



TUULIVOIMAN
TUOTANTOTILASTOT.
VUOSIRAPORTTI 1999

VTT Energian raportteja 2/2000

Hannele Holttinen, Juha Kiviluoma

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

Toukokuu 2000

ISSN 1457-3350

VTT Energian raportteja 2/2000

<p>Suorittajaorganisaatio ja osoite VTT Energia, Energijärjestelmät PL 1606 02044 VTT</p> <p>Projektipäällikkö Hannele Holttinen hannele.holttinen@vtt.fi</p> <p>Asiasanat Tuulivoima, tuulienergia, tilastot, Suomi</p>	<p>Raportin numero VTT Energian raportteja 2/2000</p> <p>VTT:n diaarinumero</p> <p>UDK-numerot</p>	
<p>Projektin nimi ja projektinumero Tuulivoimatilastot. 64KVTUULI99. N9SU00200.</p>	<p>Raportin sivumäärä 30 s. + liitt. 4 s</p>	<p>Päiväys 24.5.2000</p>
<p>Raportin nimi ja kirjoittajat Hannele Holttinen, Juha Kiviluoma</p> <p>Tuulivoiman tuotantotilastot. Vuosiraportti 1999</p>		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Suomen tuulivoimatuotanto oli 49,1 GWh vuonna 1999 (0,06 % Suomen sähkönkulutuksesta). Tuulivoimakapasiteetti kasvoi vuoden 1999 aikana 20,5 MW:lla eli yli kaksinkertaistui 17,4 MW:sta vuoden 1998 lopussa (40 laitosta) 37,9 MW:iin vuoden 1999 lopussa (63 laitosta). Kasvua vuoteen 1998 verrattuna oli kapasiteetissa 118 % ja tuotannossa 108 %. Tuulivoimakapasiteetti on Suomessa vielä pieni verrattuna useimpiin muihin EU-maihin. Maailman tuulivoimakapasiteetti oli vuoden lopussa lähes 14 000 MW, ja tästä on Euroopassa yli 9000 MW.</p> <p>Kaupallisten tuulivoimalaitosten taloudellisin koko on kasvanut jatkuvasti, tällä hetkellä eniten myydään 600...1300 kW laitoksia. Vuonna 1991 pystytettyjen laitosten keskikoko oli alle 200 kW ja vuonna 1999 894 kW. Kaikkien Suomen tuulivoimalaitosten keskiteho oli vuoden lopussa 602 kW (434 kW vuonna 1998).</p> <p>Vuosi 1999 oli keskimääräistä heikottuulisempi erityisesti Pohjanlahdella. Keskimääräinen kapasiteettikerroin tuulivoimalaitoksilla oli 20 %. Ilmatieteen laitoksen tuotantoindeksien mukaan tuulivoimalaitosten tuotanto vuonna 1999 oli Pohjanlahdella 79–82 %, Ahvenanmaalla 89 % ja Suomenlahdella 92 % keskimääräisestä tuotannosta. Tuotantoindeksien käyttämä keskimääräinen tuotanto lasketaan 11 vuoden (vv. 1985–95) tuulennopeushavainnoista.</p> <p>Tuulivoimalaitosten tekninen käytettävyys on kaupallisessa käytössä olevilla voimalaitoksilla yleisesti ottaen korkea. Vuonna 1999 tekninen käytettävyys oli 97 %.</p> <p>Vuosiraportti sisältää laitosten tuotanto- ja käytettyystietojen lisäksi vika- ja häiriötilaston vuodelta 1999, tuotantovertailuja mm. tunnuslukuina ja alueittain sekä valtakunnan huipun aikaiset tuulivoiman tuntitehot.</p>		
<p>Jakelu: VTT Energia, kirjasto, PL 1606 02044 VTT, puh. 09 4561, telefax 09 456 5000,</p>		
<p>Raportin päävastuullinen laatija Hannele Holttinen</p>	<p>Tarkastanut Ryhmäpäällikkö Sakari Palko</p>	
<p>Hyväksynyt Tutkimuspäällikkö Ritva Hirvonen</p>	<p>Julkisuus Julkinen</p>	

TIIVISTELMÄ

Suomen tuulivoimatuotanto oli 49,1 GWh vuonna 1999 (0,06 % Suomen sähkönkulutuksesta). Tuulivoimakapasiteetti kasvoi vuoden 1999 aikana 20,5 MW:lla eli yli kaksinkertaistui 17,4 MW:sta vuoden 1998 lopussa (40 laitosta) 37,9 MW:iin vuoden 1999 lopussa (63 laitosta). Kasvua vuoteen 1998 verrattuna oli kapasiteetissa 118 % ja tuotannossa 108 %. Vaikka vuosi 1999 olikin asennetun kapasiteetin ja tuotannon osalta ennätysvuosi Suomessa, tuulivoimakapasiteetti on täällä vielä pieni verrattuna useimpiin muihin EU-maihin (esim. Ruotsissa 220 MW, Tanskassa yli 1700 MW ja Saksassa 4400 MW vuoden 1999 lopussa). Maailman tuulivoimakapasiteetti saavutti 10 000 MW rajan alkuvuodesta 1999, ja oli vuoden lopussa lähes 14 000 MW.

Tuulivoima on osana kauppa- ja teollisuusministeriön vuonna 1999 valmistunutta Uusiutuvien energialähteiden edistämishjelmaa, jossa tuulivoimalle on asetettu tavoitteeksi 500 MW vuonna 2010. Tuulivoima saa Suomessa tuotantotukea (4,1 p/kWh) sekä investointitukea jopa 40 % investoinnista. Investointituen suuruus päätetään projektikohtaisesti.

Kaupallisten tuulivoimalaitosten taloudellisin koko on kasvanut jatkuvasti, tällä hetkellä eniten myydään 600...1300 kW laitoksia. Vuonna 1991 pystytettyjen laitosten keskikoko oli alle 200 kW ja vuonna 1999 894 kW. Kaikkien Suomen tuulivoimalaitosten keskiteho oli vuoden lopussa 602 kW (434 kW vuonna 1998).

Vuosi 1999 oli keskimääräistä heikkotuulisempi erityisesti Pohjanlahdella. Keskimääräinen kapasiteettikerroin koko vuoden käytössä olleilla tuulivoimalaitoksilla oli 20 %. Ilmatieteen laitoksen tuotantoindeksien mukaan tuulivoimalaitosten tuotanto vuonna 1999 oli Pohjanlahdella 79–82 %, Ahvenanmaalla 89 % ja Suomenlahdella 92 % keskimääräisestä tuotannosta. Tuotantoindeksien käyttämä keskimääräinen tuotanto lasketaan 11 vuoden (vv. 1985–95) tuulennopeushavainnoista.

Tuulivoimalaitosten tekninen käytettävyys on kaupallisessa käytössä olevilla voimalaitoksilla yleisesti ottaen korkea. Vuonna 1999 tekninen käytettävyys oli 97 %.

Vuosiraportti sisältää laitosten tuotanto- ja käytettävyystietojen lisäksi vika- ja häiriötilaston vuodelta 1999, tuotantovertailuja mm. tunnuslukuina ja alueittain sekä valtakunnan huipun aikaiset tuulivoiman tuntitehot. Tutkimuskäytössä olevat kaksi tuulivoimalaitosta (Lapissa sijaitsevat Pyhätunturin ja Paljasselän laitokset) on useissa tarkasteluissa eroteltu standardilaitoksista, jotta tutkimuskäytön vuoksi alentunut käytettävyys ei vaikuttaisi tarkastelun kohteena oleviin asioihin.

Holtinen, H., Kiviluoma, J., Wind power production statistics in Finland. Year report 1999, VTT Energian raportteja 2/2000 - VTT Energy Reports 2/2000, Espoo 2000, s./p. 30 + liitt./app. 4 p.

Keywords: wind power, power generation, failures, statistical data, statistics, Finland

UDK-classification:

ABSTRACT

The wind power production in Finland was 49,1 GWh in 1999 (equivalent to 0,06 % of Finland's electricity production). The installed capacity increased by 20,5 MW, from 17,4 MW (40 wind turbines) at the end of 1998 to 37,9 MW (63 turbines).

Wind power is part of newly launched programme for renewables by the Ministry of Trade and Industry. Wind energy receives investment subsidies and a production subsidy of 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 nameplate capacity 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 all wind turbines was 602 kW at the end of 1999.

Year 1999 was less windy than average in Finland. The average capacity factor of the wind turbines operated the whole year was 20 %. The production index for 1999 was 79–82 % of the 11-year-average value in Gulf of Bothnia, 89 % in Åland and 92 % in the Gulf of Finland.

The technical availability for the standard wind power plants has been high, the average value for 1999 was 97 %. In 1996 - 1997 the technical availability was 97 - 98 %. Year 1998 saw several gear box and generator failures, which reduced the average technical availability to 94 %.

The report contains the production and availability figures from all the grid connected wind turbines in Finland as well as the component failure statistics for 1999, production comparisons, and the hourly wind power figures for electricity consumption peak hour in Finland. The two research plants in Lapland (Paljasselkä and Pyhätunturi) have been excluded from part of the evaluations as their availability has been considerably lower than that of the standard plants due to R&D activities.

ALKUSANAT

Tuulivoiman tuotantotilastoa on ylläpidetty vuodesta 1992 lähtien Suomen Tuulivoimayhdistyksessä vapaaehtois pohjalla, ja vuodesta 1994 lähtien osana VTT Energian IEA-yhteistyötä. Vuodesta 1996 eteenpäin tuotantotilastot on kerätty VTT Energian tietokantaan siten, että Ilmatieteen laitos on toimittanut tuotantoindeksit ja Suomen tuulivoimayhdistys on ollut mukana tilastojen julkistamisessa sekä myös tilastojen ylläpidossa vuonna 1999.

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 uusia tuulivoimalaitoshankkeita suunniteltaessa sekä vertailtaessa eri tyyppisten laitosten toimintaa Suomessa ja Euroopassa.

Tämä vuosiraportti on tehty seuraten soveltuvin osin Ruotsin tuulivoimatilastojen vuosiraporttia /1/.

Tuotantotilastot kuukausituotantoluvuista julkaistaan neljännesvuosittain Tuulensilmä ja Vindögat lehdissä. Internet-sivuilla on nähtävissä yhteenveto tuotantotilastoista osoitteessa <http://www.vtt.fi/ene/tuloksia/windstat.htm>. Suomi on mukana EUWINet-tilastoissa, jotka on perustettu osana EU:n Altener-rahoitteista projektia <http://euwinet.iset.uni-kassel.de/>.

Eriytyinen kiitos tästä tuotanto- ja vikatilastoihin perustuvasta raportista kuuluu tuulivoimalaitosten käyttäjille, joiden toimittamien tietojen perusteella tilastot on laadittu.

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ.....	3
ABSTRACT	4
ALKUSANAT	5
SISÄLTÖ	6
1 Kuukausiraportointi.....	7
2 Tilastointiin osallistuvat laitokset.....	8
2.1 Tuulivoimalaitokset tyypeittäin	10
3 Määritelmät ja tunnusluvut	13
4 Tuulen energiasisältö.....	14
4.1 Tuotantoindeksit.....	14
5 Asennetun tehon ja tuotannon kehitys.....	16
5.1 Teho ja sähköntuotanto 90-luvulla	16
5.2 Laitoskoon kehitys	18
5.3 Tunnuslukuja.....	18
6 Tuotantovertailuja	20
6.1 Tuotannon tunnusluvut vuonna 1999	20
6.2 Tuotannon jaotteluja vuodelta 1999.....	21
7 Käyttökätköt.....	24
7.1 Tekninen käytettävyys.....	24
7.2 Käyttökätköjen erittelyt	24
7.3 Jäätymiset ja kylmä aika.....	27
8 Tuulivoima ja sähkön kulutus	28
8.1 Tuulivoiman kausivaihtelu	28
8.2 Tuulivoimatuotanto valtakunnan huipun aikana.....	29
LÄHDELUETTELO.....	30

Liite 1: Tuulivoimatilastojen kuukausiseurantalomake sekä uuden laitoksen ilmoittaminen tilastointiin.

Liite 2: Tuulivoiman tuotantotilastot 1999.

1 KUUKAUSIRAPORTOINTI

Tilastointiin ovat osallistuneet kaikki Suomen verkkoonkytketyt yli 50 kW tuulivoimalaitokset. Inkoon Kopparnäsin tutkimuslaitokset eivät ole osallistuneet tilastointiin, koska niitä ei ole kytketty pysyvästi verkkoon.

Tavoitteena on ollut saada jokaisesta laitoksesta kuukausittain sekä tuotantotiedot (brutto ja netto) että mahdolliset häiriöajat erittelyineen.

Kaikki laitokset ovat raportoineet sekä tuotanto- että häiriöaikatiedot. Koska häiriöaikatietojen saaminen ei varsinkaan vanhempien laitosten seurantajärjestelmistä ole automaattista, osa häiriöajoista on jouduttu jälkeinpäin arvioimaan. Uusista laitoksista häiriöaikatietoja on kerätty vasta käyttöönoton jälkeen (noin 1 kk verkkoonkytkennästä).

Vuoden 1999 aikana kuukausiraportoinnissa on siirrytty käyttämään excel-tiedostoja, joiden tiedot siirtyvät tilastotietokantaan automaattisesti tietokantaan rakennetun ohjelman avulla. Tiedot on kerätty tuulivoimalaitosten omistajilta tai heidän nimeämiltään operaattoreilta.

Kuukausittain on ilmoitettu arvio kokonaistuulisähköntuotannosta kuukauden 10. päivään mennessä raportoineiden voimaloiden perusteella SENERille Suomen sähkötilastojen pikatilastoja varten.

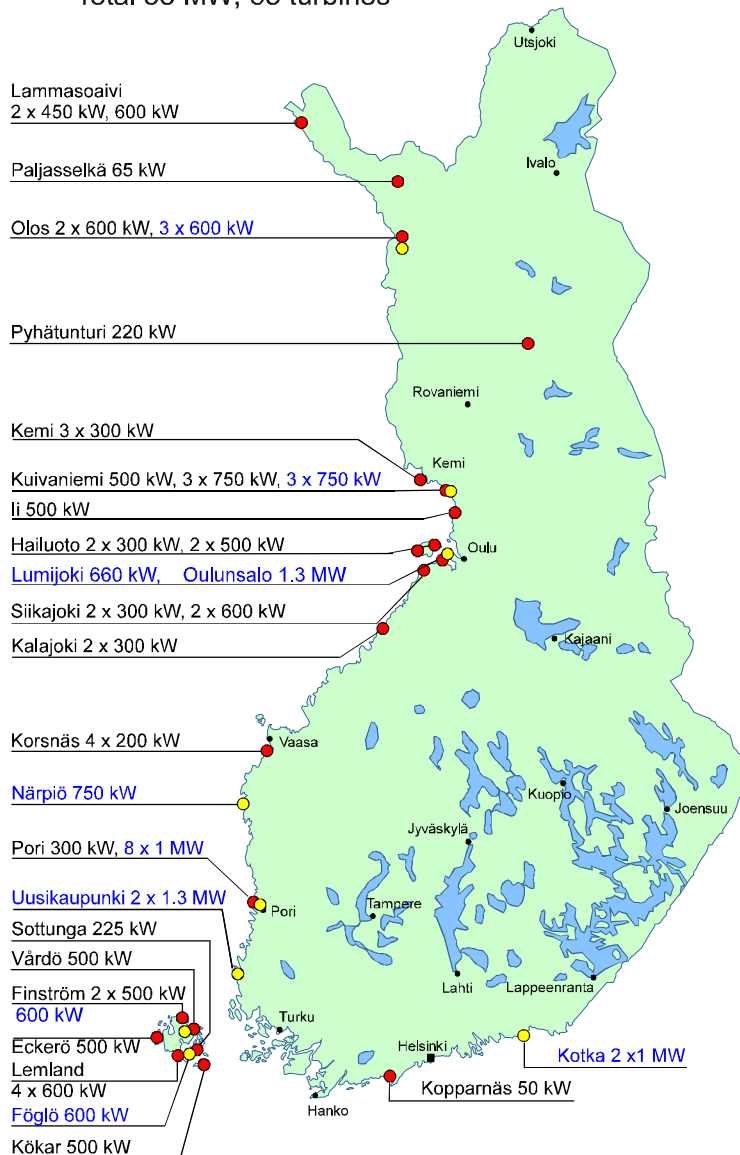
Kuukausiraportoinnissa käytetyt lomakkeet sekä tarvittavat tiedot uusista laitoksista on esitetty liitteessä 1.

2 TILASTOINTIIN OSALLISTUVAT LAITOKSET

Laitosten sijainti on esitetty karttakuvassa 1.

Wind turbines in Finland 1999

Total 38 MW, 63 turbines



Kuva 1. Suomen verkkoonkytkettyjen tuulivoimalaitosten sijainti. Vuonna 1999 rakennetut laitokset on merkattu karttaan vaaleammalla ympyrällä.

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 Marjaniehemessä 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, sekä Pori, jossa laitokset 1 ja 6 ovat Reposaaressa, laitokset 2–5 Reposaaressa Pengertiellä ja laitokset 7–9 Tahkoluodossa. Laitokset on numeroitu tuotannon aloittamiskuukauden mukaan.

Taulukko 1. Suomen verkkoonkytketyt tuulivoimalaitokset. Omistusmuoto-lyhenne on selitetty taulukossa 2. Ensimmäinen laitos, 300 kW Kopparnäs, on purettu vuonna 1995.

Laitos ID	Nimi	Aloituss-pvm	Omistaja	OMISTUS-MUOTO	Yhteyshenkilö	Valmistaja	Teho kW
1	Kopparnäs	11.86	Fortum Power and Heat Oy	U	Kaj Pikulinsky	DWT	(300)
2	Paljasselkä	02.91	Tunturituuli Oy	U	Seppo Partonen	Nordtank	65
3-6	Korsnäs 1-4	11.91	Korsnäsän 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	Revon Voima Oy	U	Jussi Malkamäki	Nordtank	2x300
10-11	Kalajoki 1-2	04.93	Revon Voima 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	Revon Voima Oy	U	Jussi Malkamäki	Nordtank	2x300
18	Pyhänturi	10.93	Kemijoki Arctic Technology Oy	U	Esa Aarnio	WindWorld	220
19-20	Hailuoto 3-4	04.95	Revon Voima Oy	U	Jussi Malkamäki	Nordtank	2x500
21	Eckerö	08.95	Ålands Vindenergiandelslag	C	Robert Mansén	Vestas	500
22	Kuivaniemi	08.95	Kuivaturve Oy	U	Sakari Herva	Nordtank	500
23-24	Lammasoivi 1-2	10.96	Tunturituuli Oy	U	Seppo Partonen	Bonus	2x450
25	li	01.97	Iin Energia Oy	U	Risto Paaso	Nordtank	500
26-27	Siikajoki 3-4	04.97	Revon Voima Oy	U	Jussi Malkamäki	Nordtank	2x600
28	Kökar	10.97	Ålands Vindenergiandelslag	U	Robert Mansén	Enercon	500
29	Lemland 1	11.97	Ålands Vindenergiandelslag	C	Robert Mansén	Vestas	600
30	Lemland 2	11.97	Ålands Skogsägarförbund	O	Robert Mansén	Vestas	600
31-32	Lemland 3-4	11.97	Ålands Vindkraft Ab	C	Robert Mansén	Vestas	2x600
33	Vårdö	09.98	Ålands Vindenergiandelslag	C	Robert Mansén	Enercon	500
34-35	Finström 1-2	10.98	Ålands Vindkraft Ab	C	Robert Mansén	Enercon	2x500
36-38	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
41	Lammasoivi 3	11.98	Tunturituuli Oy	U	Seppo Partonen	Bonus	600
42	Lumijoki 1	03.99	Lumituuli Oy	C	Aarne Koutaniemi	VESTAS	660
43-50	Pori 2-9	06.99	Suomen Hyötytuuli Oy	U	Timo Mäki	Bonus	1000
51	Oulunsalo 1	08.99	Oulun Seudun Sähkö KOK	U	Juho Kankaanpää	Nordex	1300
52	Närpiö 1	09.99	Ab Öskata Vind Närpes Oy	C	Martin Smith	NEGMicon	750
53-54	Kotka 1-2	09.99	Kotkan energia Oy	U	Olli Parila	Bonus	1000
55-57	Olos 3-5	09.99	Tunturituuli Oy	U	Seppo Partonen	Bonus	600
58	Finström 3	10.99	Ålands Vindkraft Ab	C	Robert Mansén	Enercon	600
59	Föglö	09.99	Ålands Vindenergiandelslag	C	Robert Mansén	Enercon	600
60-61	Uusikaupunki 1-2	10.99	Propel Voima Oy	U	Harri Salminen	Nordex	1300
62-64	Kuivaniemi 5-7	11.99	VAPOn tuulivoima Oy	I	Mauno Oksanen	NEGMicon	750

Vuoden 1999 tilastoissa olevien laitosten käynnistyspäivämäärät vaihtelevat tammikuusta 1991 (Enontekiön 65 kW laitos) marraskuuhun 1999 (Kuivaniemen 750 kW laitokset). Suomen ensimmäinen verkkoonkytketty tuulivoimalaitos, Kopparnäsin 300 kW tutkimuslaitos, purettiin vuonna 1995. Inkoon Kopparnäsin tutkimuslaitokset eivät ole osallistuneet tilastointiin, koska niitä ei ole kytketty pysyvästi verkkoon.

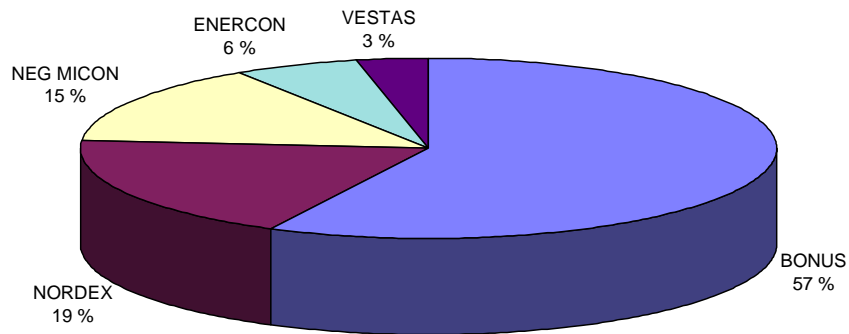
Taulukko 2. Suomen verkkoonkytkettyjen tuulivoimalaitosten omistusmuodot vuonna 1999. Omistusmuoto-jaottelu Euroopan tilastojen EUWINet mukaan.

Omistusmuoto	Laitoksia		Kapasiteetti	
	lkm	%	MW	%
U Sähköyhtiö (Utility company)	36	57.1 %	24.485	64.5 %
C Kuluttajaomisteinen (Consumer owned)	20	31.7 %	8.335	22.0 %
I Teollisuus (Industry owned company)	6	9.5 %	4.5	11.9 %
O Muu yritys (Other)	1	1.6 %	0.6	1.6 %
YHTEENSÄ	63	100.0 %	37.92	100.0 %

2.1 TUULIVOIMALAITOKSET TYYPEITTÄIN

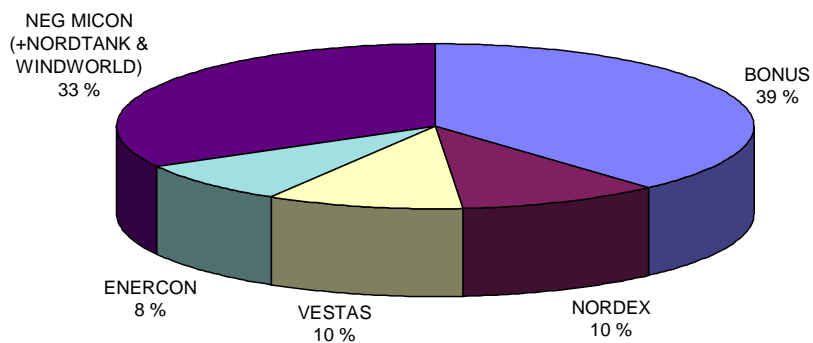
Suomen tuulivoimalaitokset ovat kuutta saksalaista Enerconin laitosta lukuunottamatta tanskalaisvalmisteisia Nordtankin, Vestaksen, Bonuksen ja WindWorldin laitoksia. Nordtankin ja Miconin fuusion seurauksena vuonna 1997 Nordtank on nykyisin nimeltään NEGMicon, ja WindWorld on liitetty samaan yritykseen vuonna 1998. Valmistajien markkinaosuudet vuonna 1999 rakennetusta kapasiteetista ja Suomen koko kapasiteetista on esitetty kuvissa 2 ja 3. Suomessa olevat tuulivoimalaitostyytit on koottu taulukkoon 3.

Vuonna 1999 käyteenotetun kapasiteetin markkinaosuudet (Yht. 20 560 kW)



Kuva 2. Tuulivoimalaitosten valmistajien markkinaosuudet vuonna 1999 asennetusta kapasiteetista.

Valmistajien markkinaosuudet Suomessa (yht. 37 920 kW)



Kuva 3. Tuulivoimalavalmistajien markkinaosuudet Suomen tuulivoimakapasiteetista.

Taulukko 3. Suomen tuulivoimalaitostyyppit.

Valmistaja	Nimellisteho (kW)	Laitosten lkm
BONUS	1000	10
NORDTANK	300	10
NEG MICON	750	7
BONUS	600	6
NORDTANK	200	4
VESTAS	600	4
ENERCON	500	4
NORDTANK	500	4
NORDEX	1300	3
BONUS	450	2
NORDTANK	600	2
ENERCON	600	2
WINDWORLD	220	1
VESTAS	225	1
VESTAS	500	1
VESTAS	660	1
NORDTANK	65	1
Yhteensä	37920	63

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. Heikko tunnusluku johtuu joko huonoista tuulisuusolosuhteista (sijointipaikka on huono tai tuulisuus on ollut keskimääräistä heikompaa), suuresta häiriötuntimäärästä, tai teknisistä seikoista: laitos, jolla on suuri roottori suhteessa generaattorin kokoon (niinsanottu 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 myös sähköverkosta aiheutuneet seisokit, jotka eivät kuitenkaan vähennä laitoksen teknistä käytettävyyttä.

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

esim. tekninen käytettävyys vuodelta 1999: tunnit saa arvon 8760 h

Tuotantoindeksi (%): sääasemalta mitattujen tuulennopeushavaintojen perusteella laskettu tuotanto suhteessa 11 vuoden havainnoista laskettuun keskimääräiseen tuotantoon. Tuulennopeushavainnot muutetaan keskitehoksi käyttäen 500 kW tuulivoimalaitoksen tehokäyrää (ilman tiheyden vaikutus tehontuotantoon 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.

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):

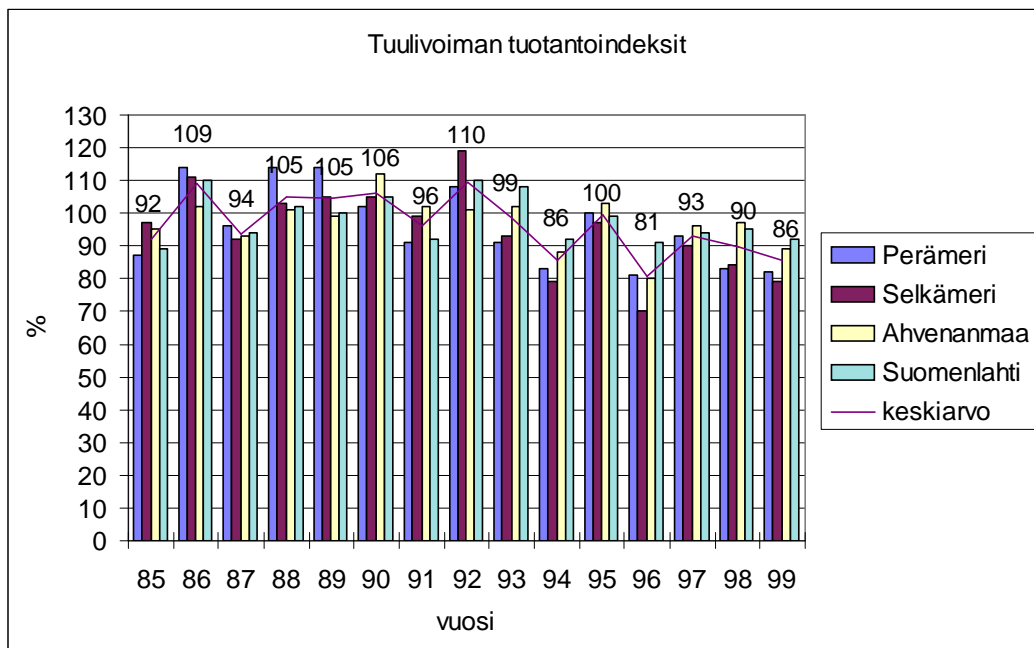
1. Suomenlahti: Helsinki Isokari (17 m)
2. Ahvenanmaa ja Saaristomeri: Korppoo Utö (17 m)
3. Selkämeri ja Merenkurkku: Mustasaari Valassaaret (18 m)
4. Perämeri: Kemi Ajos (34 m).

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

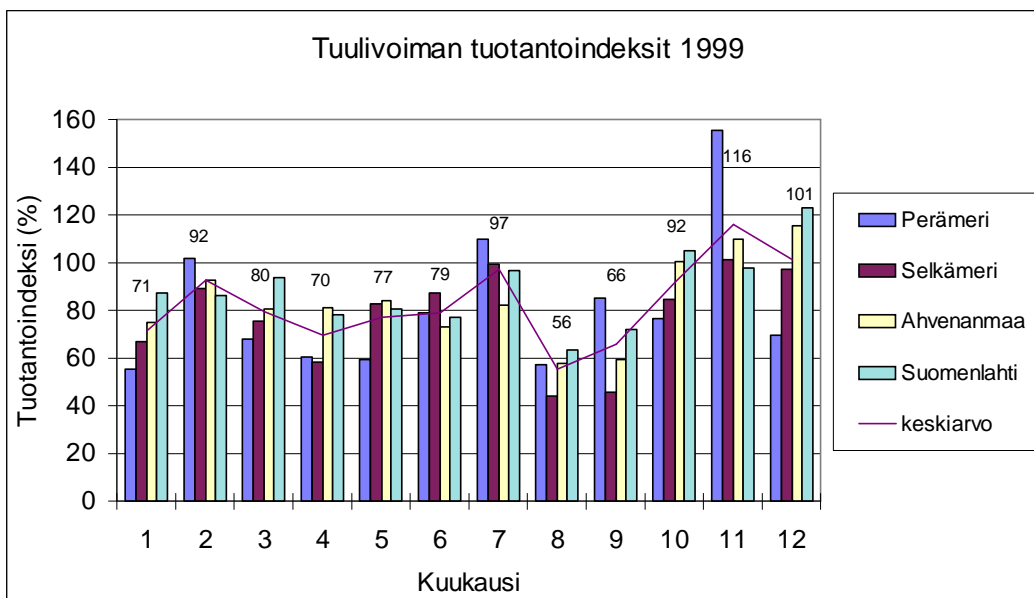
Pitkän ajan keskimääräisenä referenssijaksona on käytetty 11 vuoden 1985–95 perusteella laskettua tuotantoa. Kemi Ajoksesta ja Korppoo Utöstä on kahden ensimmäisen vuoden 1985–86 tuulenopeusarvot korjattu vastaamaan nykyistä, korkeampaa mittarin korkeutta, jotta näiltä asemilta saataisiin yhtä pitkä vertailuajanjakso kuin muilta asemilta.

4.1 TUOTANTOINDEKSIT

Vuosi 1999 oli keskimääräistä tynempi. Ilmatieteen laitoksen tuotantoindeksien mukaan tuulivoimalaitosten tuotanto vuonna 1999 oli Pohjanlahdella 79–82 %, Ahvenanmaalla 89 % ja ja Suomenlahdella 92 % keskimääräisestä tuotannosta. Vuosittaiset tuotantoindeksit sekä niiden keskiarvo on esitetty kuvassa 4. Kuukausitason indeksit vuodelta 1999 on esitetty kuvassa 5. Loppuvuodesta marras- ja joulukuu olivat keskimääräistä tuulisempia, muuten vuosi oli keskimääräistä tynempi. Lisäksi on nähtävissä selviä eroja eri merialueiden tuulisuudessa.



Kuva 4. Tuulivoiman tuotantoindeksit Suomen rannikolla vuosina 1985–1999. Keskiarvo on merkitty viivalla ja numeroilla.



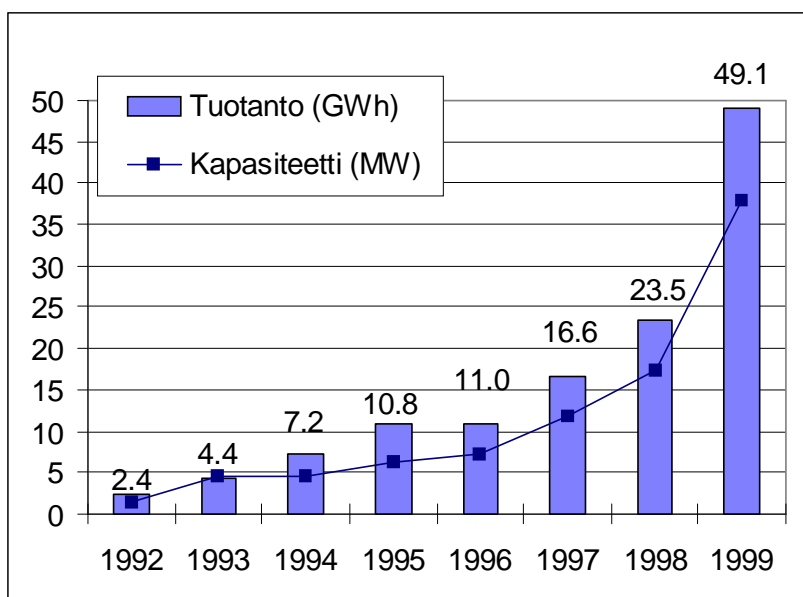
Kuva 5. Vuoden 1999 kuukausittaiset tuotantoindeksit neljältä sääasemalta. Keskiarvo on merkitty viivalla ja numeroilla.

5 ASENNETUN TEHON JA TUOTANNON KEHITYS

Vuoden 1999 tuotantotilasto tuulivoimalaitoksittain on esitetty taulukkona liitteessä 2.

5.1 TEHO JA SÄHKÖNTUOTANTO 90-LUVULLA

Vuoden 1999 tuulivoimatuotanto oli 49,1 GWh ja kapasiteetti vuoden lopussa 38 MW. Tuulivoimalaitosten kapasiteetti on vuosina 1992–98 kasvanut 0–5,5 MW vuosivauhtia ja tuotanto vastaavasti 0,2–6,9 GWh (taulukko 4). Vuosi 1999 oli tähän mennessä paras: kasvua edellisvuoteen verrattuna kapasiteetissa 20,56 MW (118 %) ja tuotannossa 25,6 GWh (109 %). Tuotannon kehitys 1992–99 on esitetty kuvan 6 pylväinä. Samassa kuvassa näkyy myös asennettu kapasiteetti vuoden lopussa. Kuvassa 7 näkyy Suomen tuulivoimatuotanto kuukausittain sekä kapasiteetin kasvu.

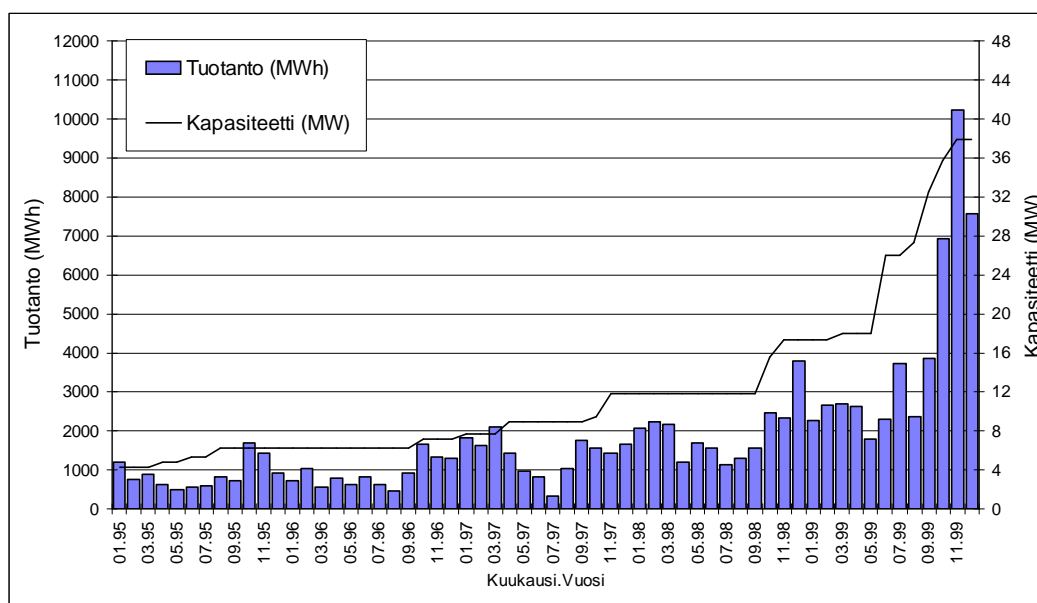


Kuva 6. Asennetun tuulivoimakapasiteetin ja tuotannon kehitys Suomessa vuosina 1992 – 1999.

Taulukko 4. Suomeen rakennetun tuulivoimakapasiteetin kehittyminen vuosina 1991–1999.

Vuosi	Vuoden aikana asennettu		Vuoden lopussa	
	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	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

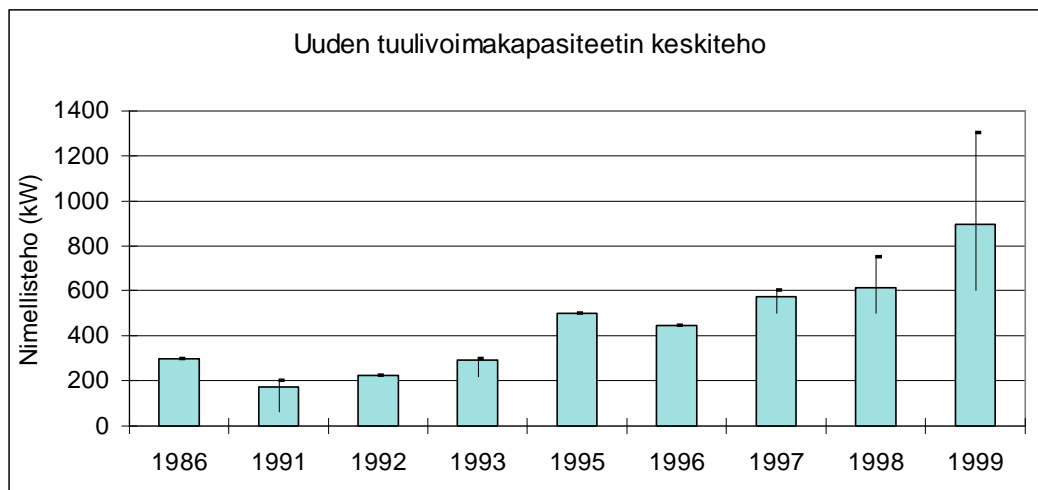
* Kopparnäsän 300 kW laitos purettiin vuonna 1995.



Kuva 7. Tuulivoimatuotanto ja asennettu kapasiteetti Suomessa kuukausittain vuosina 1995 – 1999.

5.2 LAITOSKOON KEHITYS

Asennetun uuden kapasiteetin keskiteho on kasvanut 173 kW:sta (vuonna 1991) 894 kW:iin (vuonna 1999). Vuoden 1999 lopussa Suomen tuulivoimalaitosten keskikoko oli 602 kW (63 laitosta, yht. 37920 kW).



Kuva 8. Vuosittain asennetun uuden tuulivoimakapasiteetin keskitehon kehitys 1986 – 1999. Laitoskoon vaihteluväli näkyy pystysuorana viivana.

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.

Taulukko 5. Standardilaitosten yhteenlasketusta tuotannosta laskettuja tunnuslukuja vuosilta 1994 – 1999. Taulukossa näkyvät myös yksittäisten laitosten suurimmat ja pienimmät tunnusluvut.

Vuosi	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Laitosten lukumäärä	15	15	19	21	29	38
Vuosituotanto (MWh)	6707	8123	10049	13553	21063	30666
Eniten tuottaneen laitoksen tuotanto	694	812	1085	1312	1477	1387
Vähiten tuottaneen laitoksen tuotanto	307	385	263	349	299	275
Huipunkäyttöaika keskimäärin (h)	1666	2018	1668	1929	1828	1765
Suurin huipunkäyttöaika	2314	2706	2170	2623	2954	2775
Pienin huipunkäyttöaika	1032	1370	1131	1224	1136	1166
Tuotanto pyyhkäisy-pinta-alaa kohti keskimäärin (kWh/m²)	670	813	663	790	727	730
Suurin tuotanto kWh/m ²	920	1076	953	1126	1158	1088
Pienin tuotanto kWh/m ²	410	545	450	486	452	463
Kapasiteettikerroin keskimäärin	0,19	0,23	0,19	0,22	0,21	0,20
Suurin kapasiteettikerroin	0,26	0,31	0,25	0,30	0,34	0,32
Pienin kapasiteettikerroin	0,12	0,16	0,13	0,14	0,13	0,13
Tekninen käytettävyys keskimäärin			98,1 %	96,7 %	94,1 %	96,6 %
Tuotantoindeksi keskimäärin*	82 %	99 %	78 %	93 %	89 %	84 %

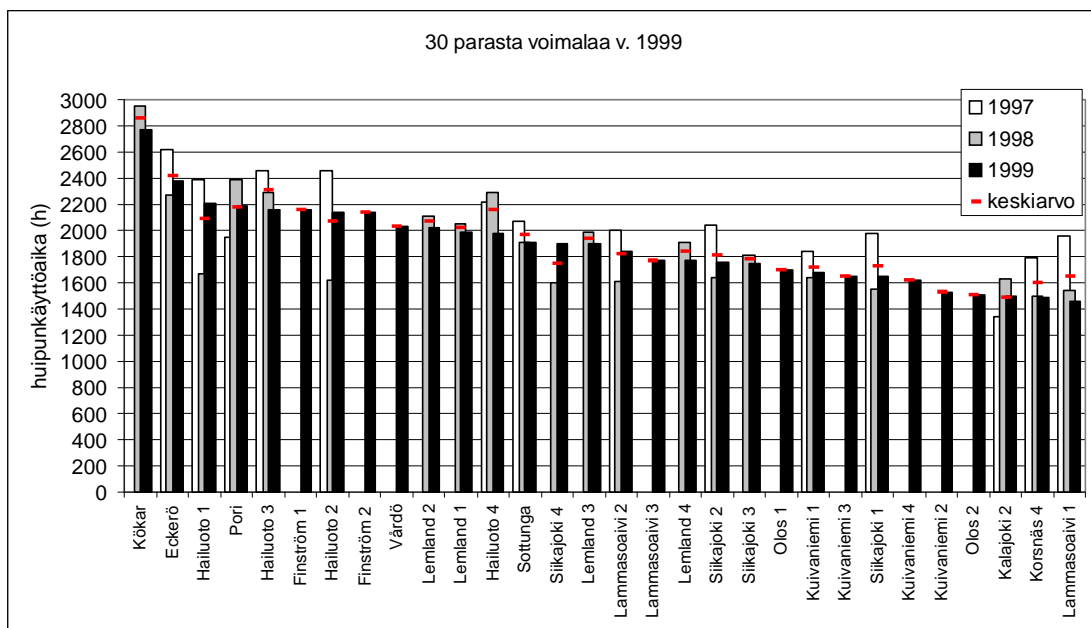
*Laitosten tuotannolla painotettu keskiarvo Perämeren, Selkämeren ja Ahvenanmaan tuotantoindekseistä

Vuoden 1999 keskimääräiset tunnusluvut ovat heikompia kuin vuonna 1998. Tämä johtuu heikommista tuuliolosuhteista. Kymmenen parhaan laitoksen tuotanto ylitti 2000 tunnin huipunkäyttöajan (kapasiteettikerroin yli 23 %) ja tuotanto suhteessa roottorin pyörimispinta-alaan oli yli 800 kWh.

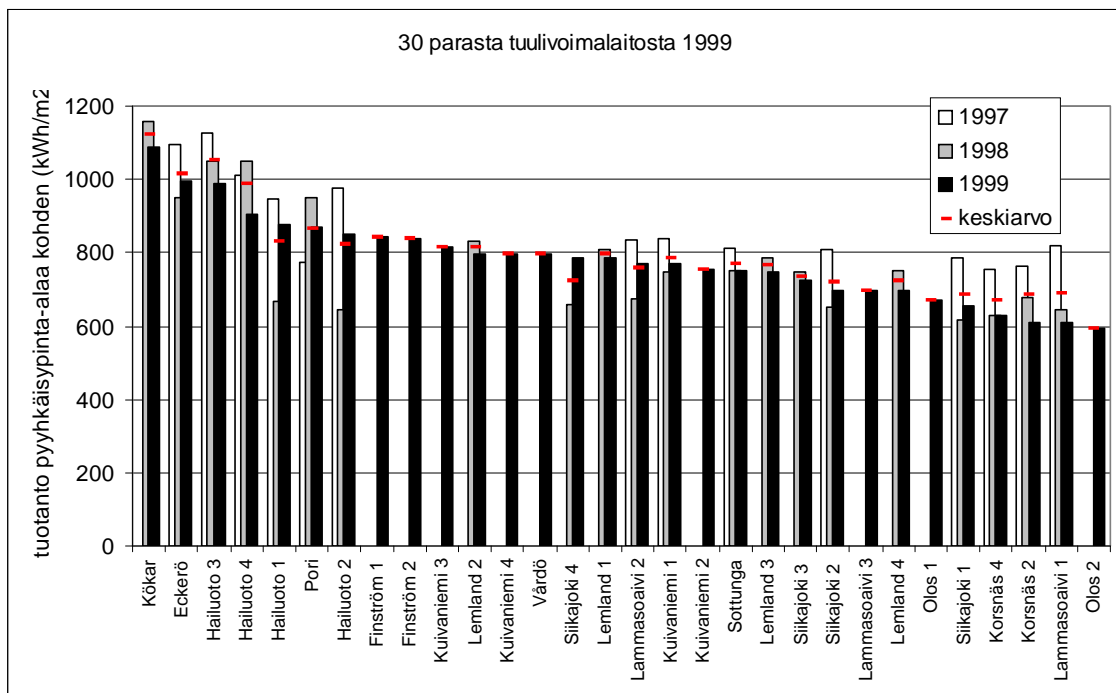
6 TUOTANTOVERTAILUJA

6.1 TUOTANNON TUNNUSLUVUT VUONNA 1999

Eri nimellistehoisten tuulivoimalaitosten tuotannon vertailemiseksi on laitosten vuosituotannon tunnusluvut esitetty kuvina (kuvat 9–10). Parhaat laitokset ovat ylittäneet yli 2200 h huipunkäyttöaikaan ja yli 900 kWh/m² tuotantoon pyyhkäisyypinta-alaa kohti (Ahvenanmaan Kökar ja Eckerö, Perämeren Hailuoto ja Selkämeren Pori). Kuvissa on esitetty myös vuosien 1997 ja 1998 tuotannosta lasketut tunnusluvut niille laitoksille, jotka oli asennettu näiden vuosien alussa. Vuosi 1999 oli keskimääräistä tyynempi. Vuosi 1998 oli keskimääräinen Ahvenanmaalla ja keskimääräistä vähätuulisempi Pohjanlahdella ja vuosi 1997 oli lähes keskimääräinen verrattuna pitkän ajan keskiarvoon.



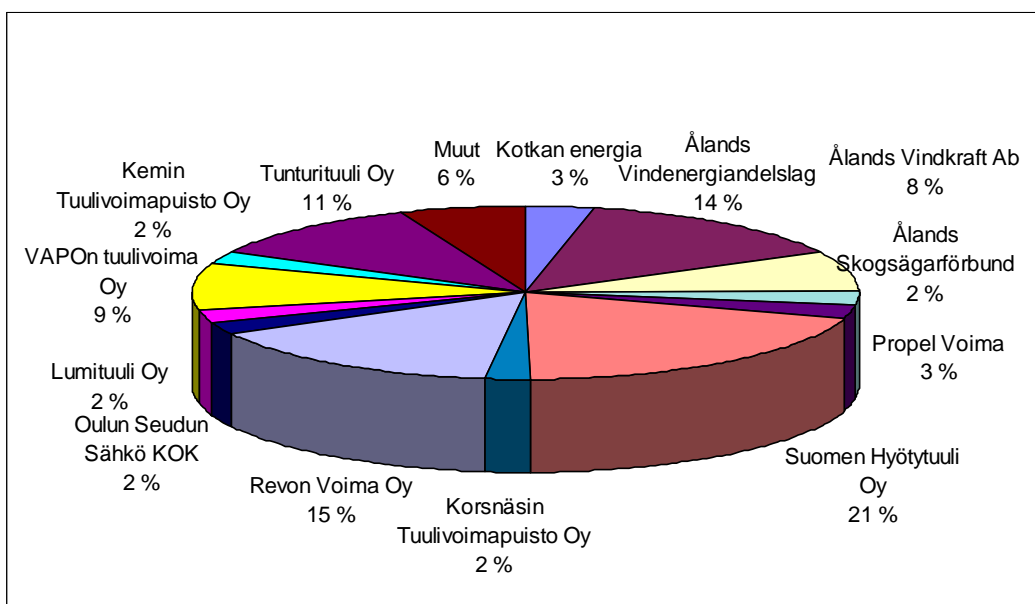
Kuva 9. Suomen 30 parasta tuulivoimalaitosta vuoden 1999 huipunkäyttöajan mukaisessa järjestyksessä. Vertailun vuoksi on merkitty myös vuosien 1997 ja 1998 huipunkäyttöajat sekä vaakasuoralla viivalla kolmen vuoden keskiarvo.



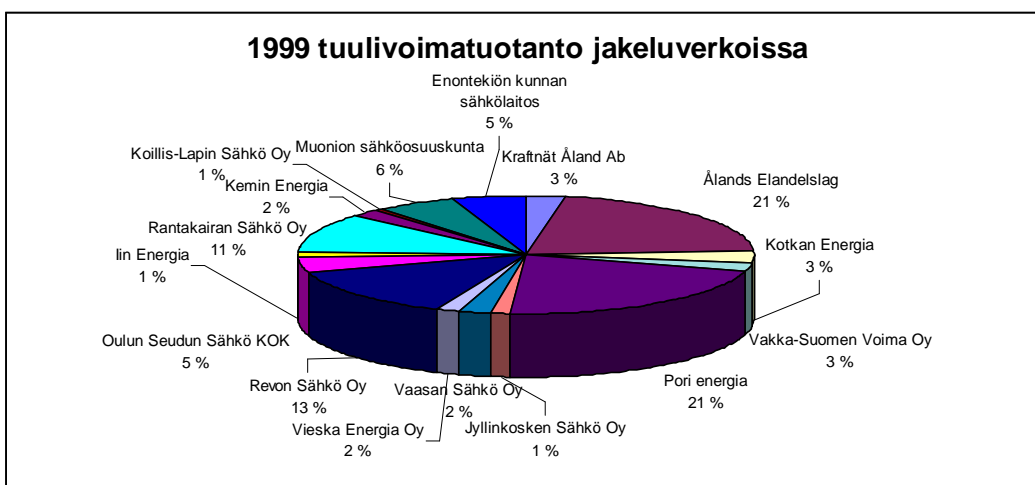
Kuva 10. Suomen 30 parasta tuulivoimalaitosta järjestettynä vuoden 1999 ominaistuotannon (tuotanto pyyhkäisy-pinta-alaa kohden) mukaan. Vertailun vuoksi on merkitty myös vuosien 1997 ja 1998 ominaistuotannot sekä vaakasuoralla viivalla kolmen vuoden keskiarvo.

6.2 TUOTANNON JAOTTELUJA VUODELTA 1999

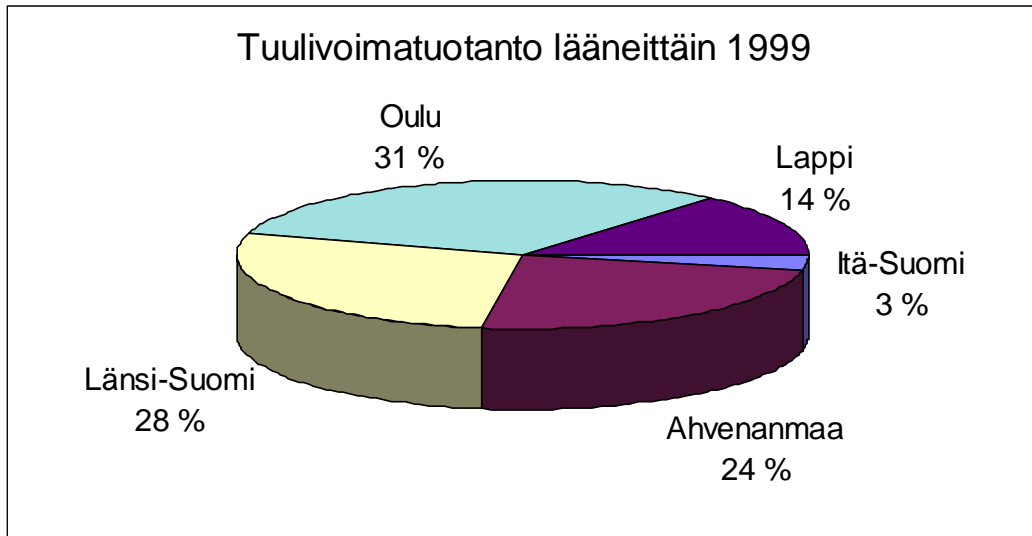
Tuulivoimatuotanto vuonna 1999 jaoteltuna omistajien mukaan on esitetty kuvassa 11. Suurimmat tuulivoimatuottajat olivat Suomen Hyötytuuli Oy (21 % Suomen tuulisähköstä) ja Revon Voima Oy ja Ålands Vindenergiandelslag (15 ja 14 %). Kuvassa 12 on esitetty ne jakeluverkkoyhtiöt, joiden verkkoon tuulivoimaa on vuonna 1999 syötetty. Tuulivoimatuotannon jakautuminen lääneittäin on esitetty kuvassa 13. Oulun läänissä tuotettiin 1999 Suomen tuulisähköstä 31 %, Länsi-Suomessa 28 % ja Ahvenanmaalla 24 %.



Kuva 11. Tuulivoimatuottajien osuudet tuulivoimatuotannosta vuonna 1999 (yhteensä 49 GWh).



Kuva 12. Jakeluverkkoyhtiöiden osuudet tuulivoiman tuotannosta vuonna 1999 (tuulivoimatuotanto yhteensä 49 GWh).



Kuva 13. Tuulivoimatuotannon alueellinen jakautuminen Suomessa. Läänien osuudet tuulivoiman tuotannosta 1999 (yhteensä 49 GWh).

7 KÄYTTÖKATKOT

7.1 TEKNINEN KÄYTETTÄVYYS

Tuulivoimalaitosten tekniset käytettävyydet ovat olleet korkeita: tekninen käytettävyys vuonna 1999 oli 97 %. Vuosina 1996–97 käytettävyydet olivat 97–98 %. Vuonna 1998 tapahtui useampi komponenttirikkoutuminen (vaihteisto- ja generaattorivaurioita), jotka pudottivat käytettävyyden 94 %:iin.

Vuonna 1999 oli vain muutamia suurempia komponenttirikkoja. Suurin osa pitkistä käyttökatkoista aiheutui tuulivoimaloiden muuntamoilla (viidellä laitoksella). Kahdella laitoksella tekninen käytettävyys putosi alle 90 %:iin. Lisäksi kahdeksalla laitoksella käytettävyys oli hieman pienentyntyt eli välillä 90–95 %. Keskimääräinen käytettävyys koko vuoden toiminnassa olleille laitoksille on ollut 96,6 % (standardilaitoksille). Teknisessä käytettävyydessä ei ole otettu huomioon sähköverkon aiheuttamia käyttökatkoja. Muut häiriöt (vuosihuollot, korjaukset ja häiriöt jolloin tuulivoimala ei ole ollut valmiustilassa) on otettu huomioon käytettävyyttä vähentävinä (kts. luku 3)

7.2 KÄYTTÖKATKOJEN ERITTELYT

Taulukossa 6 on esitetty raportoidut käyttökatkot vikatilastoinnin alusta eli vuodesta 1996 lähtien. Käyttökatkojen aiheuttamat häiriöajat on jaoteltu taulukossa 6 häiriön syy 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 jäätyemis-häiriöistä on aiheuttanut ainoastaan alentuneen tuotannon, jolloin laitoksen käytettävyys ei ole alentunut. Laitosten keski-ikä oli vuoden lopussa 3,3 vuotta.

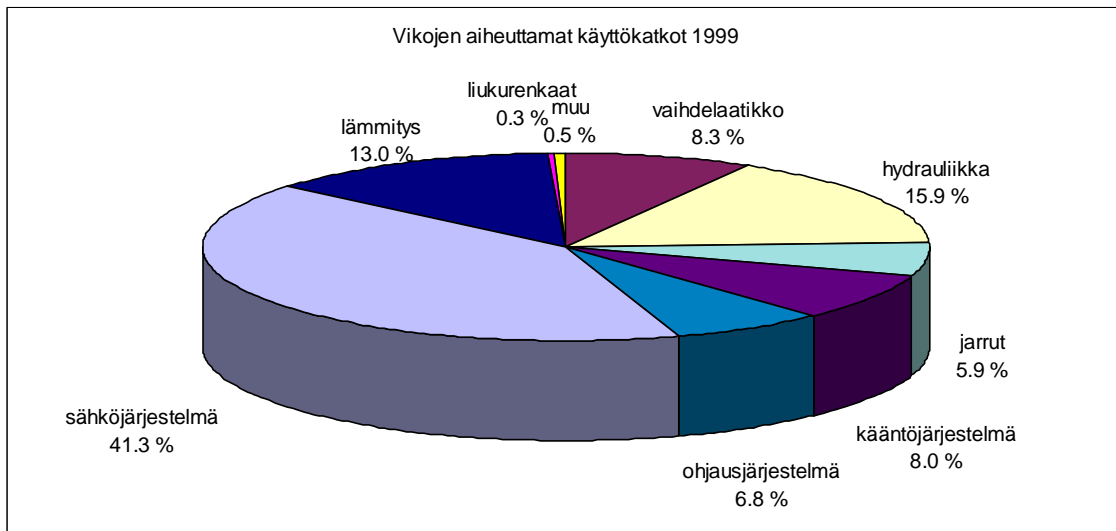
Taulukossa 7 vuoden 1999 vikatunnit on jaoteltu eteenpäin vikaantuneen komponentin ja vian syyn mukaan, ja taulukossa näkyy myös komponenttivikojen lukumäärät. Komponentit on ryhmitelty kuvaan 12, jossa näkyy käyttökatkojen jakautuminen eri komponenttien välille. Vuonna 1999 oli vain vähän suurempia laiterikkoja. Poikkeuksellisesti muuntamohäiriöt olivat suurin vikojen aiheuttaja: yhteensä kolmasosa vikojen käyttökatkoista. Salamavaurioita ei raportoitu vuonna 1999. Kuvassa 13 on esitetty vikoja aiheuttaneiden komponenttien osuus käyttökatkoista koko vikatilastointiajalta 1996–99.

Taulukko 6. Standardilaitosten raportoimat käyttökätkot vuosina 1996–99. Tilastoissa on mukana myös kesken vuotta aloittaneet laitokset.

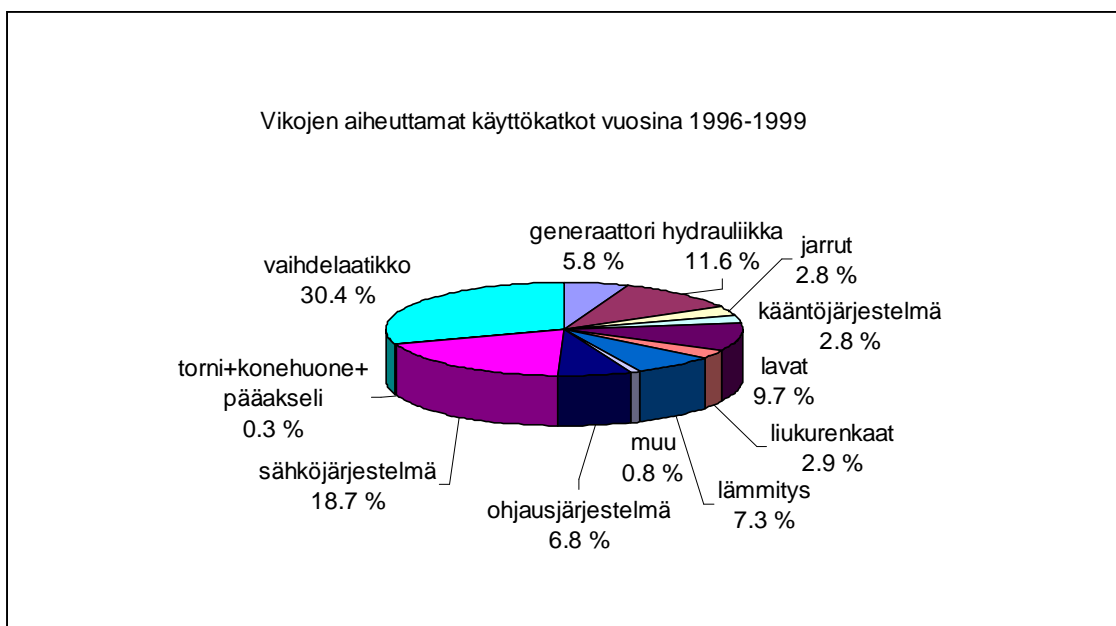
Häiriö	1996	1997	1998	1999
huolto	192	286	398	730
häiriö	977	608	1571	4377
jäätyminen	1208	463	168	532
muu syy	154	185	166	63
sähköverkko	472	388	319	522
vika	748	5688	13177	8059
Häiriöaika yhteensä	5747	9615	17797	16282
% ajasta	2,2 %	3,6 %	5,9 %	3,5 %

Taulukko 7. Suomen tuulivoimalaitoksissa sattuneet viat vuonna 1999: häiriötunnit komponenttien ja vian aiheuttajien mukaan.

Komponentti	Häiriö-aika yht.	Osuus %	vikojen lkm yht.	Kuluminen	Oikosulku	Salama	Valmistusvirhe	Väsyminen	Muu
generaattori	0	0 %	0						
vaihdelaatikko	289	4 %	8	52			237		
vaihteen akseli	365	5 %	2	174			191		
vaihteen tiivistet	13	0 %	1	13					
lapa	0	0 %	0						
hydrauliikka	1279	16 %	13	796			342	45	96
liukurenkaat	22	0 %	2	22					
lämmitys	1050	13 %	5	960	20		70		
mekaaninen jarru	478	6 %	4	179			299		
kääntömootori	645	8 %	2	645					
ohjausyksikkö	102	1 %	2	75			27		
ohjausjärjestelmä	164	2 %	3	164					
anturit	283	4 %	6	259		24			
releet	0	0 %	0						
kytkimet	0	0 %	0						
tehoelektronikka	0	0 %	0						
tehomuuntaja	2736	34 %	7	720	2016				
verkkoonkytkentä	593	7 %	2	60	533				
muu	40	0 %	1						40
YHTEENSÄ	8059	100 %	58	4119	2569	24	1166	45	136
% häiriöajasta				51 %	32 %	0 %	14 %	1 %	2 %



Kuva 14. Vikojen aiheuttamien käyttökätköjen (yhteensä 8059 h) jakautuminen tuulivoimaloiden eri komponenteille vuonna 1999. Tutkimuslaitokset eivät ole mukana tarkastelussa.



Kuva 15. Vikojen aiheuttamien käyttökätköjen jakautuminen tuulivoimaloiden eri komponenteille vuosina 1999–96. Tutkimuslaitokset eivät ole mukana tarkastelussa.

7.3 JÄÄTYMISET JA KYLMÄ AIKA

Vikatilastoihin rekisteröidään myös jäätymistapaukset (taulukko 8). Suomeen rakennetuissa voimalaitoksissa on enenevässä määrin asennettuna lapalämmitysjärjestelmät, nyt kun vuonna 1999 järjestelmiä asennettiin tunturialueiden ulkopuolelle Poriin ja Kotkaan. Näissä laitoksissa jäätyminen on aina lämmitysjärjestelmälaitteiston vika eikä esiinny tilastoissa jäätymistapauksena. Laitosten kontrollin käyttämät tuulimittarit on yleensä lämmitetty, mutta niissä esiintyy siitä huolimatta joskus jäätymistä. Vuonna 1999 jäätymistapauksia raportoitiin hieman enemmän kuin edellisenä vuonna. Osa laitosten jäätymistapauksista jää todennäköisesti raportoimatta, koska laitoksilla on vain kaukovalvonta, ja pienemmät jäätymistapaukset eivät aiheuta käyttökatkoja, vaan ainoastaan tuotannon alenemista.

Taulukko 8. Jäätymistapauksia ja jään aiheuttamia häiriöitä raportoineiden laitosten lukumäärät ja jäätymisaikojen pituus eri vuosina.

ALUE	1996		1997		1998		1999	
	Tuntia	Laitoksia	Tuntia	Laitoksia	Tuntia	Laitoksia	Tuntia	Laitoksia
Lappi	119	2						
Ahvenanmaa	12	1	55	5	23	3	49	9
Perämeri	858	4	372	5	98	2	532	7
Selkämeri	219	5	68	4	75	2		
Suomenlahti								
Koko Suomi	1208	12	495	14	196	7	581	16
Osuus häiriö- ajasta	44.6 %		17.2 %		5.0 %		9.9 %	

Tuulivoimalaitokset seisovat, jos tuulennopeus on alle tai yli toiminta-alueen tai jos on liian kylmä. Tämä kylmäraja vaihtelee laitoksittain Suomessa välillä -15 °C ... -30 °C. Vuonna 1999 tammikuussa oli ennätyspakkaset Suomessa. Tämä ajanjakso oli myös tuulinen, mutta ne laitokset, joiden kylmäraja oli -15 °C, -20 °C tai -25 °C seisoivat. Tilastoihin raportoidut kylmä aika -jaksot on esitetty taulukossa 9 (huom. kylmä aika ei ole häiriöaikaa vaan osa laitoksen suunniteltua toimintaa).

Taulukko 9. Laitosten kylmä aika eri vuosina.

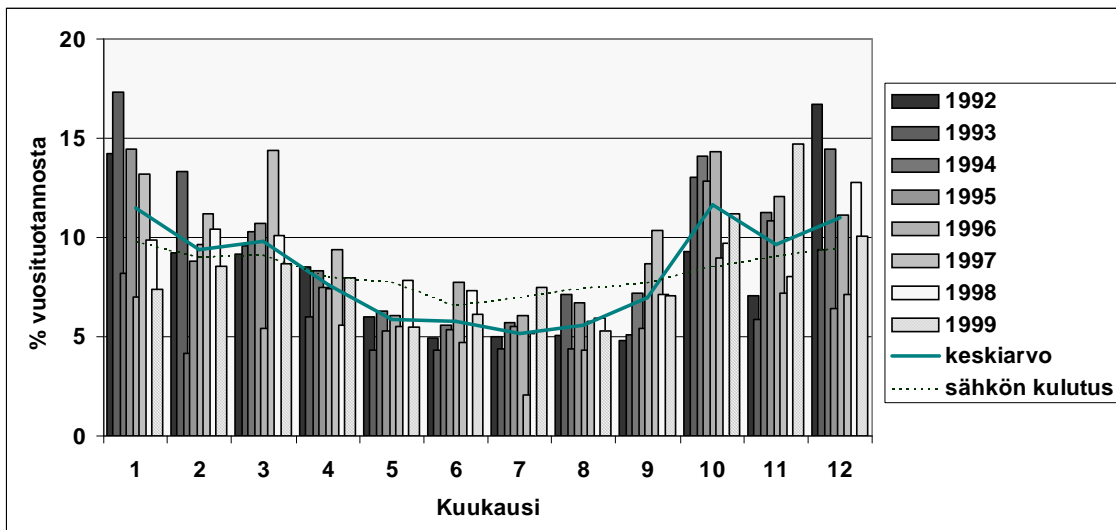
ALUE	1997		1998		1999	
	Tuntia	Laitoksia	Tuntia	Laitoksia	Tuntia	Laitoksia
Lappi					450	3
Ahvenanmaa			1	1		
Perämeri	28	1	890	4	2477	8
Selkämeri	60	4	397	4	699	4
Suomenlahti						
Koko Suomi	88	5	1288	9	3626	15
Osuus ajasta	0.2 %		1.6 %		2.8 %	

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 /2/.

8.1 TUULIVOIMAN KAUSIVAIHTELU

Tuulivoimatuotanto on yleensä talvikuukausina huomattavasti suurempaa kuin kesäkuukausina /3/. Vuosien 1992–1999 tuotannot kuukausittain on esitetty kuvassa 16. Mukana ovat ainoastaan ne voimalaitokset, jotka ovat olleet käytössä koko vuoden (tutkimuslaitoksia ei ole mukana). Kuutena talvikauden kuukautena (loka-joulukuu ja tammi-maaliskuu) tulee 60–69 % tuulivoimaloiden vuosituotannosta. Sähkön kulutus kuvassa 16 on sähkön bruttokulutus kuukausittain suhteessa vuosikulutukseen 1999 /4/.



Kuva 16. Tuulivoiman keskimääräinen kausivaihtelu: Suomen standardilaitosten yhteenlasketun tuotannon jakautuminen eri kuukausille vuosina 1992–1999. Suomen sähkön kulutuksen jakautuminen eri kuukausille vuonna 1999 näkyy katkoviivana.

8.2 TUULIVOIMATUOTANTO VALTAKUNNAN HUIPUN AIKANA

Tuulivoimalaitosten tuntitehot on kysytty valtakunnan huippujen ajalta (taulukko 10). Kaikista laitoksista ei ole ollut käytettävissä tuntitehoja, joten taulukossa 10 on ilmoitettu kunkin vuoden kohdalla kyselyyn vastanneiden laitosten nimellisteho, ja tuotettu teho prosenttina nimellistehosta.

Taulukko 10. Tuulivoimatuotanto valtakunnan kulutushuipun aikana.

Talvikausi	Valtakunnan huippu	Tuulivoiman tuntiteho	% nimellistehosta	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

Taulukon 10 perusteella saadaan kahdeksan vuoden keskimääräiseksi tuulivoimatuotannoksi 25 % (tuulivoimateholla painotettu keskiarvo 20 %), mikä on tuotannon kapasiteettikertoimen suuruusluokkaa. Tämä aineisto ei kuitenkaan vielä riitä määrittämään keskimääräistä käyttöastetta huipun aikana eikä sitä voida suoraan rinnastaa kapasiteettivaikutukseen.

LÄHDELUETTELO

/1/ Andersson, A., Olsson, G. Driftuppföljning av Vindkraftverk över 50 kW. Årsrapport 1999. Vattenfall, Tukholma, 2000. <http://www.elforsk.se/varme/varm-vind.html>

/2/ Peltola, E., Petäjä, J. Tuulivoima Suomen energiahuollossa. VTT Julkaisuja 775, Espoo, 1993.

/3/ Holttinen, H. et al. Tuulivoimatuotannon vaihtelut ja niiden arviointi. VTT Tiedotteita 1800, Espoo, 1996.

/4/ SENER: Sähkön pikatilasto http://www.energia.fi/sahko/hank_2.html

TUULIVOIMAN TUOTANTOTILASTO 1999

Nimi	Teho kW	Valmistaja	Z/D m	Arvio MWh	Tuotanto MWh	t _h h	e kWh/m ²	CF	Häiriöaika h	Käytettävyys
Paljasselkä	65	Nordtank	26/20		63	962	199	0.11	2165	75 %
Korsnäs 1	200	Nordtank	32/25	380	279	1396	587	0.16	401	96 %
Korsnäs 2	200	Nordtank	32/25	380	290	1452	611	0.17	57	100 %
Korsnäs 3	200	Nordtank	32/25	380	275	1375	579	0.16	496	95 %
Korsnäs 4	200	Nordtank	32/25	380	299	1494	629	0.17	177	98 %
Pyhätunturi	220	WindWorld	31/25	600	261	1184	531	0.14	1785	80 %
Sottunga	225	Vestas	30/27	450	430	1913	752	0.22	18	100 %
Siikajoki 1	300	Nordtank	30/31	650	495	1649	655	0.19	8	100 %
Siikajoki 2	300	Nordtank	30/31	670	528	1760	699	0.20	8	100 %
Kalajoki 1	300	Nordtank	30/31	660	420	1398	556	0.16	156	98 %
Kalajoki 2	300	Nordtank	30/31	660	449	1495	594	0.17	7	100 %
Kemi 1	300	Nordtank	35/31	610	352	1174	467	0.13	144	99 %
Kemi 2	300	Nordtank	35/31	610	380	1266	503	0.14	86	99 %
Kemi 3	300	Nordtank	35/31	610	350	1166	463	0.13	147	99 %
Pori	300	Nordtank	30/31	700	657	2189	870	0.25	20	100 %
Hailuoto 1	300	Nordtank	30/31	725	662	2207	877	0.25	6	100 %
Hailuoto 2	300	Nordtank	30/31	725	643	2145	853	0.24	305	97 %
Lammasoaivi 2	450	Bonus	35/37	1100	828	1839	770	0.21	595	93 %
Lammasoaivi 1	450	Bonus	35/37	1100	656	1457	610	0.17	923	90 %
Hailuoto 3	500	Nordtank	35/37	1195	1081	2163	990	0.25	113	100 %
Hailuoto 4	500	Nordtank	37/37	1275	988	1976	904	0.23	682	92 %
Kuivaniemi 1	500	Nordtank	35/37	1060	840	1681	769	0.19	39	100 %
li	500	Nordtank	39/37	1030	642	1283	587	0.15	286	97 %
Eckerö	500	Vestas	40/39	1200	1189	2379	996	0.27	55	100 %
Kökar	500	Enercon	44/40	1200	1387	2775	1088	0.32	144	99 %
Vårdö	500	Enercon	55/40	1200	1016	2032	796	0.23	92	99 %
Finström 1	500	Enercon	55/40	1200	1078	2155	845	0.25	65	99 %
Finström 2	500	Enercon	55/40	1200	1070	2139	839	0.24	133	99 %
Siikajoki 3	600	Nordtank	49/43	1350	1051	1751	723	0.20	662	92 %
Siikajoki 4	600	Nordtank	45/44	1350	1142	1903	786	0.22	362	96 %
Lemland 1	600	Vestas	45/44	1200	1193	1988	784	0.23	86	99 %
Lemland 2	600	Vestas	45/44	1200	1213	2022	798	0.23	74	99 %
Lemland 3	600	Vestas	45/44	1200	1138	1897	749	0.22	72	99 %
Lemland 4	600	Vestas	50/44	1200	1060	1767	697	0.20	271	97 %
Lammasoaivi 3	600	Bonus	41/44	1400	1064	1773	699	0.20	501	94 %
Olos 1	600	Bonus	41/44	1400	1018	1697	669	0.19	323	96 %
Olos 2	600	Bonus	41/44	1400	905	1509	595	0.17	1247	86 %
Olos 3	600	Bonus	41/44	1400	264	Aloitti syyskuussa -99			48	98 %
Olos 4	600	Bonus	41/44	1400	284	Aloitti syyskuussa -99			0	100 %
Olos 5	600	Bonus	41/44	1400	286	Aloitti syyskuussa -99			36	99 %
Föglö	600	Enercon	65/45	1400	532	Aloitti syyskuussa -99			25	99 %
Finström 3	600	Enercon	65/45	1400	435	Aloitti lokakuussa -99			0	100 %
Lumijoki 1	660	Vestas	50/47	1800	1096	Aloitti maaliskuussa -99			252	97 %
Kuivaniemi 2	750	NEGMicon	50/44	1500	1149	1531	755	0.17	1368	84 %
Kuivaniemi 3	750	NEGMicon	50/44	1500	1240	1653	815	0.19	819	91 %
Kuivaniemi 4	750	NEGMicon	50/44	1500	1212	1616	797	0.18	812	91 %
Närpiö 1	750	NEGMicon	45/48	1600	664	Aloitti elokuussa -99			146	94 %
Kuivaniemi 5	750	NEGMicon	50/48	1500	370	Aloitti marraskuussa -99			0	100 %
Kuivaniemi 6	750	NEGMicon	50/48	1500	192	Aloitti marraskuussa -99			0	100 %
Kuivaniemi 7	750	NEGMicon	50/48	1500	170	Aloitti marraskuussa -99			2	100 %

TUULIVOIMAN TUOTANTOTILASTO 1999

Pori 2	1000	Bonus	60/54	2340	1103	Aloitti kesäkuussa -99	151	97 %		
Pori 3	1000	Bonus	60/54	2340	1102	Aloitti kesäkuussa -99	61	99 %		
Pori 4	1000	Bonus	60/54	2330	1083	Aloitti kesäkuussa -99	106	98 %		
Pori 5	1000	Bonus	60/54	2320	1055	Aloitti kesäkuussa -99	114	98 %		
Pori 6	1000	Bonus	50/54	2450	1167	Aloitti kesäkuussa -99	90	98 %		
Pori 7	1000	Bonus	50/54	2670	1433	Aloitti kesäkuussa -99	268	94 %		
Pori 8	1000	Bonus	50/54	2600	1421	Aloitti kesäkuussa -99	244	95 %		
Pori 9	1000	Bonus	50/54	2580	1449	Aloitti kesäkuussa -99	73	98 %		
Kotka 1	1000	Bonus	60/54	2000	781	Aloitti syyskuussa -99	210	91 %		
Kotka 2	1000	Bonus	60/54	2000	828	Aloitti syyskuussa -99	110	96 %		
Oulunsalo 1	1300	Nordex	65/60	3000	1150	Aloitti elokuussa -99	0	100 %		
Uusikaupunki 1	1300	Nordex	69/60	2340	610	Aloitti lokakuussa -99	172	91 %		
Uusikaupunki 2	1300	Nordex	69/60	2340	628	Aloitti lokakuussa -99	55	97 %		
YHTEENSÄ	37920			83160	49090		17873			
KESKIARVO	602				779	2775	1088	0.32	284	96 %
Maksimi	1300			3000	1449	962	199	0.11	2165	100 %
Minimi	65			380	63	1730	712	0.20	0	75 %

Teho	Nimellisteho
Z/D	Napakorkeus ja roottorin halkaisija
Arvio	Keskimääräinen arvioitu vuosituotanto
t_h	Huipunkäyttöaika kWh/kW
e	Tuotanto suhteessa roottorin pyyhkäisy-pinta-alaan kWh/m ²
CF	Kapasiteettikerroin (kWh/kW,h)
Käytettävyys	Tekninen käytettävyys (häiriöajasta on vähennetty sähköverkkohäiriöt)

