



Tuulivoiman tuotantotilastot

Vuosiraportti 2011

Ville Turkia | Hannele Holttinen

VTT TECHNOLOGY 74

Tuulivoiman tuotantotilastot

Vuosiraportti 2011

Ville Turkia & Hannele Holttinen



ISBN 978-951-38-7909-9 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

VTT Technology 74

ISSN-L 2242-1211

ISSN 2242-122X (verkkojulkaisu)

Copyright © VTT 2013

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

VTT

PL 1000 (Tekniikantie 4 A, Espoo)

02044 VTT

Puh. 020 722 111, faksi 020 722 4374

VTT

PB 1000 (Teknikvägen 4 A, Esbo)

FI-02044 VTT

Tfn +358 20 722 111, telefax +358 20 722 4374

VTT Technical Research Centre of Finland

P.O. Box 1000 (Tekniikantie 4 A, Espoo)

FI-02044 VTT, Finland

Tel. +358 20 722 111, fax + 358 20 722 4374

Toimitus Marika Leppilahti

Kansikuva Rajakiiri Oy

Tuulivoiman tuotantotilastot

Vuosiraportti 2011

Wind energy statistics of Finland. **Ville Turkia & Hannele Holttinen.**
Espoo 2013. VTT Technology 74. 55 s. + liitt. 7 s.

Tiivistelmä

Vuonna 2011 Suomen sähköverkkoon syötettiin 481 GWh tuulivoimalla tuotettua sähköä, mikä vastaa noin 0,6 %:a Suomen sähkönkulutuksesta. Suomen tuulivoimakapasiteetti oli 199 MW vuoden 2011 lopussa (131 laitosta). Uutta kapasiteettia rakennettiin 1,75 MW (2 laitosta). Käytöstä ei poistettu yhtään kapasiteettia. Suomen tuulivoimakapasiteetti on tällä hetkellä pieni verrattuna muihin EU-maihin. Euroopan tuulivoimakapasiteetti oli vuoden 2011 lopussa noin 94 000 MW, josta vuoden 2011 aikana asennettua uutta kapasiteettia oli lähes 10 000 MW.

Uuden ilmasto- ja energiastrategian mukainen tuulivoimatavoite on 2 500 MW vuonna 2020. Maaliskuussa 2011 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.

Vuosi 2011 oli tuulisuudeltaan lähellä pitkän aikavälin keksi-arvoa. Eri merialueiden tuulisuutta kuvaavat Ilmatieteen laitoksen laskemat tuotantoindeksit vuonna 2010 olivat seuraavat: Perämerellä 99 %, Selkämerellä 98 %, Ahvenanmaalla 106 % ja Suomenlahdella 92 % pitkän aikavälin keskimääräisestä tuotannosta. Vertailujaksona käytettiin vuosien 1987–2001 keskimääräistä tuotantoa.

Koko vuoden toiminnassa olleiden laitosten keskimääräinen huipunkäyttöaika oli noin 2120 h/a. Uudet korkeat MW-laitokset tuottavat selvästi paremmin kuin 90-luvun alkupuolella rakennetut tuulivoimalaitokset. Paras laitos ylsi 3970 h/a huipunkäyttöaikaan. Tuulivoimalaitosten tekninen käytettävyyden vuonna 2011 oli 88,5 %.

Vuosiraportti sisältää laitosten tuotanto- ja käytettävyydestietojen lisäksi yhteenvedon vika- ja seisokkiaikatilastoista vuodelta 2011.

Avainsanat wind energy, wind power, power production, statistics, production statistics, failures

Wind energy statistics of Finland

Yearly report 2011

Tuulivoiman tuotantotilastot. **Ville Turkia & Hannele Holttinen.**

Espoo 2013. VTT Technology 74. xx p. + liitt. xx p.

Abstract

Wind power production from grid connected wind turbines in Finland was 481 GWh in 2011. This corresponds to 0.6% of Finland's electricity consumption. Installed wind capacity was 199 MW at the end of the year and the number of the operating turbines was 131. Two new turbines were installed in 2011 with the total power of 1.75 MW and no turbines were taken out of operation. The average size of all turbines in Finland was 1 519 kW at the end of 2011 (1519 kW at the end of 2010).

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.

Year 2010 had close to long term average wind resource. The weighted production index for the four sea areas was 98%. Average capacity factor of standard wind turbines, which operated the whole year, was 24% while the best turbine yielded 45% capacity factor. Technical availability of the standard wind power plants was 88,5% in 2011.

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.

Keywords wind energy, wind power, power production, statistics, production statistics, failures

Alkusanat

Tuulivoiman tuotantotilastoa on ylläpidetty vuodesta 1992 lähtien Suomen Tuulivoimayhdistyksessä vapaaehtoisohjalla 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 seurantaa. Kun tuulivoimalaitoksista raportoidaan tuotannon lisäksi seisokkiajat ja tuulisuuden vaihtelu otetaan huomioon tuotantoindeksissä, voidaan tietoja käyttää arvioidun ja toteutuneen tuotannon mittaamiseen. Lisäksi tilastoaineistoa voidaan käyttää laitosten teknisen toimivuuden seurantaan, mistä on yhdessä tuotannon arvioinnin parantumisen kanssa apua uusien tuulivoimalaitoshankkeita suunniteltaessa.

Tuotantotilastot julkaistaan kuukausittain VTT:n Internet-sivulla (<http://www.vtt.fi/windenergystatistics>) ja neljännesvuosittain *Windstats*-, *Vindögat*- ja *Tuulienergia*-lehdissä. Vuoden 2012 aikana tähän tulee muutoksia tilastoinnin kehitysprojektin myötä. 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

Tiivistelmä	3
Abstract	4
Alkusanat	5
Table and figure captions in English	8
1. Kuukausiraportointi	11
2. Tilastointiin osallistuvat laitokset	12
2.1 Tuulivoimalaitokset tyypeittäin	18
3. Määritelmät ja tunnusluvut	21
4. Tuulen energiasisältö	23
4.1 Tuotantoindeksit.....	24
4.2 Tuotantoindeksit Pohjoismaissa.....	25
5. Asennetun tehon ja tuotannon kehitys	26
5.1 Teho ja sähköntuotanto.....	26
5.2 Euroopan tuulivoimakapasiteetti	29
5.3 Laitoskoon kehitys	30
5.4 Tunnuslukuja.....	31
6. Tuotantovertailuja vuodesta 2011	35
6.1 Tuotannon tunnusluvut vuonna 2011	35
6.2 Tuotannon jaotteluja vuodelta 2011	39
7. Käyttökatkot	41
7.1 Tekninen käytettävyys.....	41
7.2 Käyttökatkojen erittelyt	42
7.3 Jäätymiset ja kylmä aika	46
8. Tuulivoima ja sähkön kulutus	50
8.1 Tuulivoiman kausivaihtelu	50
8.2 Tuulivoimat tuotanto valtakunnan huipun aikana	51

Lähdeluettelo	55
----------------------------	-----------

Liitteet

Liite 1: Tilastoinnissa käytettävät raportointilomakkeet

Liite 2: Tilastoinnissa käytettävät raportointilomakkeet

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, 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 and manufacturers.
19. Regional distribution of wind energy production in Finland.
20. Technical availability as function of turbine age.
21. Distribution of downtime. 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.
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 into account only the turbines with technical availability more than 90%.
9. Downtime reported. (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 jälkempäin ja osa laitoksista raportoi seisokkiaikoja.

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

Kuukausittaiset laitoskohtaiset yhteenvedot ovat ladattavissa osoitteessa <http://www.vtt.fi/windenergystatistics> aina seuraavan kuukauden lopussa. Puuttuvia tietoja päivitetään yleensä Tuulienergia-, Vindögat- ja Windstat-lehtiin tehtävän neljännesvuosiraportoinnin yhteydessä. Vuoden 2012 aikana tähän tulee muutoksia tilastoinnin kehitysprojektin myötä. Pienistä sisämaan laitoksista osa raportoi tuotantonsa vain vuositasolla.

2. Tilastointiin osallistuvat laitokset

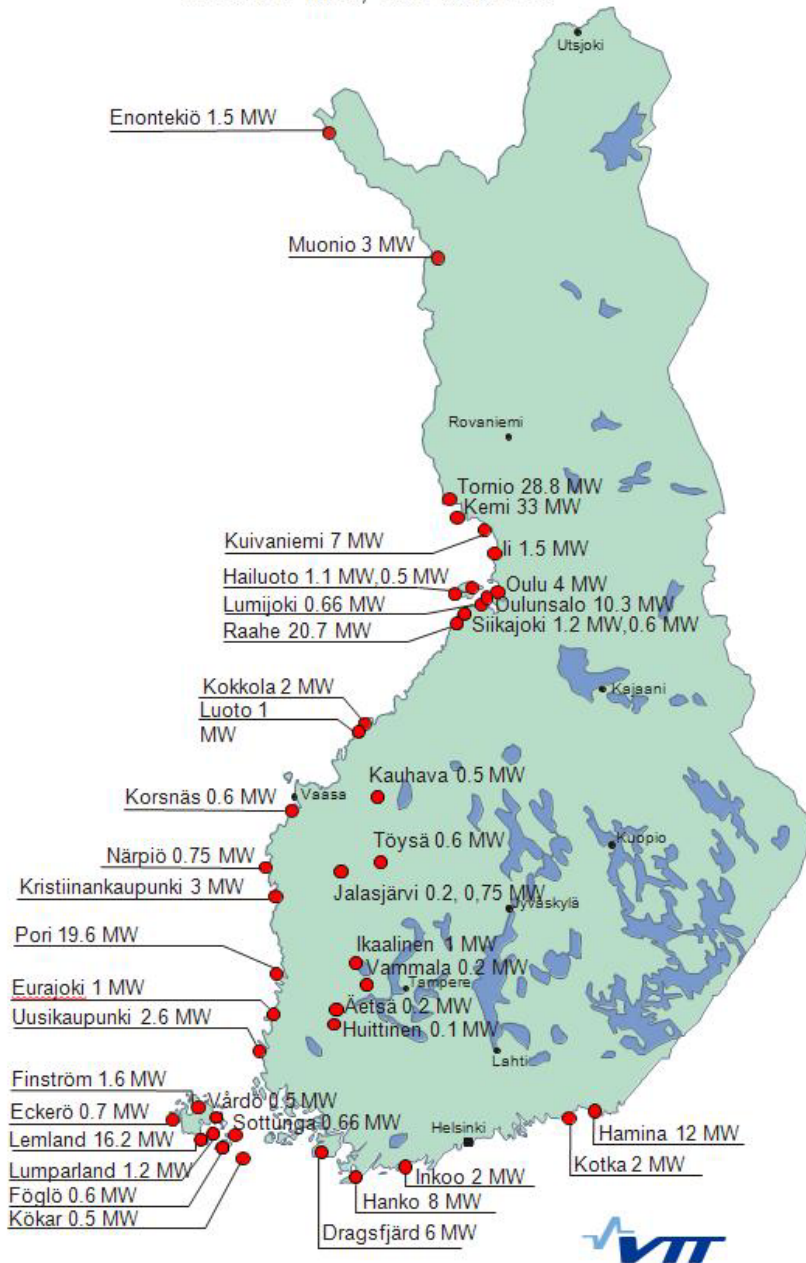
Suomessa oli vuoden 2011 lopussa 131 verkkoonkytkettyä yli 70 kW:n tehoista tuulivoimalaitosta, yhteensä 199 MW. Osa laitoksista raportoi ainoastaan tuotantotiedot (ei seisokkiaikoja/käytettävyyttä). Laitosten sijainnit esitetään kuvassa 1 ja perustiedot taulukossa 1. Omistusmuoto-lyhenne on selitetty 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 Reposaassa ja Meri-Pori-nimisistä laitoksista 1–4 Reposaaren Pengertiellä, 5 Reposaassa ja laitokset 6–11 Tahkoluodossa.

Vuoden 2011 aikana Suomessa otettiin käyttöön kaksi laitosta, yht. 1,75 MW. Pramia Oy:n käytetty 750 kW:n voimala aloitti Ilvesjoella tammikuussa 2011 ja Ikaalisten vapaaseurakunnan käytetty 1000 kW:n voimala Ikaalisissa lokakuun lopussa. Vuoden 2011 lopun kapasiteetista pisimpään käytössä olleet laitokset ovat Korsnäsin 3 laitosta, jotka ovat olleet käytössä marraskuusta 1991 lähtien.

Wind power sites in 2011

Total 199 MW, 131 turbines



Kuva 1. Suomen tuulivoimaloiden sijainnit vuoden 2011 lopussa.

2. Tilastointiin osallistuvat laitokset

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

Kunta Nimi	Aloitus: kk.vv	Omistaja	Omistus- muoto	Yhteys- henkilö	Valmis- taja	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	Ralf Granholm	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 Lam- masoaivi 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 Kuiva- matala 1–3	10.98	VAPO Oy	I	Esa Aarnio	NEGMi- con	3 x 750
Muonio Olos 1–2	11.98	Tunturituuli Oy	U	Seppo Partonen	Bonus	2 x 600
Enontekiö Lammasoaivi 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

2. Tilastointiin osallistuvat laitokset

Kunta Nimi	Aloitus: kk.vv	Omistaja	Omistus- muoto	Yhteys- henkilö	Valmis- taja	Teho kW
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	NEGMi-con	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	NEG-Micon	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
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	Wind-world	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	Vestas	660

2. Tilastointiin osallistuvat laitokset

Kunta Nimi	Aloitus: kk.vv	Omistaja	Omistus- muoto	Yhteys- henkilö	Valmis- taja	Teho kW
				Lindqvist		
Äetsä Marjamäenvuori	09.05*	Oittisen tila Oy	C	Jussi Oittinen	Vestas	225
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 Hiiskansaari	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	Hara- kosan	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
Ii Laitakari 1	02.09	Iin Energia Oy	U	Jussi Kärsämä	WinWinD	1 000
Töysä Riihontie 1	06.09*	Terho Riiho	C	Terho Riiho	NegMi- con	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
Jalasjärvi Ilvesjoki 1	01.11*	Pramia Oy	I	Marianne Mäkinen	Sund- wind	750
Ikaalinen (ei tietokannassa)	10.11*	Ikaalisten vapaseurakunta	C	Ilkka Klinga	?	1 000

* Ostettu käytettynä, aloitusaika ei kerro laitoksen ikää.

Taulukko 2. Suomen verkkoonkytkettyjen ja tilastointiin osallistuvien tuulivoimalaisten omistusmuodot vuoden 2011 lopussa.

Omistusmuoto		Laitoksia		Kapasiteetti	
		lkm	%	MW	%
U	Sähköyhtiö (Utility company)	63	48 %	111,70	56 %
C	Kuluttajaomisteinen (Consumer owned company)	51	39 %	50,74	25 %
I	Teollisuus (Industry owned company)	17	13 %	36,55	18 %
YHTEENSÄ		131	100 %	198,99	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 osallistuneet tilastointiin. 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 olleet tuottaneet sähköä verkkoon vuoden 2006 jälkeen. Korsnäs 4 on otettu pois käytöstä kesällä vuonna 2009. Laitos kuului Korsnäsin tuulivoimapuistoon, joka on Suomen ensimmäinen verkkoonkytketty tuulivoimapuisto. Laitoksen käyttöikä oli melkein 18 vuotta, kun se otettiin pois käytöstä.

Vuoden 2011 aikana tilastoista poistettiin yksi laitos (0,25 MW). Krisantie poistettiin tilastoista, koska se ei raportoinut enää tietoja.

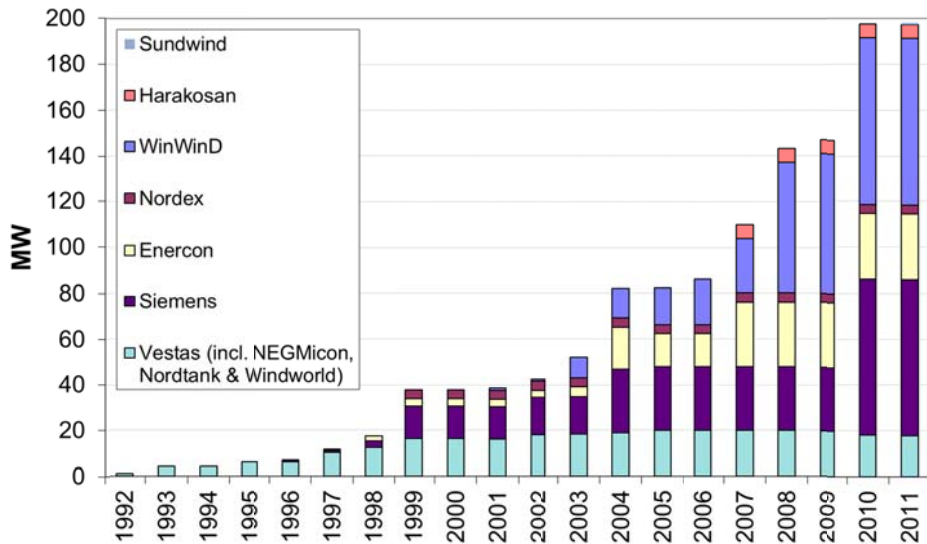
2. Tilastointiin osallistuvat laitokset

Taulukko 3. Suomen puretut ja tilastoista poistetut tuulivoimalaitokset siinä järjestyksessä kun ne on poistettu tilastosta. Vuoden 2011 aikana tilastoista poistettiin yksi laitos (0,25 MW).

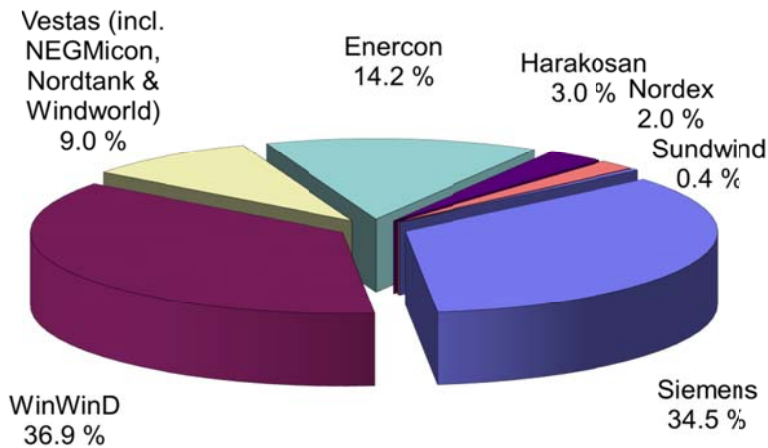
Kunta Nimi	Aloitus: kk.vv	Poistettu käytöstä: kk.vv	Valmistaja	Teho kW	Info
Inkoo Kopparnäs	11.86	01.95	DWT	300	Purettu (ei osallistunut tilastointiin)
Pelkosenniemi Pyhätunturi	10.93	09.01	Windworld	220	Siiretty Jalasjärvelle
Enontekiö Paljasselkä	02.91	08.02	Nordtank	75	Siiretty Huittisiin
Inkoo Barö 1–2	09.04	11.05	Enercon	2 x 2000	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
Ii Laitkari 1	01.97	08.10	Nordtank	500	Poistettu käytöstä
Sottunga Ormhälla	01.92	08.10	Vestas	225	Purettu
Eurajoki Krisantie	12.05	01.08	NegMicon	250	Ei raportoinut enää

2.1 Tuulivoimalaitokset tyypeittäin

Tuulivoimalavalmistajien markkinaosuuksien kehittyminen Suomessa vuodesta 1991 esitetään kuvassa 2. Valmistajien markkinaosuudet Suomen koko tuulivoimakapasiteetista vuoden 2011 lopussa esitetään kuvassa 3. Suomessa käytössä olevien tuulivoimaloiden tyypit on koottu taulukkoon 4



Kuva 2. Markkinaosuuksien kehitys Suomen tuulivoimakapasiteetista vuosina 1991–2011.



Kuva 3. Tuulivoimalavalmistajien markkinaosuudet Suomen tuulivoimakapasiteetista vuoden 2011 lopussa (tietokannassa mukana olevien laitosten (198 MW) perusteella).

2. Tilastointiin osallistuvat laitokset

Taulukko 4. Suomessa käytössä olevat tuulivoimalaitostyytit vuoden 2011 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
Nordex	1 000	1	1 000
NEG Micon*	750	7	5 250
Sundwind	750	1	750
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	1500
Vestas	225	3	675
Windworld	220	1	220
Nordtank*	200	3	600
Nordtank*	75	1	75
		131	198 990

* 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. Alla on esitetty selityksiä ja kaavoja eräiden tunnuslukujen laske-
miseksi.

Tuotanto roottorin pyyhkäisyypinta-alaa kohti e (kWh/m²):

$$e = \frac{Tuot.(kWh)}{\pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2} \quad (1)$$

Kapasiteettikerroin CF:

$$CF = \frac{Tuot.(kWh)}{Nimellisteho(kW) \cdot tunnit(h)} \quad (2)$$

Huipunkäyttöaika t_h (h):

$$t_h = \frac{Tuot.(kWh)}{Nimellisteho(kW)} \quad (3)$$

3. Määritelmät ja tunnusluvut

Seisokkiaika (h): Aika, jolloin tuulivoimalaitoksella on käyttökato 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.

Tekninen käytettävyys (%):

$$\frac{\text{tunnit} - (\text{seisokkiaika} - \text{sähköverkkohäiriöt})}{\text{tunnit}} \quad (4)$$

Esim. tekninen käytettävyys normaalilta, kokonaiselta vuodelta: tunnit saavat arvon 8 760 h. Keskimääräinen käytettävyys kaikille laitoksille: seisokkiaika yhteensä pois lukien sähköverkkohäiriöt; tunnit yhteensä kaikille laitoksille ottaen huomioon kesken vuotta aloittaneiden laitosten pienemmän tuntimäärän.

Tuotantoindeksi (%): Sääasemalta mitattujen tuulennopeushavaintojen perusteella laskettu tuotanto suhteessa pitkän aikavälin havainnoista laskettuun keskimääräiseen tuotantoon. Tuulennopeushavainnot muutetaan keskitehoksi käyttäen 1 500 kW:n tuulivoimalaitoksen 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. Tuulivoimatuotantoa 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):

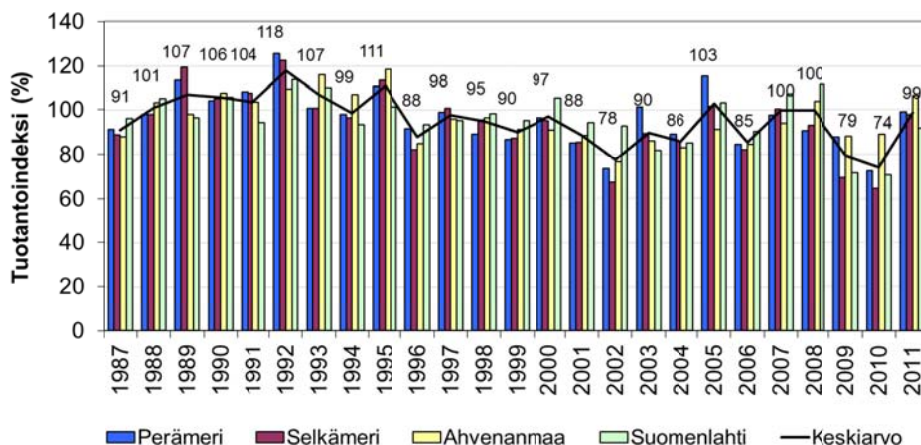
1. Suomenlahti: Helsinki Isosaari (17 m), nykyisin Harmaja
2. Ahvenanmaa ja Saaristomeri: Lemland Nyhamn (16 m)
3. Selkämeri: Kristiinankaupunki Karhusaari (36 m)
4. Perämeri: Hailuoto Marjaniemi (46 m).

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

Ennen vuotta 2002 lasketuissa tuotantoindeksissä vertailujaksona käytettiin vuosia 1985–1995 ja indeksien laskennassa nimellisteholtaan 500 kW:n voimalan tehokäyrää. Vuoden 2002 aikana suoritettujen tilastoinnin kehittämishankkeen yhteydessä päivitettiin tuotantoindeksien laskenta ja laskennassa käytetty vertailujakso. Vertailujaksoa pidennettiin 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.

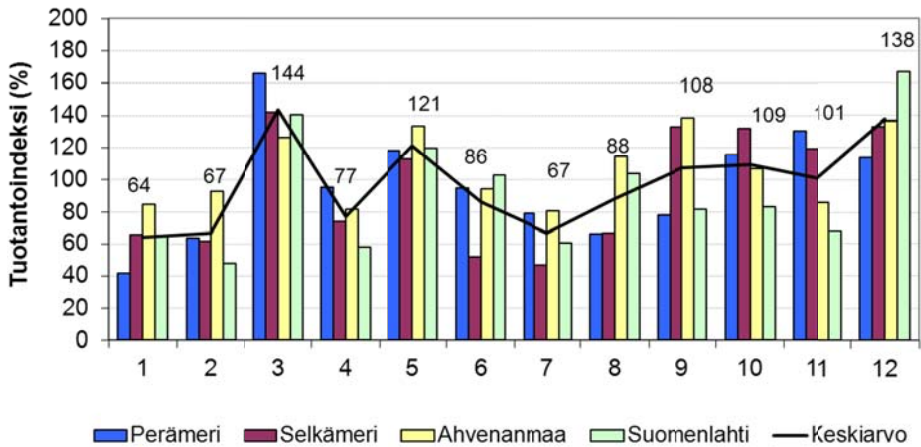
4.1 Tuotantoindeksit

Vuosi 2011 oli tuulisuudeltaan lähellä pitkän aikavälin keskiarvoa. Eri merialueiden tuulisuutta kuvaavat Ilmatieteen laitoksen laskemat tuotantoindeksit vuonna 2010 olivat seuraavat: Perämerellä 99 %, Selkämerellä 98 %, Ahvenanmaalla 106 % ja Suomenlahdella 92 % pitkän aikavälin keskimääräisestä tuotannosta. Vuosittaiset tuotantoindeksit sekä niiden keskiarvo on esitetty kuvassa 4. Tuotantoindeksien keskiarvo vuonna 2011 oli 99 %. Indeksien tuotannolla painotettu keskiarvo, jossa on huomioitu, millä indeksialueilla tuotettiin tuulivoimaa, oli 98 %.



Kuva 4. Tuulivoiman tuotantoindeksit Suomen rannikolla vuosina 1987–2011. 100 % on keskimääräinen tuotanto vertailuajanjaksolla 1987–2001. Keskiarvo on merkitty viivalla ja numeroilla.

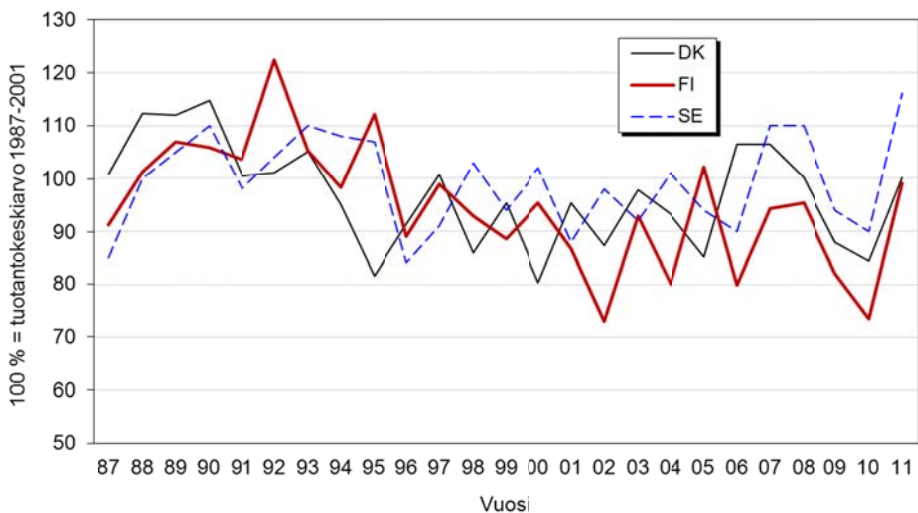
Kuukausitason indeksit vuodelta 2011 on esitetty kuvassa 5. Kuvassa 100 % vastaa kunkin kuukauden keskimääräistä tuotantoa. Suurimmat indeksit olivat maalisi- ja joulukuussa. Tämä näkyy myös tuotannossa: kummakin kuukauden tuotanto oli reilu 60 GWh.



Kuva 5. Kuukausittaiset tuotantoindeksit v. 2011 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].



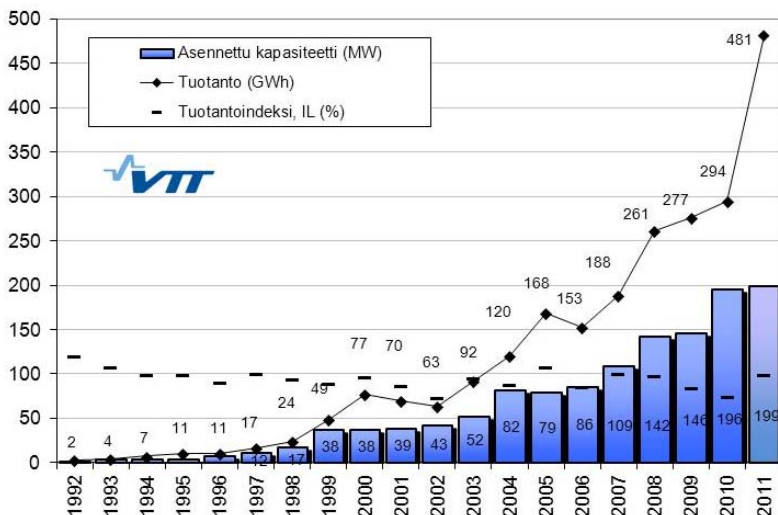
Kuva 6. Tuuliolosuhteiden vuosivaihtelu Suomessa (FI), Ruotsissa (SE) ja Tanskassa (DK). Tuulivoiman tuotantoindeksit 1987–2011.

5. Asennetun tehon ja tuotannon kehitys

Vuoden 2011 tuotantotilasto tuulivoimalaitoksittain on esitetty liitteessä 2.

5.1 Teho ja sähköntuotanto

Suomen tuulivoimakapasiteetti vuoden 2011 lopussa oli 199 MW. Vuonna 2011 pystytettiin 1,75 MW ja 0,25 MW poistettiin käytöstä vuoden aikana, eli kokonaiskapasiteetti kasvoi 1,5 MW:lla (0,8 %). Kapasiteetin kasvu oli siis lähes olematonta. Suomen tuulivoimalaitosten yhteenlaskettu tuotanto vuonna 2011 oli 481 GWh. Tuotanto kasvoi 187 GWh (63,6 %) vuoteen 2010 verrattuna. Tuotannon kehitys 1992–2011 on esitetty kuvan 7 käyränä. Samassa kuvassa näkyy pylvinä 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 1992–2011.

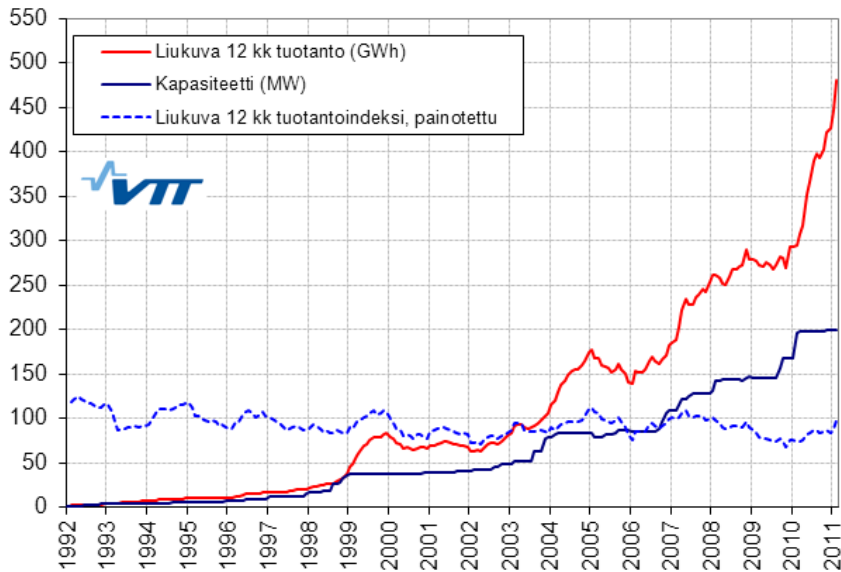
Taulukko 5. Suomen tuulivoimakapasiteetin kehitys vuosina 1991–2011.

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 Energialaitos	3,22	11			4,6	18
1994	0	0			4,6	18
1995 Muu	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
2011	1,75	2	0,25	1	198,99	131

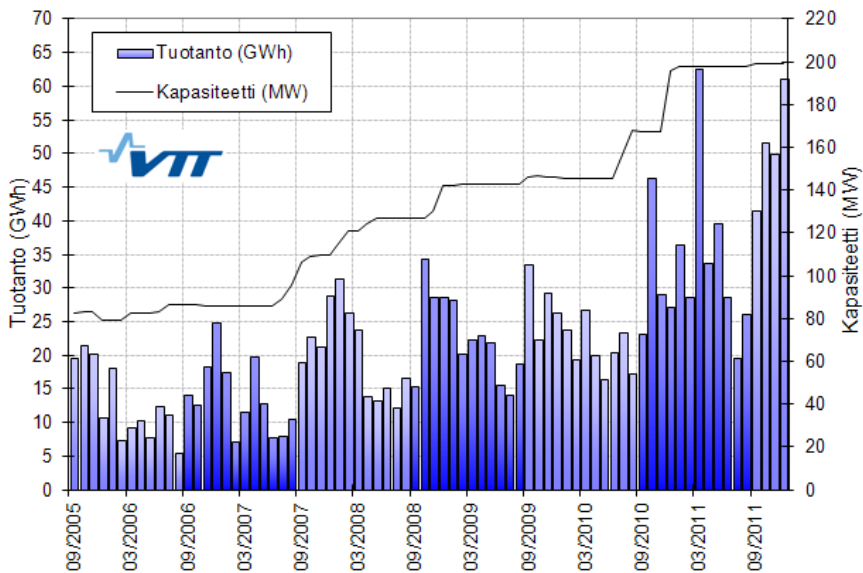
Kuvassa 8 vuosituotannot esitetään liukuvana 12 kk:n summana. Vuoden 2011 joulukuussa saavutettiin tähän mennessä suurin 12 kk:n tuulivoimatuotanto (481 GWh). Kuvaan on piirretty myös tuotantoindeksit samanlaisina liukuvina 12 kk:n arvoina. Tuotantoindekseistä on laskettu yksi luku kuvaamaan Suomea siten, että neljää indeksiä on painotettu indeksialueille asennetun kapasiteetin mukaan.

Kuvassa 9 näkyy Suomen kuukausittainen tuulivoimatuotanto sekä kapasiteetin kasvu viiden viimeisen vuoden ajalta. Koko Suomen tuulivoimaloiden kuukausituotanto vaihteli 19 ja 63 GWh:n välillä vuonna 2011.

5. Asennetun tehon ja tuotannon kehitys



Kuva 8. Suomen tuulivoiman vuosituotanto 1992–2011 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 2006–2011.

5.2 Euroopan tuulivoimakapasiteetti

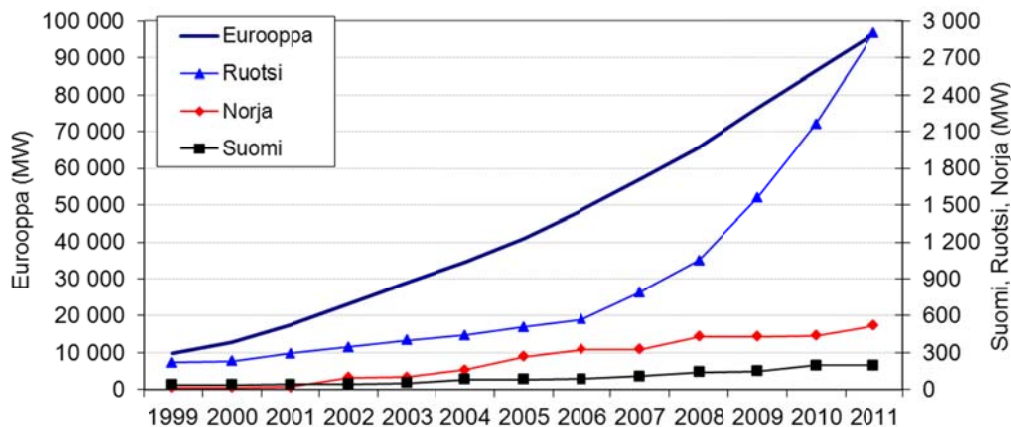
Euroopan tuulivoimakapasiteetti vuoden 2011 lopussa oli noin 96 000 MW (EU:n alueella 93 000 MW), josta vuoden 2011 aikana rakennettiin reilu 10 000 MW. Maailman tuulivoimakapasiteetti vuoden 2011 lopussa oli noin 238 000 MW [9]. Taulukossa 6 on esitetty Euroopan tuulivoimakapasiteetin kehitys maittain vuosina 2003–2011. Suomi on Euroopan sijalla 19 asennetussa tuulivoimakapasiteetissa. Vuonna 2011 Euroopassa rakennetusta tuulivoimakapasiteetista valtaosa rakennettiin Saksaan, Espanjaan, Italiaan ja Britanniaan (yli 5 000 MW).

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

Taulukko 6. Euroopan tuulivoimakapasiteetti [3]. Muu Eurooppa sisältää Turkin (1799 MW).

MW	Kapasiteetti vuoden lopussa								
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Saksa	14 609	16 629	18 415	20 622	22 247	23 897	25 777	27 191	29 060
Espanja	6 203	8 264	10 028	11 623	15 131	16 689	19 160	20 623	21 674
Ranska	257	390	757	1 567	2 454	3 404	4 574	5 970	6 800
Italia	905	1 266	1 718	2 123	2 726	3 736	4 849	5 797	6 747
Britannia	667	904	1 332	1 962	2 406	2 974	4 245	5 204	6 540
Portugali	296	522	1 022	1 716	2 150	2 862	3 535	3 706	4 083
Tanska	3 116	3 118	3 128	3 136	3 125	3 163	3 465	3 749	3 871
Ruotsi	399	442	509	571	788	1 048	1 560	2 163	2 907
Hollanti	910	1 079	1 219	1 558	1 747	2 225	2 215	2 269	2 328
Irlanti	190	339	496	746	795	1 027	1 310	1 392	1 631
Kreikka	383	473	573	746	871	985	1 087	1 323	1 629
Puola	63	63	83	153	276	544	725	1 180	1 616
Itävalta	415	606	819	965	982	995	995	1 014	1 084
Belgia	68	96	167	194	287	415	563	886	1 078
Bulgaria	0	10	10	36	57	120	177	500	612
Norja	101	160	267	325	326	429	431	436	520
Unkari	3	3	17	61	65	127	201	295	329
Tshekki	9	17	28	54	116	150	192	215	217
Suomi	52	82	82	86	109	142	147	197	197
Viro	2	6	32	32	59	78	142	149	184
Liettua	0	6	6	48	51	54	91	163	179
Kypros	0	0	0	0	0	0	0	82	134
Sveitsi	5	9	12	12	12	14	18	42	46
Luxemburg	22	35	35	35	35	35	35	44	44
Latvia	27	27	27	27	27	27	28	30	31
Muu Eurooppa	136	104	109	176	270	584	940	1 974	3 070
Eurooppa	28 838	34 650	40 893	48 574	57 111	65 724	76 462	86 594	96 611

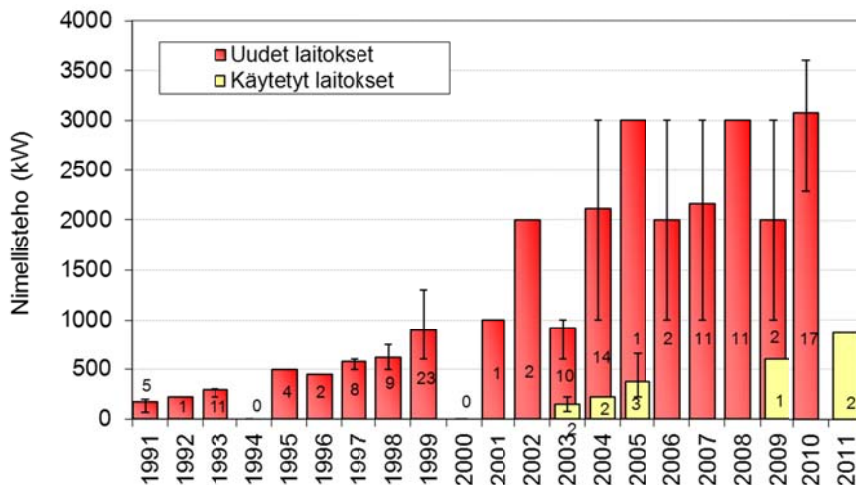
5. Asennetun tehon ja tuotannon kehitys



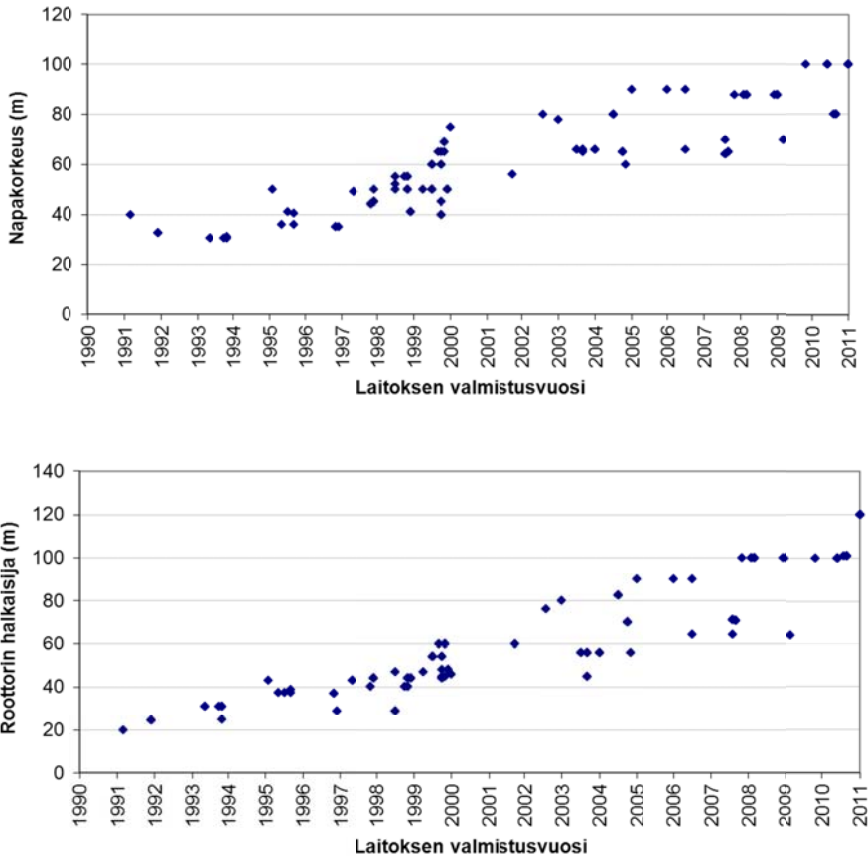
Kuva 10. Tuulivoimakapasiteetin kehitys Suomessa, Ruotsissa, Norjassa ja Euroopassa.

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 2011 lopussa Suomen tuulivoimalaitosten keskiteho oli 1 519 kW (131 laitosta, yht. 198 990 kW). Ilman käytettynä ostettuja laitoja keskiteho oli 1 598 kW (122 laitosta, yht. 195 MW). Laitosten korkeus ja roottorin halkaisija näkyvät kuvassa 12.



Kuva 11. Vuosittain asennetun tuulivoimakapasiteetin keskitehon kehitys 1991–2011 ja vuosittain asennetun kapasiteetin koonvaihtelu, erikseen uusille ja käytettynä ostetuille laitoille. 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, käytettynä ostetut laitokset eivät ole mukana. Vihreäsaari 2 on ensimmäinen 3 MW:n WinWinD-koelaitos eikä ole mukana 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 indeksin 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	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Nimellisteho yhteensä (MW)	51	75	75	76	96	138	141	193
Laitosten lukumäärä	73	87	87	86	96	109	106	123
Vuosituotanto (MWh)	98134	159977	140578	153527	203119	269808	263383	475909
Eniten tuottaneen laitoksen tuotanto	5697	7035	6420	6784	7493	7728	8405	12487
Vähiten tuottaneen laitoksen tuotanto	258	317	196	153	256	152	104	0
Huipunkäyttöaika keskimäärin (h)	1942	2063	1789	1953	1944	1744	1654	2121
Suurin huipunkäyttöaika	2848	3518	3210	3392	3258	2888	2824	3973
Pienin huipunkäyttöaika	861	696	536	674	909	305	174	0
Tuotanto pyyhkäisyypinta-alaa kohti(kWh/m2)	760	861	746	813	846	747	705	864
Suurin tuotanto kWh/m2	1256	1551	1415	1495	1893	1678	1641	2044
Pienin tuotanto kWh/m2	342	319	246	268	361	139	72	0
Kapasiteettikerroin keskimäärin	0,21	0,24	0,20	0,22	0,22	0,20	0,19	0,24
Suurin kapasiteettikerroin	0,32	0,40	0,37	0,39	0,37	0,33	0,32	0,45
Pienin kapasiteettikerroin	0,10	0,08	0,06	0,08	0,10	0,03	0,02	0,00
Tuotantoindeksi keskimäärin	87 %	107 %	84 %	99 %	97 %	83 %	74 %	98 %

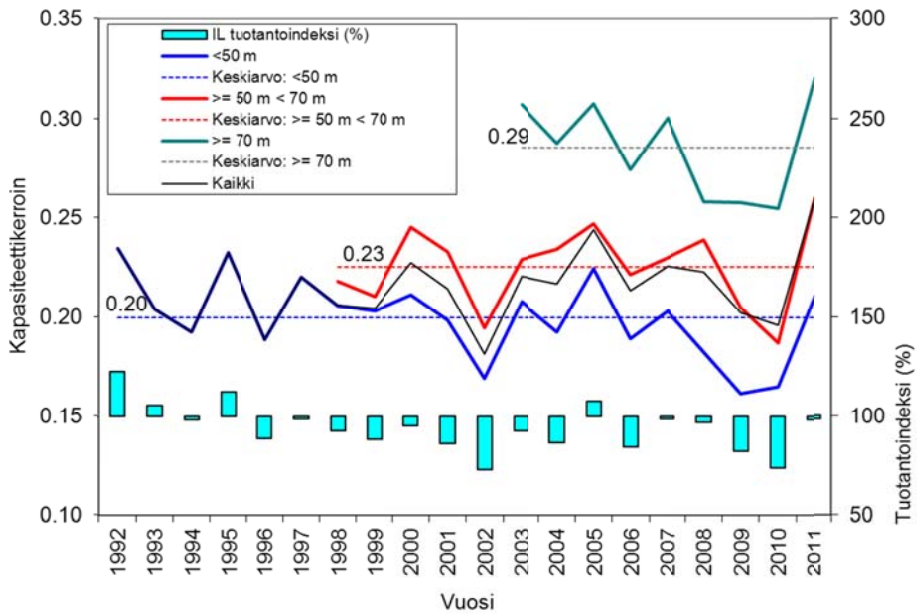
Keskimääräinen huipunkäyttöaika vuonna 2011 oli 2121 h/a, ja kun otetaan vain yli 90 % käytettävyydellä toimineet laitokset 2404 h/a. Taulukkoon 8 on tehty sama laskenta niin, että on poistettu niiden voimaloiden tuotanto, joiden käytettävyys on ollut heikko (< 90 %).

Taulukko 8. Tilastointiin osallistuvien standardilaitosten tuotantoluvuista laskettuja tunnuslukuja vuosilta 2002–2009, kun mukana ovat ainoastaan laitokset, joiden käytettävyys on ollut yli 90 %. Tuotannolla painotetun tuotantoindeksin keskiarvon ”Tuotantoindeksi keskimäärin” laskennassa tätä rajausta ei ole huomioitu.

Vuosi	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Nimellisteho yhteensä (MW)	44	68	61	67	90	74	74	98
Laitosten lukumäärä	63	76	67	73	87	69	55	64
Vuosituotanto (MWh)	89672	147697	119369	139794	191262	158635	161234	260432
Eniten tuottaneen laitoksen tuotanto	5697	7035	6420	6784	7493	7728	8405	10401
Vähiten tuottaneen laitoksen tuotanto	281	343	239	295	256	182	255	228
Huipunkäyttöaika keskimäärin (h)	2036	2134	1900	2035	1978	1877	1952	2404
Suurin huipunkäyttöaika	2848	3518	3210	3392	3258	2888	2824	3973
Pienin huipunkäyttöaika	936	1091	797	985	909	802	1079	759
Tuotanto pyyhkäisy-pinta-alaa kohti (kWh/m²)	796	889	790	846	868	806	848	1005
Suurin tuotanto kWh/m ²	1256	1551	1415	1495	1893	1678	1641	2044
Pienin tuotanto kWh/m ²	372	455	317	391	361	319	386	301
Kapasiteettikerroin keskimäärin	0,22	0,24	0,22	0,23	0,23	0,21	0,22	0,27
Suurin kapasiteettikerroin	0,32	0,40	0,37	0,39	0,37	0,33	0,32	0,45
Pienin kapasiteettikerroin	0,11	0,12	0,09	0,11	0,10	0,09	0,12	0,09
Tuotantoindeksi keskimäärin	87 %	107 %	84 %	99 %	97 %	83 %	74 %	98 %

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 keskitheho (prosenttina nimellistehosta, ns. kapasiteettikerroin) kaikista laitoksista sekä erikseen laitoksista, joiden tornin korkeus on yli 70 m, 50–70 m ja alle 50 m. Mukana laitokset, joiden käytettävyys on ollut yli 80 % ja jotka ovat olleet tuotannossa koko vuoden.

6. Tuotantovertailuja vuodesta 2011

6.1 Tuotannon tunnusluvut vuonna 2011

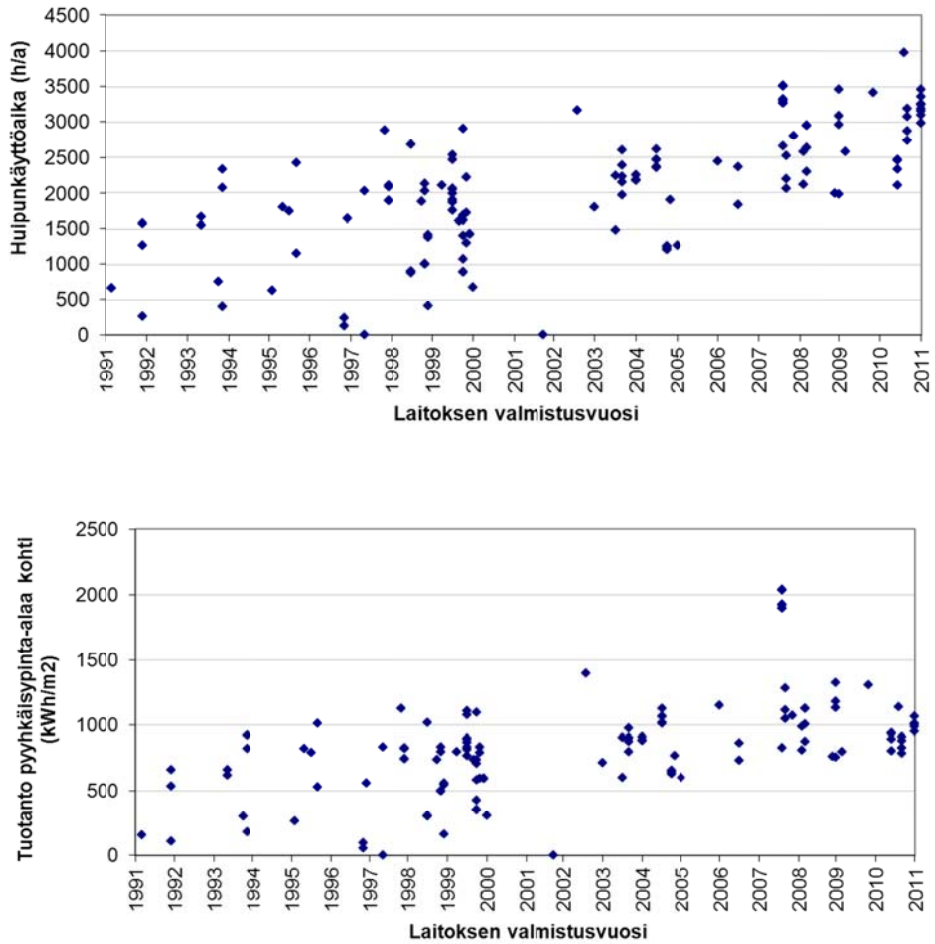
Nimellisteholtaan erikokoisten tuulivoimaloiden tuotantolukujen vertailemiseksi on laskettu tunnuslukuja, joiden avulla laitosten suorituskyvyn vertaileminen helpottuu. Kuvassa 14 on esitetty kaikkien laitosten tuotantojen tunnusluvut laitosten iän mukaan ja kuvassa 15 ovat kapasiteettikerrointen laitoskohtaiset vuosi- ja kuukausiarvot. Hyvin tuottaneet laitokset yltyvät yli 2 400 tunnin huipunkäyttöaikaan ja yli 1 000 kWh/m² tuotantoon pyyhkäisyypinta-alaa kohti.

Kuvista on nähtävissä trendi, että uusimmat laitokset tuottavat huipunkäyttöajalla mitattuna paremmin. Tähän on osaltaan syynä se, että uusimmissa laitoksissa on suhteessa suuremmat roottorit generaattorin kokoon nähden.

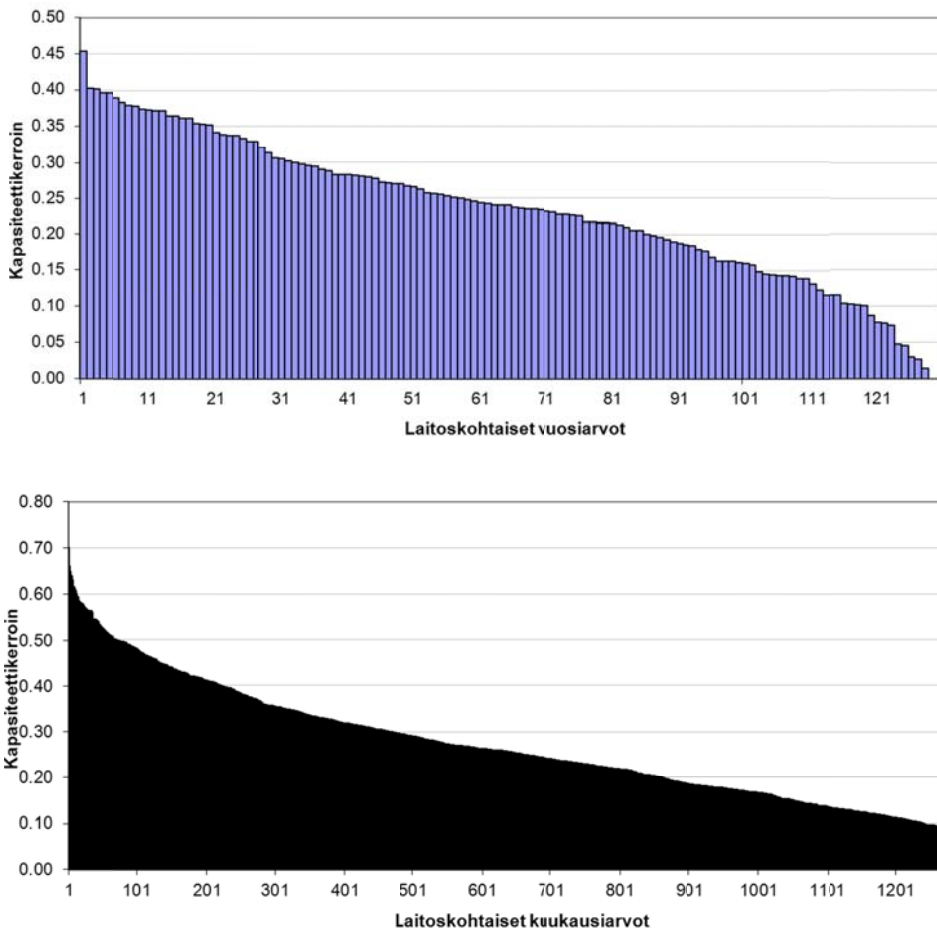
Parhaiten tuottaneiden 30 laitoksen tunnusluvut on esitetty kuvissa 16 ja 17. Kaikki 30 parasta laitosta ylittivät 2 400 tunnin huipunkäyttöajan ja 1 000 kWh/m²:n rajat. 30 parhaan laitoksen joukosta 90 % on nimellisteholtaan 1 MW tai yli – näiden laitosten osuus kaikista Suomen laitoksista on 62 %. Parhaat laitokset huipunkäyttöajalla mitattuna sijaitsevat Porissa, Ahvenanmaalla, Torniossa ja 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: parhaimmillaan 2 044 kWh/m². Laitokset on mitoitettu kovatuuliselle sijoituspaikalle (lavan pituus pieni suhteessa generaattorin kokoon).

6. Tuotantoverailuja vuodesta 2011

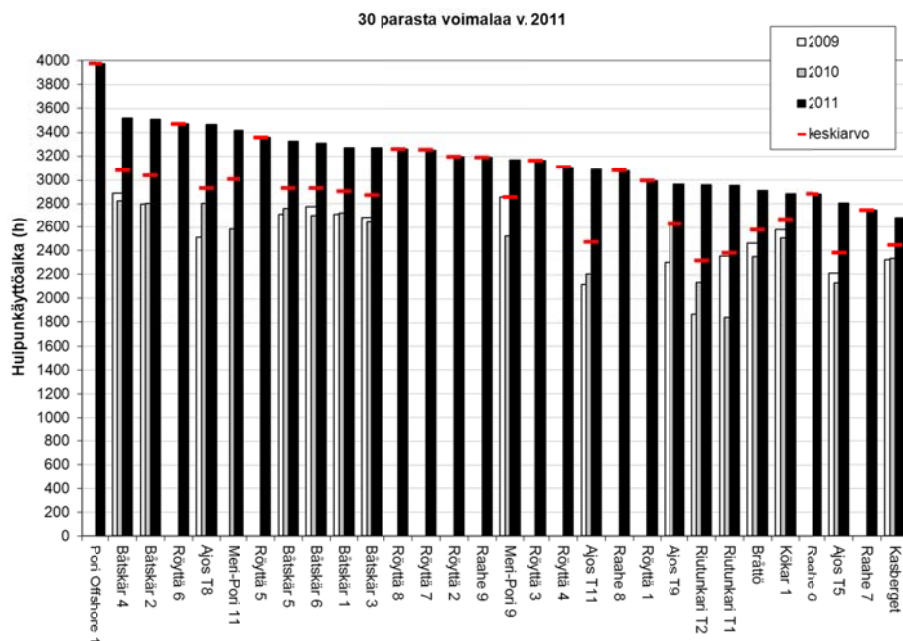


Kuva 14. Kaikkien laitosten tuotanto vuonna 2011 huipunkäyttöaikana ja suhteessa pyyhkäisy-pinta-alaan.

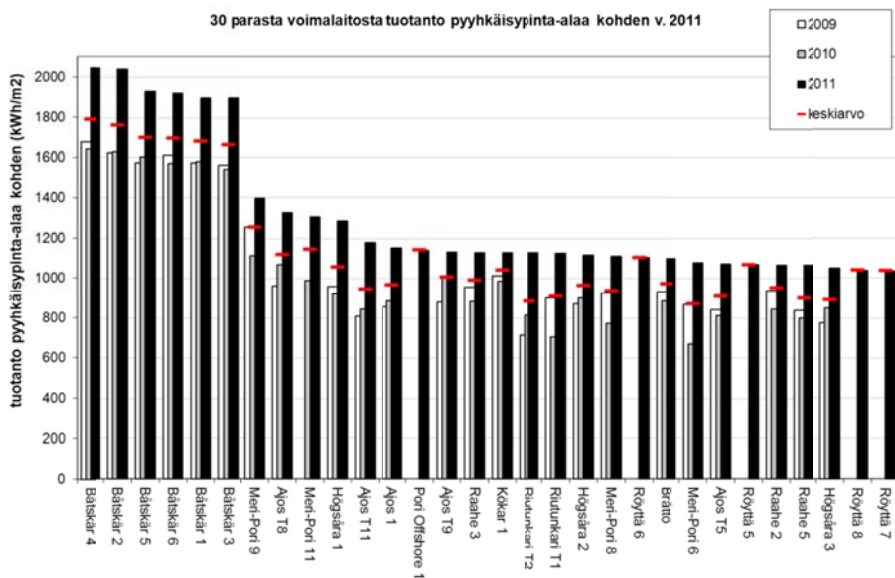


Kuva 15. Kapasiteettikerrointen laitoskohtaiset vuosi- ja kuukausiarvot vuodelta 2011.

6. Tuotantovertilouja vuodesta 2011



Kuva 16. Suomen 30 parasta tuulivoimalaitosta vuoden 2011 huipunkäyttöajan mukaisessa järjestyksessä. Vuosien 2009 ja 2010 huipunkäyttöajat näkyvät vaaleampina pylväinä ja kolmen vuoden keskiarvo vaakasuoralla viivalla.

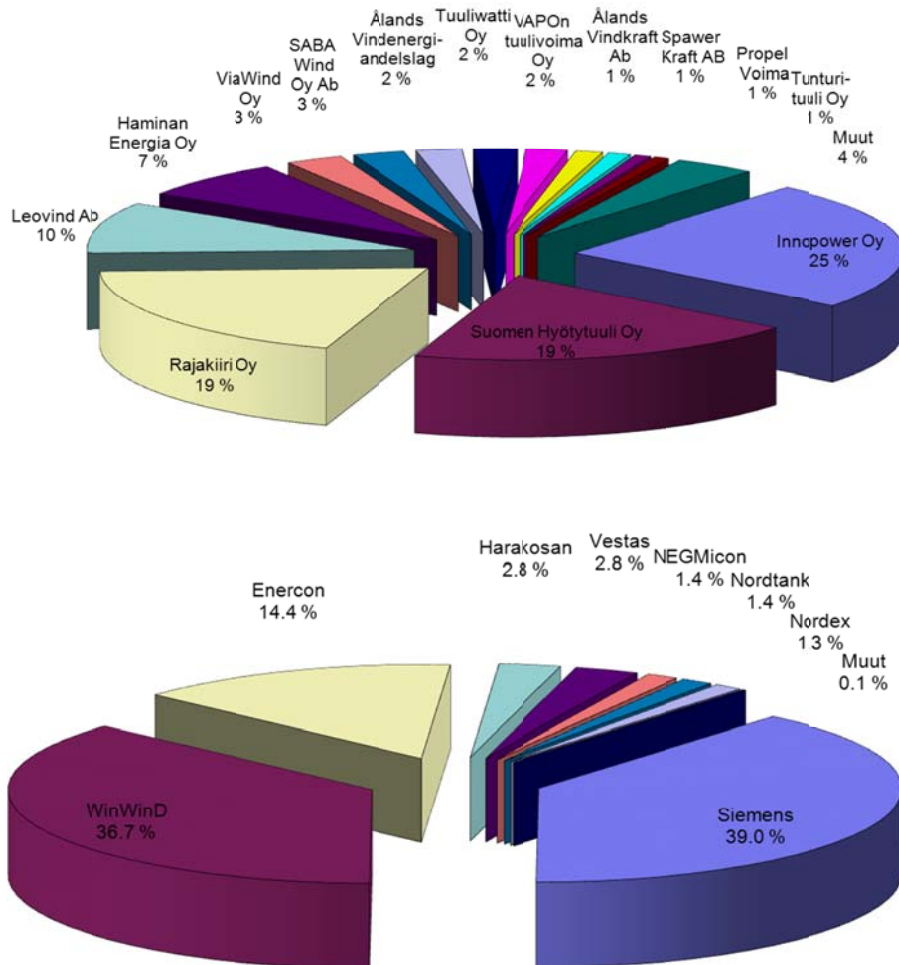


Kuva 17. Suomen 30 parasta tuulivoimalaitosta järjestettyinä vuoden 2011 omi-naistuotannon (tuotanto pyyhkäisy-pinta-alaa kohden) mukaan.

6.2 Tuotannon jaotteluja vuodelta 2011

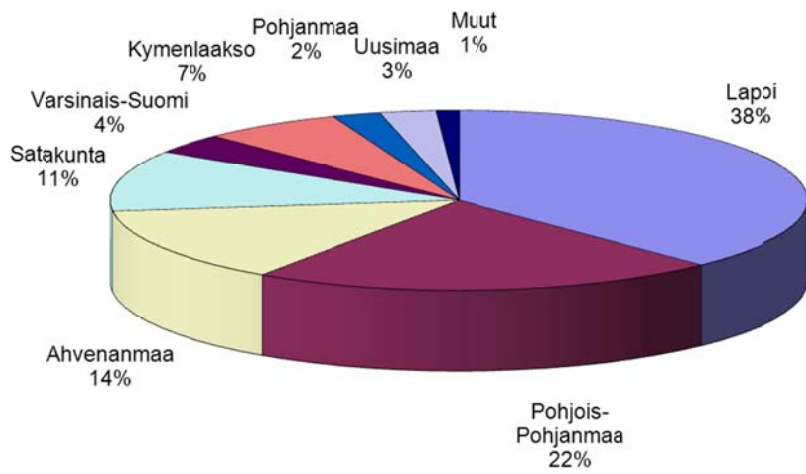
Tuulivoiman tuotanto vuonna 2011 jaoteltuna omistajien ja valmistajien mukaan on esitetty kuvassa 18. Suurimmat tuulivoimatuottajat olivat Innopower Oy (25 % Suomen tuulisähköstä), Suomen Hyötytuuli Oy (19 %) ja Rajakiiri Oy (19 %). Eniten tuotettiin Siemensin (39 %), WinWindin (36,7 %) ja Enerconin (14,4 %) valmistamilla voimaloilla.

Tuulivoimatuotannon jakautuminen maakunnittain on esitetty kuvassa 19. Vuonna 2011 eniten tuulisähköä tuotettiin Lapissa (38 %) ja toiseksi eniten Pohjois-Pohjanmaalla (22 %).



Kuva 18. Tuulivoimatuottajien (ylempi kuva) ja valmistajien (alempi kuva) osuudet tuotetusta tuulisähköstä vuonna 2011.

6. Tuotantovertailuja vuodesta 2011



Kuva 19. Tuulivoimatuotannon alueellinen jakautuminen vuonna 2011.

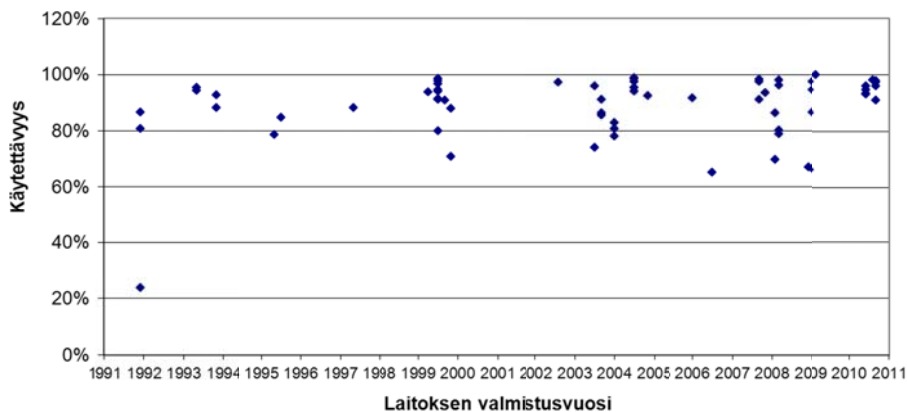
7. Käyttökatkot

Vuoden 2011 lopussa laitoksia oli yhteensä 131. Vikatilastoissa ei ole mukana kesken vuoden rakennettuja laitoksia eikä sisämaan käytettyjä laitoksia. Jäljelle jäävistä 123 laitoksesta 29 ei raportoi seisokkiaikatietoja ja 28 laitokselta saatiin tietoja vain joiltakin kuukausilta vuodelta 2011. Lisäksi laitokset, joiden seisokkiaika kesti koko vuoden (2 laitosta) jätetään pois tarkasteluista. Vihreäsaari 2 on ensimmäinen 3 MW:n Winwind-koelaitos eikä ole mukana tarkasteluissa. Näin ollen vuonna 2011 vikatilastoissa on mukana yhteensä 64 laitosta, joista 58 raportoi seisokkiajat koko vuodelta eriteltynä ja näistä 54 vikojen selityksillä varustettuna.

7.1 Tekninen käytettävyys

Viimeisten kymmenen vuoden aikana keskimääräinen käytettävyys on ollut 89–96 %. Vuonna 2011 keskimääräinen tekninen käytettävyys oli 88,5 % (89 % vuonna 2010). Tekninen käytettävyys on esitetty 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).

7. Käyttökatkot



Kuva 20. Tekninen käytettävyys vuonna 2011 laitosiän funktiona.

7.2 Käyttökatkojen erittelyt

Taulukossa 9 ja kuvassa 21 on esitetty raportoidut käyttökatkot vuodesta 2004 lähtien. Käyttökatkojen aiheuttamat seisokkiajat on jaoteltu taulukossa häiriön syyn mukaan.

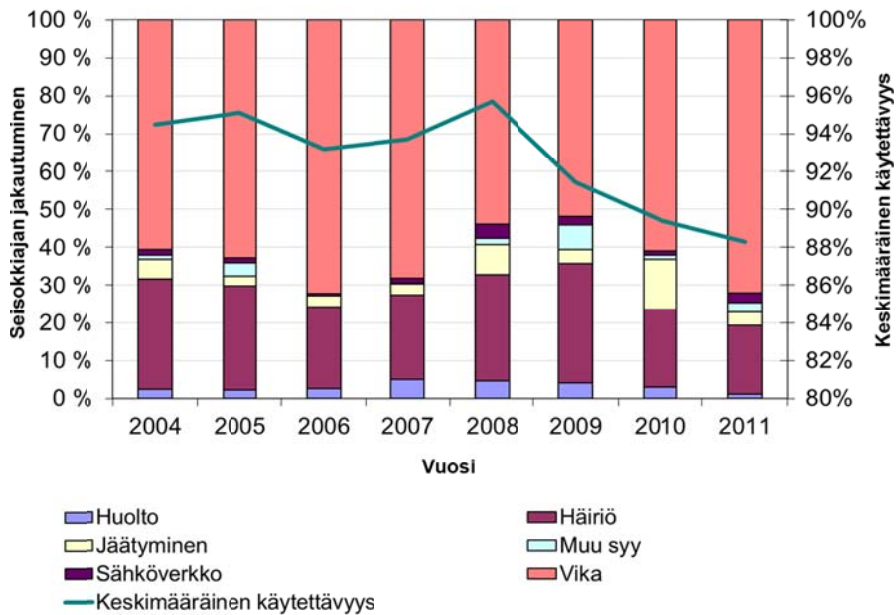
- Huollot ovat suunniteltuja huoltoja, jotka tuulivoimalaitoksissa tehdään yleensä puolivuositain.
- Häiriö-kohtaan on kerätty ne keskeytykset, joissa toimenpiteeksi on riittänyt voimalan uudelleenkäynnistys.
- Muu syy -kohdassa on esim. tutkimuksen tai esittelyn vuoksi aiheutunut seisokkiaika.
- Vika 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 käytettävissä vikaerittelyä, vaan koko seisokkiaika on taulukossa 9 kohdassa "vain seisokkiaika raportoitu".

Taulukko 9. Käyttökatkot vuosina 2004–2011. Vikatilastoissa ei ole mukana sisämaan käytettyjä laitoksia eikä 3 MW:n koelaitos Vihreäsaarella. Vuonna 2011 laitoksia oli tämän jälkeen 123, joista 64 (111 MW) raportoi seisokit koko vuodelta. Kesken vuotta aloittaneet laitokset ovat mukana tilastossa ennen vuotta 2006. Lisäksi laitokset, joiden seisokkiaika kesti koko vuoden 2011 (2 laitosta) jätetään pois tarkasteluista.

Seisokin syy	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Huolto	800	840	1275	2233	1415	2913	2310	674
Häiriö	9156	9773	10622	9924	8423	22093	15919	10961
Jäätyminen	1605	924	1382	1374	2391	2648	10364	2088
Muu syy	378	1262	0	72	543	4439	965	1550
Sähköverkko	469	474	317	541	1103	1612	797	1470
Vika	19052	22449	35461	30434	16240	36368	47488	43452
Vain seisokkiaika raportoitu	6601	3538	3398	1293				5475
Seisokkiaika yhteensä (h)	38061	39260	52455	45871	30115	70073	77843	65670
Seisokkiaika % ajasta	5.5 %	4.9 %	6.8 %	6.3 %	4.3 %	8.5 %	10.6 %	11.7 %
Raportoineet laitokset (MW)	78	79	75	67	77	120	115	111
% kapasiteetista raportoitu	100 %*	96 %*	87% %	87% %	80 %	87 %	82 %	58 %

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

7. Käyttökatkot



Kuva 21. Seisokkiajan jakautuminen vuosina 2004–2011. Keskimääräinen käytettävyys on 92,7 %.

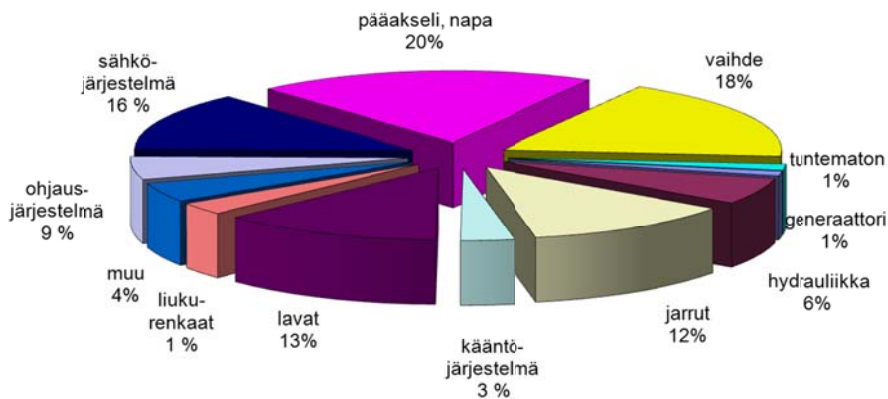
Taulukossa 10 vuoden 2011 vikatunnit on jaoteltu vikaantuneen komponentin mukaan. Taulukossa esitetään myös komponenttivikojen lukumäärät. Kuvassa 22 esitetään vikojen aiheuttamien käyttökatojen jakautuminen eri komponenttien välille.

Taulukko 10. Suomen tuulivoimalaitosten viat vuonna 2011: seisokkitunnit vian aiheuttajien ja komponenttien mukaan. Mukana 58 laitosta (101 MW), jotka raportoivat seisokit koko vuodelta eriteltynä.

Komponentti	Vika-aika yhteensä	% vika-ajasta	Vikojen lkm
anturit	550	1.3 %	12
gen. laakerit	448	1.0 %	3
generaattori	5	0.0 %	1
hydrauliikka	2593	6.0 %	13
ilmajarrut	2869	6.6 %	8
jäähdytys	915	2.1 %	9
kaapelit	120	0.3 %	1
kondensaattorit	81	0.2 %	1
kääntöjärjestelmä	1193	2.7 %	10
kääntömootori	157	0.4 %	4
lapa	1731	4.0 %	5
lapakulman säätömekanismi	8476	19.5 %	60
lavan pultit	429	1.0 %	3
liukurenkaat	1230	2.8 %	4
mekaaninen jarru	5327	12.3 %	10
muu	1908	4.4 %	17
ohjausjärjestelmä	447	1.0 %	10
ohjausyksikkö	327	0.8 %	3
roottori	528	1.2 %	1
roottorin laakerit	115	0.3 %	2
tehoelektronikka	3555	8.2 %	40
tehomuuntaja	1828	4.2 %	8
vaihdelaatikko	6956	16.0 %	22
vaihteen akseli	954	2.2 %	2
verkkoonkytkentä	104	0.2 %	2
tuntematon	606	1.4 %	14
Yhteensä	43452	100.0 %	265

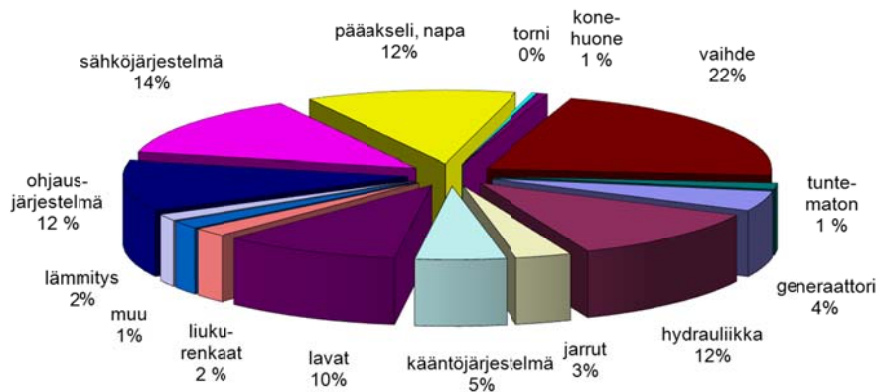
Kuvassa 23 on esitetty vikoja aiheuttaneiden komponenttien prosenttiosuudet koko vikatilastoinnin aikajaksolta 1996–2011. Vaihteistojen vikautumisesta aiheutuneet seisokit näkyvät suurimpana, koska ne on erityisesti vanhemmissa 300 kW:n laitoissa tehty useita kuukausia kestävinä korjaustöinä.

Vikojen aiheuttamat käyttökatkot vuonna 2011
yhteensä 43452 h, 58 laitosta, 101 MW (keskiarvo 9 % ajasta)



Kuva 22. Vikojen aiheuttamien käyttökatkosten jakautuminen tuulivoimaloiden eri komponenteille vuonna 2011.

Vikojen aiheuttamat käyttökatkot vuosina 1996-2011



Kuva 23. Vikojen aiheuttamien käyttökatkosten jakautuminen tuulivoimaloiden eri komponenteille vuosina 1996–2011.

7.3 Jäätymiset ja kylmä aika

Vikatilastoihin rekisteröidään myös jäätymistapaukset (taulukko 11). Osa Suomen tuulivoimalaitoksista on varustettu lapalämmitysjärjestelmillä. Tunturialueiden ulkopuolella lapalämmitysjärjestelmiä on Porissa. Näissä laitoksissa jäätymisen on

osittain ollut myös lämmitysjärjestelmälaitteiston vika eikä ole aina tilastoissa jäätymistapauksena. Laitosten ohjausjärjestelmien käyttämät tuulimittarit ovat yleensä lämmitettyjä. Siitäkin huolimatta niissä esiintyy joskus jäätymisiä.

Yleisimpiä jäätymisen ja kylmän aiheuttamia ongelmia ovat laitoksen käynnistymättömyys, joka johtuu vaihteistoöljyjen kangistumisesta, sekä 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.

7. Käyttökätkot

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

		Lappi	Ahvenanmaa	Perämeri	Selkämeri	Suomenlahti	Koko Suomi	Osuus häiriöajasta
1996	Tuntia	119	12	858	219		1208	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	4143	38		4230	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	1468		55	82		1605	25 %
	Laitoksia	8		1	3		12	
2005	Tuntia	1527	15	35			1577	28 %
	Laitoksia	8	3	1			12	
2006	Tuntia	1050	601	263	197		2111	16 %
	Laitoksia	8	12	7	1		28	
2007	Tuntia	817	22	511	46		1396	10 %
	Laitoksia	8	1	14	1		24	
2008	Tuntia	2157		53	181		2391	22 %
	Laitoksia	8		4	5		17	
2009	Tuntia	2246	15	409			2670	15 %
	Laitoksia	9	3	7			19	
2010	Tuntia	9363	87	1343			10793	33 %
	Laitoksia	10	9	11			30	
2011	Tuntia			2190		51	2241	17 %
	Laitoksia			13		3	16	

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...-30 °C. 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		1288	1,6 %
	Laitoksia		1	4	4		9	
1999	Tuntia	450		2477	699		3626	2,8 %
	Laitoksia	3		8	4		15	
2000	Tuntia	32		72	100		204	0,6 %
	Laitoksia	1		1	2		4	
2001	Tuntia	100		706	1733		2539	1,7 %
	Laitoksia	6		4	7		17	
2002	Tuntia			504	686		1190	1,9 %
	Laitoksia			3	4		7	
2003	Tuntia			90	1044		1134	1,6 %
	Laitoksia			3	5		8	
2005	Tuntia				64		64	0,2 %
	Laitoksia				4		4	
2006	Tuntia			1205	681		1886	1,2 %
	Laitoksia			13	5		18	
2007	Tuntia			645	1635		2280	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			1457	3281		4738	2,0 %
	Laitoksia			15	12		27	
2011	Tuntia			269	1787		2056	2,3 %
	Laitoksia			4	6		10	

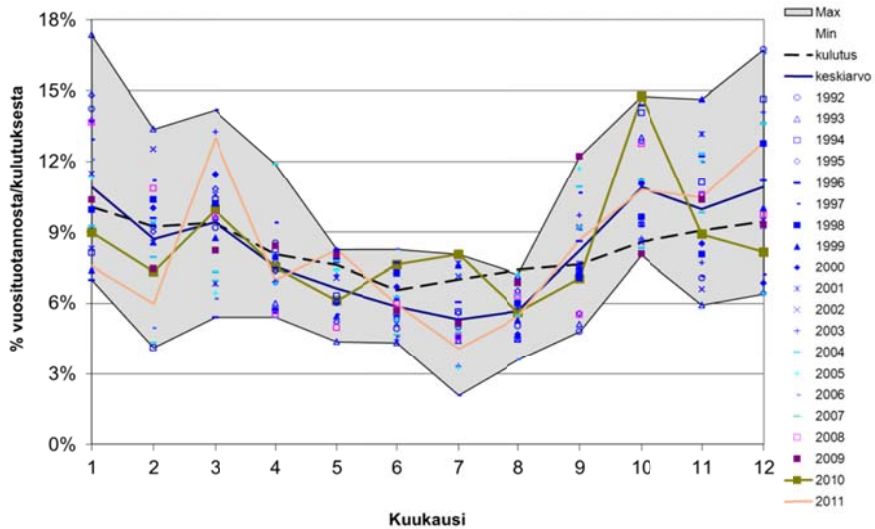
8. Tuulivoima ja sähkön kulutus

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 keskitehon 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 1992–2011 kuukausittainen tuulivoiman tuotanto on esitetty 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 1999–2011 kuukausiluvuista laskettua keskiarvoa [6].



Kuva 24. Tuulivoiman keskimääräinen kausivaihtelu: Suomen tuulivoimalaitosten yhteenlasketun tuotannon jakautuminen eri kuukausille vuosina 1992–2011. Suomen sähkön kulutuksen jakautuminen eri kuukausille keskimäärin 1999–2011 näkyy katkoviivana [6].

8.2 Tuulivoimatuotanto valtakunnan huipun aikana

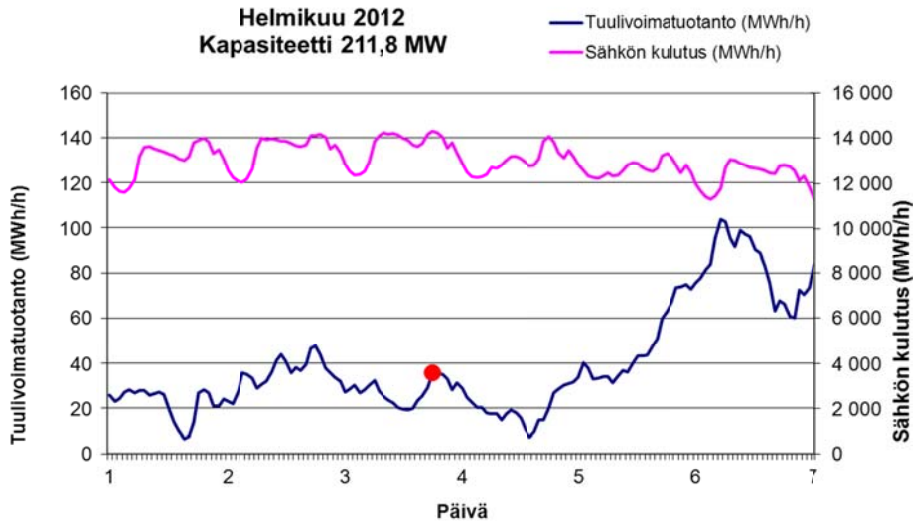
Tuulivoimalaitosten tuntitehot on selvitetty valtakunnan sähkön kulutuksen huippujen ajalta (taulukko 13). Kaikista tuulivoimalaitoksista ei ole ollut käytettävissä tuntitehoja, joten taulukossa on ilmoitettu kunkin vuoden kohdalla kyselyyn vastanneiden laitosten nimellisteho ja tuotettu teho prosenttina nimellistehosta. Vuodesta 2005 eteenpäin Adato (Energiateollisuus) on kerännyt tuntiaikasarjat tuulivoimatuotannosta suurimmasta osasta laitoksista ja tiedot on saatu suoraan Energiateollisuudelta. Talvikaudella 2011–2012 suurin kulutushuippu saavutettiin 3.2.2011 klo 18–19 [10]. Tuulivoimalaitosten tuotanto ja sähkön kulutus seitsemän vuorokauden aikana helmikuussa on esitetty kuvassa 25. Kuvassa esitetty tuulivoiman kokonaiskapasiteetti oli 211,8 MW ja tuntiteho suurimman kulutuksen aikana oli 35,9 MWh/h (17 %, kuvassa merkitty pisteellä).

Yhdeksäntoista vuoden perusteella saadaan huipunaikaiseksi tuulivoimatuotannoksi keskiarvona 19 %. Jos jätetään ensimmäiset vuodet pois, jolloin ilmoittaneita laitoksia oli alle 10 MW, saadaan neljäntoista vuoden keskiarvoksi 18 %. Tuulivoimateholla painotettu keskiarvo on sekä 13 että 18 vuoden tiedoilla laskien noin 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 18–19	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 9–10	12,3	9 %	139,8
2009–10	28.1.10 klo 8–9	81,2	57 %	142,8
2010–11	18.2.11 klo 9–10	4,8	2 %	193,3
2011–12	3.2.2012 klo 18–19	35,9	17 %	211,8



Kuva 25. Tuulivoimatuotannon ja sähkön kulutuksen vaihtelu tunneittain helmi-kuun alussa 2012. 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 2005–2011 toteutuneista tuulivoima- ja kulutustiedoista (Energiateollisuuden ja Fingridin tuntimittauksista).

Vuonna 1999 oli keskimääräistä tynempi 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 jäivät kuitenkin huipun aikana vain muutama prosenttiin nimellistehosta. Koko Pohjoismaiden alueella tuulivoimateho on huippujen aikana yli 10 % asennetusta kapasiteetista (lähes puolet keskimääräisestä tehosta) [7].

8. Tuulivoima ja sähkön kulutus

Taulukko 14. Tuulivoimatuotanto valtakunnan kulutushuippujen aikana vuosina 1999–2002 ja 2005–2011. Tuotanto-% asennetusta kapasiteetista koko vuoden aikana, 10, 50 ja 100 suurimman kulutushuipun aikana sekä keskimäärin että 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 %)
2011	28 % (0–83 %)	4 % (2–5 %)	8 % (1–25 %)	12 % (1–57 %)

Lähdeluettelo

1. Driftuppföljning av Vindkraftverk. Årsrapport 2009. Energimyndigheten, Tukholma. <http://www.vindstat.nu/stat/Reports/arsrapp2009.pdf>, viitattu 7.1.2013.
2. Tanskan tuulivoimatilastot ja tuotantoindeksit <http://www.vindstat.dk> sekä <http://www.naturlig-energi.dk>, viitattu 24.5.2011.
3. Euroopan tuulivoimakapasiteetti <http://www.ewea.org>, viitattu 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>, viitattu 7.1.2013.
6. Energiategollisuus: Sähkön pikatilasto <http://www.energia.fi/fi/tilastot/pikatilasto>, viitattu 7.11.2012.
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>, viitattu 7.1.2013.
8. Holttinen, H., Meibom, P, Orths, A. 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>, viitattu 7.1.2013.
9. IEA Wind Annual report 2011, http://www.ieawind.org/annual_reports_PDF/2011/ExSumm.pdf, viitattu 7.11.2012
10. Kulutushuipun ajankohta ja kulutuksen tuntimittaukset, www.fingrid.fi, viitattu 12.12.2012.

Liite 1: Tilastoinnissa käytettävät raportointi-lomakkeet

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

Kuu		Vuosikausi / Vuosi		/		2000		Raportoinnin nimi	
TUOTANTO:									
ID	Tuulivoimala	Lempinimi	(kW) Teho	(kWh) brutto	(kWh) netto	(h) tuotantoaika	(h) myrsky	(h) kylmä aika	(h) muu
54	Tuulivoimala 1	Mylly 1	1000	0	0	0	0	0	0
55	Tuulivoimala 2	Mylly 2	1000	0	0	0	0	0	0
-	Yhteensä		2000	0	0	0	0	0	0
HÄIRIÖAIKA:									
ID	Tuulivoimala	Lempinimi	(kW) Teho	(h) Häiriöaika	(h) sähköverkko	(h) häiriö	(h) vika	(h) huolto	(h) jäätyminen
54	Tuulivoimala 1	Mylly 1	1000	0	0	0	0	0	0
55	Tuulivoimala 2	Mylly 2	1000	0	0	0	0	0	0

huolto: etukäteen suunniteltu (puolivuosi)huolto

häiriö: toimenpiteeksi riittää esim. manual reset

vika: vaatii osan korjauksen/vaihdon, sisältää koko häiriöajan vian huomaamisesta sen korjaamiseen

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

ID	Tuulivoimala	Lempinimi	
54	Tuulivoimala 1	Mylly 1	
55	Tuulivoimala 2	Mylly 2	
-	jäätyminen/vaihto:		
-	vikojen ja häiriöiden vuoksi menetetty tuotanto (anvio):		kWh
muuta/lisättävää:			

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

Liite 2: Vuositilasto 2011

Taulukko. Suomen tuulivoimatilastojen vuositilasto 2011. 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, Käytt. = tekninen käytettävyys (seisokkiajasta on vähennetty sähköverkkohäiriöt), puuttuu mikäli seisokkiaikaa ei ole raportoitu.

Kunta	Nimi	Teho kW	Valmistaja	Z	D	Tuotanto		Huipunkäyttö		CF	Seis. aika h	Huoltoaika Käytt.	
				m	m	MWh	MWh	h/a	kWh/m ²			aika h	%
Huittinen	Huittinen 1	75	Nordtank	40	20		50	667	159	8 %			
Korsnäs	Korsnäs 1	200	Nordtank	32.5	25	380	314	1571	661	18 %	1194		86.5 %
Korsnäs	Korsnäs 2	200	Nordtank	32.5	25	380	52	261	110	3 %	6682		23.7 %
Korsnäs	Korsnäs 3	200	Nordtank	32.5	25	380	254	1269	534	14 %	1692		80.7 %
Jalasjärvi	Vaasantie	220	Windworld	31	25	100	89	404	181	5 %			
Eckerö	Bredvik	225	Vestas	35	29	500	370	1646	561	19 %	0		100.0 %
Vammala	Koppelo	225	Vestas	50	29		204	906	309	10 %			
Sastamala	Marjamäenvuori 1	225	Vestas	52	29		198	881	300	10 %			
Hailuoto	Marjaniemi 1	300	Nordtank	30.5	31	725	621	2071	823	24 %	1055		88.3 %
Hailuoto	Marjaniemi 2	300	Nordtank	30.5	31	725	699	2329	926	27 %	658		92.7 %
Pori	Pori 1	300	Nordtank	30.5	31	700	228	760	302	9 %	0		100.0 %
Siikajoki	Säikkä 1	300	Nordtank	30.5	31	650	466	1552	617	18 %	430		95.3 %
Siikajoki	Säikkä 2	300	Nordtank	30.5	31	670	499	1664	661	19 %	518		94.3 %
Enontekiö	Lammasoivi 1	450	Siemens	35	37	1100	107	239	100	3 %	3099		64.6 %
Enontekiö	Lammasoivi 2	450	Siemens	35	37	1100	58	128	54	1 %	4970		43.3 %
Hailuoto	Huikku	500	Nordtank	41	37	1275	870	1739	796	20 %	1570	1	84.6 %
Kökar	Kökar 1	500	Enercon	44	40	1200	1441	2882	1130	33 %	0		100.0 %
Hailuoto	Marjaniemi 3	500	Nordtank	36	37	1195	902	1804	826	21 %	1939		78.6 %
Eckerö	Mellanön	500	Vestas	40.5	39	1200	1214	2428	1016	28 %	20		99.8 %
Finström	Pettböle 1	500	Enercon	55	40	1100	1065	2129	835	24 %	100		98.9 %

Liite 2: Vuositolasto 2011

Finström	Pettböle 2	500	Enercon	55	40	1100	1015	2031	796	23 %	0		100.0 %
Kuivaniemi	Vatunki 1	500	Nordtank	36	37	1060	576	1152	527	13 %			
Vårdö	Vårdö 1	500	Enercon	55	40	1200	940	1880	737	21 %	12		99.9 %
Föglö	Brättö	600	Enercon	65	45	1600	1746	2910	1098	33 %	60		99.3 %
Lemland	Knutsboda 1	600	Vestas	45	44	1200	1261	2102	830	24 %	90		99.8 %
Lemland	Knutsboda 2	600	Vestas	45	44	1200	1248	2080	821	24 %	70		100.0 %
Lemland	Knutsboda 3	600	Vestas	45	44	1200	1135	1891	746	22 %	110		99.5 %
Lemland	Knutsboda 4	600	Vestas	50	44	1200	1133	1888	745	22 %	90		99.8 %
Enontekiö	Lammasoivi 3	600	Siemens	41	44	1400	249	415	164	5 %	3655		58.3 %
Lumparland	Lumparland 1	600	Enercon	65	45	1500	1560	2599	981	30 %	20		99.8 %
Lumparland	Lumparland 2	600	Enercon	65	45	1500	1431	2385	900	27 %	50		99.4 %
Muonio	Olos 1	600	Siemens	41	44	1400	849	1415	558	16 %	0		100.0 %
Muonio	Olos 2	600	Siemens	41	44	1400	831	1386	547	16 %	240		97.3 %
Muonio	Olos 3	600	Siemens	40	44	1400	537	895	353	10 %	2977	744	66.0 %
Muonio	Olos 4	600	Siemens	40	44	1400	649	1082	427	12 %	742		91.5 %
Muonio	Olos 5	600	Siemens	40	44	1400	535	892	352	10 %	2777		68.3 %
Finström	Pettböle 3	600	Enercon	65	45	1300	1330	2217	836	25 %	0		100.0 %
Töysä	Riihontie 1	600	NEGMicon	50	43	600	382	637	263	7 %			
Siikajoki	Tauvo 1	600	Nordtank	49	43	1350	1214	2023	836	23 %	1032		88.3 %
Siikajoki	Tauvo 2	600	Nordtank	49	43	1350	0	0	0	0 %	8784		-0.3 %
Sottunga	Kasberget	660	Vestas	55	47	1600	1769	2680	1019	31 %			
Lumijoki	Routunkari	660	Vestas	50	47	1800	1390	2105	801	24 %	577	8	93.7 %
Jalasjärvi	Ilvesjoki 1	750	SUNDWIND	75	46	700	508	677	306	8 %			
Kuivaniemi	Kuivamatala 1	750	NEGMicon	50	44	1500	758	1011	499	12 %			
Kuivaniemi	Kuivamatala 2	750	NEGMicon	50	44	1500	758	1011	499	12 %			
Kuivaniemi	Kuivamatala 3	750	NEGMicon	50	44	1500	758	1011	499	12 %			
Kuivaniemi	Vatunki 2	750	NEGMicon	50	48	1500	1073	1431	593	16 %			
Kuivaniemi	Vatunki 3	750	NEGMicon	50	48	1500	1073	1431	593	16 %			
Kuivaniemi	Vatunki 5	750	NEGMicon	50	48	1500	1073	1431	593	16 %			
Närpiö	Öskata 1	750	NEGMicon	45	48	1600	1057	1409	584	16 %			
Luoto	Fränsviken 1	1000	WinWinD	66	64	2200	2365	2365	735	27 %			
Pori	Hilskansaari	1000	WinWinD	70	64	2100	2663	2663	828	30 %			

Liite 2: Vuositilasto 2011

Kokkola	Kokkola T1	1000	WinWinD	66	56	2100	1479	1479	601	17 %	2310	38	73.9 %
Kokkola	Kokkola T2	1000	WinWinD	66	56	2100	2240	2240	910	26 %	375	18	96.0 %
Kotka	Kotka 1	1000	Siemens	60	54	2000	1691	1691	738	19 %			
Kotka	Kotka 2	1000	Siemens	60	54	2000	1624	1624	709	19 %			
Kristiinankaupunki	Kristiina T1	1000	WinWinD	66	56	2200	2249	2249	913	26 %	1956	9	77.9 %
Kristiinankaupunki	Kristiina T2	1000	WinWinD	66	56	2200	2188	2188	888	25 %	1512	18	83.0 %
Kristiinankaupunki	Kristiina T3	1000	WinWinD	66	56	2200	2172	2172	882	25 %	1715	25	80.7 %
Ii	Laitakari 2	1000	WinWinD	70	64	2500	2577	2577	801	29 %	0		100.0 %
Pori	Meri-Pori 1	1000	Siemens	60	54	2340	1757	1757	767	20 %	546		94.5 %
Pori	Meri-Pori 2	1000	Siemens	60	54	2340	1906	1906	832	22 %	551		94.0 %
Pori	Meri-Pori 3	1000	Siemens	60	54	2330	2061	2061	900	24 %	162		98.5 %
Pori	Meri-Pori 4	1000	Siemens	60	54	2320	1868	1868	816	21 %	797		91.2 %
Pori	Meri-Pori 5	1000	Siemens	50	54	2450	2050	2050	895	23 %	805		91.3 %
Pori	Meri-Pori 6	1000	Siemens	50	54	2670	2468	2468	1078	28 %	324		96.8 %
Pori	Meri-Pori 7	1000	Siemens	50	54	2600	1992	1992	870	23 %	1813		79.8 %
Pori	Meri-Pori 8	1000	Siemens	50	54	2580	2542	2542	1110	29 %	248		97.7 %
Eurajoki	Oikiluoto TU-1	1000	WinWinD	60	56	2400	1899	1899	771	22 %	672		92.3 %
Oulunsalo	Riutunkari T4	1000	WinWinD	66	56	2200	2155	2155	875	25 %	790	8	91.0 %
Oulunsalo	Riutunkari T5	1000	WinWinD	66	56	2200	2235	2235	907	26 %	1201	6	86.3 %
Oulunsalo	Riutunkari T6	1000	WinWinD	66	56	2200	1975	1975	802	23 %	1280	9	85.4 %
Oulu	Vihreäsaari T1	1000	WinWinD	56	60	1900	0	0	0	0 %	8760		0.0 %
Uusikaupunki	Hankosaari 1	1300	Nordex	69	60	2340	2234	1719	790	20 %	1070	143	87.8 %
Uusikaupunki	Hankosaari 2	1300	Nordex	69	60	2340	1691	1301	598	15 %	2580	149	70.5 %
Oulunsalo	Riutunkari T3	1300	Nordex	65	60	3000	2096	1612	741	18 %	816	27	90.9 %
Inkoo	Barö 3	2000	Enercon	65	70	3500	2492	1246	648	14 %			
Dragsfjärd	Högsåra 1	2000	Harakosan	65	71	4100	5042	2521	1284	29 %	221		97.5 %
Dragsfjärd	Högsåra 2	2000	Harakosan	65	71	4100	4387	2193	1117	25 %	789		91.0 %
Dragsfjärd	Högsåra 3	2000	Harakosan	65	71	4100	4112	2056	1047	23 %	143		98.4 %
Pori	Meri-Pori 9	2000	Siemens	80	76	6000	6336	3168	1397	36 %	452		97.4 %
Hanko	Sandö 1	2000	Enercon	65	70	3500	2436	1218	633	14 %			
Hanko	Sandö 2	2000	Enercon	65	70	3500	2436	1218	633	14 %			
Hanko	Sandö 3	2000	Enercon	65	70	3500	2516	1258	654	14 %			

Liite 2: Vuositilasto 2011

Hanko	Sandö 4	2000	Enercon	65	70	3500	2516	1258	654	14 %			
Kuivaniemi	Vatunki 6	2000	Vestas	78	80	4500	3608	1804	718	21 %			
Lemland	Båtskär 1	2300	Enercon	64	71	6500	7520	3270	1899	37 %	50		99.4 %
Lemland	Båtskär 2	2300	Enercon	64	71	6500	8075	3511	2040	40 %	0		100.0 %
Lemland	Båtskär 3	2300	Enercon	64	71	6500	7519	3269	1899	37 %	1	1	100.0 %
Lemland	Båtskär 4	2300	Enercon	64	71	6500	8096	3520	2045	40 %	0		100.0 %
Lemland	Båtskär 5	2300	Enercon	64	71	6500	7644	3323	1931	38 %	0		100.0 %
Lemland	Båtskär 6	2300	Enercon	64	71	6500	7609	3308	1922	38 %	0		100.0 %
Pori	Pori Offshore 1	2300	Siemens	80	101	7500	9140	3974	1141	45 %	204		98.2 %
Raahe	Raahe 1	2300	Siemens	80	82	5200	5448	2369	1022	27 %	464		95.3 %
Raahe	Raahe 2	2300	Siemens	80	82	5200	5689	2473	1067	28 %	280		97.5 %
Raahe	Raahe 3	2300	Siemens	80	82	5200	6027	2620	1130	30 %	126		98.6 %
Raahe	Raahe 4	2300	Siemens	80	82	5200	5424	2358	1017	27 %	686		93.9 %
Raahe	Raahe 5	2300	Siemens	80	82	5200	5686	2472	1066	28 %	105		98.8 %
Raahe	Raahe 6	2300	Siemens	80	101	6750	6623	2880	827	33 %	351		96.0 %
Raahe	Raahe 7	2300	Siemens	80	101	6750	6310	2744	788	31 %	836		90.8 %
Raahe	Raahe 8	2300	Siemens	80	101	6750	7080	3078	884	35 %	235		97.3 %
Raahe	Raahe 9	2300	Siemens	80	101	6750	7331	3187	915	36 %	204		97.7 %
Kemi	Ajos 1	3000	WinWinD	90	90		7330	2443	1152	28 %	721	54	91.8 %
Kemi	Ajos T10	3000	WinWinD	88	100		5942	1981	757	23 %	2947		66.4 %
Kemi	Ajos T11	3000	WinWinD	88	100		9267	3089	1180	35 %	485	35	94.5 %
Kemi	Ajos T2	3000	WinWinD	88	100		7759	2586	988	30 %	1197	63	86.3 %
Kemi	Ajos T3	3000	WinWinD	88	100		6368	2123	811	24 %	2677	9	69.4 %
Kemi	Ajos T4	3000	WinWinD	88	100		5972	1991	760	23 %	2911	14	66.8 %
Kemi	Ajos T5	3000	WinWinD	88	100		8419	2806	1072	32 %	561	10	93.6 %
Kemi	Ajos T6	3000	WinWinD	88	100		6881	2294	876	26 %	1740	84	80.1 %
Kemi	Ajos T7	3000	WinWinD	88	100		7919	2640	1008	30 %	1846	39	78.9 %
Kemi	Ajos T8	3000	WinWinD	88	100		10402	3467	1324	40 %	224	39	97.4 %
Kemi	Ajos T9	3000	WinWinD	88	100		8891	2964	1132	34 %	1177	21	86.6 %
Pori	Meri-Pori 10	3000	WinWinD	90	90		5511	1837	866	21 %	3059		65.1 %
Pori	Meri-Pori 11	3000	WinWinD	100	100	8000	10248	3416	1305	39 %			
Oulunsalo	Riutunkari T1	3000	WinWinD	88	100		8851	2950	1127	34 %	342	13	96.1 %

Liite 2: Vuositilasto 2011

Oulunsalo	Riutunkari T2	3000	WinWinD	88	100		8864	2955	1129	34 %	176	13	98.0 %	
Hamina	Summa 1	3000	WinWinD	100	100	7500	6306	2102	803	24 %	484	18	94.6 %	
Hamina	Summa 2	3000	WinWinD	100	100	7500	7003	2334	892	27 %	615	42	93.1 %	
Hamina	Summa 3	3000	WinWinD	100	100	7500	7367	2456	938	28 %	637	27	92.9 %	
Hamina	Summa 4	3000	WinWinD	100	100	7500	7406	2469	943	28 %	369	26	96.0 %	
Oulu	Vihreäsaari T2	3000	WinWinD	90	90		3822	1274	601	15 %	2535	36	71.2 %	
Tornio	Röyttä 1	3600	Siemens	100	120		10765	2990	952	34 %				
Tornio	Röyttä 2	3600	Siemens	100	120		11494	3193	1016	36 %				
Tornio	Röyttä 3	3600	Siemens	100	120		11380	3161	1006	36 %				
Tornio	Röyttä 4	3600	Siemens	100	120		11173	3104	988	35 %				
Tornio	Röyttä 5	3600	Siemens	100	120		12084	3357	1068	38 %				
Tornio	Röyttä 6	3600	Siemens	100	120		12488	3469	1104	40 %				
Tornio	Röyttä 7	3600	Siemens	100	120		11705	3251	1035	37 %				
Tornio	Röyttä 8	3600	Siemens	100	120		11729	3258	1037	37 %				
Ikaalinen		1000					200							
0	Yht	198990				291450	481361				105346	1747		
0	Keskiarvo	1519		64	65	2802	3675	2050	834	23 %	1097.35	4167	55	88 %
0	max	3600		100	120	8000	12488	3974	2045	45 %	8784	744	100 %	
	min	75		30.5	20	100	0	0	0	0 %	0	1	-0.3 %	

Nimeke	Tuulivoiman tuotantotilastot Vuosiraportti 2011
Tekijä(t)	Ville Turkia & Hannele Holttinen
Tiivistelmä	<p>Vuonna 2011 Suomen sähköverkkoon syötettiin 481 GWh tuulivoimalla tuotettua sähköä, mikä vastaa noin 0,6 % Suomen sähkönkulutuksesta. Suomen tuulivoimakapasiteetti oli 199 MW vuoden 2011 lopussa (131 laitosta). Uutta kapasiteettia rakennettiin 1,75 MW (2 laitosta) ja 0 MW poistettiin käytöstä. Suomen tuulivoimakapasiteetti on tällä hetkellä pieni verrattuna muihin EU-maihin. Euroopan tuulivoimakapasiteetti oli vuoden 2011 lopussa noin 94 000 MW, josta vuoden 2011 aikana asennettua uutta kapasiteettia oli lähes 10 000 MW.</p> <p>Uuden ilmasto- ja energiastrategian mukainen tuulivoimatavoite on 2 500 MW vuonna 2020. Maaliskuussa 2011 syöttötariffipohjainen tukimene- telmä tuli voimaan ja tuulivoimalle maksetaan markkinaehtoista takuuhin- taa, 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 2011 oli tuulisuudeltaan lähellä pitkän aikavälin keksiarvoa. Eri merialueiden tuulisuutta kuvaavat Ilmatieteen laitoksen laskemat tuotan- toindeksit vuonna 2010 olivat seuraavat: Perämerellä 99 %, Selkämerellä 98 %, Ahvenanmaalla 106 % ja Suomenlahdella 92 % pitkän aikavälin keskimääräisestä tuotannosta. Vertailujaksona käytettiin vuosien 1987– 2001 keskimääräistä tuotantoa.</p> <p>Koko vuoden toiminnassa olleiden laitosten keskimääräinen huipunkäyt- töaika oli noin 2120 h/a. Uudet korkeat MW-laitokset tuottavat selvästi paremmin kuin 90-luvun alkupuolella rakennetut tuulivoimalaitokset. Paras laitos ylsi 3970 h/a huipunkäyttöaikaan. Tuulivoimalaitosten tekninen käy- tettävyyys vuonna 2011 oli 88,5 %.</p> <p>Vuosiraportti sisältää laitosten tuotanto- ja käytettävyystietojen lisäksi yhteenvedon vika- ja seisokkiaikatilastoista vuodelta 2011.</p>
ISBN, ISSN	ISBN 978-951-38-7909-9 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp) ISSN-L 2242-1211 ISSN 2242-122X (verkkojulkaisu)
Julkaisu-aika	Tammikuu 2013
Kieli	Suomi, englanninkielinen tiivistelmä
Sivumäärä	55 s. + liitt. 7 s.
Avainsanat	Wind energy, wind power, power production, statistics, production statistics, failures
Julkaisija	VTT PL 1000, 02044 VTT, Puh. 020 722 111

Title	Wind energy statistics of Finland Yearly report 2011
Author(s)	Ville Turkia & Hannele Holttinen
Abstract	<p>Wind power production from grid connected wind turbines in Finland was 481 GWh in 2011. This corresponds to 0.6 % of Finland's electricity consumption. Installed wind capacity was 199 MW at the end of the year and the number of the operating turbines was 131. Two new turbines were installed in 2011 with the total power of 1.75 MW and no turbines were taken out of operation. The average size of all turbines in Finland was 1 519 kW at the end of 2011 (1519 kW at the end of 2010).</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 close to long term average wind resource. The weighted production index for the four sea areas was 98 %. Average capacity factor of standard wind turbines, which operated the whole year, was 24 % while the best turbine yielded 45 % capacity factor. Technical availability of the standard wind power plants was 88,5 % in 2011.</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, ISSN	ISBN 978-951-38-7909-9 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp) ISSN-L 2242-1211 ISSN 2242-122X (Online)
Date	Tammikuu 2013
Language	Finnish, English abstract
Pages	55 p. + liitt. 7 p.
Keywords	Wind energy, wind power, power production, statistics, production statistics, failures
Publisher	VTT PL 1000, 02044 VTT, Puh. 020 722 111 VTT Technical Research Centre of Finland P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland, Tel. 020 722 111

VTT on puolueeton, moniteknologinen tutkimusorganisaatio. VTT tuottaa yhdessä kotimaisten ja kansainvälisten asiakkaidensa ja yhteistyökumppaneidensa kanssa tieteelliseen tutkimukseen pohjautuvia innovaatioita ja luo näin edellytyksiä yhteiskunnan kestäväälle kehitykselle ja hyvinvoinnille.

Liikevaihto: 300 milj. euroa

Henkilöstö: 3 200

VTT:n julkaisut

VTT:läiset julkaisevat tutkimustuloksia ulkomaisissa ja kotimaisissa tieteellisissä lehdissä, ammattilehdissä ja julkaisusarjoissa, kirjoina, konferenssisitelmänä, patenteina sekä VTT:n omissa sarjoissa. VTT:n julkaisusarjat ovat VTT Visions, VTT Science, VTT Technology ja VTT Research Highlights. Sarjoissa ilmestyy vuosittain noin sata korkeatasoista tiede- ja ammattijulkaisua. Julkaisut ilmestyvät verkossa ja suurin osa myös painettuna.

VTT Visions

Sarja sisältää tulevaisuudennäkymiä ja ennakoiteja VTT:n näkemyksen mukaan merkittävistä teknologisista, yhteiskunnallisista ja liiketoiminnallisista teemoista. Sarja on suunnattu erityisesti yritysten ja julkishallinnon päättäjille ja asiantuntijoille.

VTT Science

Sarja tuo esille VTT:n tieteellistä osaamista. Siinä ilmestyy väitöskirjoja ja muita vertaisarvioituja julkaisuja. Sarja on suunnattu erityisesti tutkijoille ja tiedeyhteisölle.

VTT Technology

Sarja sisältää julkisten tutkimusprojektien tuloksia, teknologia- ja markkinakatsauksia, kirjallisuustutkimuksia, oppaita ja VTT:n järjestämien konferenssien esitelmää. Sarja on suunnattu ammattipiireille, kehittäjille ja soveltajille.

VTT Research Highlights

Sarjassa esitellään tiiviissä muodossa VTT:n valittujen tutkimusalueiden uusimpia tuloksia, ratkaisuja ja vaikuttavuutta. Kohderyhmänä ovat asiakkaat, päättäjät ja yhteistyökumppanit.

ISBN 978-951-38-7909-9 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)
ISSN-L 2242-1211
ISSN 2242-122X (verkkojulkaisu)

