

Tutkimusselostus
PRO4/7816/03

TUULIVOIMAN TUOTANTOTILASTOT.
VUOSIRAPORTTI 2002

Julkinen

Timo Laakso

Espoo, 13.5.2003

Tutkimusselostus
PRO4/7816/03

TUULIVOIMAN TUOTANTOTILASTOT.
VUOSIRAPORTTI 2002

Julkinen

Timo Laakso

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

Espoo, 13.5.2003

Suorittajaorganisaatio ja osoite VTT Prosessit, Energiajärjestelmät PL 1606 02044 VTT Projektipäällikkö Timo Laakso VTT:n diaarinumero	Tilaaja Kauppa- ja teollisuusministeriö Tilaajan yhdyshenkilö Nina Broadstreet Tilaajan tilaus- tai viitenumero
Projektin nimi ja suoritettunus Tuulivoiman seuranta ja tilastointi	Selostuksen numero ja sivumäärä Päiväys PRO4/7816/03 13.5.2002 40 s. + liitt. 6 s.

Tutkimusselostuksen nimi ja kirjoittajat TUULIVOIMAN TUOTANTOTILASTOT. Vuosiraportti 2002. Laakso, T.
Tiivistelmä <p>Suomen tuulivoimatuotanto oli vuonna 2002 63,0 GWh (2001 69,9 GWh) noin 0,1 % Suomen sähkönkulutuksesta. Tuulivoimakapasiteetti vuoden 2002 lopussa oli 42,6 MW:a (64 laitosta). Tuulivoiman tuotanto supistui vuodesta 2001 6,9 GWh. Suomen tuulivoimakapasiteetti on tällä hetkellä vielä pieni verrattuna useimpiin muihin EU-maihin (esim. Ruotsissa 328 MW, Tanskassa 2880 MW ja Saksassa 12001 MW vuoden 2002 lopussa). Euroopan tuulivoimakapasiteetti oli vuoden 2002 lopussa 23215 MW, josta vuoden 2002 aikana asennettua kapasiteettia noin 5903 MW.</p> <p>Tuulivoiman edistäminen tapahtuu osana kansallista ilmastostrategiaa toteuttaa Uusiutuvien energialähteiden edistämishjelmaa. Ohjelmassa tuulivoimalle on asetettu tavoitteeksi 500 MW vuonna 2010. Tuulivoima saa Suomessa tuotantotukea (0,68 snt \approx 4,1 p/kWh) sekä investointitukea jopa 40 % investoinnista. Investointituen suuruus päätetään projektikohtaisesti.</p> <p>Tuulisuuden osalta vuosi 2002 oli keskimääräistä heikkotuulisempi. Selkä- ja Perämerellä vuosi oli heikkotuulin verrattuna vuosiin 1987-2001. Kun vertailujaksona käytetään vuosien 1987-2001 keskimääräistä tuotantoa, oli Ilmatieteen laitoksen laskemien tuotantoindeksien mukaan tuulivoimatuotanto Pohjanlahdella 67-73 %, Ahvenanmaalla 73 % ja Suomenlahdella 93 % keskimääräisestä tuotannosta vuonna 2002.</p> <p>Tuulivoimalaitosten tekninen käytettävyys oli vuonna 2002 96 %. Keskimääräistä käytettävyyttä laskivat vaihdelaatikkojen vaihdot sekä hydraulikka- ja generaattoriviat. Laitosten keski-ikä oli vuoden lopussa 5,5 vuotta.</p> <p>Vuosiraportti sisältää laitosten tuotanto- ja käytettävyytietojen lisäksi vika- ja häiriötilaston vuodelta 2002. Tutkimuskäytössä olevat tuulivoimalaitokset on useissa tarkasteluissa eroteltu standardilaitoksista, jotta tutkimuskäytön vuoksi alentunut käytettävyys ei vaikuttaisi tarkastelun kohteena oleviin asioihin.</p>
Jakelu:

Tutkimusselostuksen päävastuullinen laatija Tutkija Timo Laakso Hyväksynyt Ryhmäpäällikkö Risto Komulainen	Tarkastanut Tiimipäällikkö Esa Peltola Julkisuus Julkinen
---	--

Tiivistelmä

Suomen tuulivoimatuotanto oli vuonna 2002 63,0 GWh (2001 69,9 GWh) noin 0,1 % Suomen sähkönkulutuksesta. Tuulivoimakapasiteetti vuoden 2002 lopussa oli 42,6 MW:a (64 laitosta). Tuulivoiman tuotanto supistui vuodesta 2001 6,9 GWh. Suomen tuulivoimakapasiteetti on tällä hetkellä vielä pieni verrattuna useimpiin muihin EU-maihin (esim. Ruotsissa 328 MW, Tanskassa 2880 MW ja Saksassa 12001 MW vuoden 2002 lopussa). Euroopan tuulivoimakapasiteetti oli vuoden 2002 lopussa 23215 MW josta vuoden 2002 aikana asennettua kapasiteettia noin 5903 MW. /1/.

Tuulivoiman edistäminen tapahtuu osana kansallista ilmastostrategiaa toteuttavaa Uusiutuvien energialähteiden edistämishjelmaa. Ohjelmassa tuulivoimalle on asetettu tavoitteeksi 500 MW vuonna 2010. Tuulivoima saa Suomessa tuotantotukea (0,68 snt \approx 4,1 p/kWh) sekä investointitukea jopa 40 % investoinnista. Investointituen suuruus päätetään projektikohtaisesti.

Kaupallisten tuulivoimalaitosten taloudellisin koko on kasvanut jatkuvasti. Tällä hetkellä eniten myydään 1000...2000 kW laitoksia. Vuonna 1991 pystytettyjen laitosten keskikoko oli alle 200 kW ja vuonna 1999 894 kW. Kaikkien Suomen tuulivoimalaitosten keskiteho oli vuoden 2002 lopussa 666 kW (2001 lopussa 614 kW).

Tuulisuuden osalta vuosi 2002 oli keskimääräistä heikkotuulisempi. Selkä- ja Perämerellä vuosi oli heikkotuulisempi kuin yksikään vertailujakson 1987-2001 vuosista. Kun vertailujaksona käytetään vuosien 1987-2001 keskimääräistä tuotantoa, oli Ilmatieteen laitoksen laskemien tuotantoindeksien mukaan tuulivoimantuotanto Pohjanlahdella 67–73 %, Ahvenanmaalla 73 % ja Suomenlahdella 93 % keskimääräisestä tuotannosta vuonna 2002.

Tuulivoimalaitosten tekninen käytettävyys oli vuonna 2002 96 %. Keskimääräistä käytettävyyttä laskivat vaihdelaatikkojen vaihdot sekä hydrauliiikka- ja generaattoriviat. Laitosten keski-ikä oli vuoden lopussa 5,5 vuotta.

Vuosiraportti sisältää laitosten tuotanto- ja käytettävyystietojen lisäksi vika- ja häiriötilaston vuodelta 2002. Tutkimuskäytössä olevat tuulivoimalaitokset on useissa tarkasteluissa eroteltu standardilaitoksista, jotta tutkimuskäytön vuoksi alentunut käytettävyys ei vaikuttaisi tarkastelun kohteena oleviin asioihin.

Abstract

The wind power production in Finland was 63,0 GWh in 2002 (69.9 GWh in 2001 and 76.7 GWh in 2000) (equivalent to 0.1 % of Finland's electricity consumption). The installed capacity 42.6 MW (38.7 MW). Number of operating turbines remained in 64.

Promotion of wind power is part of the Renewable Energy Program that practices the national climate strategy. Wind energy receives investment subsidies and a production subsidy of 0.68 €/MWh (4.1 p/kWh). The amount of the investment subsidy is up to 40 % of the total investment. The exact amount is granted separately for each project.

The rated power of wind power plants has continued to rise steadily. The average capacity of new plants was less than 200 kW in 1991 and 894 kW in 1999. The average capacity of wind turbines was 666 kW at the end of 2002 (614 kW at the end of 2001).

Year 2002 was less windy in entire country compared to the 15-year average. The production index for 2002 was 67–73 % of the 15-year-average value in Gulf of Bothnia, 93 % in Åland and 73 % in the Gulf of Finland. The average capacity factor of the wind turbines, which operated the whole year was 18% (20 % in 2001).

The technical availability of the standard wind power plants in year 2002 was 96 %. Hydraulic, generator and gear problems lowered the availability. The average age of wind turbine in Finland was 5.5 years at the end of 2002.

This report contains production and availability figures of the grid connected wind turbines in Finland as well as component failure statistics for 2002 and production comparisons. Research plants are excluded from part of the evaluations, as their availability may be lowered due to R&D activities.

Alkusanat

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

Tuotantotilastot perustuvat tietokantaan, joka luotiin projektissa “Tuulivoiman tuotantotilastoinnin kehittäminen” vuonna 1996. Tilastoissa on tuotannon lisäksi laitosten häiriöaikojen ja vikaerittelyiden rekisteröinti sekä Ilmatieteen laitoksen laskemat tuotantoindeksit. Tuotantoindeksi on mitta tuulienergian määrästä kunakin kuukautena verrattuna ko. kuukauden keskimääräiseen tuulisuuteen. Lisäksi tietokannassa on mm. laitosten teknisiä tietoja sekä sijoituspaikkakunta, lääni ja verkkoyhtiö erilaisten jaottelujen mahdollistamiseksi.

Tuulivoimatilastoja käytetään valtakunnallisessa ja kansainvälisessä energiatilastoinnissa. Tilastot helpottavat julkisen investointituen kohdentumisen ja tuloksellisuuden seuranta. Kun tuulivoimalaitoksista raportoidaan tuotannon lisäksi häiriöajat, ja tuulisuuden vaihtelu otetaan huomioon tuotantoindeksinä, voidaan tietoja käyttää arvioidun ja toteutuneen tuotannon mittarina. Lisäksi tilastoaineistoa voidaan käyttää laitosten teknisen toimivuuden seurantaan, mistä on yhdessä tuotannon arvioinnin parantumisen kanssa apua uusien tuulivoimalaitoshankkeita suunniteltaessa sekä vertailtaessa eri tyyppisten laitosten toimintaa Suomessa ja Euroopassa.

Tämä vuosiraportti on tehty seuraten soveltuvin osin Ruotsin tuulivoimatilastojen vuosiraporttia /2/.

Tuotantotilastot julkaistaan kuukausittain VTT:n internetsivulla <http://www.vtt.fi/pro/pro4/tuulitilastot/tuulitilastot.htm> ja neljännesvuosittain Tuulensilmä ja Vindögar lehdissä. Vuosittain julkaistaan tuulivoimatilastoinnin vuosiraportti. Raportti on ladattavissa pdf-formatissa VTT:n internetsivuilta. Suomi on mukana EUWINet-tilastoissa, jotka on perustettu osana EU:n Altener-rahoitteista projektia <http://euwinet.iset.uni-kassel.de/>. Tilastokeskukselle on toimitettu vuosittain brutto- ja nettotuotannot laitoksittain osaksi Suomen ja Euroopan energiatilastoja.

Erityinen kiitos tästä tuotanto- ja vikatilastoihin perustuvasta raportista kuuluu tuulivoimatuottajille, joiden toimittamien tietojen perusteella raportti on laadittu.

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	4
Abstract	5
Alkusanat	6
Sisällysluettelo	7
1. Kuukausiraportointi.....	8
2. Tilastointiin osallistuvat laitokset	9
2.1 Tuulivoimalaitokset tyypeittäin	12
3. Määritelmät ja tunnusluvut.....	15
4. Tuulen energiasisältö.....	17
4.1 Tuotantoindeksit	17
5. Asennetun tehon ja tuotannon kehitys	20
5.1 Teho ja sähköntuotanto 90-luvulla	20
5.2 Laitoskoon kehitys.....	22
5.3 Tunnuslukuja	22
6. Tuotantovertailuja	24
6.1 Tuotannon tunnusluvut vuonna 2002	24
6.2 Tuotannon jaotteluja vuodelta 2002	26
6.3 Euroopan tuulivoimakapasiteetti	28
7. Käyttökatkot.....	31
7.1 Tekninen käytettävyys	31
7.2 Käyttökatkojen erittelyt	31
7.3 Jäätymiset ja kylmä aika.....	34
8. Tuulivoima ja sähkön kulutus	36
8.1 Tuulivoiman kausivaihtelu	36
8.2 Tuulivoimatuotanto valtakunnan huipun aikana.....	37
Lähdeluettelo.....	40
Liite 1: Tuulivoimatilastojen kuukausiseurantalomake sekä uuden laitoksen ilmoittaminen tilastotietokantaan	
Liite 2: Laitoskohtaiset tuotantotilastot 2002	

1. Kuukausiraportointi

Tilastointiin ovat osallistuneet kaikki Suomen verkkoonkytketyt yli 50 kW tuulivoimalaitokset. Inkoon Kopparnäsin tutkimuslaitokset, jotka purettiin vuoden 2001 alussa, eivät ole osallistuneet tilastointiin. Pyhätunturilla sijainnut 220 kW tutkimuskäytössä ollut laitos purettiin syksyllä 2001. Enontekijön Paljasselällä sijainnut 65 kW laitos purettiin vuoden 2002 syksyllä.

Tavoitteena on ollut tilastoida Suomen jokaisen laitoksen kuukausittaiset tuotantotiedot (brutto ja netto) sekä mahdolliset häiriöajat erittelyineen.

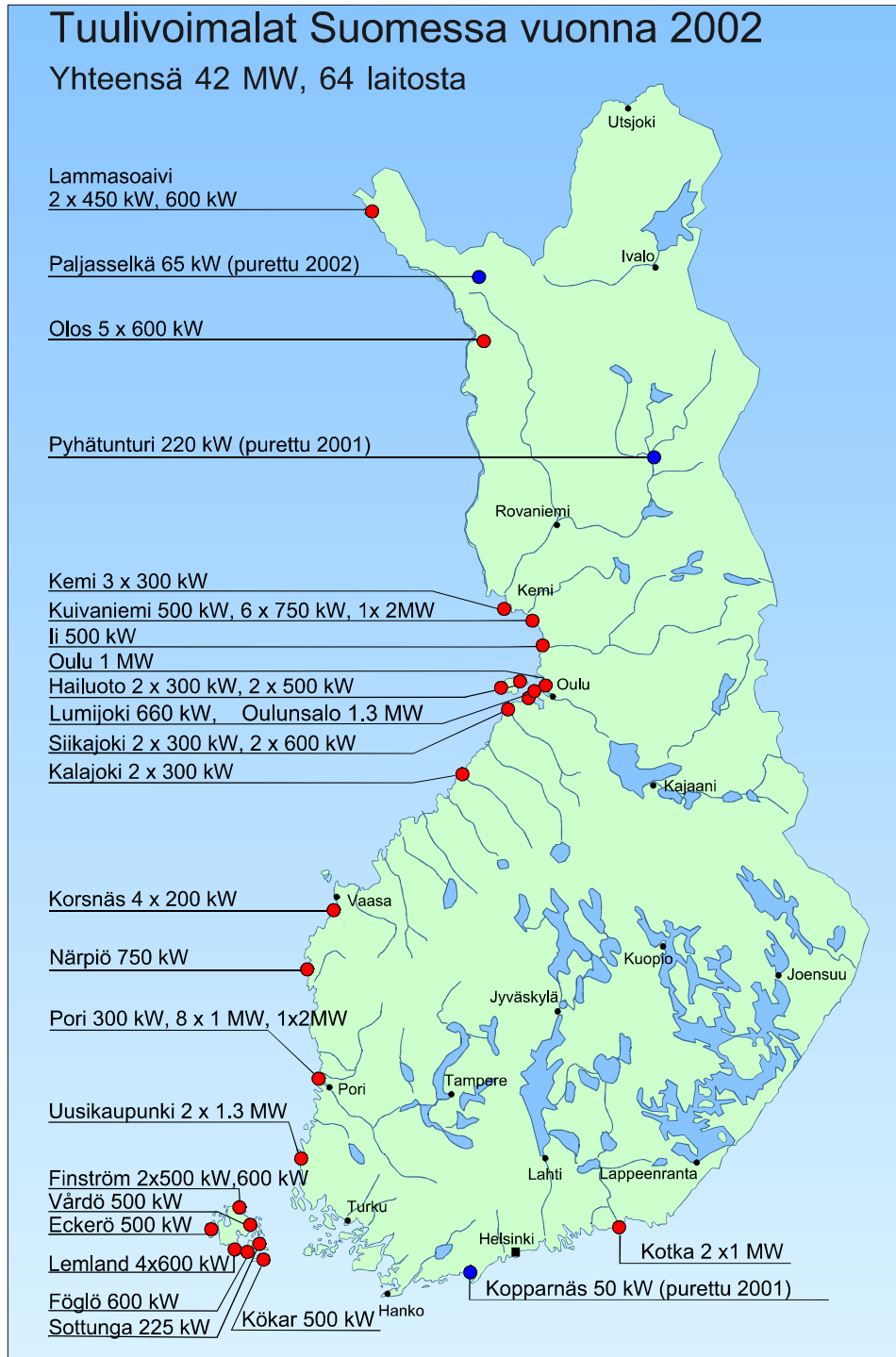
Vanhempien laitosten häiriöaikoja ei voida kerätä automaattisesti, ja tämän vuoksi osa häiriöajoista on jouduttu jälkeinpäin arvioimaan. Uusien laitosten häiriöaikojen tilastointi aloitetaan niiden koekäyttövaiheen päättymisen jälkeen. Koekäyttö kestää noin kuukaudesta muutamaa kuukauteen laitoksen verkkoonkytkennästä.

Vuodesta 1999 lähtien tuotanto- ja vikaraportoinnissa on käytetty Excel-tiedostoja, joiden sisältämät tiedot luetaan tilastotietokantaan automaattisesti tietokoneohjelman avulla. Vuoden 2002 aikana tilastotietokantaan lisättiin valmiudet tuulivoimaloiden käyttökustannusten tilastoimiseksi. Käyttökustannukset kerätäänlaitosten omistajilta vuosittain. Tilastotietojen keräämisessä käytettävät lomakkeet on esitetty liitteessä 1.

Tilastojen perusteella SENERille on ilmoitettu kuukausittain arvio kokonaistuulisähköntuotannosta. Arvio Suomen sähkötilastojen pikatilastoja varten tehdään kuukauden 10. päivään mennessä raportoineiden voimaloiden ilmoittamien tuotantolukujen perusteella. Kuukausittaiset laitoskohtaiset yhteenvedot on ladattavissa osoitteesta <http://www.vtt.fi/pro/pro4/tuulitilastot/kuukausi.htm> kuukauden 10. päivän jälkeen.

2. Tilastointiin osallistuvat laitokset

Laitosten sijainti on esitetty karttakuvassa 1.



Kuva 1. Suomen verkkoonkytkettyjen tuulivoimalaitosten sijainti vuoden 2002 lopussa. Vuoden 2002 aikana verkkoon kytkettiin Meri-Pori 9 ja Kuivaniemi 8.

Rannikon tuulivoimalaitokset on nimetty sijaintipaikkansa kunnan mukaan ja Lapin tuulivoimalaitokset sijoituspaikkatunturin mukaan. Nimen perässä olevien numeroiden perusteella voi päätellä kuinka monen laitoksen ryhmästä on kyse. Tästä muodostavat poikkeuksen Hailuoto, jossa laitokset 1–3 sijaitsevat ryhmänä Marjaniemessä ja laitos 4 on Huikussa saaren itäkärjessä; Siikajoki, jossa laitokset 1–2 ovat Varessäikän ja laitokset 3–4 Tauvon kalasatamassa; Kuivaniemi, jossa laitokset 2–4 sijaitsevat Kuivamatalalla noin 0,5 km rannikosta. Porissa muita laitoksia aikaisemmin rakennettu 300 kW Pori 1 sijaitseen Reposaaressa ja Meri-Pori nimisistä laitoksista 1-4 Reposaaressa Pengertiellä, 5 Reposaaressa ja laitokset 6–9 Tahkoluodossa.

Taulukko 1. Suomen verkkoonkytketyt tuulivoimalaitokset. Omistusmuoto-lyhenne on selitetty taulukossa 2. Ensimmäinen laitos, 300 kW Kopparnäs, on purettu vuonna 1995, Pyhäntunturin laitos purettiin vuoden 2001 aikana ja Paljasselän laitos vuonna 2002.

Laitos ID	Nimi	Aloituspvm	Omistaja	OMISTUS-MUOTO	Yhteyshenkilö	Valmistaja	Teho kW
2	Paljasselkä	02.91	Tunturituuli Oy	U	Seppo Partonen	Nordtank	(65)
3-6	Korsnäs 1-4	11.91	Korsnäsin Tuulivoimapuisto Oy	C	Herbert Byholm	Nordtank	4x200
7	Sottunga	01.92	Ålands Vindenergiandelslag	C	Robert Mansén	Vestas	225
8-9	Siikajoki 1-2	04.93	Vattenfall sähköntuotanto Oy	U	Jussi Malkamäki	Nordtank	2x300
10-11	Kalajoki 1-2	04.93	Vattenfall sähköntuotanto Oy	U	Jussi Malkamäki	Nordtank	2x300
12-14	Kemi 1-3	08.93	Kemin Tuulivoimapuisto Oy	C	Anne Salo-oja	Nordtank	3x300
15	Pori	09.93	Pori energia	U	Janne Vettervik	Nordtank	300
16-17	Hailuoto 1-2	10.93	Vattenfall sähköntuotanto Oy	U	Jussi Malkamäki	Nordtank	2x300
18	Pyhäntunturi	10.93	Kemijoki Arctic Technology Oy	U	Esa Aarnio	WindWorld	(220)
19-20	Hailuoto 3-4	04.95	Vattenfall sähköntuotanto Oy	U	Jussi Malkamäki	Nordtank	2x500
21	Eckerö	08.95	Ålands Vindenergiandelslag	C	Robert Mansén	Vestas	500
22	Kuivaniemi	08.95	VAPOn tuulivoima Oy	I	Mauno Oksanen	Nordtank	500
23-24	Lammasoivi 1-2	10.96	Tunturituuli Oy	U	Seppo Partonen	Bonus	2x450
26	li	01.97	lin Energia Oy	U	Risto Paaso	Nordtank	500
27-28	Siikajoki 3-4	04.97	Vattenfall sähköntuotanto Oy	U	Jussi Malkamäki	Nordtank	2x600
29	Kökar	10.97	Ålands Vindenergiandelslag	C	Robert Mansén	Enercon	500
30	Lemland 1	11.97	Ålands Vindenergiandelslag	C	Robert Mansén	Vestas	600
31	Lemland 2	11.97	Ålands Skogsägarförbund	O	Robert Mansén	Vestas	600
32-33	Lemland 3-4	11.97	Ålands Vindkraft Ab	C	Robert Mansén	Vestas	2x600
35	Värdö	09.98	Ålands Vindenergiandelslag	C	Robert Mansén	Enercon	500
36-37	Finström 1-2	10.98	Ålands Vindkraft Ab	C	Robert Mansén	Enercon	2x500
41-43	Kuivaniemi 2-4	10.98	VAPOn tuulivoima Oy	I	Mauno Oksanen	NEGMicon	3x750
39-40	Olos 1-2	11.98	Tunturituuli Oy	U	Seppo Partonen	Bonus	2x600
38	Lammasoivi 3	11.98	Tunturituuli Oy	U	Seppo Partonen	Bonus	600

44	Lumijoki 1	03.99	Lumituuli Oy	C	Aarne Koutaniemi	VESTAS	660
45-52	Meri-Pori 1-8	06.99	Suomen Hyötytuuli Oy	U	Timo Mäki	Bonus	8x1000
53	Oulunsalo 1	08.99	Oulun Seudun Sähkö KOK	U	Juho Kankaanpää	Nordex	1300
56	Närpiö 1	09.99	Ab Öskata Vind Närpes Oy	C	Martin Smith	NEGMicon	750
54-55	Kotka 1-2	09.99	Kotkan energia Oy	U	Olli Parila	Bonus	2x1000
57-59	Olos 3-5	09.99	Tunturituuli Oy	U	Seppo Partonen	Bonus	3x600
60	Finström 3	10.99	Ålands Vindkraft Ab	C	Robert Mansén	Enercon	600
61	Föglö	09.99	Ålands Vindenergiandelslag	C	Robert Mansén	Enercon	600
62-63	Uusikaupunki 1-2	10.99	Propel Voima Oy	U	Harri Salminen	Nordex	2x1300
64-66	Kuivaniemi 5-7	11.99	VAPOn tuulivoima Oy	I	Mauno Oksanen	NEGMicon	3x750
69	Oulu 1	09.01	Oulun Energia Oy	U	Yrjö Vilhunen	WinWinD	1000
70	Meri-Pori 9	07.02	Suomen Hyötytuuli Oy	U	Timo Mäki	Bonus	2000
71	Kuivaniemi 8	12.02	VAPOn tuulivoima Oy	I	Mauno Oksanen	VESTAS	2000

Vuoden 2002 lopussa käytössä olevista laitoksista pisimpään käytössä olleita ovat Korsnäsin 4 laitosta, jotka ovat olleet käytössä marraskuusta 1991 lähtien. Joulukuun 2002 viimeisinä päivinä käyttöön otettiin Kuivaniemi 8. Vuonna 2002 verkkoon kytkettiin Suomessa kaksi uutta voimalaa Meri-Pori 9 ja Kuivaniemi 8, kumpikin nimellisteholtaan 2MW.

Maailmalla tuulivoimakapasiteetin kasvaessa vanhoja pieniä laitoksia on alettu korvata uudemmilla ja suuremmilla laitoksilla. Syynä tähän on hyvätuulisten paikkojen maksimaalinen hyödyntäminen.

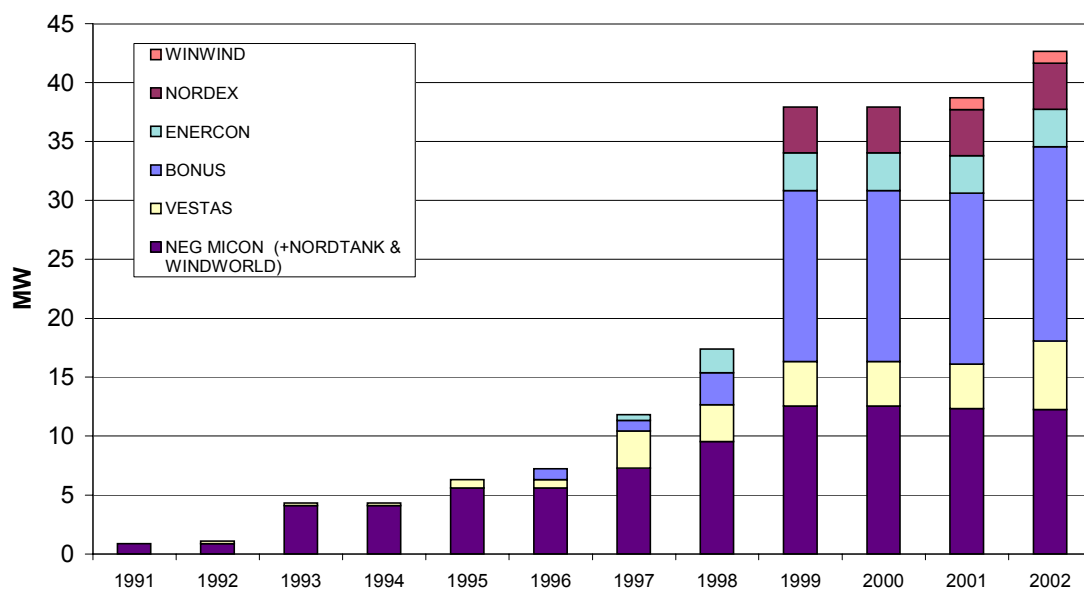
Suomessa on vuoden 2002 loppuun mennessä purettu vain muutamia laitoksia. Inkoon Kopparnäsin tutkimuslaitokset (purettu vuoden 2001 alussa) eivät ole osallistuneet tilastointiin. Vuoden 2001 syyskuussa purettiin Pelkosenniemen Pyhätunturilla sijainnut 220 kW tutkimuslaitos. Laitoksella oli merkittävä asema arktisen tuulivoiman tutkimus- ja kehitystyössä. Vuoden 2002 aikana purettiin Enontekiön Paljasselällä sijainnut 65 kW tuulivoimala.

Taulukko 2. Suomen verkkoonkytkettyjen tuulivoimalaitosten omistusmuodot vuoden 2001 lopussa. Omistusmuoto-jaottelu Euroopan tilastojen EUWINet mukaan.

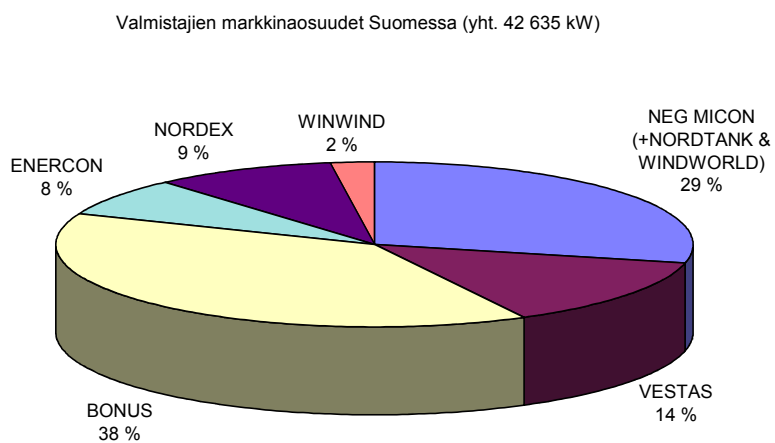
Omistusmuoto		Laitoksia		Kapasiteetti	
		lkm	%	MW	%
U	Sähköyhtiö (Utility company)	35	54.7 %	26.2	61.5 %
C	Kuluttajaomisteinen (Consumer owned company)	20	31.3 %	8.8	22.8 %
I	Teollisuus (Industry owned company)	8	12.5 %	7.0	16.4 %
O	Muu yritys (Other)	1	1.6 %	0.6	1.4 %
YHTEENSÄ		64	100.0 %	42.6	100.0 %

2.1 Tuulivoimalaitokset tyypeittäin

Suomen tuulivoimalaitokset ovat kuutta saksalaista Enerconin ja kotimaista WinWinDin laitoksia lukuunottamatta tanskalaisvalmisteisia Nordtankin, Vestaksen ja Bonuksen laitoksia. Nordtankin ja Miconin fuusion seurauksena vuonna 1997 Nordtank on nykyisin nimeltään NEGMicon, ja WindWorld on liitetty samaan yritykseen vuonna 1998. Tuulivoimalavalmistajien markkinaosuuksien kehittyminen Suomessa vuodesta 1991 on esitetty kuvassa 2. Valmistajien markkinaosuudet Suomen koko tuulivoimakapasiteetista vuoden 2002 lopussa on esitetty kuvassa 3. Suomessa käytössä olevien tuulivoimaloiden tyypit on koottu taulukkoon 3.



Kuva 2. Markkinaosuuksien kehitys Suomessa kapasiteetin mukaan vuosina 1991-2002.



Kuva 3. Tuulivoimalavalmistajien markkinaosuudet Suomen tuulivoimakapasiteetista vuoden 2002 lopussa.

Taulukko 3. Suomessa käytössä olevat tuulivoimalaitostyyppit vuoden 2002 lopussa.

Valmistaja	Nimellisteho (kW)	Laitosten lkm	Yhteensä kW
VESTAS	2000	1	2000
BONUS	2000	1	2000
NORDEX	1300	3	3900
BONUS	1000	10	10000
WINWIND	1000	1	1000
NEG MICON	750	4	3000
NEGMICON	750	3	2250
VESTAS	660	1	660
BONUS	600	6	3600
VESTAS	600	4	2400
NORDTANK	600	2	1200
ENERCON	600	2	1200
ENERCON	500	4	2000
NORDTANK	500	4	2000
VESTAS	500	1	500
BONUS	450	2	900
NORDTANK	300	10	3000
VESTAS	225	1	225
NORDTANK	200	4	800
		64	42635

3. Määritelmät ja tunnusluvut

Koska tuulivoimalaitokset ovat eri kokoisia, laitosten tuotantoa ei voi suoraan verrata toisiinsa. Tuulivoimalaitosten tuotantoa verrataan yleensä kahden tunnusluvun avulla: suhteuttamalla tuotanto nimellistehoon (huipunkäyttöaika kWh/kW eli h) tai roottorin pyörähdyspinta-alaan (kWh/m²). Mikäli tuulivoimalaitoksen vuosituotanto ylittää 1000 kWh/m² tai huipunkäyttöaika on yli 2400 h, on laitos tuottanut erittäin hyvin. Heikot tunnusluvut johtuvat joko huonoista tuulisuusolosuhteista, suuresta häiriötuntimäärästä, tai teknisistä seikoista. 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 tulokset.

Tuotanto roottorin pyyhkäisyypinta-alaa kohti e (kWh/m²):
$$e = \frac{Tuot.(kWh)}{\pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2}$$

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

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

Häiriöaika (h): aika, jolloin tuulivoimalaitoksella on käyttökatko huollon, vian, ohimenevän häiriön tai muun pysäytyksen vuoksi. Häiriöaikaan 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). Häiriöaikaan lasketaan mukaan sähköverkosta aiheutuneet seisokit, jotka eivät kuitenkaan vähennä laitoksen teknistä käytettävyyttä.

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

esim. tekninen käytettävyys vuodelta 2000: tunnit saa arvon 8760 +24 h (karkausvuosi). Keskimääräinen käytettävyys kaikille laitoksille: häiriöaika yhteensä poislukien 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 1500 kW (aikaisemmin 500 kW) tuulivoimalaitoksen tehokäyrää (ilman tiheyden vaikutus tehontuotantoon otetaan huomioon).

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

4. Tuulen energiasäلتö

Tuulivoimalle on ominaista tuotannonvaihtelut tunti-, kuukausi- ja vuositasolla. Tuulivoimatuotantoa arvioitaessa on siis huomioitava myös tarkasteltavan jakson tuulisuus (energiasäلتö) verrattuna keskimääräiseen.

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 ja Merenkurkku: Valassaaret Mustasaari (18 m)
4. Perämeri: Hailuoto Marjaniemi (46 m).

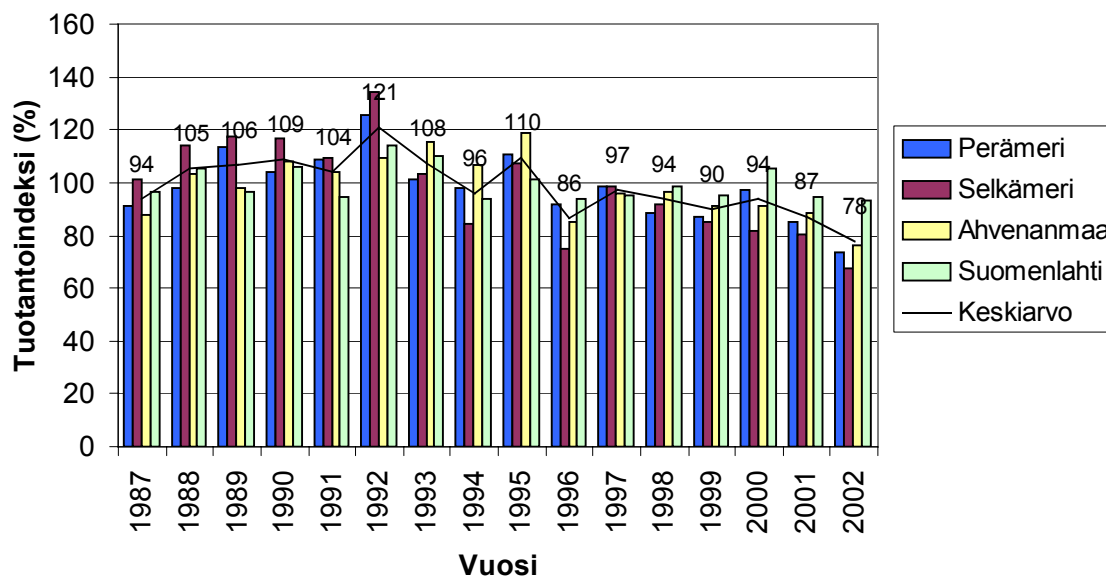
Lapin tunturialueilta ei valitettavasti ole saatavilla pitkän ajan keskiarvon määrittämiseen vaadittavaa havaintoaineistoa, joten Lapin indeksiä ei voida vielä määrittää.

Ennen vuotta 2002 lasketuissa tuotantoindekseissä vertailujaksona käytettiin vuosia 1985-95 ja indeksien laskennassa nimellisteholtaan 500kW voimalan tehokäyrää. Vuoden 2002 aikana suoritettuna 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 1500 kW laitosta. [3]

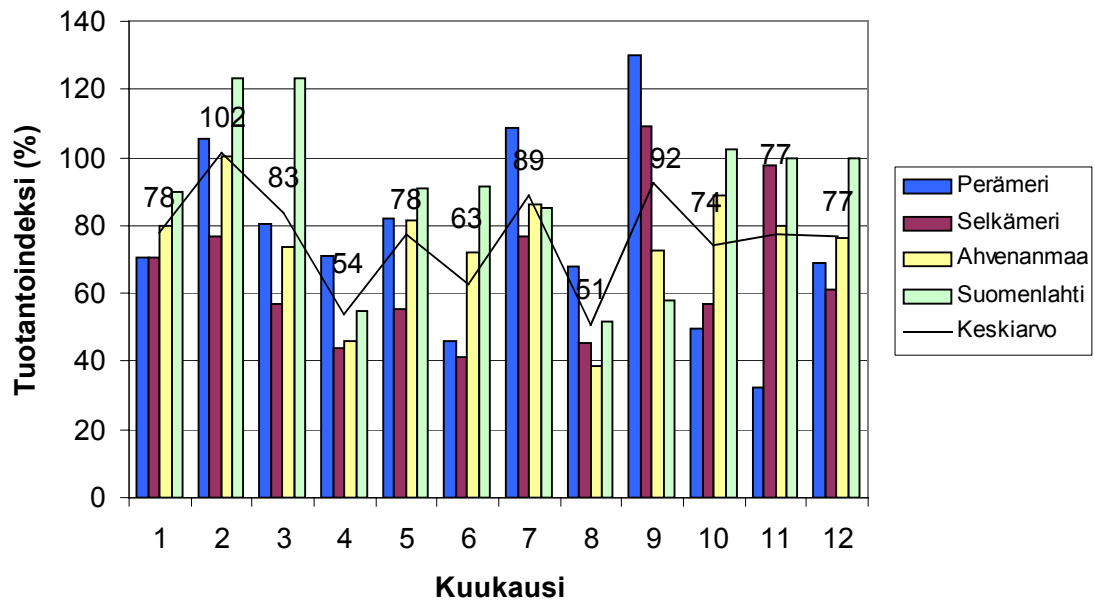
4.1 Tuotantoindeksit

Tuulisuuden osalta vuosi 2002 oli keskimääräistä heikkotuulisempi. Selkä- ja Perämerellä vuosi oli heikkotuulin verrattuna vuosiin 1987-2001. Kun vertailujaksona

käytetään vuosien 1987-2001 keskimääräistä tuotantoa, oli vuonna 2002 Ilmatieteen laitoksen laskemien tuotantoindeksien mukaan tuulivoimantuotanto Pohjanlahdella 67–73 %, Ahvenanmaalla 73 % ja Suomenlahdella 93 % keskimääräisestä tuotannosta. Vuosittaiset tuotantoindeksit sekä niiden keskiarvo on esitetty kuvassa 4. Kuukausitason indeksit vuodelta 2002 on esitetty kuvassa 5. Merialueiden tuulisuuksissa oli selviä eroja. Alkuvuoden Suomenlahdella vallitsi keskimääräistä kovemmat tuulet kun taas Perämerellä ja Selkämerellä oli selvästi keskimääräistä tynempää. Vuoden viimeinen neljännes oli Suomenlahdella keskimääräinen ja Perä- ja Selkämerellä keskimääräistä selvästi heikottuulisempi. Vuoden 2002 elokuu oli poikkeuksellisen heikottuulinen koko maassa.



Kuva 4. Tuulivoiman tuotantoindeksit Suomen rannikolla vuosina 1987–2002. 100 % on keskimääräinen tuotanto vertailuajanjaksolla 1987 – 2001. Keskiarvo on merkitty viivalla ja numeroilla.



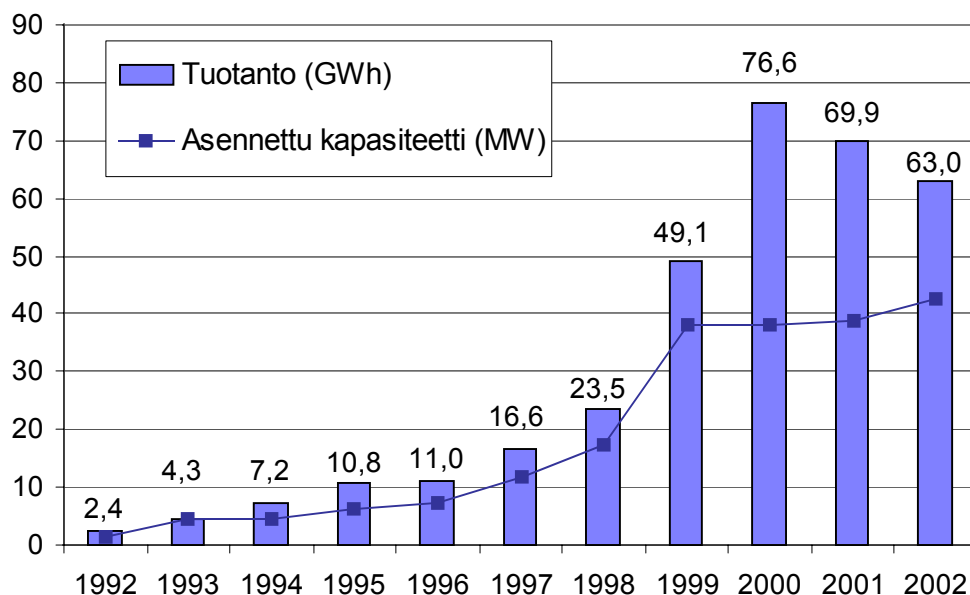
Kuva 5. Kuukausittaiset tuotantoindeksit v. 2002 neljältä sääasemalta. 100% on keskimääräinen kuukausituotanto vertailuajanjaksolla 1987-2001. Keskiarvo on merkitty viivalla ja numeroilla.

5. Asennetun tehon ja tuotannon kehitys

Vuoden 2002 tuotantotilasto tuulivoimalaitoksittain on esitetty taulukkona liitteessä 2.

5.1 Teho ja sähköntuotanto 90-luvulla

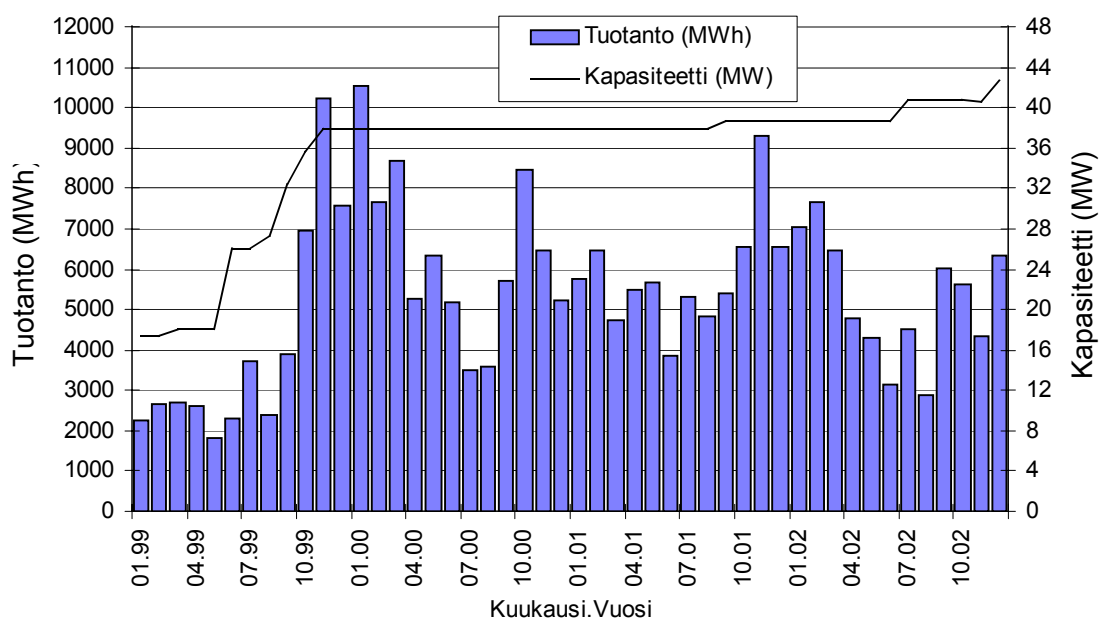
Vuoden 2002 tuulivoimatuotanto oli 63,0 GWh ja kapasiteetti vuoden lopussa 42,635 MW. Tuulivoimalaitosten kapasiteetti kasvoi vuosina 1992–98 0–5,5 MW vuosivauhtia ja tuotanto vastaavasti 0,2–6,9 GWh (taulukko 4). Vuosi 1999 on ollut tähän mennessä paras: kasvua edellisvuoteen verrattuna kapasiteetissa 20,56 MW (118 %) ja tuotannossa 25,6 GWh (109 %). Vuonna 2000 Suomessa ei rakennettu lisäkapasiteettia. Tuotanto kasvoi vuonna 2000 27,5 GWh (56%). Tuotannon kasvu selittyy edellisen vuoden loppupuolella käyttöön otetulla kapasiteetilla. Vuoden 2001 aikana käytöstä poistettiin Pelkosenniemen Pyhätunturilla sijainnut 220 kW laitos ja Oulun Vihreäsaarella verkkoon kytkettiin 1 MW Oulu 1. Vuoden 2002 aikana purettiin Enontekijön Paljasselällä sijainnut 65kW laitos. Uusia laitoksia rakennettiin kaksi, 2 MW laitos Porin Tahkoluotoon ja vuoden lopulla 2 MW laitos Kuivaniemelle. Tuotannon kehitys 1992–2002 on esitetty kuvan 6 pylväinä. Samassa kuvassa näkyy myös asennettu kapasiteetti vuoden lopussa. Kuvassa 7 näkyy Suomen kuukausittainen tuulivoimatuotanto sekä kapasiteetin kasvu kolmen viimeisen vuoden ajalta.



Kuva 6. Asennetun tuulivoimakapasiteetin ja tuotannon kehitys Suomessa vuosina 1992 – 2002. Kapasiteetti vuoden viimesenä päivänä.

Taulukko 4. Suomeen tuulivoimakapasiteetin kehitys vuosina 1991–2002.

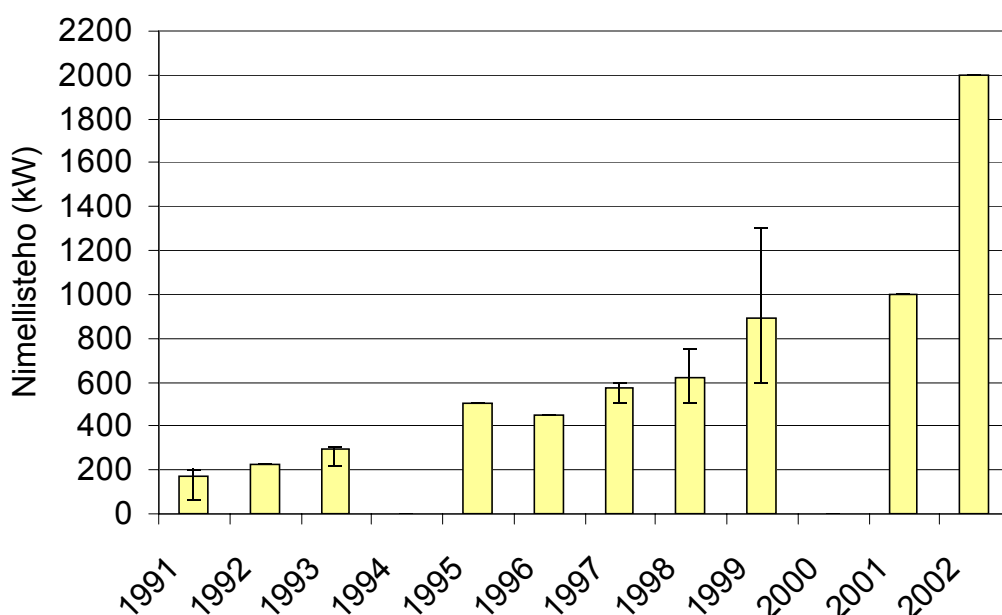
Vuosi	Uusi kapasiteetti		Käytöstä poistettu		Vuoden lopussa	
	MW	lkm	MW	lkm	MW kumul.	lkm
1991	0,865	5			1,165	6
1992	0,225	1			1,39	7
1993	3,22	11			4,61	18
1994	0	0			4,61	18
1995	2	4	0,3	1	6,31	21
1996	0,9	2			7,21	23
1997	4,6	8			11,81	31
1998	5,55	9			17,36	40
1999	20,56	23			37,92	63
2000	0	0			37,92	63
2001	1	1	0,22	1	38,7	63
2002	4	2	0,065	1	42,635	64



Kuva 7. Tuulivoimatuotanto ja asennettu kapasiteetti Suomessa kuukausittain vuosina 1999–2002.

5.2 Laitoskoon kehitys

Asennetun uuden kapasiteetin keskiteho on kasvanut 173 kW:sta (vuonna 1991) 894 kW:iin (vuonna 1999). Vuonna 2001 asennettiin yksi 1 MW laitos Oulun Vihreäsaareen. Vuoden 2002 lopussa Suomen tuulivoimalaitosten keskikoko oli 666 kW (64 laitosta, yht. 42635 kW).



Kuva 8. Vuosittain asennetun uuden tuulivoimakapasiteetin keskitehon kehitys 1991 – 2002 ja vuosittain asennetun kapasiteetin koonvaihtelu.

5.3 Tunnuslukuja

Eri vuosien tuotannon vertailemiseksi on laitosten yhteenlasketusta tuotannosta laskettu keskimääräiset tunnusluvut taulukkoon 5. Taulukossa on myös yksittäisten laitosten maksimi- ja minimiarvot (parhaiten tuottanut laitos ja huonoiten tuottanut laitos). Laskelmiin on otettu mukaan ainoastaan ne laitokset, jotka ovat olleet koko vuoden toiminnassa. Tutkimuslaitokset eivät ole mukana taulukon luvuissa. Vuoden 2001 vuosiraportin vastaavaan taulukkoon verrattuna keskimääräiset tuotantoindeksit ovat suurempia ja tämä johtuu tuotantoindeksien vertailujakson pidentämisestä. Taulukossa 5 esitetyt painotetut tuotantoindeksit ovat vertailukelpoisia.

Taulukko 5. Standardilaitosten yhteenlasketusta tuotannosta laskettuja tunnuslukuja vuosilta 1994 – 2002. Taulukossa näkyvät myös yksittäisten laitosten suurimmat ja pienimmät tunnusluvut. Laskelmissa mukana koko kalenterivuoden toiminnassa olleet laitokset, pois lukien tutkimuslaitokset 2 kpl.

Vuosi	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Laitosten lukumäärä	15	15	19	21	29	38	61	61	62
Vuosituotanto (MWh)	6707	8123	10049	13553	21063	30666	76225	69359	61029
Eniten tuottaneen laitoksen tuotanto	694	812	1085	1312	1477	1387	2960	2650	2406
Vähiten tuottaneen laitoksen tuotanto	307	385	263	349	299	275	307	164	221
Huipunkäyttöaika keskimäärin (h)	1666	2018	1668	1929	1828	1765	2025	1780	1528
Suurin huipunkäyttöaika	2314	2706	2170	2623	2954	2775	2842	2918	2621
Pienin huipunkäyttöaika	1032	1370	1131	1224	1136	1166	1218	821	443
Tuotanto pyyhkäisyypinta-alaa kohti	670	813	663	790	727	730	856	742	636
Suurin tuotanto kWh/m ²	920	1076	953	1126	1158	1088	1154	1157	1027
Pienin tuotanto kWh/m ²	410	545	450	486	452	463	484	345	183
Kapasiteettikerroin keskimäärin	0,19	0,23	0,19	0,22	0,21	0,20	0,23	0,20	0,17
Suurin kapasiteettikerroin	0,26	0,31	0,25	0,30	0,34	0,32	0,32	0,33	0,30
Pienin kapasiteettikerroin	0,12	0,16	0,13	0,14	0,13	0,13	0,14	0,09	0,05
Tuotantoindeksi keskimäärin*	95 %	110 %	88 %	98 %	92 %	89 %	91 %	85%	73 %

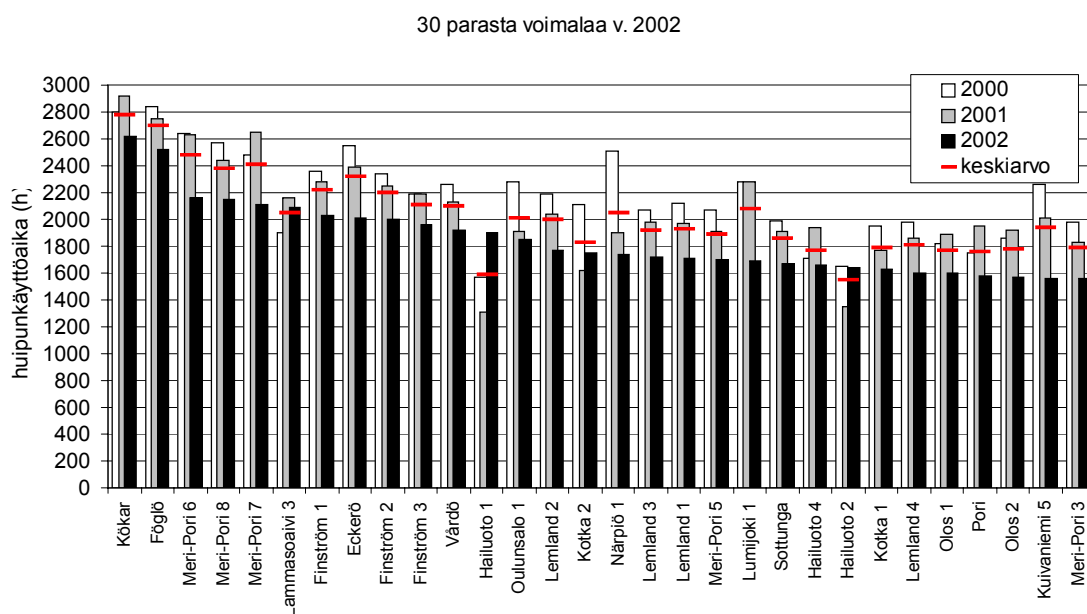
*Laitosten tuotannolla painotettu keskiarvo Perämeren, Selkämeren, Suomenlahden ja Ahvenanmaan tuotantoindekseistä

Vuoden 2002 keskimääräiset tunnusluvut ovat heikompia verrattuina aikaisempien vuosien tunnuslukuihin. Tämä johtuu edellisvuotta heikommista tuuliolosuhteista ja laitoksissa esiintyneistä vioista.

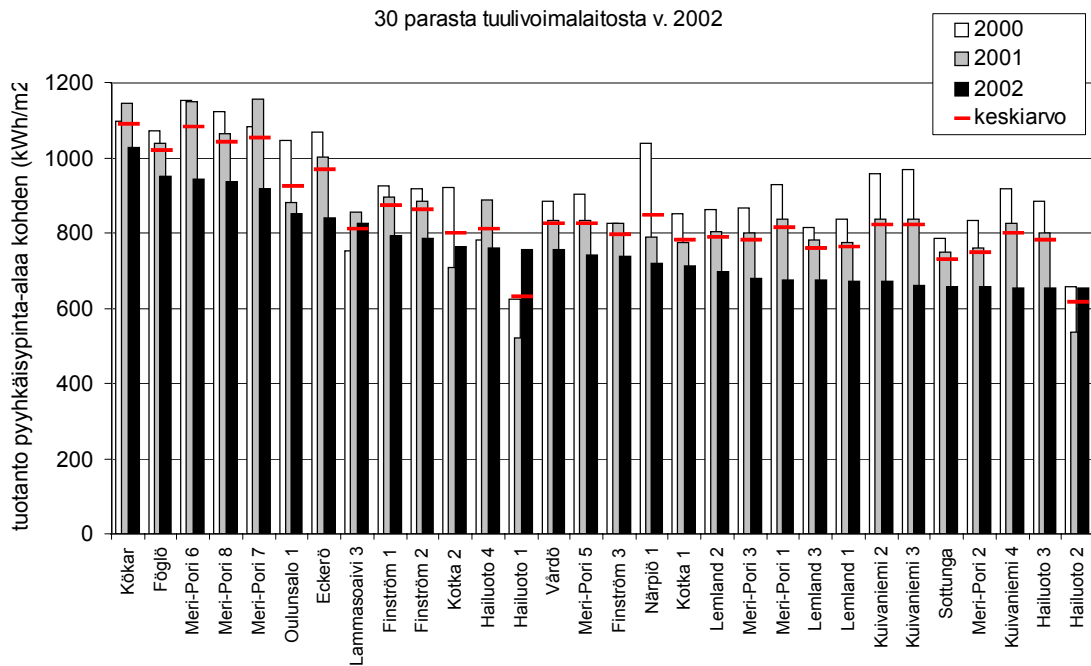
6. Tuotantovertailuja

6.1 Tuotannon tunnusluvut vuonna 2002

Eri nimellistehoisten tuulivoimalaitosten tuotannon vertailemiseksi on laitosten vuosituotannon tunnusluvut esitetty kuvina (kuvat 9–10). Parhaat laitokset yltyvät yli 2400 h huipunkäyttöaikaan ja yli 1000 kWh/m² tuotantoon pyyhkäisyypinta-alaa kohti. Vuoden 2002 keskimääräistä heikompi tuulisuus näkyy myös kuvissa 9 ja 10. Kökarin ja Föglön laitokset olivat ainoat, jotka ylsivät yli 2400 tunnin huipunkäyttöaikaan. Suomenlahdella ja Perämerellä vuosi 2002 oli keskimääräistä tynyempi. Perämeren normaalia heikommat tuuliolosuhteet ja vioista aiheutuneet tuotannonmenetykset laskivat usean Perämerellä sijaitsevan aikaisemmin erittäin hyvin tuottaneen laitoksen tunnuslukuja.

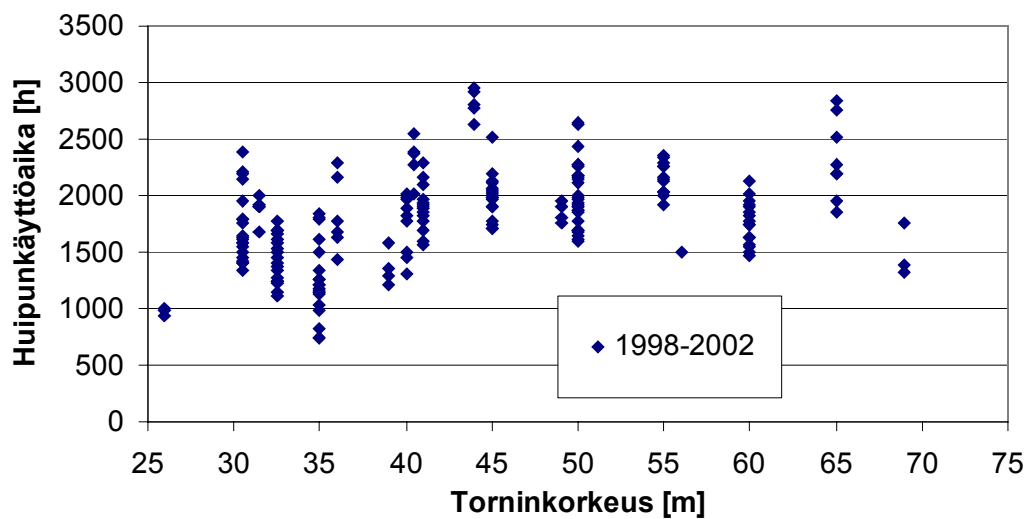


Kuva 9. Suomen 30 parasta tuulivoimalaitosta vuoden 2002 huipunkäyttöajan mukaisessa järjestyksessä. Vertailun vuoksi kuvaan on merkitty myös vuosien 2000 ja 2001 huipunkäyttöajat sekä vaakasuoralla viivalla näiden kolmen vuoden keskiarvo.



Kuva 10. Suomen 30 parasta tuulivoimalaitosta järjestettynä vuoden 2002 ominaistuotannon (tuotanto pyyhkäisyypinta-alaa kohden) mukaan. Vertailun vuoksi kuvaan on merkitty myös vuosien 2000 ja 2001 ominaistuotannot sekä vaakasuoralla viivalla näiden kolmen vuoden keskiarvo.

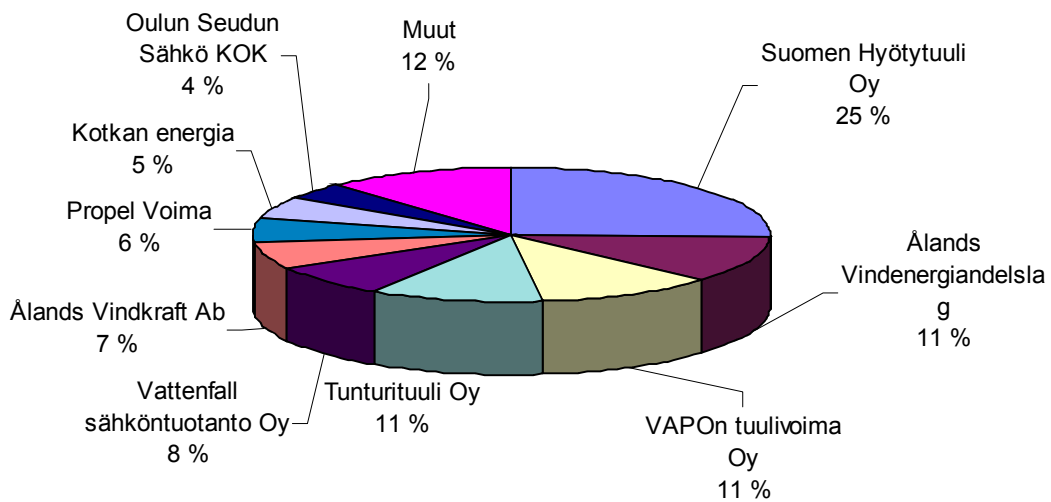
Kuvassa 11 on vertailtu huipunkäyttöaika suhteessa tornin korkeuteen. Mukana tarkastelussa on kokovuoden käytössä olleet laitokset, joiden vuotuinen käytettävyys oli yli 90%. Laitoksista joiden tornin korkeus on 30-50 metriä on Suomessa eniten käyttökokemusta.



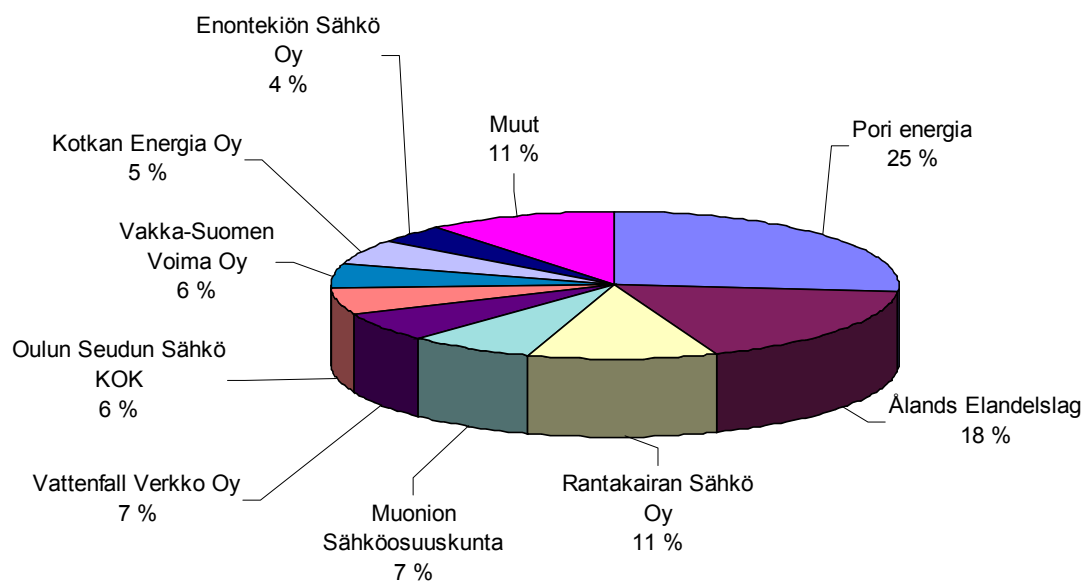
Kuva 11. Laitosten huipunkäyttöajat suhteessa tornin korkeuteen. Mukana tarkastelussa vain koko vuoden käytössä olleet laitokset, joiden käytettävyys on ollut yli 90%.

6.2 Tuotannon jaotteluja vuodelta 2002

Tuulivoimatuotanto vuonna 2002 jaoteltuna omistajien mukaan on esitetty kuvassa 12. Suurimmat tuulivoimatuottajat olivat Suomen Hyötytuuli Oy (25 % Suomen tuulisähköstä) ja VAPOn tuulivoima Oy (11 %) Kuvassa 13 on esitetty ne jakeluverkkoyhtiöt, joiden verkkoon tuulivoimaa on vuonna 2002 syötetty. Tuulivoimatuotannon jakautuminen lääneittäin on esitetty kuvassa 14. Oulun läänissä tuotettiin vuonna 2002 Suomen tuulisähköstä 27 %, Länsi-Suomessa 36 % ja Ahvenanmaalla 20 %.

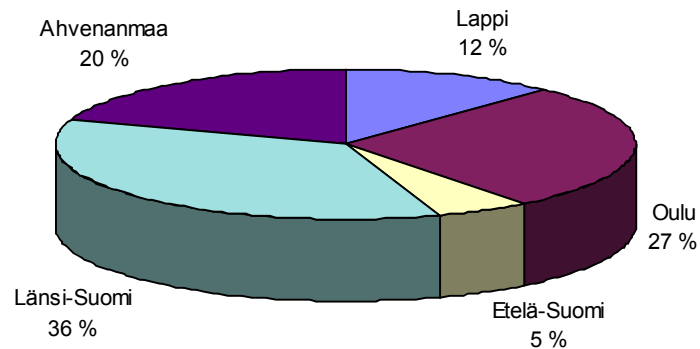


Kuva 12. Tuulivoimatuottajien osuudet vuonna 2002 (yhteensä 63,0 GWh) tuotetusta tuulisähköstä.



Kuva 13. Jakeluverkkoyhtiöiden osuudet tuulivoiman tuotannosta vuonna 2002 (yhteensä 63,0 GWh).

Tuulivoimantuotanto alueittain 2002



Kuva 14. Tuulivoimantuotannon alueellinen jakautuminen Suomessa vuonna 2002 (yhteensä 63,0 GWh).

6.3 Euroopan tuulivoimakapasiteetti

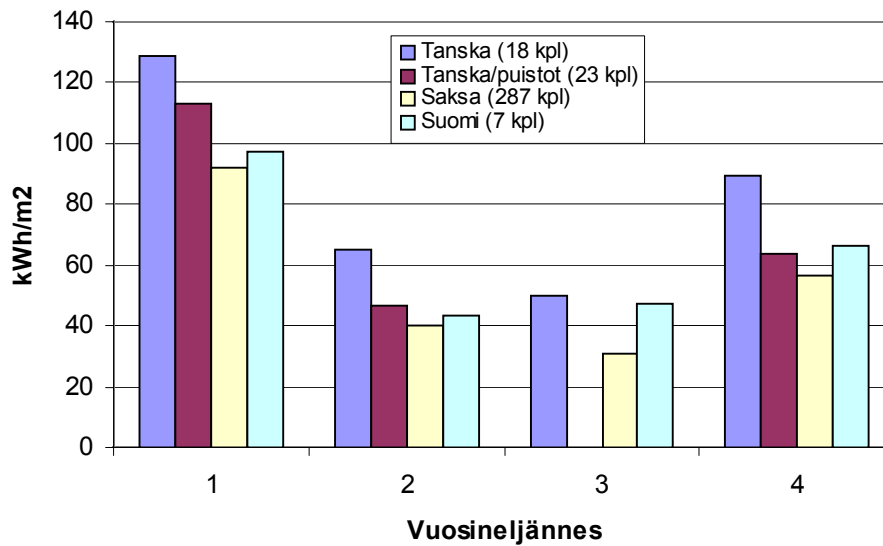
Taulukossa 6 on esitetty Euroopan tuulivoimakapasiteetti ja sen vuotuinen lisäys vuosina 1999-2002. Vuonna 2002 Euroopassa rakennetusta tuulivoimakapasiteetista valtaosa rakennettiin Saksaan ja Espanjaan. Euroopan tuulivoimakapasiteetti vuoden 2002 lopussa oli 23215 MW, josta vuoden 2002 aikana rakennettiin 5903 MW. Kasvua edellisestä vuodesta oli 34%.

Taulukko 6. Euroopan tuulivoimakapasiteetti /4,5,6/.

MW	Kapasiteetti vuoden lopussa				Uusi kapasiteetti			
	1999	2000	2001	2002	1999	2000	2001	2002
Saksa	4442	6113	8754	12001	1568	1671	2641	3247
Espanja	1812	2235	3337	4830	932	423	1102	1493
Tanska	1738	2300	2417	2880	325	562	117	463
Italia	277	427	697	785	80	150	270	88
Hollanti	433	446	493	686	54	13	47	193
Britannia	362	406	474	552	24	44	68	78
Ruotsi	220	231	290	328	44	11	59	38
Kreikka	158	189	272	276	103	31	83	4
Irlanti	74	118	125	137	10	44	7	12
Portugali	61	100	125	194	10	39	25	69
Itävalta	34	77	94	139	9	43	17	45
Ranska	25	66	78	148	4	41	12	70
Suomi	38	38	39	43	21	0	1	4
Belgia	11	13	31	44	1	2	18	13
Puola	0	5	22	27	0	5	17	5
Turkki	9	19	19	19	0	10	0	0
Norja	13	13	17	97	4	0	4	80
Luxemburg	6	10	15	16	1	4	5	1
Tseki	0	7	7	7	0	12	0	0
Sveitsi	3	3	5	5	0	0	4	0
Romania	0	1	1	1	0	1	0	0
Yhteensä	9716	12822	17319	23215	3190	3106	4497	5903

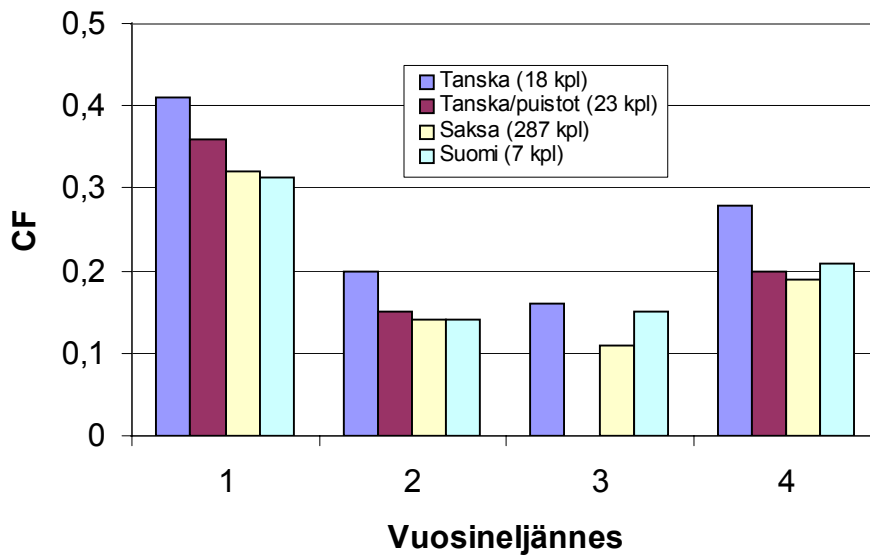
Kuvissa 15 ja 16 on kuukausikeskiarvot vuosineljänneksittäin kapasiteetikertoimille ja tuotannolle roottorin pyyhkäisyypinta-alaa kohti 1000 kW tuulivoimaloille Tanskassa, Saksassa ja Suomessa. Kuviin mukaan otettujen laitosten häiriöaika on ollut alle 10 % jokaisena vuosineljänneksen kuukautena. Kuvissa näkyy myös keskiarvot tilastoinnissa mukana olleiden laitosten määrästä. Tanskassa yksittäisten laitosten tunnusluvut olivat jonkin verran parempia ensimmäisellä, toisella ja neljännellä neljänneksellä. Saksassa raportoivien laitosten tunnusluvut olivat samaa tasoa kuin Suomessa.

1000 kW laitokset kuukausikeskiarvot



Kuva 15. Vuoden 2002 kuukausikeskiarvot vuosineljänneksittäin. Tuotanto roottorin pyyhkäisyypinta-alaa kohti 1000 kW laitoksille /7/.

1000 kW laitokset kuukausikeskiarvot



Kuva 16. Vuoden 2002 kapasiteettikertoimien kuukausikeskiarvot 1000 kW laitoksille vuosineljänneksittäin /7/.

7. Käyttökatkot

Laitosten keski-ikä oli vuoden 2002 lopussa 5,5 vuotta.

7.1 Tekninen käytettävyys

Vuonna 2002 niiden standardilaitosten, jotka raportoivat häiriöajat, keskimääräinen tekninen käytettävyys oli 96,3 % (vuonna 2001 93,5 %). Käytettävyyttä laskivat edellisen vuoden tapaan vaihdelaatikkojen vaihdot. Lisäksi käytettävyyttä laskivat lukuisat hydraulikkaviat. Vuosina 1996–97 käytettävyydet olivat 97–98 %. Vuodesta 1998 lähtien on vuosittain tapahtunut useita aikaavieviä komponenttien rikkoutumisia, jotka ovat laskeneet keskimääräistä käytettävyyttä.

Vuonna 2002 26 % (2169 h) vikojen aiheuttamista käyttökatoista aiheutui vaihdelaatikoiden vaihdoista ja korjauksista. Lukumääräisesti vaihdelaatikoihin liittyviä vikoja oli 6 kappaletta. Generaattoreiden, käänmömoottoreiden sekä hydraulikan viat aiheuttivat myös huomattavasti häiriötunteja.

Teknisessä käytettävyydessä ei ole otettu huomioon sähköverkon aiheuttamia käyttökatoja. Muut häiriöt (vuosihuollot, korjaukset ja häiriöt jolloin tuulivoimala ei ole ollut valmiustilassa) on otettu huomioon käytettävyyttä vähentävinä (kts. luku 3)

7.2 Käyttökatojen erittelyt

Taulukossa 7 on esitetty raportoidut käyttökatkot vuodesta 1996 lähtien. Käyttökatojen aiheuttamat häiriöajat on jaoteltu taulukossa häiriön syyn mukaan. Huollot ovat suunniteltuja huoltoja, jotka tuulivoimalaitoksissa tehdään yleensä puolivuositain. Kohtaan häiriöt on kerätty ne keskeytykset, joissa toimenpiteeksi on riittänyt voimalan uudelleenkäynnistys. Kohdassa muu syy on esim. tutkimuksen tai esittelyn vuoksi aiheutunut häiriöaika. Vika tarkoittaa niitä tapauksia, joissa on jouduttu tekemään korjaustoimenpiteitä. Sähköverkosta aiheutuneet häiriöt eivät alenna laitoksen käytettävyyttä. Samoin osa jäätymishäiriöistä on aiheuttanut ainoastaan alentuneen tuotannon, jolloin laitoksen käytettävyys ei ole alentunut. Raportoitujen häiriötuntien määrä on selvästi kahta aikaisempaa vuotta pienempi. Vaihdelaatikkovauriot olivat vuonna 2002 vähemmän aikaa vieviä ja lisäksi vikoja raportoi 72% kapasiteetista aiempien vuosien 100% sijaan. Tarkastelussa on mukana ainoastaan se osa Suomen tuulivoimakapasiteetista, jonka osalta häiriöt ja niiden syyt on raportoitu.

Taulukossa 7 vuoden 2002 vikatunnit on jaoteltu eteenpäin vikaantuneen komponentin ja vian syyn mukaan, ja taulukossa näkyy myös komponenttivikojen lukumäärät. Kuvassa 17 on esitetty vikojen aiheuttamien käyttökatkojen jakautuminen eri komponenttien välille.

Suomeen osatettaviin voimalaitoksiin on tehtävä arktisia modifikaatioita, jotta voimalat toimisivat kylmällä ja kylmien aikojen jälkeen. Kuten aikaisempinakin vuosina, niin vuonna 2002 sattui paljon vikoja, jotka liittyivät näihin modifikaationiin tai niiden puuttumiseen. Erityisesti kääntöjärjestelmissä ja –moottoreissa esiintyi pakkasen aiheuttamia vikoja. Häiriöitä, joista selvittiin ilman korjaamista, aiheuttivat eniten tuulimittarit, pääkytkimien laukeamiset, värinänsensorit ja hydrauliiikka.

Kuvassa 18 on esitetty vikatilastointiajalta 1996–2002 vikoja aiheuttaneiden komponenttien prosentti osuudet.

Taulukko 7. Standardilaitosten raportoimat käyttökatkot vuosina 1996-2002. Kesken vuotta aloittaneet laitokset ovat mukana tilastossa.

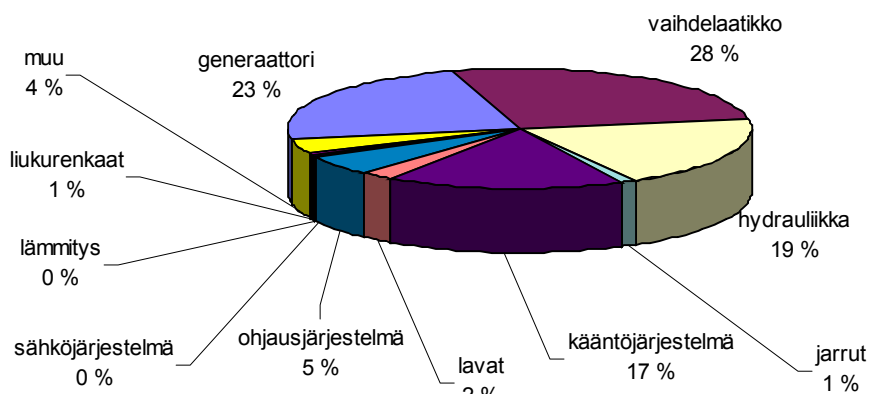
Häiriö	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
huolto	192	286	398	730	1489	1407	1301
häiriö	977	608	1571	4377	6708	3887	3831
jäätyminen	1208	463	168	532	589	3691	721
muu syy	154	185	166	63	415	53	53
sähköverkko	472	388	319	522	1453	583	343
vika	748	5688	13177	8059	21132	26645	8396
vika (vain häiriöaika raportoitu)	343						
Häiriöaika yhteensä	3751	9615	17797	16282	31786	35908	14988
% kapasiteetistä raportoinut	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	72 %
% ajasta	2,2 %	3,6 %	5,9 %	3,5 %	5,9 %	6,7 %	3,8 %

Häiriöaikaa keskimäärin 5,1 % vuosina 1996-2002.

Taulukko 8. Suomen tuulivoimalaitosten viat vuonna 2002: häiriötunnit komponenttien ja vian aiheuttajien mukaan.

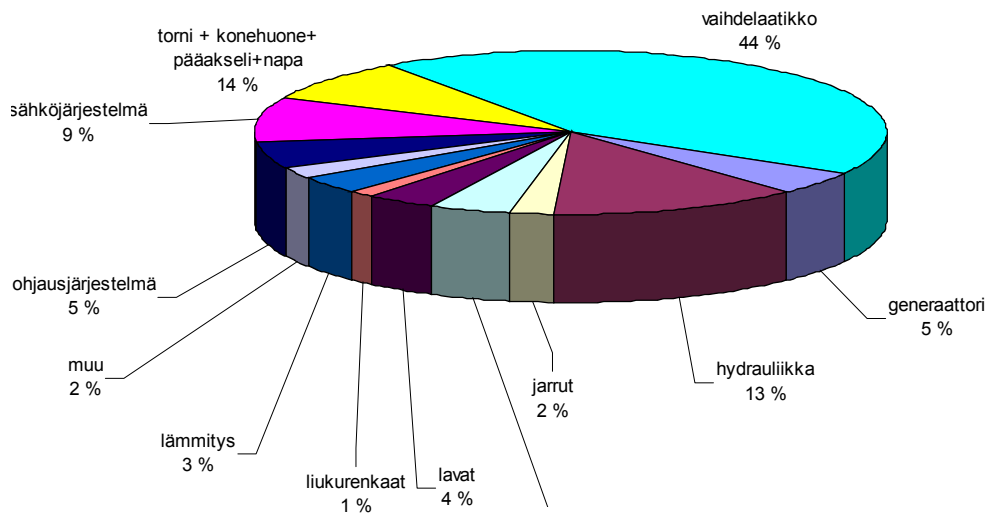
Komponentti	Häiriöaika	Osuus %	Vika lkm	jää/lumi	kuluminen	muu	oikosulku	valmistusvirhe
anturit	132	2 %	3		124	8		
generaattori	1942	23 %	5		1942			
hydrauliikka	1631	19 %	22		1627	4		
ilmajarrut	96	1 %	1		96			
kääntöjärjestelmä	48	1 %	1			48		
kääntömoottori	1357	16 %	7	150	1207			
lapakulman säätömekanismi	191	2 %	2		36	155		
liukurenkoot	48	1 %	2		48			
lämmitys	24	0 %	1		24			
muu	359	4 %	6		186	137		36
ohjausjärjestelmä	1	0 %	1		1			
ohjausyksikkö	306	4 %	3		30	276		
tehoelektronikka	4	0 %	1		4			
vaihdelaatikko	2169	26 %	6		757	58		1354
vaihteen tiivisteet	84	1 %	3		84			
verkkoonkytkentä	4	0 %	1				4	
Yhteensä	8396	100 %	65	150	6166	686	4	1390
% vika ajasta				2 %	73 %	8 %	0 %	17 %

Vikojen aiheuttamat käyttökätköt 2002



Kuva 17. Vikojen aiheuttamien käyttökätköjen (yhteensä 8369 h) jakautuminen tuulivoimaloiden eri komponenteille vuonna 2002. Tutkimuslaitokset eivät ole mukana tarkastelussa.

Vikojen aiheuttamat käyttökätkot vuosina 1996-2002



Kuva 18. Vikojen aiheuttamien käyttökätköjen jakautuminen tuulivoimaloiden eri komponenteille vuosina 1996–2002. Tutkimuslaitokset eivät ole mukana tarkastelussa.

7.3 Jäätymiset ja kylmä aika

Vikatilastoihin rekisteröidään myös jäätymistapaukset (Taulukko 9). Osa Suomen tuulivoimalaitoksista on varustettu lapalämmitysjärjestelmillä. Tunturialueiden ulkopuolelle lapalämmitysjärjestelmiä on Porissa. Näissä laitoksissa jäätymisen on lämmitysjärjestelmälaitteiston vika eikä esiinny tilastoissa jäätymistapauksena. Laitosten ohjausjärjestelmien käyttämät tuulimittarit on yleensä lämmitettyjä. Siitäkin huolimatta niissä esiintyy joskus jäätymisiä.

Vuonna 2002 jäätymistapauksia havaittiin 10:ssä ja kylmäaikaa 7:sta Suomen 64 laitoksesta, mikä on vähemmän kuin edellisellä vuonna. Yleisimpiä jäätymisen ja kylmän aiheuttamia ongelmia olivat laitoksen käynnistymättömyys johtuen vaihteistoöljyjen kangistumisesta, tuulimittarien jäätymisen ja lapoihin kerääntyvä jää. Osa laitosten jäätymistapauksista jää todennäköisesti raportoimatta, koska laitoksilla on vain kaukovalvonta, ja pienemmät jäätymistapaukset eivät aiheuta käyttökätköjä, vaan ainoastaan tuotannon alenemista.

Taulukko 9. Jäätymistapauksia ja jään aiheuttamia häiriöitä raportoineiden laitosten lukumäärät ja jäätymisaikojen pituus eri vuosina. Osuus häiriöajasta on laskettu suhteessa niiden laitosten kokonaishäiriöaikoihin, joissa jäätymistapauksia esiintyi.

ALUE	1996		1997		1998		1999		2000		2001		2002	
	Tuntia	Laitoksia	Tuntia	Laitoksia	Tuntia	Laitoksia	Tuntia	Laitoksia	Tuntia	Laitoksia	Tuntia	Laitoksia	Tuntia	Laitoksia
Lappi	119	2			23	3	49	9	159	8	5	1		
Ahvenanmaa	12	1	55	5					7	3	44	3	26	2
Perämeri	858	4	372	5	98	2	532	7	573	7	4143	15	434	3
Selkämeri	219	5	68	4	75	2					38	1	411	5
Suomenlahti														
Koko Suomi	1208	12	495	14	196	7	581	16	739	18	4230	20	871	10
Osuus häiriöajasta	44,5 %		20,9 %		8,6 %		12,5 %		9,1 %		26 %		15 %	

Tuulivoimalaitokset seisovat, mikäli suunnittelussa huomioitu lämpötilaraja alittuu. Tämä kylmäraja vaihtelee Suomessa välillä -15 °C ... -30 °C ja niin että tyypillisesti uudemmilla laitoksilla kylmäraja on -25 °C ja -30 °C välillä. Uudemmat laitokset eivät juurikaan kärsineet kylmä ajasta vuonna 2002. Tilastoihin raportoidut kylmäaika –jaksot on esitetty taulukossa 10 (huom. kylmäaika ei ole häiriöaikaa vaan osa laitoksen suunniteltua toimintaa).

Taulukko 10. Laitosten kylmäaika eri vuosina.

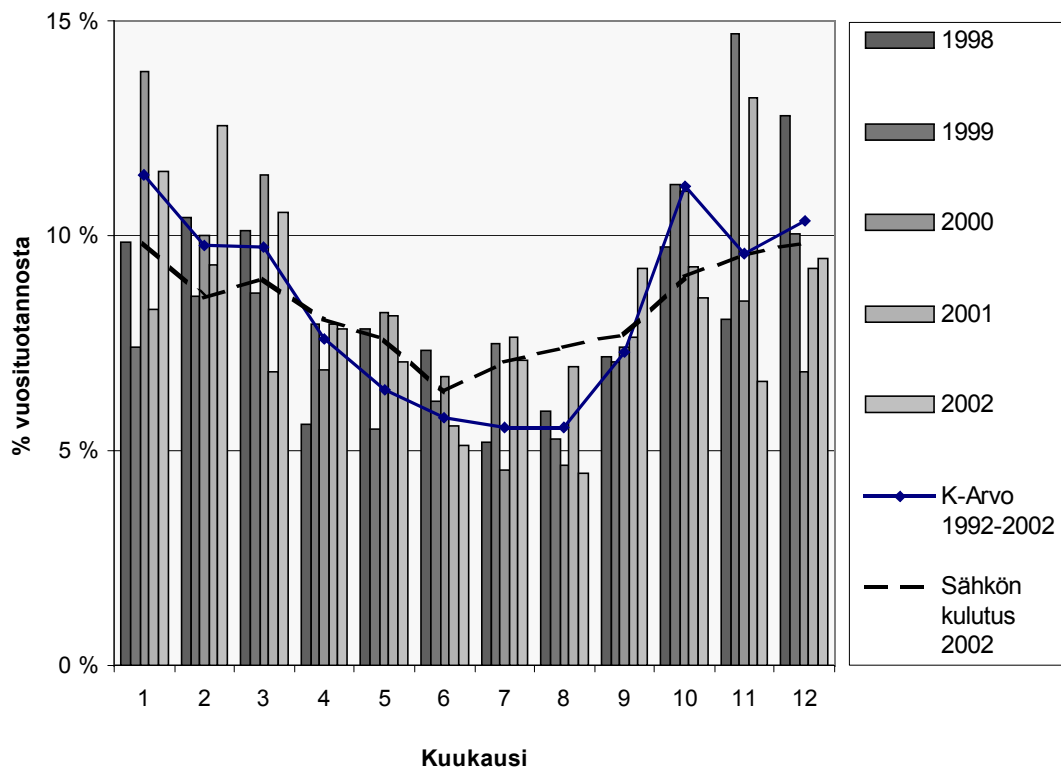
ALUE	1997		1998		1999		2000		2001		2002	
	Tuntia	Laitoksia	Tuntia	Laitoksia	Tuntia	Laitoksia	Tuntia	Laitoksia	Tuntia	Laitoksia	Tuntia	Laitoksia
Lappi					450	3	32	1	100	6		
Ahvenanmaa			1	1								
Perämeri	28	1	890	4	2477	8	72	1	706	4	504	3
Selkämeri	60	4	397	4	699	4	100	2	1733	7	686	4
Suomenlahti												
Koko Suomi	88	5	1288	9	3626	15	204	4	2539	17	1190	7
Osuus laitosten vuoden tunneista	0,2 %		1,6 %		2,8 %		0,6 %		1,7 %		1,9 %	

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. Valtakunnan huipun aikaista tuulivoimatehoa 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 kapasiteettivaikutus valtakunnan tasolla on tuotannon kapasiteettikertoimen suuruusluokkaa /8/.

8.1 Tuulivoiman kausivaihtelu

Tuulivoimatuotanto on yleensä talvikuukausina huomattavasti suurempaa kuin kesäkuukausina /9/. Vuosien 1998–2002 tuotannot kuukausittain on esitetty kuvassa 19. Mukana ovat ainoastaan ne voimalaitokset, jotka ovat olleet käytössä koko vuoden (tutkimuslaitoksia ei ole mukana). Talvikuukausina (loka-maaliskuu) on tuotettu keskimäärin 60% vuotuisesta tuulivoimalla tuotetusta sähköstä. Sähkön kulutus kuvassa 19 on sähkön bruttokulutus kuukausittain suhteessa vuosikulutukseen vuonna 2002 /10/.



Kuva 19. Tuulivoiman keskimääräinen kausivaihtelu: Suomen standardilaitosten yhteenlasketun tuotannon jakautuminen eri kuukausille vuosina 1998–2002. Suomen sähkön kulutuksen jakautuminen eri kuukausille vuonna 2002 näkyy katkoviivana [10].

8.2 Tuulivoimatuotanto valtakunnan huipun aikana

Tuulivoimalaitosten tuntitehot on kysytty valtakunnan huippujen ajalta (taulukko 11). Kaikista laitoksista ei ole ollut käytettävissä tuntitehoja, joten taulukossa on ilmoitettu kunkin vuoden kohdalla kyselyyn vastanneiden laitosten nimellisteho, ja tuotettu teho prosenttina nimellistehosta.

Taulukko 11. Tuulivoimatuotanto valtakunnan kulutushuipun aikana.

Talvikausi	Valtakunnan huippu	Tuulivoiman tuntiteho	% nimellistehosta	Ilmoittaneiden laitosten nimellisteho
91/92	20.1.92 klo 09-10	634 kW	79 %	0,8 MW
92/93	27.1.93 klo 09-10	0 kW	0 %	0,8 MW
93/94	11.2.94 klo 20-21	529 kW	13 %	4,0 MW
94/95	31.1.95 klo 20-21	1364 kW	36 %	3,8 MW
95/96	9.2.96 klo 20-21	42 kW	1 %	5,3 MW
96/97	19.12.96 klo 08-09	1679 kW	35 %	4,8 MW
97/98	2.2.98 klo 08-09	1061 kW	16 %	6,5 MW
98/99	29.1.99 klo 08-09	3035 kW	20 %	15,47 MW
99/00	25.1.00 klo 08-09	6563 kW	36 %	18,15 MW
00/01	5.2.01 klo 08-09	1285 kW	5 %	23,9 MW
01/02	2.1.02 klo 16-17	3710 kW	16 %	23,1 MW
02/03	3.1.02 klo 17-18	1069 kW	3 %	34,6 MW

Kymmenen vuoden perusteella saadaan huipunaikaiseksi tuulivoimatuotannoksi keskiarvona 22 % (tuulivoimateholla painotettu keskiarvo 15 %).

Tarkemmin huipunaikaista tuotantoa on arvioitu kahdelta vuodelta 1999 ja 2000 käyttäen hyväksi tuulivoiman toteutuneista tuntitehoja. Koko Suomen tuulivoimatuotannolle on tehty yhteisaikasarja tunneittain siten, että Lapin ja Ahvenanmaan osuus on kummankin 10 % asennetusta kapasiteetista [11]. Vuonna 1999 oli keskimääräistä tynyempi alkuvuosi ja myös huipun aikainen tuulivoimatuotanto jäi selvästi alle keskimääräisen tuotannon. 10 suurinta huippua olivat yhden vuorokauden sisällä. Vuonna 2000 oli keskimääräistä tuulisempi alkuvuosi ja huipunaikainen tuulivoimatuotanto oli hieman keskimääräistä tuulivoimatuotantoa korkeampi. Täysin tyyntä ei huipun aikoina ollut, kun tarkastellaan koko Suomea. Alhaisimmat tuulivoimatuotannot jäivät kuitenkin huipun aikana vain muutamaan prosenttiin nimellistehosta.

Taulukko 12. Tuulivoimatuotanto valtakunnan kulutushuippujen aikana vuosina 1999–2001. Tuotanto % asennetusta kapasiteetista sekä koko vuoden aikana että 10, 50 ja 100 suurimman kulutushuipun aikana, keskimäärin sekä vaihteluvälinä (pienin ja suurin tuulivoimatuotanto huippujen aikana).

	Koko vuonna Keskiarvo min-max	10 suurimman huipun aikana Keskiarvo min-max	50 suurimman huipun aikana Keskiarvo min-max	100 suurimman huipun aikana Keskiarvo min-max
Suomi 1999	21.5 % (0.0-86.3 %)	6.9 % (4.7-10.2 %)	7.1 % (2.8-36.9 %)	8.5 % (2.2-45.9 %)
Suomi 2000	24.3 % (0.1-91.0 %)	35.8 % (4.5-71.8 %)	31.2 % (3.5-72.4 %)	28.1 % (3.5-72.4 %)
Suomi 2001	21.6 % (0.0-86.6 %)	18.2 % (3.0-35.9 %)	18.7 % (2.5-37.4 %)	17.0 % (2.5-37.4 %)

Lähdeluettelo

- 1 World Market Update 2002, BTM Consult ApS-March 2003
- 2 Andersson, A., Olsson, G. Driftuppföljning av Vindkraftverk över 50 kW. Årsrapport 1999. Vattenfall, Tukholma, 2000. <http://www.elforsk.se/varme/varm-vind.html>
- 3 Laakso, T., Peltola, E., Tuulivoiman seuranta ja tilastointi, VTT Prosessit, projektiraportti, PRO4/T7506/03, 2003.
- 4 <http://www.ewea.org/>, viittauspäivämäärä 7.5.2003.
- 5 New Energy Magazine 2/2003.
- 6 Wind Directions Magazine. March 2003.
- 7 Wind Turbine Performance Summary, Wind Stats Newsletter, Vol.15, No. 2, 2002 -Vol. 16, No. 1, 2003.
- 8 Peltola, E., Petäjä, J. Tuulivoima Suomen energiahuollossa. VTT Julkaisuja 775, Espoo, 1993.
- 9 Holttinen, H. et al. Tuulivoimatuotannon vaihtelut ja niiden arviointi. VTT Tiedotteita 1800, Espoo, 1996.
- 10 SENER: Sähkön pikatilasto <http://www.energia.fi/sahko/ptil.html>, viittauspäivämäärä 12.5.2003.
- 11 Holttinen, H. The impacts of hourly wind variations in the need for system flexibility for large scale wind power production in the Nordic countries. In Proceedings of Global Wind Power Conference, Paris 2.-5.4.2002.

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

Kuukausi / Vuosi

/ 2000

Raportoijan nimi

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

HÄIRIÖAIKA:		(kW)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)
ID Tuulivoimala	Lempinimi	Teho	Häiriöaika	sähköverkko	häiriö	vika	huolto	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 (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: _____

OHJE: TÄYTÄ VAIN HARMAAT SOLUT.

Vuosi

Raportoija

Omistavan yrityksen LY tunnus

1 Puiston käyttökustannukset

Käyttökustannuksiin kuuluvat	Lähde: http://www.tuulivoimayhdistys.fi/sisalto/tietoa/altener/kustan.htm	Kustannus [€]
Hallinnointikulut		<input type="text"/>
Vakuutukset		<input type="text"/>
Huolto- ja korjausmenot	(Kaikki mukaan lukien)	<input type="text"/>
Muut	(esim. maa-alueen vuokra)	<input type="text"/>
Yhteensä		0

2 Mahdolliset laitoskohtaiset suuremmat kustannukset, jotka sisältyvät huolto- ja korjausmenoihin

ID	Laitos	Vika	Kustannus [€]
5	Mylly 1		<input type="text"/>
4	Mylly 5		<input type="text"/>
.			<input type="text"/>
.			<input type="text"/>
.			<input type="text"/>
.			<input type="text"/>

Täyttöohjeita

Tiedot siirretään automaattisesti tästä tiedostosta tietokantaan, joten on tärkeää, että tiedot laitetaan oikeisiin ruutuihin. Ei väliä, vaikka teksti ei mahtuisi näkyvään osaan.

Turkoosit ruudut ovat joko ihan pakko täyttää tai sitten se on ainakin erittäin suositeltava. Valkoiset ruudut ovat tilanteesta riippuen vapaaehtoisia.

Voimat tulevat saamaan "virallisen" nimen sijoituspaikan ja juoksevan numeron mukaan. Samaan sijoituspaikkaan kuuluvat voimat ovat osa samaa tuulipuistoa. Sen lisäksi niille voi antaa lempinimen, jonka ne yleensä saavat kastetilaisuudessa.

Mikäli samaan sijoituspaikkaan rakennetaan erilaisia voimaloita (voimalatyyppin, napakorkeuden, etc. mukaan), tulee tämä lomake täyttää useampaan kertaan.

Projekti- ja sijoituspaikkatietoja

Projektin aloituspm	<input type="text"/>	(pp.kk.vvvv)
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"/>	kyllä/ei
Käyttäjä	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	kyllä/ei
Sähkölaitoksen edustaja	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	kyllä/ei
Kuukausiraportoija	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	kyllä/ei
Muuta	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	

Investointitietoja				
Investointituki		%		
Tuen myöntäjä		(Henkilö)		
Investointikustannukset		mk		
Voimaloiden hinta		mk		
Perustusten hinta		mk		
Tie/maanrakennuskustannukset		mk		
Pystytys		mk		
Verkkoonliitäntä		mk		
Suunnittelu, hallinto		mk		
Muuta				
Laitostietoja				
Valmistaja				
Laitostyyppi				
Laitoksien lukumäärä				
Napakorkeus				
Komponenttieroittelyä				
	Lavat	Generaattori	Vaihteisto	Torni
Valmistaja				
Komponentin tyypinimi				
Yksittäisistä laitoksista				
	Lempinimi	Verkkoon kytkemispvn	Lämmitysjärjestelmä	Arvioitu tuotanto MWt
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				
Sijoituspaikan voimala 11				
Sijoituspaikan voimala 12				
Sijoituspaikan voimala 13				
Sijoituspaikan voimala 14				
Sijoituspaikan voimala 15				
Sijoituspaikan voimala 16				
Sijoituspaikan voimala 17				
Sijoituspaikan voimala 18				
Sijoituspaikan voimala 19				
Sijoituspaikan voimala 20				
Sijoituspaikan voimala 21				
Sijoituspaikan voimala 22				
Sijoituspaikan voimala 23				
Sijoituspaikan voimala 24				
Sijoituspaikan voimala 25				
Sijoituspaikan voimala 26				
Sijoituspaikan voimala 27				
Sijoituspaikan voimala 28				
Sijoituspaikan voimala 29				
Sijoituspaikan voimala 30				
Sijoituspaikan voimala 31				
Sijoituspaikan voimala 32				
Sijoituspaikan voimala 33				
Sijoituspaikan voimala 34				
Sijoituspaikan voimala 35				
Sijoituspaikan voimala 36				
Sijoituspaikan voimala 37				
Sijoituspaikan voimala 38				

Nimi	Teho kW	Valmistaja	Z/D m	Arvio MWh	Tuotanto MWh	t _h h	e kWh/m ²	CF	Häiriöaika h	Käytettävyys
Korsnäs 1	200	Nordtank	32/25	380	230	1152	485	0,13	675	92%
Korsnäs 2	200	Nordtank	32/25	380	245	1227	516	0,14	150	98%
Korsnäs 3	200	Nordtank	32/25	380	250	1250	526	0,14	315	96%
Korsnäs 4	200	Nordtank	32/25	380	267	1336	562	0,15	665	92%
Sottunga	225	Vestas	30/27	450	377	1675	658	0,19	14	100%
Siikajoki 1	300	Nordtank	30/31	650	434	1448	575	0,17		
Siikajoki 2	300	Nordtank	30/31	670	386	1285	511	0,15		
Kalajoki 1	300	Nordtank	30/31	660	410	1368	544	0,16		
Kalajoki 2	300	Nordtank	30/31	660	306	1021	406	0,12		
Kemi 1	300	Nordtank	35/31	610	221	737	293	0,08	24	100%
Kemi 2	300	Nordtank	35/31	610	247	822	327	0,09	24	100%
Kemi 3	300	Nordtank	35/31	610	224	746	297	0,09	24	100%
Pori	300	Nordtank	30/31	700	474	1580	628	0,18	203	98%
Hailuoto 1	300	Nordtank	30/31	725	570	1899	755	0,22		
Hailuoto 2	300	Nordtank	30/31	725	493	1642	653	0,19		
Lammasoivi 2	450	Bonus	35/37	1100	449	997	417	0,11	2723	69%
Lammasoivi 1	450	Bonus	35/37	1100	676	1501	628	0,17	1107	87%
Hailuoto 3	500	Nordtank	35/37	1195	715	1430	655	0,16		
Hailuoto 4	500	Nordtank	37/37	1275	829	1658	759	0,19		
Kuivaniemi 1	500	Nordtank	35/37	1060	525	1049	480	0,12		
li	500	Nordtank	39/37	1030	372	743	340	0,08	1687	81%
Eckerö	500	Vestas	40/39	1200	1006	2011	842	0,23	31	100%
Kökar	500	Enercon	44/40	1200	1311	2622	1028	0,30	31	100%
Värdö	500	Enercon	55/40	1200	962	1924	754	0,22	35	100%
Finström 1	500	Enercon	55/40	1200	1013	2027	794	0,23	95	99%
Finström 2	500	Enercon	55/40	1200	1000	1999	784	0,23	63	99%
Siikajoki 3	600	Nordtank	49/43	1350	266	444	183	0,05		
Siikajoki 4	600	Nordtank	45/44	1350	414	690	285	0,08		
Lemland 1	600	Vestas	45/44	1200	1024	1706	673	0,19	9	100%
Lemland 2	600	Vestas	45/44	1200	1062	1771	699	0,20	11	100%
Lemland 3	600	Vestas	45/44	1200	1029	1716	677	0,20	73	99%
Lemland 4	600	Vestas	50/44	1200	961	1602	632	0,18	131	99%
Lammasoivi 3	600	Bonus	41/44	1400	1255	2092	826	0,24	105	99%
Olos 1	600	Bonus	41/44	1400	960	1600	631	0,18	15	100%
Olos 2	600	Bonus	41/44	1400	941	1568	619	0,18	30	100%
Olos 3	600	Bonus	41/44	1400	781	1301	513	0,15	232	97%
Olos 4	600	Bonus	41/44	1400	872	1453	573	0,17	232	97%
Olos 5	600	Bonus	41/44	1400	902	1504	593	0,17	375	96%

Nimi	Teho kW	Valmistaja	Z/D m	Arvio MWh	Tuotanto MWh	t _h h	e kWh/m ²	CF	Häiriöaika h	Käytettävyys
Föglö	600	Enercon	65/45	1400	1511	2518	950	0,29	82	99%
Finström 3	600	Enercon	65/45	1400	1173	1956	738	0,22	53	99%
Lumijoki 1	660	Vestas	50/47	1800	1113	1687	642	0,19	1654	81%
Kuivaniemi 2	750	NEGMicon	50/44	1500	1019	1359	670	0,16		
Kuivaniemi 3	750	NEGMicon	50/44	1500	1004	1338	660	0,15		
Kuivaniemi 4	750	NEGMicon	50/44	1500	995	1327	655	0,15		
Närpiö 1	750	NEGMicon	45/48	1600	1302	1736	720	0,20	149	99%
Kuivaniemi 5	750	NEGMicon	50/48	1500	1170	1560	646	0,18		
Kuivaniemi 6	750	NEGMicon	50/48	1500	1139	1519	629	0,17		
Kuivaniemi 7	750	NEGMicon	50/48	1500	1147	1530	634	0,17		
Meri-Pori 1	1000	Bonus	60/54	2340	1551	1551	677	0,18	398	95%
Meri-Pori 2	1000	Bonus	60/54	2340	1500	1500	655	0,17	547	94%
Meri-Pori 3	1000	Bonus	60/54	2330	1559	1559	681	0,18	478	95%
Meri-Pori 4	1000	Bonus	60/54	2320	1475	1475	644	0,17	482	94%
Meri-Pori 5	1000	Bonus	50/54	2450	1699	1699	742	0,19	221	97%
Meri-Pori 6	1000	Bonus	50/54	2670	2161	2161	944	0,25	128	99%
Meri-Pori 7	1000	Bonus	50/54	2600	2105	2105	919	0,24	171	99%
Meri-Pori 8	1000	Bonus	50/54	2580	2146	2146	937	0,25	142	99%
Kotka 1	1000	Bonus	60/54	2000	1633	1633	713	0,19	316	96%
Kotka 2	1000	Bonus	60/54	2000	1749	1749	764	0,20	158	98%
Oulu 1	1000	WinWinD	56/56	2500	1504	1504	611	0,17	97	99%
Oulunsalo 1	1300	Nordex	65/60	3000	2406	1851	851	0,21	75	99%
Uusikaupunki 1	1300	Nordex	69/60	2340	1711	1316	605	0,15	280	97%
Uusikaupunki 2	1300	Nordex	69/60	2340	1797	1382	636	0,16	157	98%
Meri-Pori 9	2000	Bonus	80/76	6000	1971	985	434	0,22	83	98%
Kuivaniemi 8	2000	Vestas	78/80	4500						
YHTEENSÄ	42635			95560	63000					
KESKIARVO	666				1000	1520	633	0,18	321	96 %
Maksimi	2000			6000	2406	2622	1028	0,30	2723	100 %
Minimi	200			380	221	444	183	0,05	9	69 %

Teho Nimellisteho
 Z/D Napakorkeus ja roottorin halkaisija
 Arvio Keskimääräinen arvioitu vuosituotanto
 t_h Huipunkäyttöaika kWh/kW
 e Tuotanto suhteessa roottorin pyyhkäisyypinta-alaan kWh/m²
 CF Kapasiteettikerroin (kWh/kW,h)
 Käytettävyys Tekninen käytettävyys (häiriöajasta on vähennetty sähköverkkohäiriöt),
 puuttuu mikäli häiriöaikaa ei ole raportoitu