409			2 670	15 %
	Laitoksia	9	3	7			19	
2010	Tuntia	9 363	87	1 343			10 793	33 %
	Laitoksia	10	9	11			30	

Tuulivoimalaitokset pysäytetään, mikäli suunniteltu alin käyttölämpötila alittuu. Suomessa käytössä olevien tuulivoimaloiden alimmat käyttölämpötilat ovat -15 °C ... -30 °C . Tyypillisesti uudemmilla laitoksilla alin käyttölämpötila on -25 °C ja -30 °C välillä. Matalista lämpötiloista aiheutunut seisonta-aika on nimeltään kylmäaikaa. Tilastoihin raportoidut kylmäajat esitetään taulukossa 12. Kylmäaika ei ole seisokkiaikaa vaan osa laitoksen suunniteltua toimintaa.

Taulukko 12. Tuulivoimalaitoksista raportoidut kylmäajat eri vuosina. Vuonna 2004 ei raportoitu kylmäaikaa.

	Lappi	Ahvenanmaa	Perämeri	Selkämeri	Suomenlahti	Koko Suomi	Osuus laitosten vuoden tunneista
1997	Tuntia		28	60		88	0,2 %
	Laitoksia		1	4		5	
1998	Tuntia	1	890	397		1 288	1,6 %
	Laitoksia	1	4	4		9	
1999	Tuntia	450	2 477	699		3 626	2,8 %
	Laitoksia	3	8	4		15	
2000	Tuntia	32	72	100		204	0,6 %
	Laitoksia	1	1	2		4	
2001	Tuntia	100	706	1 733		2 539	1,7 %
	Laitoksia	6	4	7		17	
2002	Tuntia		504	686		1 190	1,9 %
	Laitoksia		3	4		7	
2003	Tuntia		90	1 044		1 134	1,6 %
	Laitoksia		3	5		8	
2005	Tuntia			64		64	0,2 %
	Laitoksia			4		4	
2006	Tuntia		1 205	681		1 886	1,2 %
	Laitoksia		13	5		18	
2007	Tuntia		645	1 635		2 280	2,2 %
	Laitoksia		8	4		12	
2008	Tuntia			15		15	0,2 %
	Laitoksia			1		1	
2009	Tuntia	531		453		984	1,4 %
	Laitoksia	5		3		8	
2010	Tuntia		1 457	3 281		4 738	2,0 %
	Laitoksia		15	12		27	

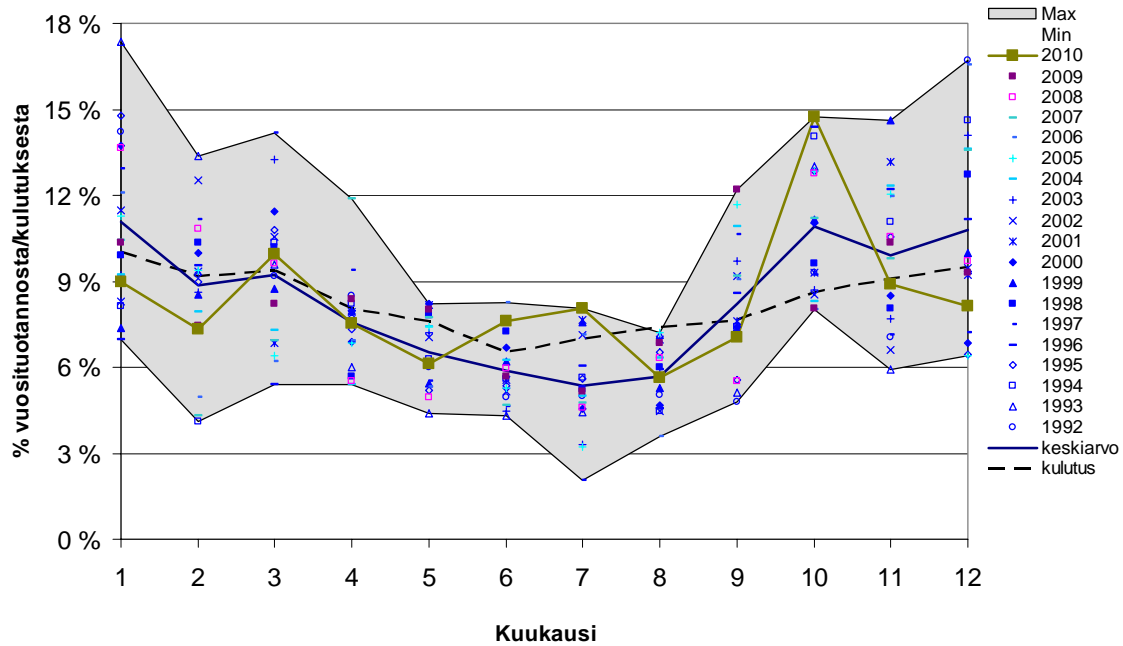
8. Tuulivoima ja sähkön kulutus

Tuulivoiman tuotanto on talvella keskimäärin suurempaa kuin kesällä, kuten sähkön kulutuskin. Kun sähkön kulutuksessa on huippu, ei tuulivoimaa kuitenkaan aina ole saatavilla. Tietoa valtakunnan huipunaikaisesta tuulivoimatehosta voidaan käyttää hyväksi, kun arvioidaan tuulivoiman kapasiteettivaikutusta valtakunnan ja jakelusähkölaitoksen kannalta: miten paljon muuta sähköntuotantokapasiteettia voidaan jättää rakentamatta, kun rakennetaan tuulivoimaa, jonka tuotanto on vaihtelevaa. Tutkimusten perusteella tuulivoiman kapasiteettiarvo valtakunnan tasolla on tuotannon keskitetyn suuruusluokkaa, kun tuulivoimaosuus on pieni, ja kapasiteettiarvo laskee tuulivoimaosuuden kasvaessa [4, 8].

8.1 Tuulivoiman kausivaihtelu

Tuulivoimatuotanto on yleensä talvikuukausina huomattavasti suurempaa kuin kesäkuukausina [5]. Vuosien 1992–2010 kuukausittainen tuulivoiman tuotanto esitetään kuvassa 24. Mukana ovat ainoastaan ne standardivoimalaitokset, jotka ovat olleet käytössä koko vuoden.

Talvikuukausina (loka–maaliskuussa) on tuotettu keskimäärin 60 % vuotuisesta tuulisähköstä. Sähkön kulutus kuvassa 24 on sähkön bruttokulutus kuukausittain suhteessa vuosikulutukseen; kuvassa on käytetty vuosien 1999–2010 kuukausiluvuista laskettua keskiarvoa [6].



Kuva 24. Tuulivoiman keskimääräinen kausivaihtelu: Suomen tuulivoimalaitosten yhteenlasketun tuotannon jakautuminen eri kuukausille vuosina 1992–2010. Suomen sähkönkulutuksen jakautuminen eri kuukausille keskimäärin 1999–2010 näkyy katkoviivana [6].

8.2 Tuulivoimatuotanto valtakunnan huipun aikana

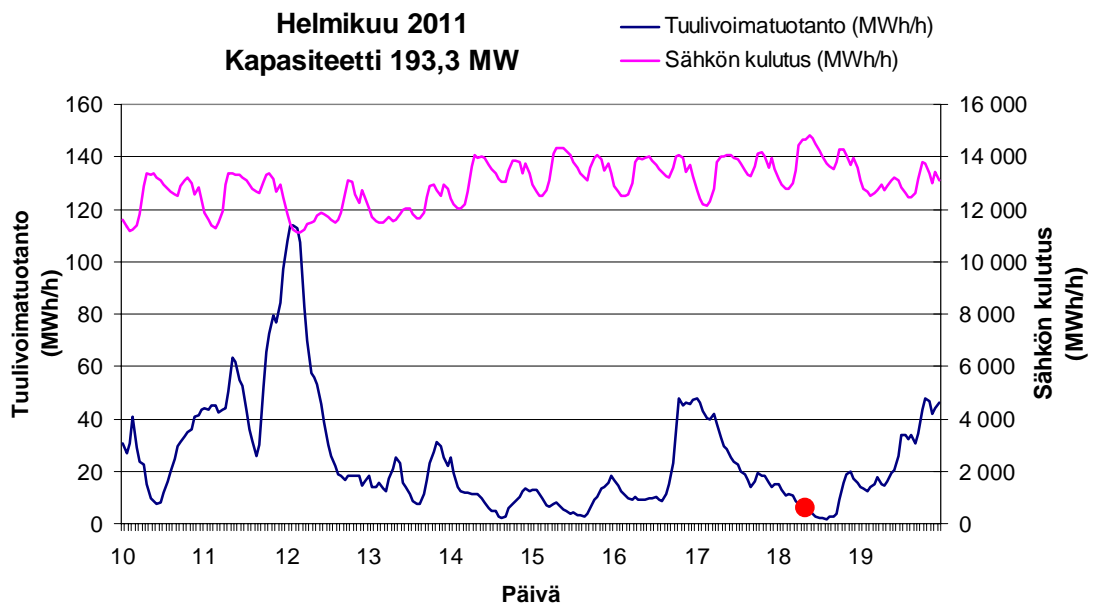
Tuulivoimalaitosten tuntitehot on selvitetty valtakunnan sähkön kulutuksen huippujen ajalta (taulukko 13). Kaikista tuulivoimalaitoksista ei ole ollut käytettävissä tuntitehoja, joten taulukossa on ilmoitettu kunkin vuoden kohdalla kyselyyn vastanneiden laitosten nimellisteho ja tuotettu teho prosenttina nimellistehosta. Vuodesta 2005 eteenpäin Adato (Energiateollisuus) on kerännyt tuntiaikasarjat tuulivoimatuotannosta suurimmasta osasta laitoksista ja tiedot on saatu suoraan Energiateollisuudelta. Talvikaudella 2010–11 suurin kulutushuippu saavutettiin 18.2.2011 klo 09–10. Tuulivoimalaitosten tuotanto ja sähkön kulutus kymmenen vuorokauden aikana helmikuussa esitetään kuvassa 25. Kuvassa esitetty tuulivoiman kokonaiskapasiteetti oli 193,3 MW ja tuntiteho suurimman kulutuksen aikana oli 4,8 MWh/h (3 %, kuvassa merkitty pisteellä).

Kahdeksantoista vuoden perusteella saadaan huipunaikaiseksi tuulivoimatuotannoksi keskiarvona 19 %. Jos jätetään ensimmäiset vuodet pois, jolloin ilmoittaneita laitoksia oli alle 10 MW, saadaan kolmentoista vuoden keskiarvoksi 18 %. Tuulivoimateholla painotettu keskiarvo on sekä 13 että 18 vuoden tiedoilla laskien 20 %.

8. Tuulivoima ja sähkön kulutus

Taulukko 13. Tuulivoimatuotanto valtakunnan kulutushuipun aikana eri vuosina. Vuosilta 1991–1993 on tiedot vain yhdestä tuulipuistosta (talvikaudella 1991–1992 tuotanto 79 % ja 1992–1993 tuotanto 0 % nimellistehosta).

Talvi	Valtakunnan huippu	Tuulivoiman tuntiteho (MWh/h)	Tuulivoima % nimellistehosta	Ilmoittaneiden laitosten nimellisteho MW
1993–94	11.2.94 klo 20–21	0,5	13 %	4,0
1994–95	31.1.95 klo 20–21	1,4	36 %	3,8
1995–96	9.2.96 klo 20–21	0,0	1 %	5,3
1996–97	19.12.96 klo 08–09	1,7	35 %	4,8
1997–98	2.2.98 klo 08–09	1,1	16 %	6,5
1998–99	29.1.99 klo 08–09	3,4	20 %	17,4
1999–2000	25.1.00 klo 08–09	9,1	26 %	35,4
2000–01	5.2.01 klo 08–09	1,5	4 %	35,4
2001–02	2.1.02 klo 16–17	3,9	14 %	28,3
2002–03	3.1.03 klo 17–18	0,9	4 %	24,3
2003–04	11.2.04 klo 18–19	7,1	19 %	36,6
2004–05	28.1.05 klo 19–20	11,6	14 %	80,6
2005–06	20.1.06 klo 08–09	15,3	20 %	76,6
2006–07	8.2.07 klo 07–08	3,3	4 %	83,6
2007–08	4.1.08 klo 17–18	47,9	46 %	104,4
2008–09	16.1.09 klo 09–10	12,3	9 %	139,8
2009–10	28.1.10 klo 08–09	81,2	57 %	142,8
2010–11	18.2.11 klo 09–10	4,8	3 %	193,3



Kuva 25. Tuulivoimatuotannon ja sähkön kulutuksen vaihtelu tunneittain helmikuussa 2011. Suurin kulutushuippu on merkattu kuvaan pisteellä.

Tarkemmin huipunaikaista tuotantoa on arvioitu neljältä vuodelta 1999–2002 käyttäen hyväksi tuulivoiman toteutuneita tuntitehoja (taulukko 14). Koko Suomen tuulivoimatuotannolle on tehty yhteisaikasarja tunneittain siten, että Lapin ja Ahvenanmaan osuus on kummallakin 10 % asennetusta kapasiteetista [7]. Sama analyysi on tehty vuosien 2005–2010 toteutuneista tuulivoima- ja kulutustiedoista (Adaton tuntimittauksista).

Vuonna 1999 oli keskimääräistä tynyempi alkuvuosi ja myös huipunaikainen tuulivoimatuotanto jäi selvästi alle keskimääräisen tuotannon. Kymmenen suurinta huippua olivat yhden vuorokauden sisällä. Taulukossa 13 huipunaikainen teho vuodelle 1999 on 20 %, mutta se tulee lähinnä Lapin ja Ahvenanmaan tuulivoimaloista, joiden osuus saaduista tuntitiedoista on yli 60 %, vaikka niiden osuus taulukon 14 luvuista on vain 20 %. Vuonna 2000 oli keskimääräistä tuulisempi alkuvuosi ja huipunaikainen tuulivoimatuotanto oli hieman keskimääräistä tuulivoimatuotantoa korkeampi. Myös vuoden 2006 tammikuu oli keskimääräistä tuulisempi ja kymmenen suurinta kulutushuippua ajoittuivat tammi–helmikuulle. Täysin tyyntä ei huipun aikoina ole ollut, kun tarkastellaan koko Suomea. Pienimmät tuulivoimatuotannot jäävät kuitenkin huipun aikana vain muutamaa prosenttiin nimellistehosta. Koko Pohjoismaiden alueella tuulivoimateho on huippujen aikana yli 10 % asennetusta kapasiteetista (lähes puolet keskimääräisestä tehosta) [7].

Taulukko 14. Tuulivoimatuotanto valtakunnan kulutushuippujen aikana vuosina 1999–2002 ja 2005–2010. Tuotantoprosentti asennetusta kapasiteetista koko vuoden aikana, 10, 50 ja 100 suurimman kulutushuipun aikana sekä keskimäärin ja vaihteluvälinä (pienin ja suurin tuulivoimatuotanto huippujen aikana).

Vuosi	Koko vuosi Average (min–max)	During 10 peaks Average (min–max)	During 50 peaks Average (min–max)	During 100 peaks Average (min–max)
1999	22 % (0–86 %)	7 % (5–10 %)	7 % (3–37 %)	9 % (2–46 %)
2000	24 % (0–91 %)	36 % (4–72 %)	32 % (3–75 %)	29 % (3–75 %)
2001	22 % (0–86 %)	19 % (3–38 %)	19 % (3–38 %)	17 % (3–38 %)
2002	20 % (0–84 %)	17 % (7–32 %)	17 % (6–54 %)	18 % (2–70 %)
2005	23 % (0–82 %)	12 % (2–22 %)	13 % (1–37 %)	12 % (1–44 %)
2006	21 % (0–81 %)	30 % (19–45 %)	28 % (3–61 %)	28 % (3–69 %)
2007	23 % (0–86 %)	11 % (2–27 %)	10 % (1–27 %)	10 % (1–28 %)
2008	25 % (0–86 %)	36 % (15–54 %)	37 % (12–77 %)	40 % (4–79 %)
2009	22 % (0–80 %)	23 % (18–29 %)	24 % (11–37 %)	23 % (7–61 %)
2010	22 % (0–85 %)	46 % (4–70 %)	32 % (4–70 %)	30 % (4–70 %)

Lähdeluettelo

1. Driftuppföljning av Vindkraftverk. Årsrapport 2009. <http://www.vindstat.nu>, viittauspäivämäärä 24.5.2011.
2. Tanskan tuulivoimatilastot ja tuotantoindeksit <http://www.vindstat.dk/> sekä http://www.naturlig-energi.dk/Pages/N_6_frame.htm, viittauspäivämäärä 24.5.2011.
3. Euroopan tuulivoimakapasiteetti <http://www.ewea.org/>, viittauspäivämäärä 24.5.2011.
4. Peltola, E. & Petäjä, J. Tuulivoima Suomen energiahuollossa. Espoo: 1993. VTT Julkaisuja 775. 98 s.
5. Holttinen, H., Peltola, E. & Koreneff, G. Tuulivoimatuotannon vaihtelut ja niiden arviointi. Espoo: 1996. VTT Tiedotteita – Research Notes 1800. 42 s.+ liitt. 9 s. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/1996/T1800.pdf>.
6. Energiateollisuus: Sähkön pikatilasto <http://www.energia.fi/fi/tilastot/pikatilasto>, viittauspäivämäärä 24.5.2011.
7. Holttinen, H. The impact of large-scale wind power production on the Nordic electricity system. Doctoral thesis. VTT Publications 554. Espoo: 2004. 82 s. + liitt. 115 s. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2004/P554.pdf>.
8. Holttinen, H. et al. Design and operation of power systems with large amounts of wind power. Final report, IEA WIND Task 25, Phase one 2006–2008. Espoo, 2009. VTT Tiedotteita – Research Notes 2493. 200 s. + liitt. 29 s. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2009/T2493.pdf>.

Liite 1: Tilastoinnissa käytettävät raportointilomakkeet

OHJE: TÄYTÄ VAIN HARMAAT SOLUT (voit liikkua TAB näppäimellä)

Kuukausi / Vuosi / 2000 Raportoijan nimi

TUOTANTO:		(kW)	(kWh)	(kWh)	(h)	(h)	(h)
ID	Tuulivoimala	Teho	brutto	netto	tuotantoaika	myrsky	kylmä aika
54	Tuulivoimala 1	1000	0	0		0	0
55	Tuulivoimala 2	1000	0	0		0	0
-	Yhteensä	2000	0	0			

HÄIRIÖAIKA:		(kW)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)
ID	Tuulivoimala	Teho	Häiriöaika	sähköverkko	häiriö	vika	huolto
54	Tuulivoimala 1	1000	0	0	0	0	0
55	Tuulivoimala 2	1000	0	0	0	0	0

huolto: etukäteen suunniteltu (puoli)vuosihuolto
 häiriö: toimenpiteeksi riittää esim. manual reset
 vika: vaatii osan korjauksen/vaihdon, sisältää koko häiriöajan vian huomaamisesta sen korjaami

KOMMENTIT JA TARKENNUKSET (vial ja häiriöt, syy ja komponentti):

ID	Tuulivoimala	Lempinimi	
54	Tuulivoimala 1	Mylly 1	
55	Tuulivoimala 2	Mylly 2	
-	jäätymishavainto:		
	vikojen ja häiriöiden vuoksi menetetty tuotanto (arvio):		kWh

muuta/lisättävää:

Liite 1: Tilastoinnissa käytettävät raportointilomakkeet

Projekti- ja sijoituspaikkatietoja			
Projektin aloituspvm	<input type="text"/>	(pp.kk.vvv)	
Sijoituspaikan kunta	<input type="text"/>		
Sijoituspaikan nimi	<input type="text"/>		
Sijoituspaikan lähin postinumero	<input type="text"/>		
Latitude	<input type="text"/>	(Käytetään karttasovelluksiin)	
Longitude	<input type="text"/>	(Käytetään karttasovelluksiin)	
Koordinaattien tarkkuus	<input type="text"/>	(Arvioi suullisesti)	
Sijoituspaikan luonne (tunturi, etc.)	<input type="text"/>		
Arvioitu vuosituotanto	<input type="text"/>	MWh (Mikäli ei arvioitu laitoksittain)	
Arvion tekijä	<input type="text"/>	(Täytä, vaikka olisi arvioitu laitoksittain)	
Omistajataho			
Yrityksen nimi	<input type="text"/>		
Yrityksen LY	<input type="text"/>	(Yritysten yksilöllistä tunnistamista varten)	
Osoite	<input type="text"/>		
Postinro	<input type="text"/>		
Postitoimipaikka	<input type="text"/>		
Muuta	<input type="text"/>		
Käyttäjätaho			
		(Voi olla sama kuin omistajataho)	
Yrityksen nimi	<input type="text"/>		
Yrityksen LY	<input type="text"/>	(Yritysten yksilöllistä tunnistamista varten)	
Osoite	<input type="text"/>		
Postinro	<input type="text"/>		
Postitoimipaikka	<input type="text"/>		
Muuta	<input type="text"/>		
Yhteyshenkilöt			
	Yhteyshenkilö 1	Yhteyshenkilö 2	Yhteyshenkilö 3
Etunimi	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Sukunimi	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Yritys LY	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Puhelin	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Fax	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
E-mail	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Omistajatahon edustaja	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Käyttäjä	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Sähkölaitoksen edustaja	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Kuukausiraportoija	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Muuta	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Laitostietoja			
Valmistaja	<input type="text"/>		
Laitostyyppi	<input type="text"/>		
Laitoksien lukumäärä	<input type="text"/>		
Napakorkeus	<input type="text"/>		
Komponenttierittelyä			
	Lavat	Generaattori	Vaihteisto
Valmistaja	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Komponentin tyyppinimi	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Yksittäisistä laitoksista			
	Lempinimi	Verkkoon kytkemispvm	Lämmitysjärjestelm Arvioitu tuotanto MW
Sijoituspaikan voimala 1	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Sijoituspaikan voimala 2	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Sijoituspaikan voimala 3	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Sijoituspaikan voimala 4	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Sijoituspaikan voimala 5	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Sijoituspaikan voimala 6	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Sijoituspaikan voimala 7	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Sijoituspaikan voimala 8	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Sijoituspaikan voimala 9	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Sijoituspaikan voimala 10	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Liite 2: Vuositilasto 2010

Taulukko. Suomen tuulivoimatilastojen vuositilasto 2010. Koko vuoden toiminnassa olleista laitoksista on laskettu tunnusluvut. Lyhenteiden selitykset: Z napakorkeus, D roottorin halkaisija, Arvio keskimääräinen arvioitu vuosituotanto, t_h huipunkäyttöaika kWh/kW, e tuotanto suhteessa roottorin pyyhkäisyypinta-alaan kWh/m², CF kapasiteettikerroin (kWh/kW,h), Seis.aika seisokkiaika (sisältää myös huoltoajan), Huoltoaika ennakoitua huoltoa, Käytett. tekninen käytettävyyks (seisokkiajasta on vähennetty sähköverkkohäiriöt) puuttuu, mikäli seisokkiaikaa ei ole raportoitu.

Kunta	Nimi	Teho kW	Valmistaja	Z m	D m	Arvio MWh	Tuotanto MWh	t_h h/a	e kWh/m ²	CF	Seis. aika h	Huolto aika h	Käytett. %
Huittinen	Huittinen 1	75	Nordtank	40	20								
Korsnäs	Korsnäs 1	200	Nordtank	32,5	24,6	380	204	1 020	429	12 %	1 315	294	85,0 %
Korsnäs	Korsnäs 2	200	Nordtank	32,5	24,6	380	159	793	333	9 %	2 081	47	76,2 %
Korsnäs	Korsnäs 3	200	Nordtank	32,5	24,6	380	184	918	386	10 %	1 167	126	86,7 %
Jalasjärvi	Vaasantie	220	Windworld	31	25	100	68	307	138	4 %			
Sottunga	Ormhälla	225	Vestas	31,5	27	450	168						
Eckerö	Bredvik	225	Vestas	35	29	500	255	1 133	386	13 %	650		92,6 %
Vammala	Koppelo	225	Vestas	50	29		159	705	240	8 %			
Äetsä	Marjamäenuori 1	225	Vestas	52	29		119	528	180	6 %			
Eurajoki	Krisantie	250	NEGMicon	36	30								
Siikajoki	Säikkä 1	300	Nordtank	30,5	31	650	402	1 339	532	15 %	142	7	98,4 %
Siikajoki	Säikkä 2	300	Nordtank	30,5	31	670	443	1 476	587	17 %	289	18	96,7 %
Kemi	Kemi 1	300	Nordtank	35	31	610	85						
Kemi	Kemi 2	300	Nordtank	35	31	610	78						
Kemi	Kemi 3	300	Nordtank	35	31	610	82						
Pori	Pori 1	300	Nordtank	30,5	31	700	417	1 389	552	16 %			
Hailuoto	Marjaniemi 1	300	Nordtank	30,5	31	725	482	1 606	638	18 %	1 210	5	86,5 %
Hailuoto	Marjaniemi 2	300	Nordtank	30,5	31	725	568	1 892	752	22 %	763	3	91,6 %
Enontekiö	Lammasoivi 2	450	Siemens	35	37	1 100	138	307	129	4 %	3 792		56,7 %
Enontekiö	Lammasoivi 1	450	Siemens	35	37	1 100	128	284	119	3 %	4 437		49,3 %
Hailuoto	Marjaniemi 3	500	Nordtank	36	37,3	1 195	858	1 717	785	20 %	1 051	16	88,3 %
Hailuoto	Huikku	500	Nordtank	41	37,3	1 275	845	1 690	773	19 %	1 239	11	87,0 %
Kuivaniemi	Vatunki 1	500	Nordtank	36	37,3	1 060	439	878	402	10 %			
Ii	Laitakari 1	500	Nordtank	39	37,3	1 030	309						
Eckerö	Mellanön	500	Vestas	40,5	39	1 200	875	1 751	733	20 %	101	64	98,8 %
Kökar	Kökar 1	500	Enercon	44	40,3	1 200	1 257	2 514	985	29 %	59	19	99,3 %
Vårdö	Vårdö 1	500	Enercon	55	40,3	1 200	926	1 853	726	21 %	236	27	97,3 %
Finström	Pettböle 1	500	Enercon	55	40,3	1 100	972	1 944	762	22 %	76	14	99,1 %
Finström	Pettböle 2	500	Enercon	55	40,3	1 100	882	1 765	692	20 %	123	47	98,6 %
Siikajoki	Tauvo 1	600	Nordtank	49	43	1 350	997	1 662	687	19 %	822	26	90,6 %
Siikajoki	Tauvo 2	600	Nordtank	49	43	1 350	104	174	72	2 %	7 216	45	17,6 %
Toysä	Riihontie 1	600	NEGMicon	50	43	600	365	608	251	7 %			
Lemland	Knutsboda 1	600	Vestas	45	44	1 200	967	1 612	636	18 %	132	10	98,5 %
Lemland	Knutsboda 2	600	Vestas	45	44	1 200	1 015	1 692	668	19 %	146	10	98,3 %
Lemland	Knutsboda 3	600	Vestas	45	44	1 200	1 010	1 683	664	19 %	143	10	98,4 %
Lemland	Knutsboda 4	600	Vestas	50	44	1 200	940	1 567	618	18 %	135	5	98,7 %
Enontekiö	Lammasoivi 3	600	Siemens	41	44	1 400	647	1 079	426	12 %	1 459		83,3 %
Muonio	Olos 1	600	Siemens	41	44	1 400	718	1 196	472	14 %	1 362		84,5 %
Muonio	Olos 2	600	Siemens	41	44	1 400	775	1 292	510	15 %	700		92,0 %
Muonio	Olos 3	600	Siemens	40	44	1 400	760	1 267	500	14 %	1 446		83,5 %

Liite 2: Vuositilasto 2010

Muonio	Olos 4	600	Siemens	40	44	1 400	748	1 246	492	14 %	1 451		83,4 %
Muonio	Olos 5	600	Siemens	40	44	1 400	725	1 209	477	14 %	1 618		81,5 %
Föglö	Brättö	600	Enercon	65	45	1 600	1 413	2 355	888	27 %	40	15	99,5 %
Finström	Pettböle 3	600	Enercon	65	45	1 300	1 114	1 857	701	21 %	84	58	99,0 %
Lumparland	Lumparland 1	600	Enercon	65	45	1 500	1 275	2 125	802	24 %	69	36	99,2 %
Lumparland	Lumparland 2	600	Enercon	65	45	1 500	1 182	1 970	743	22 %	70	20	99,2 %
Lumijoki	Routunkari	660	Vestas	50	47	1 800	1 213	1 838	699	21 %	176	9	98,0 %
Sottunga	Kasberget	660	Vestas	55	47	1 600	1 540	2 333	888	27 %	26	26	99,7 %
Kuivaniemi	Kuivamatala 1	750	NEGMicon	50	44	1 500	369	492	243	6 %			
Kuivaniemi	Kuivamatala 2	750	NEGMicon	50	44	1 500	369	492	243	6 %			
Kuivaniemi	Kuivamatala 3	750	NEGMicon	50	44	1 500	369	492	243	6 %			
Närpiö	Öskata 1	750	NEGMicon	45	48	1 600	1 045	1 394	578	16 %			
Kuivaniemi	Vatunki 2	750	NEGMicon	50	48	1 500	845	1 127	467	13 %			
Kuivaniemi	Vatunki 3	750	NEGMicon	50	48	1 500	845	1 127	467	13 %			
Kuivaniemi	Vatunki 5	750	NEGMicon	50	48	1 500	845	1 127	467	13 %			
Pori	Meri-Pori 1	1 000	Siemens	60	54	2 340	1 310	1 310	572	15 %	548	15	93,7 %
Pori	Meri-Pori 2	1 000	Siemens	60	54	2 340	1 388	1 388	606	16 %	611	24	93,0 %
Pori	Meri-Pori 3	1 000	Siemens	60	54	2 330	1 222	1 222	534	14 %	1 221		86,1 %
Pori	Meri-Pori 4	1 000	Siemens	60	54	2 320	1 421	1 421	621	16 %	278	1	96,8 %
Pori	Meri-Pori 5	1 000	Siemens	50	54	2 450	1 554	1 554	679	18 %	212	12	97,6 %
Pori	Meri-Pori 6	1 000	Siemens	50	54	2 670	1 535	1 535	670	18 %	1 437	36	84,3 %
Pori	Meri-Pori 7	1 000	Siemens	50	54	2 600	1 728	1 728	754	20 %	746	16	93,7 %
Pori	Meri-Pori 8	1 000	Siemens	50	54	2 580	1 772	1 772	774	20 %	1 037	12	88,9 %
Kotka	Kotka 1	1 000	Siemens	60	54	2 000	1 482	1 482	647	17 %	553		93,7 %
Kotka	Kotka 2	1 000	Siemens	60	54	2 000	1 385	1 385	605	16 %	965		89,0 %
Kokkola	Kokkola T1	1 000	WinWinD	66	56	2 100	1 505	1 505	611	17 %	479	17	94,7 %
Kokkola	Kokkola T2	1 000	WinWinD	66	56	2 100	1 682	1 682	683	19 %	409	4	95,5 %
Oulunsalo	Riutunkari T4	1 000	WinWinD	66	56	2 200	1 950	1 950	792	22 %	277	31	96,8 %
Oulunsalo	Riutunkari T5	1 000	WinWinD	66	56	2 200	1 797	1 797	730	21 %	885	10	89,9 %
Oulunsalo	Riutunkari T6	1 000	WinWinD	66	56	2 200	1 797	1 797	730	21 %	822	20	90,6 %
Kristiinankaupunki	Kristiina T1	1 000	WinWinD	66	56	2 200	1 537	1 537	624	18 %	1 547	37	82,3 %
Kristiinankaupunki	Kristiina T2	1 000	WinWinD	66	56	2 200	1 881	1 881	764	21 %	908	16	89,6 %
Kristiinankaupunki	Kristiina T3	1 000	WinWinD	66	56	2 200	1 840	1 840	747	21 %	423	16	95,2 %
Eurajoki	Olkiluoto TU-1	1 000	WinWinD	60	56	2 400	1 111	1 111	451	13 %			
Oulu	Vihreäsaari T1	1 000	WinWinD	56	60	1 900	610	610	216	7 %	4 849	6	44,8 %
Luoto	Fränsviken 1	1 000	WinWinD	66	64	2 200	1 688	1 688	525	19 %			
Pori	Hilksansaari	1 000	WinWinD	70	64	2 100	1 934	1 934	601	22 %	565	4	93,9 %
Ii	Laitakari 2	1 000	WinWinD	70	64	2 500	2 364	2 364	735	27 %	572	16	93,6 %
Oulunsalo	Riutunkari T3	1 300	Nordex	65	60	3 000	2 199	1 691	778	19 %	399	35	95,5 %
Uusikaupunki	Hankosaari 1	1 300	Nordex	69	60	2 340	1 552	1 194	549	14 %	1 129	41	87,1 %
Uusikaupunki	Hankosaari 2	1 300	Nordex	69	60	2 340	1 524	1 172	539	13 %	1 024	41	88,3 %
Inkoo	Barö 3	2 000	Enercon	65	70	3 500	2 088	1 044	543	12 %			
Hanko	Sandö 1	2 000	Enercon	65	70	3 500	1 888	944	491	11 %			
Hanko	Sandö 2	2 000	Enercon	65	70	3 500	1 888	944	491	11 %			
Hanko	Sandö 3	2 000	Enercon	65	70	3 500	1 968	984	511	11 %			
Hanko	Sandö 4	2 000	Enercon	65	70	3 500	1 968	984	511	11 %			
Dragsfjärd	Högsåra 2	2 000	Harakosan	65	70,7	4 100	3 546	1 773	903	20 %	90	3	99,0 %
Dragsfjärd	Högsåra 1	2 000	Harakosan	65	70,7	4 100	3 623	1 812	923	21 %	32	7	99,6 %
Dragsfjärd	Högsåra 3	2 000	Harakosan	65	70,7	4 100	3 343	1 672	852	19 %	82	1	99,1 %
Pori	Meri-Pori 9	2 000	Siemens	80	76	6 000	5 060	2 530	1 115	29 %	71	3	99,7 %

Liite 2: Vuositilasto 2010

Kuivaniemi	Vatunki 6	2 000	Vestas	78	80	4 500	3 761	1 880	748	21 %			
Lemland	Båtskär 4	2 300	Enercon	64	71	6 500	6 495	2 824	1 641	32 %	177	98	98,0 %
Lemland	Båtskär 1	2 300	Enercon	64	71	6 500	6 250	2 717	1 579	31 %	131	53	98,5 %
Lemland	Båtskär 2	2 300	Enercon	64	71	6 500	6 446	2 803	1 628	32 %	208	75	97,6 %
Lemland	Båtskär 3	2 300	Enercon	64	71	6 500	6 093	2 649	1 539	30 %	118	49	98,7 %
Lemland	Båtskär 5	2 300	Enercon	64	71	6 500	6 344	2 758	1 602	31 %	125	53	98,6 %
Lemland	Båtskär 6	2 300	Enercon	64	71	6 500	6 207	2 699	1 568	31 %	106	32	98,8 %
Raahe	Raahe 1	2 300	Siemens	80	82,4	5 200	4 615	2 006	865	23 %	55	14	99,4 %
Raahe	Raahe 2	2 300	Siemens	80	82,4	5 200	4 518	1 964	847	22 %	228	20	97,4 %
Raahe	Raahe 3	2 300	Siemens	80	82,4	5 200	4 723	2 054	886	23 %	135	18	98,5 %
Raahe	Raahe 4	2 300	Siemens	80	82,4	5 200	4 851	2 109	910	24 %	426	28	95,1 %
Raahe	Raahe 5	2 300	Siemens	80	82,4	5 200	4 270	1 857	801	21 %	433	15	95,1 %
Raahe	Raahe 6	2 300	Siemens	80	101	6 750	2 855						
Raahe	Raahe 7	2 300	Siemens	80	101	6 750	3 182						
Raahe	Raahe 8	2 300	Siemens	80	101	6 750	3 132						
Raahe	Raahe 9	2 300	Siemens	80	101	6 750	3 110						
Pori	Pori Offshore 1	2 300	Siemens	80	101	7 500	3 571						
Oulu	Vihreäsaari T2	3 000	WinWinD	90	90		4 198	1 399	660	16 %	1 818	9	79,4 %
Kemi	Ajos 1	3 000	WinWinD	90	90		5 641	1 880	887	21 %	915	19	89,9 %
Pori	Meri-Pori 10	3 000	WinWinD	90	90		3 841	1 280	604	15 %	3 564	24	59,3 %
Kemi	Ajos T5	3 000	WinWinD	88	100		6 388	2 129	813	24 %	1 161	86	87,0 %
Kemi	Ajos T2	3 000	WinWinD	88	100		6 395	2 132	814	24 %	695	45	92,1 %
Kemi	Ajos T3	3 000	WinWinD	88	100		5 881	1 960	749	22 %	2 079	74	76,5 %
Kemi	Ajos T6	3 000	WinWinD	88	100		7 208	2 403	918	27 %	594	42	93,4 %
Kemi	Ajos T7	3 000	WinWinD	88	100		6 702	2 234	853	26 %	1 130	19	87,7 %
Oulunsalo	Riutunkari T1	3 000	WinWinD	88	100		5 538	1 846	705	21 %	2 529	14	71,1 %
Oulunsalo	Riutunkari T2	3 000	WinWinD	88	100		6 418	2 139	817	24 %	1 335	36	84,8 %
Kemi	Ajos T4	3 000	WinWinD	88	100		6 985	2 328	889	27 %	1 051	18	88,1 %
Kemi	Ajos T10	3 000	WinWinD	88	100		7 752	2 584	987	29 %	546	22	93,8 %
Kemi	Ajos T11	3 000	WinWinD	88	100		6 637	2 212	845	25 %	1 292	16	85,3 %
Kemi	Ajos T8	3 000	WinWinD	88	100		8 405	2 802	1 070	32 %	193	21	97,9 %
Kemi	Ajos T9	3 000	WinWinD	88	100		7 867	2 622	1 002	30 %	422	18	95,3 %
Pori	Meri-Pori 11	3 000	WinWinD	100	100	8 000	7 762	2 587	988	30 %	967	24	89,1 %
Hamina	Summa 1	3 000	WinWinD	100	100	7 500	1 734						
Hamina	Summa 2	3 000	WinWinD	100	100	7 500	2 269						
Hamina	Summa 3	3 000	WinWinD	100	100	7 500	2 814						
Hamina	Summa 4	3 000	WinWinD	100	100	7 500	2 620						
Tornio	Röyttä 1	3 600	Siemens	100	120								
Tornio	Röyttä 2	3 600	Siemens	100	120								
Tornio	Röyttä 3	3 600	Siemens	100	120								
Tornio	Röyttä 4	3 600	Siemens	100	120								
Tornio	Röyttä 5	3 600	Siemens	100	120								
Tornio	Röyttä 6	3 600	Siemens	100	120								
Tornio	Röyttä 7	3 600	Siemens	100	120								
Tornio	Röyttä 8	3 600	Siemens	100	120								
	Yht	199 115				294 060	294 317				80 430	2 334	
	Keskisarvo	1 475		63	63	2 723	2 355	1 612	687	18 %	893,667	30	90 %
	max	3 600		100	120	8 000	8 405	2 824	1 641	32 %	7 216	294	100 %
	min	75		30,5	20	100	68	174	72	2 %	26	1	17,6 %

VTT Working Papers

- 163 Marko Nokkala, Kaisa Finnilä, Jussi Rönty & Pekka Leviäkangas. Financial performance of Finnish technical networks. 2011. 56 p. + app. 90 p.
- 164 Jussi Rönty, Marko Nokkala & Kaisa Finnilä. Port ownership and governance models in Finland. Development needs & future challenges. 2011. 104 p.
- 165 Aira Hast, Tommi Ekholm & Ilkka Savolainen. Suomen kansallisten päästövähennystoimien epävarmuuksien ja riskien arviointi. 2011. 44 s. + liitt. 3 s.
- 166 Mustafa Hashmi. Survey of smart grids concepts worldwide. 2011. 74 p.
- 167 Aimo Tiilikainen, Kyösti Pennanen & Maarit Heikkinen. Tulevaisuuden elintarvikepakkaus. Kvantitatiivinen kuluttajatutkimus pakkausprototyyppien ja kaupallisten verrokkituotteiden eroista. 2011. 36 s. + liitt. 8 s.
- 168 Pekka Leviäkangas, Anu Tuominen, Riitta Molarius & Heta Kajo (Eds.). Extreme weather impacts on transport systems. 2011. 119 p. + app. 14 p.
- 169 Luigi Macchi, Elina Pietikäinen, Teemu Reiman, Jouko Heikkilä & Kaarin Ruuhilehto. Patient safety management. Available models and systems. 2011. 44 p. + app. 3 p.
- 170 Raine Hautala, Pekka Leviäkangas, Risto Öörni & Virpi Britschgi. Perusopetuksen tietotekniikkapalveluiden arviointi. Kauniaisten suomenkielinen koulutoimi. 2011. 67 s. + liitt. 16.
- 171 Anne Arvola, Aimo Tiilikainen, Maiju Aikala, Mikko Jauho, Katja Järvelä & Oskari Salmi. Tulevaisuuden elintarvikepakkaus. Kuluttajalähtöinen kehitys- ja tutkimushanke. 152 s. + liitt. 27 s.
- 172 Sauli Kivikunnas & Juhani Heilala. Tuotantosimuloinnin tietointegraatio. Standardikatsaus. 2011. 29 s.
- 173 Eetu Pilli-Sihvola, Mikko Tarkiainen, Armi Vilkmán & Raine Hautala. Paikkasidonnaiset liikenteen palvelut. Teknologia ja arkkitehtuurit. 2011. 92 s.
- 174 Eetu Pilli-Sihvola, Heidi Auvinen, Mikko Tarkiainen & Raine Hautala. Paikkasidonnaiset liikenteen palvelut. Palveluiden nykytila. 2011. 59 s.
- 175 Armi Vilkmán, Raine Hautala & Eetu Pilli-Sihvola. Paikkasidonnaisten liikenteen palveluiden liiketoimintamallit. Edellytykset, vaihtoehdot, haasteet ja mahdollisuudet. 2011. 49 s. + liitt. 2 s.
- 176 Henna Punkkinen, Nea Teerioja, Elina Merta, Katja Moliis, Ulla-Maija Mroueh & Markku Ollikainen. Pyrolyysin potentiaali jätemuovin käsittelymenetelmänä. Ympäristökuormitukset ja kustannusvaikutukset. 79 s. + liitt. 15 s.
- 177 Kim Björkman, Janne Valkonen & Jukka Ranta. Model-based analysis of an automated changeover switching unit for a busbar. MODSAFE 2009 work report. 2011. 23 p.
- 178 Anders Stenberg & Hannele Holttinen. Tuulivoiman tuotantotilastot. Vuosiraportti 2010. 2011. 46 s. + liitt. 5 s.