

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO  
LAPPEENRANTA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Teknillinen tiedekunta  
LUT Energia

Faculty of Technology  
LUT Energy

Tutkimusraportti *Research Report* 14

Aija Kivistö, Esa Vakkilainen

## Uusiutuvan sähkön lisäämiseen käytettyjen energiaverojen vaikutus kuluttajan maksamaan sähkön hintaan

  
**Open your mind. LUT.**  
Lappeenranta University of Technology

Lappeenrannan teknillinen yliopisto  
Teknillinen tiedekunta. LUT Energia  
Tutkimusraportti 14

Lappeenranta University of Technology  
Faculty of Technology. LUT Energy  
Research report 14

Aija Kivistö, Esa Vakkilainen

## Uusiutuvan sähkön lisäämiseen käytettyjen energiaverojen vaikutus kuluttajan maksamaan sähkön hintaan

Lappeenrannan teknillinen yliopisto  
Teknillinen tiedekunta. LUT Energia  
PL 20  
53851 LAPPEENRANTA

ISBN 978-952-265-093-1  
ISBN 978-952-265-094-8 (PDF)  
ISSN 1798-1328; 14

Lappeenranta 2011

# Tiivistelmä

**Aija Kivistö, Esa Vakkilainen**

**Uusiutuvan sähkön lisäämiseen käytettyjen energiaverojen vaikutus kuluttajan maksamaan sähkön hintaan**

Lappeenranta 2011

Sivuja 37

Tutkimusraportti 14

ISBN 978-952-265-093-1, ISBN 978-952-265-094-8 (PDF)

ISSN 1798-1328; 14

Uusiutuvien energialähteiden käytön edistämiseksi sähkötuotannossa Suomi on ottanut käyttöön syöttötariffijärjestelmän, jonka piirissä ovat tuulivoimasähkö, biokaasuvoimalassa tuotettu sähkö, puupolttoainevoimalassa tuotettu sähkö ja metsähakevoimalassa tuotettu sähkö. Lisäksi valtioneuvostossa on valmisteilla tuki hiilen korvaamiseen biopolttoaineilla CHP-tuotannossa. Edelleen on voimassa turpeen syöttötariffi.

Tässä tutkimuksessa selvitetään näiden eri tukien ja syöttötariffien vaikutusta kuluttajan maksamaan sähkön hintaan. Tämän lisäksi arvioidaan uusiutuvan energian käyttöönoton työllisyysvaikutuksia.

Uusiutuvasta sähköstä maksettava tuotantotuki kasvaa vuosittain ollen suurimmillaan vuonna 2022 yhteensä noin 339 milj.€ Sähkön hinnassa tuen määrä olisi 0,36 c/kWh eli tämän hetkisiin verottomiin sähkön hintoihin verrattuna 3-4 %. Pientalon eri lämmitystavavaihtoehtoissa sähkön tuotantotuen määrä vuodessa on suorassa sähkölämmityksessä 89 €, maalämmössä 43 €, pellettilämmityksessä 21 € ja kaukolämmityksessä 19 €

Uusiutuvan sähköntuotannon lisäämisen työllisyysvaikutus on suurimmillaan vuonna 2020 noin 16 200 henkilötyövuotta, josta insinööri työvoiman määrä noin 1100 henkilötyövuotta. Sen jälkeen työvoiman tarve kohdistuu voimalaitosten käyttöön - ja kunnossapitoon ja polttoainehankintaan yhteensä 9 400 henkilötyövuotta.

Hakusanat: syöttötariffi, energiaverot, sähkön hinta, uusiutuva sähköntuotanto

## Abstract

**Aija Kivistö, Esa Vakkilainen**

**Effect of energy taxes aimed at increasing the share of renewable energy used for electricity generation to consumer electricity price**

Lappeenranta 2011

Pages 37

Research report 14

ISBN 978-952-265-093-1, ISBN 978-952-265-094-8 (PDF)

ISSN 1798-1328; 14

Renewable energy sources are promoted in electricity generation. Finland has introduced a feed-in tariff system, which covers wind power, electricity produced from biogas, wood chips and forest residue. In addition, the Government is preparing support for the replacement of coal with biofuels in CHP production. There is still a feed-in tariff for peat.

The objective of this study is to look at different current and proposed energy taxes and study their effect to consumer electricity price. This study examines how these various subsidies and feed-in tariffs affect the consumer's cost of electricity. In addition, the expected effect of renewable energy on employment is looked at.

Subsidies for renewable electricity production will increase annually. At a peak in 2022 a total of approximately 339 million € is to be paid. The price of electricity would increase 0.36 c/kWh, i.e. 3-4% compared to the current pre-tax electricity prices. For single-family houses of different heating methods, the amount of yearly subsidy would be for direct electric heating 89 €, ground heat pump 43 €, pellet heating 21 € and district heating 19 €.

Renewable electricity production increases employment in the year 2020 about 16 200 person-years, of which engineering workforce of approximately 1,100 person-years. Thereafter, the demand is for and maintenance and fuel preparation work to a total of 9 400 person-years.

Keywords: feed-in tariffs, energy taxes, electricity price, renewable energy generation

## Sisältö

<b>Tiivistelmä</b>	<b>2</b>
<b>Abstract</b>	<b>3</b>
<b>Sisältö</b>	<b>4</b>
<b>1 Johdanto</b>	<b>5</b>
<b>2 Suomen ilmasto- ja energiastrategia vuoteen 2020</b>	<b>6</b>
2.1 Tavoitteet kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi.....	6
2.2 Sähkön tuotanto.....	8
2.3 Sähkön tuotantokustannusvertailu .....	9
<b>3 Uusiutuvien energialähteiden käytön edistäminen sähköntuotannossa</b>	<b>13</b>
3.1 Syöttötariffijärjestelmä.....	13
3.1.1 Syöttötariffijärjestelmän toiminta ja yleiset ehdot .....	14
3.1.2 Tuulivoimasähkö.....	15
3.1.3 Biokaasuvoimalassa tuotettu sähkö.....	16
3.1.4 Puupolttoainevoimalassa tuotettu sähkö.....	16
3.1.5 Metsähakevoimalassa tuotetun sähkön muuttuva tuotantotuki...	17
3.2 Kiinteä sähkön tuotantotuki.....	17
3.3 Hiilen korvaaminen CHP-tuotannossa .....	18
3.4 Turpeen syöttötariffi.....	18
3.5 Sähkön tuotantotuet 2011-2022 .....	19
3.6 Syöttötariffin vaikutus sähkön tuotantokustannuksiin .....	22
<b>4 Uusiutuvan sähköntuotannon tuki pientalon sähkön hinnassa</b>	<b>25</b>
4.1 Lämmitystapavaihtoehdot.....	25
4.2 Uusiutuvan sähkön tuotantotuki.....	26
<b>5 Uusiutuvan sähköntuotannon työllisyysvaikutus</b>	<b>28</b>
<b>6 Yhteenveto ja johtopäätökset</b>	<b>34</b>
<b>Lähdeluettelo</b>	<b>36</b>

# 1 Johdanto

Suomi tavoittelee kansallisten CO<sub>2</sub> päästöjen alentamista, uusiutuvien energiamuotojen osuuden lisäämistä ja energiatehokkuuden nostoa. Suomessa ei-päästökauppasektorin kasvihuonekaasupäästöjä tulee vähentää 16 % vuoden 2005 tasosta vuoteen 2020 mennessä. Vastaavasti uusiutuvien energialähteiden osuus on oltava 38 % energian loppukulutuksesta, kuva 1. Myös energiatehokkuutta on parannettava 20 % vuoden 2005 tasosta vuoteen 2020 mennessä.

Uusiutuvien energialähteiden käytön edistämiseksi sähköntuotannossa Suomi on säätämässä syöttötariffijärjestelmää, jonka piirissä olisivat tuulivoimasähkö, biokaasuvoimalassa tuotettu sähkö, puupolttoainevoimalassa tuotettu sähkö ja metsähakevoimalassa tuotettu sähkö. Lisäksi valtioneuvostossa on valmisteilla tuki hiilen korvaamiseen biopolttoaineilla CHP-tuotannossa. Edelleen on voimassa turpeen syöttötariffi.

Tässä tutkimuksessa selvitetään näiden eri tukien, verojen ja syöttötariffien vaikutusta kuluttajan maksamaan sähkön hintaan.

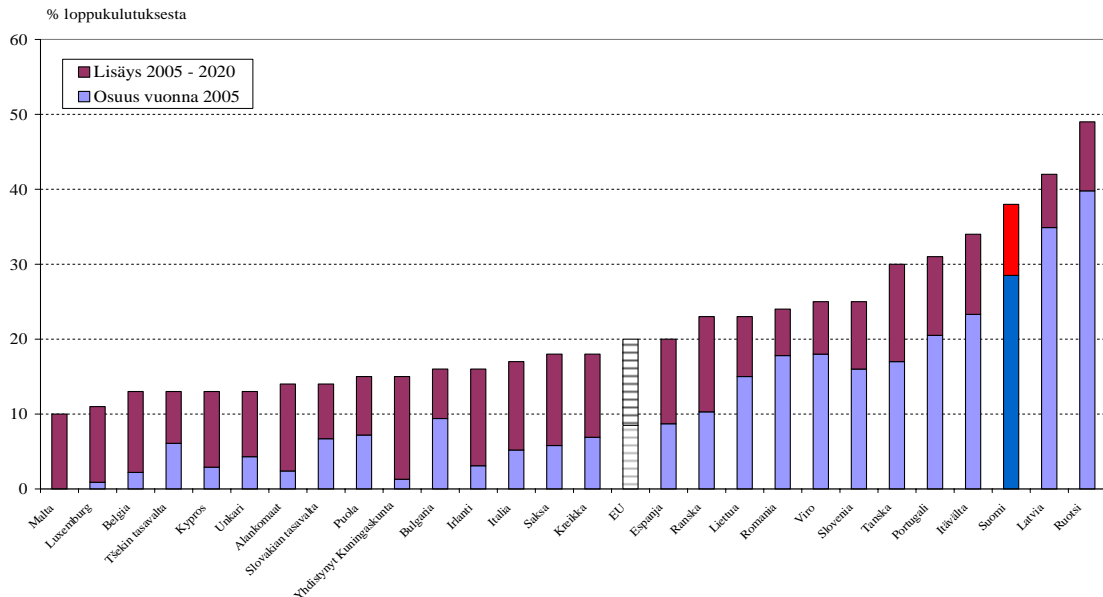
Tämän lisäksi pyritään arvioimaan uusiutuvan energian käyttöönoton työllisyysvaikutuksia.

## 2 Suomen ilmasto- ja energiastrategia vuoteen 2020

### 2.1 Tavoitteet kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi

EU:n tavoitteena on ilmaston lämpenemisen pysäyttäminen pitkällä aikavälillä kahteen asteeseen. EU:n välitavoitteet vuodelle 2020 on vähentää kasvihuonekaasupäästöjä 20 % vuoden 2005 tasosta, lisätä uusiutuvien energialähteiden osuutta 20 prosenttiin energian loppukulutuksesta ja parantaa energiatehokkuutta 20 prosentilla.

Jokaiselle jäsenvaltiolle on asetettu sitovat tavoitteet kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi ja uusiutuvien energialähteiden käytön lisäämiseksi. Suomessa ei-päästökauppasektorin kasvihuonekaasupäästöjä tulee vähentää 16 % vuoden 2005 tasosta vuoteen 2020 mennessä. Vastaavasti uusiutuvien energialähteiden osuus on oltava 38 % energian loppukulutuksesta, kuva 1.



Kuva 1: Uusiutuvien energialähteiden tavoite. Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia (2008).

Hallitus antoi eduskunnalle marraskuussa 2008 selontekona pitkänaikavälin ilmasto- ja energiastrategian. Strategiassa esitettiin myös uusiutuvan energian käytön toimintasuunnitelma, jota täydennettiin huhtikuussa 2010. Uusiutuvan energian velvoitepaketissa esitetään useita toimia, joilla täytetään Suomelle asetettu EU:n tavoite lisätä uusiutuvien energialähteiden käyttö 38 % energian loppukulutuksesta vuonna 2020, taulukko 1.

Energian loppukulutukseksi vuonna 2020 on arvioitu 327 TWh, josta uusiutuvaa energiaa 124 TWh eli 38 %. Uusiutuva energia vastaa primäärienergiana 134 TWh, josta metsäteollisuuden tuotannosta riippuvien polttoaineiden määrä on 56 TWh vuonna 2020. Poliittikkatoimien kohteena olevien uusiutuvien energialähteiden käytön arvioidaan olevan 77 TWh vuonna 2020, kun se vuonna 2005 oli 37 TWh.

Taulukko 1: Uusiutuvien energialähteiden käyttötavoitteet vuonna 2020

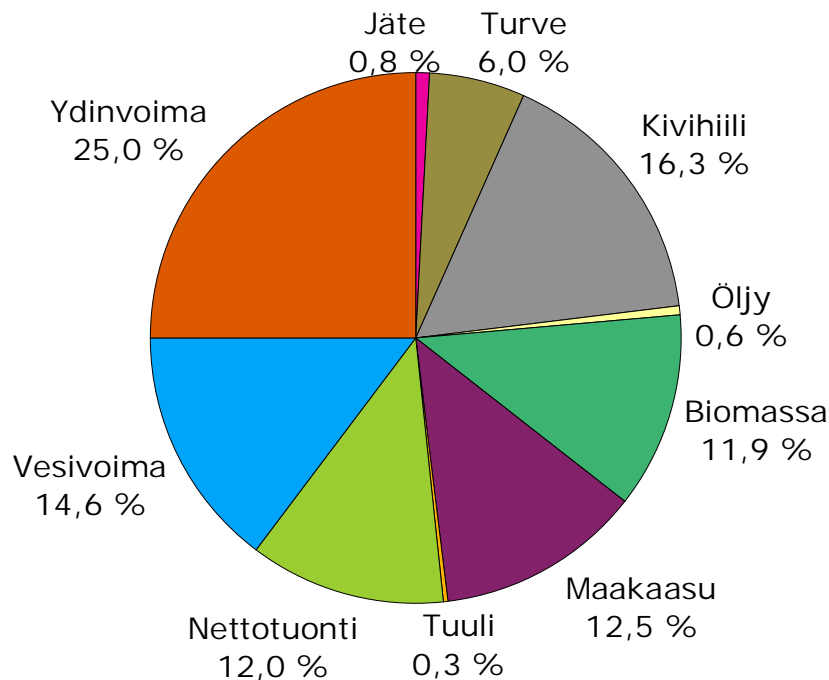
Uusiutuvat energialähteet primäärienergiana	2005 TWh	2020 TWh
Teollisuuden tuotannosta riippuvat polttoaineet:		
Jäteliemet	37	38
Teollisuuden tähdepuu	20	19
YHTEENSÄ	57	56
Poliittikkatoimien kohteena olevat:		
Vesivoima	13,6(*)	14
Tuulivoima	0	6
Metsähake	6	25
Puun pienkäyttö	13	12
Lämpöpumput	2	8
Liikenteen biopolttoaine	0	7
Biokaasu	0	1
Pelletit	0	2
Kierrätyspolttoaineet, RES- osuus	2	2
Muu uusiutuva, mm. aurinkolämpö ja -sähkö jne.	0,4	0,4
YHTEENSÄ	37	77
Uusiutuva energia primäärienergiana, yhteensä	94	134
Uusiutuva energia loppukulutuksessa	87	124
Energian loppukulutus	303	327
Uusiutuvien osuus loppukulutuksesta	28,5 %	38 %
(* vesivoima normalisoitu)		

Merkittävin uusiutuva energialähde on metsähake, jonka käyttö tulisi nostaa 25 TWh:iin. Tuulivoiman tuotanto nostetaan 6 TWh:iin, joka vastaa 2500 MW

tuotantokapasiteettia. Vuoden 2010 lopussa tuulivoimakapasiteetti oli 197 MW ja tuulivoiman osuus sähkön tuotannosta 0,3 %. Lämpöpumppujen uusiutuvan energian osuus nostettaisiin 8 TWh:iin ja pellettien käyttö 2 TWh:iin. Vesivoimaa lisätään noin 0,5 TWh, josta olemassa olevien voimalaitosten tehonkorotuksilla 0,4 TWh ja pienvesivoimalla 0,1 TWh (Oy Vesirakentaja, 2008).

## 2.2 Sähkön tuotanto

Sähkön kulutus Suomessa vuonna 2010 oli 87,6 TWh, josta uusiutuvilla energialähteillä tuotettiin lähes 27 %. Vesivoimalla tuotetun sähkön osuus oli 14,6 %, biomassalla 11,9 % ja tuulivoimalla 0,3%. Vesivoiman tuotanto oli 12,8 TWh, joka on keski vuotta (13,6 TWh) alhaisemmalla tasolla.



Kuva 2: Sähkön hankinta 2010. Energiateollisuus (2011).

### 2.3 Sähkön tuotantokustannusvertailu

Kuvassa 3 on vertailtu lauhdutusvoimalaitoksissa sähköntuotannon taloudellista kannattavuutta. Laitostyyppinä ovat ydinvoimalaitos, maakaasukombilauhdevoimalaitos, kivihiihilauhdevoimalaitos turvelauhdevoimalaitos, puulauhdevoimalaitos ja tuulivoimalaitos. Teknisiltä ratkaisuiltaan on pyritty esittämään Suomen tulevaisuuden vaihtoehtoja uusille voimalaitoksille. Kannattavuustarkastelu on suoritettu annuiteettimenetelmällä käyttäen 5 % reaalikorkoa ja maaliskuun 2011 hintatasoa Suomessa. Taloudellinen käyttöaika on ydinvoimalaitoksissa 40 vuotta ja muissa laitoksissa 25 vuotta. Tällä hetkellä Suomen vanhimmat tuulivoimalat ovat olleet käytössä lähes 20 vuotta (Stenberg, Holttinen 2010). Päästöoikeuden hintana on käytetty 23 €/tCO<sub>2</sub>. Hinnat eivät sisällä tukia tai veroja.

Ydinvoimalaitos on kevytvesireaktorivoimalaitos ja laitoksen teho on 1500 MW. Laitos investointi on määritelty sekä olemassa olevan laitoksen yhteyteen (3217 €/kW) että uuteen sijoituspaikkaan (4407 €/kW). Vastaavat kokonaisinvestoinnit ovat 4850 miljoonaa euroa ja 6610 miljoonaa euroa. Ydinvoimalaitoksen hyötysuhteena käytetään 37 %.

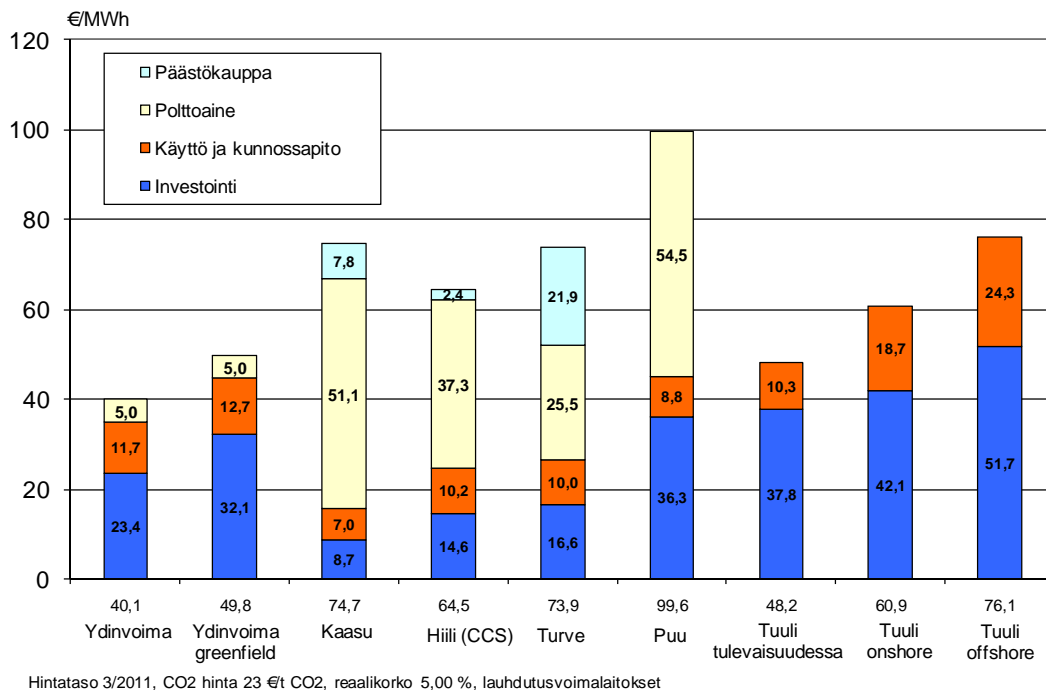
Kaasukombilaitoksen sähköteho on 848 MW ja investointi 835 miljoonaa euroa (985 €/kW). Laitoksen hyötysuhde on 58,3 %.

Hiilivoimalaitos on teholtaan 500 MW ja se perustuu kiertoleijutekniikkaan ja happipolttoon. Laitos on varustettu hiilidioksidierotuksella (CCS), koska Suomeen ei uskota tulevaisuudessa rakennettavan hiilivoimalaitosta ilman hiilidioksidin talteenottoa. Laitoksen hinta, 1650 €/kW, perustuu Suomeen toimitetun kiertoleijukattilan hintaan ja IEA:n arvioon tavallisen ja CCS-laitoksen kustannuseroon. Laitoksen sähköntuotannon hyötysuhde laskee, koska hiilidioksidin erottaminen savukaasuista kuluttaa paljon sähköä. Laitoksen hyötysuhteena on käytetty 32 %, kun se tavallisella hiililauhduksella on 42 %.

Turvelaitos perustuu leijukerrostekniikkaan. Turvevoimalaitoksen teho on 150 MW ja vuosihyötysuhde 40 %. Laitoksen investointi olisi 280 miljoonaa euroa (1867 €/kW).

Puuta käytetään Suomessa voimalaitospolttoaineena vain yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotannon (CHP) voimalaitoksissa. Metsähake soveltuu seospolttoaineeksi jyrshinturpeen kanssa. Pelkkää sähköä tuottavia voimalaitoksia ei ole nykyisin käytössä Suomessa, koska niiden sähköntuotantokustannus olisi muita vaihtoehtoja ja sähkön markkinahintaa korkeampi. Tämän johdosta Suomen markkinoille ei ole kehitetty optimaalista pelkkää sähköä tuottavaa voimalaitostyyppiä. Tarjolla olevat voimalaitosratkaisut perustuvat pienehköihin CHP-laitoksiin, joiden sähköteho on enimmillään 30 MW. Näiden ratkaisujen perusteella pelkkää sähköä tuottavan puuvoimalaitoksen investointikustannus olisi varsin suuri ja hyötysuhde vain 33 %. Tässä työssä 30 MW puuvoimalaitoksen hinnaksi on arvioitu 79 miljoonaa euroa (2630 €/kW).

### Sähkön tuotantokustannukset



Kuva 3: Sähkön tuotantokustannukset lauhdutusvoimalaitoksissa

Tuulivoimalaitosten investointikustannustaso määräytyy mm. markkinavolyymistä, kilpailutilanteesta, projektien koosta ja sijoituspaikan olosuhteista. Tässä tutkimuksessa käytetään rannikolle rakennettavan tuulivoimapuiston investointikustannuksena 1400 €/kW ja merelle rakennettavan 3200 €/kW. Uuden kapasiteetin keskiteho on kasvanut muutaman sadan kilowatin luokasta nykyiseen 3 MW yksikkökokoon. Suomen ensimmäinen merelle rakennettu ja suurin 33 MW tuulipuisto Kemin Ajoksessa muodostuu 3 MW yksiköistä.

Hankekooko vaikuttaa investointikustannuksiin. Suurten hankkeiden kustannukset ovat alhaisemmat suhteessa tuotantoon, koska niissä saavutetaan skaalaetua rakennus- ja pystytysvaiheessa. Lisäksi voimalavalmistajat myyvät voimaloita edullisemmin isoille projekteille skaalaetujen vuoksi (TEM 2009). Koska tulevaisuuden tuulivoiman yksikkökoko kasvaa 5 MW:iin ja tuulivoimalaitokset rakennetaan 20 yksikön tuulivoimapuistoiksi, investointikustannusten arvioidaan laskevan arvoon 1280 €/kW.

Laitoksille – tuulivoimaa lukuun ottamatta – käytetään 8000 tunnin vuotuista huipunkäyttöaika yhdenvertaisuuden vuoksi. Maalle rakennettavalle tuulivoimalle käytetään 2400 tunnin huipunkäyttöaika ja merelle rakennettavalle 3200 tuntia vuodessa. Tuulivoimatilaston 2009 mukaan keskimääräinen huipunkäyttöaika oli 1750 h/a. Vuosi 2009 oli kuitenkin selvästi keskimääräistä tynempi. 13 parasta laitosta ylitti 2400 tunnin huipunkäyttöajan. Parhaimpiin tuotantolukemiin yltävät uudet ja korkeat 2 - 3 megawattiluokan laitokset 1990-luvun alkupuolella rakennettujen tuulivoimalaitosten huipunkäyttöaikojen jäädessä alhaisemmiksi. (Stenberg, Holtinen 2010).

Kuvassa 3 on esitetty sähköntuotantokustannukset lauhdutusvoimalaitoksissa ilman tuotantotukia ja päästökaupan hinnalla 23 €/t. Tutkituista sähköntuotantovaihtoehdoista edullisin on ydinvoima, jossa ydinsähkön hinnaksi saadaan 40,1 €/MWh vanhaan paikkaan rakennettuna ja uuteen paikkaan rakennettuna 49,8 €/MWh. Maalle rakennettavan tuulisähkön hinta on 60,9 €/MWh ja merelle 76,1 €/MWh. Hiilisähkön

hinta on 64,5 €/MWh, turvesähkön 73,9 €/MWh ja maakaasusähkön hinta 74,7 €/MWh. Kallein on puusähkö 99,6 €/MWh.

Sekä ydinsähkössä että tuulisähkössä pääomakustannus muodostaa suurimman osan sähkön hinnasta. Tulevaisuudessa tuulivoiman investointikustannusten ja myös käyttö- ja kunnossapitokustannus laskisivat rakennettaessa suurempia tuulivoimapuistoja. Hiili-, kaasu-, puu- ja turvelauhdesähkön tuotannossa polttoainekustannus on merkittävin tekijä. Erityisesti tällä hetkellä maakaasun hinnan ollessa korkealla muodostaa polttoainekustannus 70 % maakaasusähkön hinnasta. Vastaavasti hiilisähkön hinnassa polttoainekustannuksen osuus on lähes 60 prosenttia.

Päästöoikeudesta syntyvä kustannus on merkittävin turvesähköllä. Koska hiililaitos on varustettu hiilidioksidin talteenotolla, on päästöoikeudesta syntyvä kustannus ainoastaan 4 % hiilisähkön hinnasta, kun vastaava osuus turvesähkölle on noin 30 % ja maakaasusähköllä 10 %

## 3 Uusiutuvien energialähteiden käytön edistäminen sähkötuotannossa

### 3.1 Syöttötariffijärjestelmä

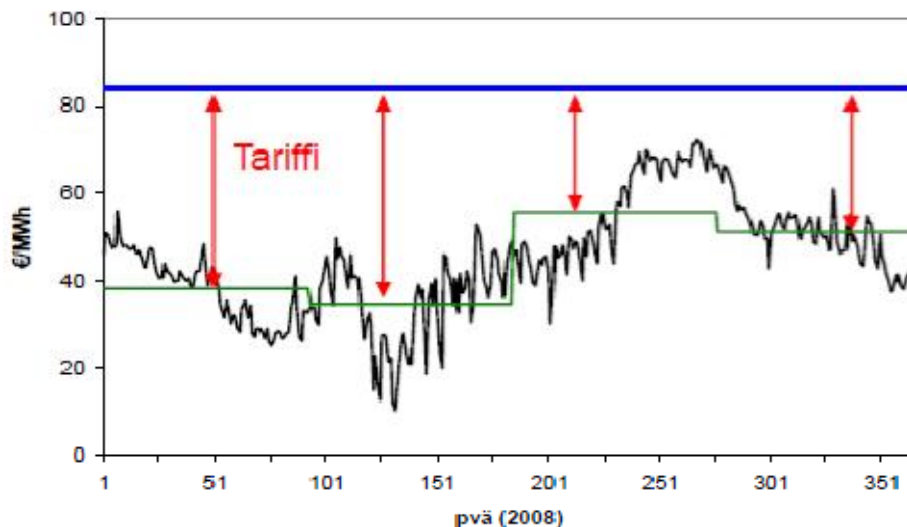
Uusiutuvien energialähteiden käytön edistämiseksi on EU:n jäsenmaissa useita erilaisia tukijärjestelmiä, joista tariffiin perustuvat järjestelmät ovat yleisimmin käytössä. Muita tukijärjestelmiä ovat investointituet ja sertifikaatit. Suomessa uusille laitoksille syöttötariffiin perustuva tukijärjestelmä otettiin käyttöön vuonna 2011.

Syöttötariffilla tarkoitetaan yleisesti verkkoon syötetystä sähköstä maksettavaa tukea, joka kerätään sähkön käyttäjiltä. Syöttötariffijärjestelmä voi olla kiinteähintainen, hintapreemioon tai takuuhintaan perustuva tai markkinaehtoinen takuuhinta. Kiinteähintaisessa syöttötariffissa tuottaja saa ennalta sovitun hinnan tuottamastaan sähköstä. Hintapreemioon perustuvassa järjestelmässä tuottaja myy tuottamansa sähkön markkinoille ja saa markkinahinnan lisäksi ennalta sovitun tuen. Takuuhintajärjestelmässä tuottaja myy tuottamansa sähkön markkinoille ja tuottajalle maksetaan takuuhinnan ja pörssihinnan välinen erotus tariffimaksuna. Jos markkinahinta on korkeampi kuin takuuhinta saa tuottaja pörssihinnan.

Suomessa otettiin käyttöön ns. markkinaehtoinen takuuhintajärjestelmä, jossa pyritään säilyttämään sekä markkinaehtoisuus että takaamaan tasainen tulotaso sähkön tuottajalle, kuva 4. Siinä tuottajat myyvät tuotetun sähkön normaalisti sähkömarkkinoille ja ovat velvollisia hoitamaan tasesähkösä. Sähkön myynnistä saatujen tulojen lisäksi tuottajalle maksetaan tariffi, joka määräytyy tavoitetason ja sähkön pörssihinnan erotuksesta. Näin tuottajan yhteenlasketut tulot ovat lähellä sovittua tavoitetasoa. Jos tuottaja on onnistunut tuottamaan enemmän keskimääräistä kalliimpien tuntien aikana, tuottajan tulot ovat tavoitetasoa korkeammat. Näin järjestelmä kannustaa tuottamaan enemmän, kun sähkön markkinahinta on korkea.

Syöttötariffia sovelletaan

- tuulivoimalaitoksiin
- biokaasuvoimalaitoksiin
- puupolttoainevoimalaitoksiin ja
- metsähakevoimalaitoksiin



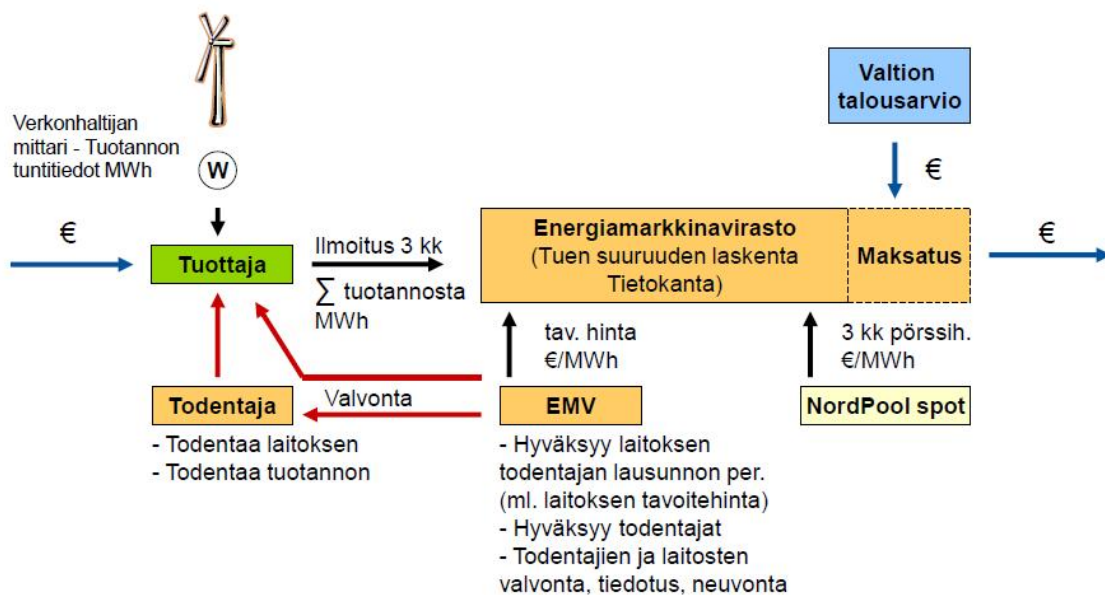
Kuva 4. Markkinaehtoiseen takuuhintaan perustuvan syöttötariffin periaate, Saarinen (2011)

### 3.1.1 Syöttötariffijärjestelmän toiminta ja yleiset ehdot

Syöttötariffijärjestelmään voidaan hyväksyä tuulivoimala, biokaasuvoimala, metsähakevoimala ja puupolttoainevoimala, joka sijaitsee Suomessa tai Suomen aluevesillä ja on liitetty sähköverkkoon siellä että laitoksella on toiminnalliset ja taloudelliset edellytykset sähköntuotannolle. Järjestelmään ei voida hyväksyä Ahvenanmaan maakunnassa sijaitsevaa voimalaitosta, koska syöttötariffijärjestelmän soveltaminen Ahvenanmaalla edellyttää, että Ahvenanmaa säätää oman, sisällöltään vastaavan lain. (HE 2010)

Energiamarkkinavirasto hallinnoi sähkön tukijärjestelmää, kuva 5. Sähkön tuottajan tulee hakea syöttötariffijärjestelmään kuulumista Energiamarkkinavirastolta. Syöttötariffin maksaminen perustuu kolmen kuukauden aikana tuotettuun sähkөөn,

jonka tiedon sähkön tuottaja toimittaa todentajan varmennuksella Energiamarkkinavirastolle. Energiamarkkinaviraston tehtävä on tuotantotuen suuruuden määrittäminen ja tuen maksaminen. Syöttötariffina maksettaisiin säädetyn tavoitehinnan ja voimalaitoksen sijaintipaikan kolmen kuukauden sähkön markkinahinnan keskiarvon välinen erotus. Syöttötariffi ja kiinteä sähkön tuotantotuki rahoitetaan valtion talousarviosta, johon varataan tukien maksamista varten tarvittava määräraha.



Kuva 5: Syöttötariffijärjestelmän toimintaperiaate, Saaarinen (2011)

### 3.1.2 Tuulivoimasähkö

Tuulivoimalaitos voidaan hyväksyä syöttötariffijärjestelmään, jos laitos on uusi, se ei ole saanut valtion tukea ja tuulivoiman tai -puiston nimellisteho on vähintään 500 kVA. Syöttötariffijärjestelmään hyväksyttävien tuulivoimaloiden yhteismäärä on rajoitettu 2500 MW:iin. Tukea maksetaan 12 vuotta ja tuki on tavoitehinnan ja markkinahinnan erotus. Tavoitehinta on 83,5 €/MWh ja se on samansuuruinen koko sen ajan, jolloin laitos kuuluu syöttötariffijärjestelmään. Kuitenkin voimalaitoksen tuottamalle sähkölle maksetaan kolmena ensimmäisenä vuonna korkeampaa tavoitehintaa (105 €/MWh)

mutta korkeintaan vuoden 2015 loppuun. Markkinahinta määräytyy voimalaitoksen sijaintipaikan kolmen kuukauden keskiarvona. (HE 2010)

### 3.1.3 Biokaasuvoimalassa tuotettu sähkö

Biokaasuvoimalaitos voidaan hyväksyä syöttötariffijärjestelmään, kun se on uusi, ei ole saanut valtion tukea ja on nimellistehoaltaan vähintään 100 kW. Syöttötariffijärjestelmään hyväksytään biopolttoainevoimalaitoksia kunnes niiden nimellisteho ylittää 19 MVA. Tukea maksetaan 12 vuotta ja tuki on tavoitehinnan ja kolmen kuukauden markkinahinnan erotus. Tavoite hinta on 85,5 €/MWh. (HE 2010)

Sähkön ja lämmön yhteistuotannon (CHP) edistämiseksi biokaasuvoimaloissa maksetaan biokaasulla tuotetusta sähköstä korotettua tukea ns. lämpöpreemiota 50 €/MWh. Sähkön markkinahinnan muutos ei vaikuta lämpöpreemion suuruuteen vaan se pysyy vakiona. Korotetun tuen tarkoituksena on edistää investointeja sähkön ja lämmön yhteistuotantoon lämmön erillistuotannon sijasta. Tuen saamiseksi CHP-laitoksen kokonaishyötysuhteen tulee kuitenkin olla vähintään 50 % ja mikäli laitoksen nimellisteho on vähintään 1 MW kokonaishyötysuhteen on oltava vähintään 75 %. (HE 2010)

### 3.1.4 Puupolttoainevoimalassa tuotettu sähkö

Sähköä ja lämpöä tuottava (CHP) puupolttoainevoimala voidaan hyväksyä syöttötariffijärjestelmään, jos se on uusi, ei ole saanut valtion tukea ja on nimellistehoaltaan vähintään 100 kVA mutta enintään 8 MVA. Tukea maksetaan 12 vuotta ja tuen määrä on tavoitehinnan ja kolmen kuukauden markkinahinnan erotus. Tavoite hinta on 83,5 €/MWh. Korotettua tukea ns. lämpöpreemiota maksetaan CHP-voimalaitoksilla tuotetulle sähkölle 20 €/MWh, jos kokonaishyötysuhde on vähintään 50 %. Jos laitoksen nimellisteho on vähintään 1 MW, on kokonaishyötysuhteen oltava vähintään 75 %. Puupolttoainevoimalalle maksettava tuki on kuitenkin rajoitettu 750 000 €/vuodessa. Tuen tarkoituksena on edistää CHP-tuotantoa esimerkiksi sahoilla, joissa lämpökuorma on pieni (HE 152/2010, sivu 41). Suuremmat voimalaitokset voivat

hyödyntää metsähakevoimaloille tarkoitettua tukijärjestelmää siltä osalta, kun ne käyttävät metsähaketta sähköntuotantoon ( HE 2010, s.42). Puupolttoainevoimaloita hyväksytään järjestelmään kunnes niiden yhteenlaskettu nimellisteho ylittää 150 MVA. (HE 2010)

### 3.1.5 Metsähakevoimalassa tuotetun sähkön muuttuva tuotantotuki

Päästöoikeuden mukaan vaihtelevaa sähkön tuotantotukea voidaan maksaa metsähakkeella tuotetulle sähkölle olemassa olevissa laitoksissa, joiden nimellisteho on vähintään 100 kW. Tuki lasketaan yhtälöstä 1

$$18 - \frac{18}{13} \times (h_p - 10) \quad (1)$$

jossa  $h_p$  on päästöoikeuden hinta. Päästöoikeuden hinta vaihtelee välillä 10 – 23 € hiilidioksiditonnilta. Enimmillään tuki on 18 €/MWh, jolloin päästöoikeuden hinta on 10 €/t ja päästöoikeuden hinnalla 23 €/t, tuotantotukea ei enää makseta. Tuki on vaihtoehtoinen sähkön markkinahinnan perusteella muuttuvalle pienCHP-tuelle.

Metsähakevoimalan ei siten tarvitse olla uusi ja se on voinut saada aiemmin myös valtiontukea. Tavoitteena on lisätä metsähakkeen käyttöä monipolttoainekattiloissa kuten turvetta ja metsähaketta polttavissa kattiloissa, kun metsähakkeen hintakilpailukyky paranee verrattuna päästöjä aiheuttavan polttoaineen hintaan ja sen päästöoikeuskustannuksiin. Tuen arvioidaan tuovan suurimman lisäyksen olemassa olevissa suurissa CHP-voimalaitoksissa (Saarinen 2011).

## 3.2 Kiinteä sähkön tuotantotuki

Tuuli-, biokaasu- ja metsähakevoimalaitokset, jotka eivät kuulu syöttötariffijärjestelmään, voivat saada sähköntuotannostaan kiinteää tukea. Tähän ryhmään kuuluisivat ennen vuotta 2011 rakennetut voimalaitokset ja uudet, pienet voimalaitokset, jotka tuulivoimalla ovat alle 500 kW ja biokaasuvoimalla alle 100 kW voimalaitokset. Tuotantotuen saamiseksi sähkön tuotannon tulisi olla voimalaitoksella

kuitenkin vähintään 200 MWh vuodessa. Tuulivoimalle ja metsähakkeella tuotetusta sähköstä maksetaan tukea 6,9 €/MWh ja biokaasulla tuotetulle sähkölle 4,2 €/MWh. Myös nimellisteholtaan enintään 1 MVA pienvesivoimalle maksetaan tuotantotukea 4,2 €/MWh. Kiinteää sähkön tuotantotukea ei kuitenkaan makseta tuulivoimalla, biokaasulla ja metsähakkeella tuotetusta sähköstä, jos sähkön markkinahinnan keskiarvo ylittää 76,6 €/MWh kalenterivuonna. Metsähakkeella tuotetusta sähköstä ei makseta tuotantotukea, jos päästöoikeuden markkinahinnan keskiarvo ylittää 18 €/t kalenterivuonna. (Liukko 2011)

### 3.3 Hiilen korvaaminen CHP-tuotannossa

Huhtikuussa 2010 esiteltyssä uusiutuvien energialähteiden velvoitepaketissa esitettiin uusiutuvien energialähteiden käytön lisäämiseksi hiilen korvaamista biomassoilla sähkön ja lämmön yhteistuotannossa. Hiilipölykattiloissa poltetaan kivihiihtä noin 15 TWh. Hiiltä on arvioitu voitavan korvata puulla CHP tuotannossa 7 TWh ja lauhdetuotannossa 1 TWh. Sähkön ja kaukolämmön yhteistuotantoon käytettyjä laitoksia, joissa on pölypolttokattiloita on Helsingissä, Vantaalla, Espoossa, Lahdessa, Naantalissa ja Vaasassa.

TEM:n tilaama selvitys kivihiihen korvaamisesta biomassoilla yhteistuotannon pölypolttokattiloissa valmistui maaliskuussa 2011. (Flyktman et al. 2011)

### 3.4 Turpeen syöttötariffi

Suomessa on ollut vuodesta 2007 lähtien syöttötariffi turpeella tuotetulle lauhdesähkölle. Turvelauhdesähkön syöttötariffin tavoitteena on lauhdutus- ja väliottolauhdevoimalaitosten ajojärjestyksessä antaa etusija kotimaista polttoturvetta polttoaineenaan käyttäville voimalaitoksille kivihiihen sijaan. Syöttötariffilla ei pyritä uuden turvelauhdekapasiteetin luomiseen. Syöttötariffijärjestelmän piirissä on neljä voimalaitosta: Kanteleen Voima Haapaveden voimalaitos, Alholmens Kraft Pietarsaaren

voimalaitos, Vaskiluodon Voima Seinäjoen voimalaitos ja Oulun Energia Toppilan voimalaitos. (Fingrid Oy 2011)

Laitoksille maksettu syöttötariffin mukainen lisähinta määräytyy turve- ja kivihiililaitosten polttoaine- ja päästökustannusten perusteella yhtälön 2 mukaan

$$1 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} + \left( \frac{p_t + \varepsilon_t * p_e}{\eta_t} \right) - \left( \frac{p_h + \varepsilon_h * p_e}{\eta_h} \right) \quad (2)$$

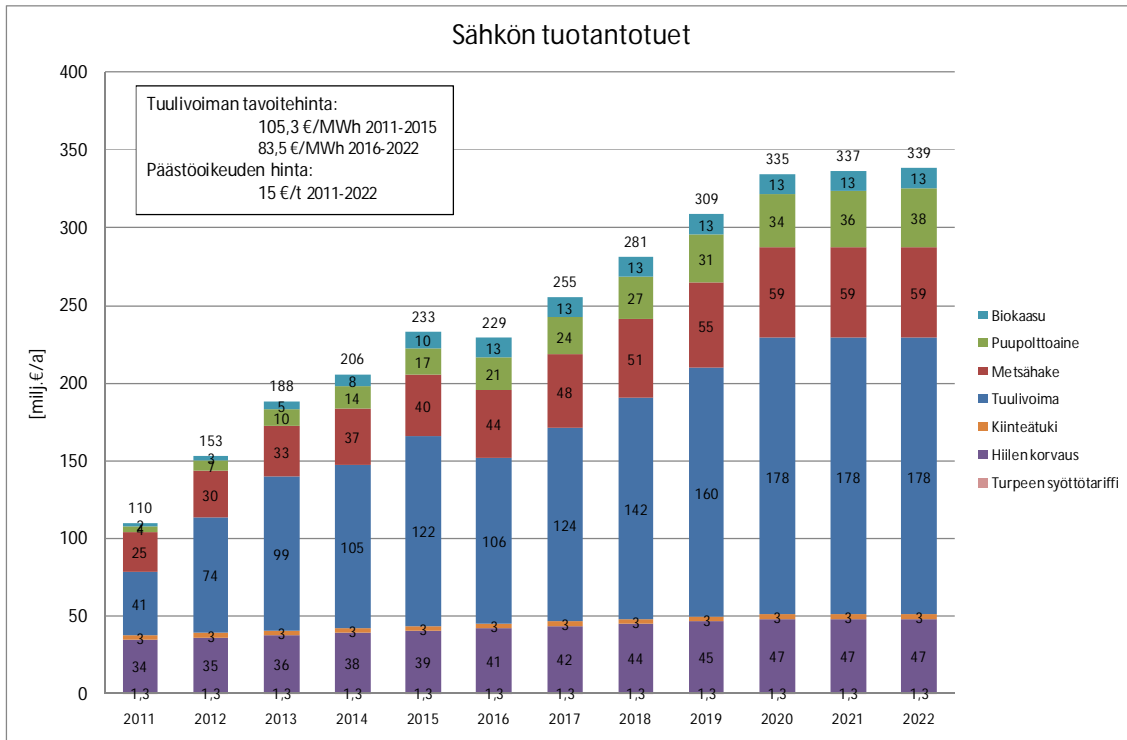
jossa

$p_t$	=	polttoturpeen hinta
$\varepsilon_t$	=	polttoturpeen hiilidioksidimainospäästökerroin
$p_e$	=	päästöoikeuden hinta
$\eta_t$	=	turvelauhdutusvoimalaitoksen hyötysuhde
$p_h$	=	kivihiilen hinta
$\varepsilon_h$	=	kivihiilen hiilidioksidimainospäästökerroin
$\eta_h$	=	kivihiililauhdutusvoimalaitoksen hyötysuhde

Turvesähköntuotannolle on maksettu lisähintaa vuosina 2007 - 2010 vuosittain 0,15 – 3,0 miljoonaa euroa. (Fingrid Oy 2011)

### 3.5 Sähkön tuotantotuet 2011-2022

Tässä kappaleessa esitetään uusiutuvan sähkön tuotantotukien kehittyminen vuoteen 2022, kun sovelletaan syöttötariffijärjestelmää, maksetaan kiinteää sähkön tuotantotukea ja korvataan hiiltä sähkön ja lämmön yhteistuotannossa biomassalla. Lisäksi sovelletaan turpeen syöttötariffia. Sähkön tuotantotuki kasvaa vuosittain ollen suurimmillaan vuonna 2022 yhteensä noin 339 miljoonaa euroa, kuva 6.



Kuva 6: Uusiutuvan sähkön tuotantotuet 2011-2022

Eniten tukea tarvitaan vuosittain tuulivoiman tuotantoon, jonka tuotanto kapasiteetin oletetaan kasvavan tasaisesti vuoden 2011 arvosta 330 MVA vuoteen 2020 mennessä arvoon 2500 MVA. Huipunkäyttöajalla 2400 h/a tuulivoiman tuotantotavoite 6 TWh saavutetaan vuonna 2020. Vuoteen 2015 saakka tuulivoimalle on asetettu tavoitehinnaksi 105,3 €/MWh, jolloin laitokselle maksetaan kolmelta ensimmäiseltä tuotantovuodelta korotettua tuotantotukea. Vuodesta 2016 alkaen tavoitehinta on 83,5 €/MWh. Kun vuosittainen tuotantotuen määrä on laskettu sähköpörssin vuoden 2011 keskimääräisellä hinta-arviolla 53,9 €/MWh, on tuotantotuki vuonna 2020 lähes 180 miljoonaa euroa. Mikäli markkinahintana käytetään 50 €/MWh, nousee maksettavan tuen määrä 200 miljoonaan euroon hallituksen esityksen 152/2010 mukaisesti.

Metsähakkeella tuotetun sähkön muuttuva tuotantotuki on vuonna 2020 lähes 60 miljoonaa euroa päästöoikeuden hinnalla 15 €. Mikäli päästöoikeuden hinta nousee tasaisesti vuoteen 2020 mennessä 20 euroon hiilidioksiditonnilta, vähenee maksettavan

tuen määrä noin 20 miljoonaan euroon. Syöttötariffin piirissä olevan sähkön tuotannon arvioidaan olevan vuonna 2011 2,3 TWh kasvaen tasaisesti vuoteen 2020 arvoon 5,3 TWh (HE 152/2010). Erityisesti kasvua arvioidaan olevan olemassa olevissa suurissa CHP-laitoksissa.

Puupolttoainevoimaloille (pienCHP-laitokset) maksettava tuki olisi suurimmillaan 38 miljoonaa euroa vuodessa. Syöttötariffijärjestelmän piirissä olevien puupolttoainevoimaloiden teho vuonna 2011 olisi 15 MVA ja sen arvioidaan kasvavan vuoteen 2020 mennessä 160 – 200 MVA:iin.

Syöttötariffijärjestelmään kuuluvien biokaasuvoimaloiden teho kasvaa 19 MVA:iin vuoteen 2015 ja maksettava tuki 13 miljoonaan euroon lämpöpremio huomioiden.

Kiinteän tuotantotuen määrä olisi noin 3 miljoonaa euroa vuodessa. Kiinteää tuotantotukea saavat ennen vuotta 2011 toimintansa aloittaneet tuuli- ja biokaasuvoimalat ja teholtaan pienet tuuli- ja biokaasuvoimalat, jotka eivät ole syöttötariffin piirissä. Toiminnassa olevien metsähakevoimaloiden on arvioitu valitsevan päästöoikeuden hintaan sidotun syöttötariffin ja kiinteää sähkön tuotantotukea maksettaisiin vain nimellisteholtaan alle 100 kW muutamalle uudelle hakevoimaloille (HE 2010). Pienvesivoimalle maksetaan edelleen kiinteää tuotantotukea 4,2 €/MWh. Pienvesivoimaa on arvioitu tuotettavan lisää 0,1 TWh vuoteen 2020 mennessä (Oy Vesirakentaja 2008). Kierrätyspolttoaineilla tuotetulle sähkölle ei enää makseta tukea.

Hiiltä korvattaisiin yhteistuotannossa biomassalla 7 TWh, josta 3,5 TWh kaasuttamalla biomassaa ja 3,5 TWh biohiilellä. Biomassan käytön on oletettu lisääntyvän tasaisesti vuosittain. Tuen tarpeeksi vuosina 2011 - 2020 on arvioitu 34 - 47 miljoonaa euroa vuosittain. Biomassan käyttöä tuettaisiin sekä investointituella että sähkön tuotantotuella. Investointituen määrä sekä biomassan kaasutukseen että biohiilen valmistukseen on oletettu 40 % investoinnista. Investointituen ehtona on nykyisessä lainsäädännössä uuden teknologian käyttöönotto. Vaskiluodon Voimalle on myönnetty

tukea kaasutuslaitosinvestointiin noin 10 miljoonaa euroa (TEM 2011). Sähkön tuotantotueksi on arvioitu 15 €/MWh. Tuotantotuen arvioinnissa on oletettu päästökaupan hinnaksi 15 €/t.

Turpeen syöttötariffin perusteella maksettu lisähinta lauhdutusvoimalaitoksille kotimaisesta turpeesta tuotetulle sähkölle on ollut vähäinen vuosina 2007-2010 johtuen hiilen korkeasta hinnasta. Keskimäärin lisähintaa on maksettu 1,3 miljoonaa euroa vuodessa. Kivihiilen hintataso vuoden 2011 alussa on ollut 13 €/MWh. Tulevaisuudessa hiilen hinnan oletetaan pysyvän samalla tasolla ja maksettavan lisähinnan alhaisena.

Syöttötariffijärjestelmään kuuluville tuulivoimaloille, biokaasuvoimaloille ja puupolttoainevoimaloille ei enää makseta energiatukea (investointitukea). Metsähakevoimaloiden investointeja monipolttoainekattiloihin edelleen tuetaan energiatuella. (HE 2010)

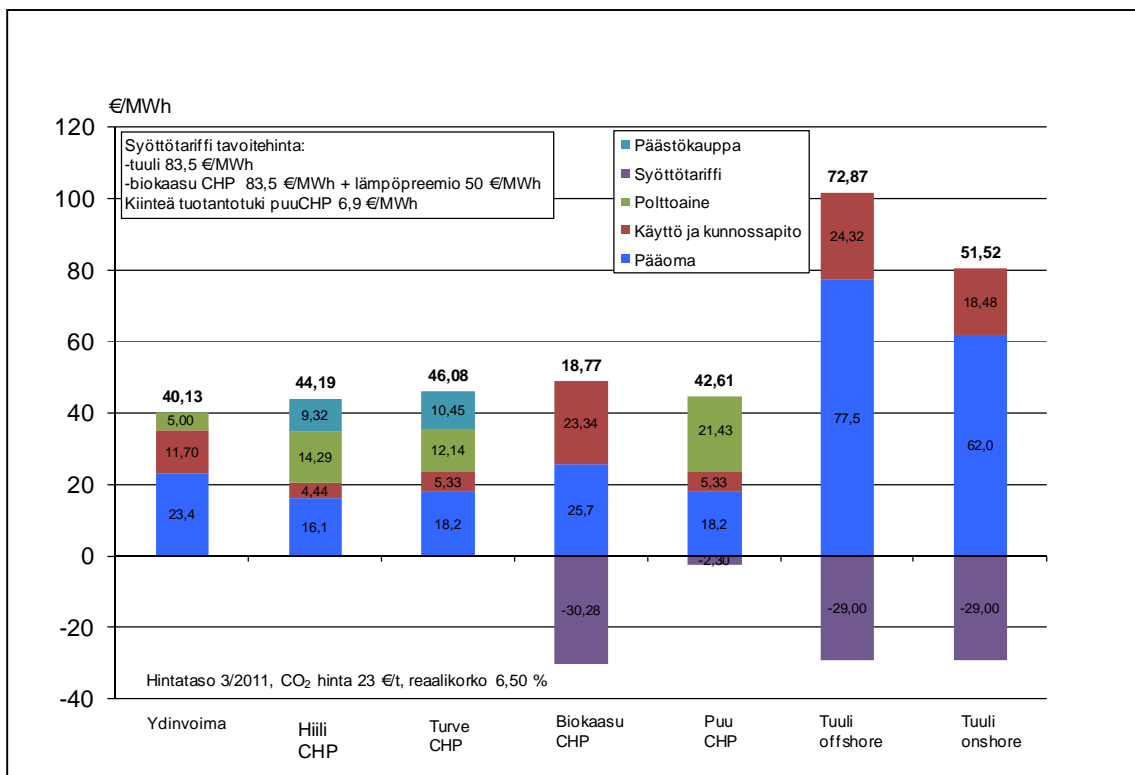
### 3.6 Syöttötariffin vaikutus sähkön tuotantokustannuksiin

Kuvassa 7 on sähkön tuotantotapojen kustannusvertailu, kun uusiutuvan sähköntuotantoon sovelletaan syöttötariffia. Tuulivoiman syöttötariffi on 83,5 €/MWh. Biokaasulle maksetaan tämän lisäksi lämpöpreemiota tuotetusta sähköstä, joten tuki on yhteensä 133,5 €/MWh. PuuCHP-laitos saa kiinteää sähkön tuotantotukea 6,9 €/MWh. Reaalikorkona on käytetty 6,5 %, kun oman pääoman osuus on 30 % ja pääomantuottovaatimus 10 % ja vieraan pääoman korko 5 %. Kustannustaso vastaa maaliskuun 2011 hintoja.

Edullisin sähköntuotantomuoto on edelleen ydinvoima. Sähkön tuotantokustannus on selvästi alle sähkön markkinahinnan, jonka keskiarvo on vuoden 2011 alusta Suomen hinta-alueella 63,9 €/MWh. Sähkön tuotantokustannus puukäyttöisessä sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitoksessa (CHP) on markkinahintaa hieman alhaisempi. Puusähkön hinta on myös kilpailukykyistä hiili ja turve yhteistuotantolaitoksissa tuotettuun sähköön verrattuna. Hiilen hinta on tällä hetkellä melko korkea ja myös

päästöoikeuden korkea hinta parantaa puusähkön kilpailukykyä sekä hiilen että turpeen suhteen. Puusähkön hinnassa polttoaineen osuus on kuitenkin noin puolet, joten sähkön tuotantokustannus on hyvin herkkä metsähakkeen hintamuutoksille.

Tuulivoiman tuotantopaikat ovat keskenään erilaisia. Tuuliolosuhteet rannikolla ovat hyvät mutta sisämaan olosuhteet metsäisyydestä johtuen ovat heikommat. Merituulivoiman rakentamisen haasteena ovat jääkuormat. Tuulivoiman syöttötariffilla rannikolle rakennettava tuulivoima saadaan tuotantokustannuksiltaan alle sähkön markkinahinnan. Hankkeen alussa maksettava korotettu syöttötariffi lisää kannattavuutta. Sen sijaan merelle rakennettavat tuulivoimalat tarvitsisivat korotetun syöttötariffin päästäkseen tuotantokustannuksiltaan alle markkinahinnan. Tulevaisuudessa arvioidaan kuitenkin investointikustannusten laskevan ja kannattavuuden paranevan, kun tuulivoimalat rakennetaan tuulivoimapuistoiksi.



Kuva 7: Sähkön tuotantotapojen kustannusvertailu sovellettaessa syöttötariffia uusiutuvaan sähköntuotantoon

CHP-biokaasulaitoksen energiantuotanto perustuu kaatopaikkakaasun käyttöön investoimalla kaasun keräysjärjestelmään ja kaasumootoriin. Vaikka syöttötariffia ei sovelleta kaatopaikkakaasuun perustuvaan sähköntuotantoon, osoittaa laskelma sähköntuotannon kustannustason, joka tariffia sovellettaessa olisi mahdollista saavuttaa.

## 4 Uusiutuvan sähköntuotannon tuki pientalon sähkön hinnassa

### 4.1 Lämmitystavaihtoehdot

Energia- ja ilmastostrategiassa on arvioitu sähkön loppukulutukseksi 94 TWh vuonna 2020. Tästä asumisen ja sähkölämmityksen osuus on 22 %. Kotitaloussähkön veroton hinta on Energiamarkkinaviraston mukaan ollut 2011 maaliskuussa 10,6 c/kWh ja sähkölämmityssähkön 8,6 c/kWh. Syöttötariffin määrä vuonna 2020 olisi enimmillään 0,36 c/kWh eli tämän hetkisiin verottomiin sähkön hintoihin verrattuna 3-4 %.

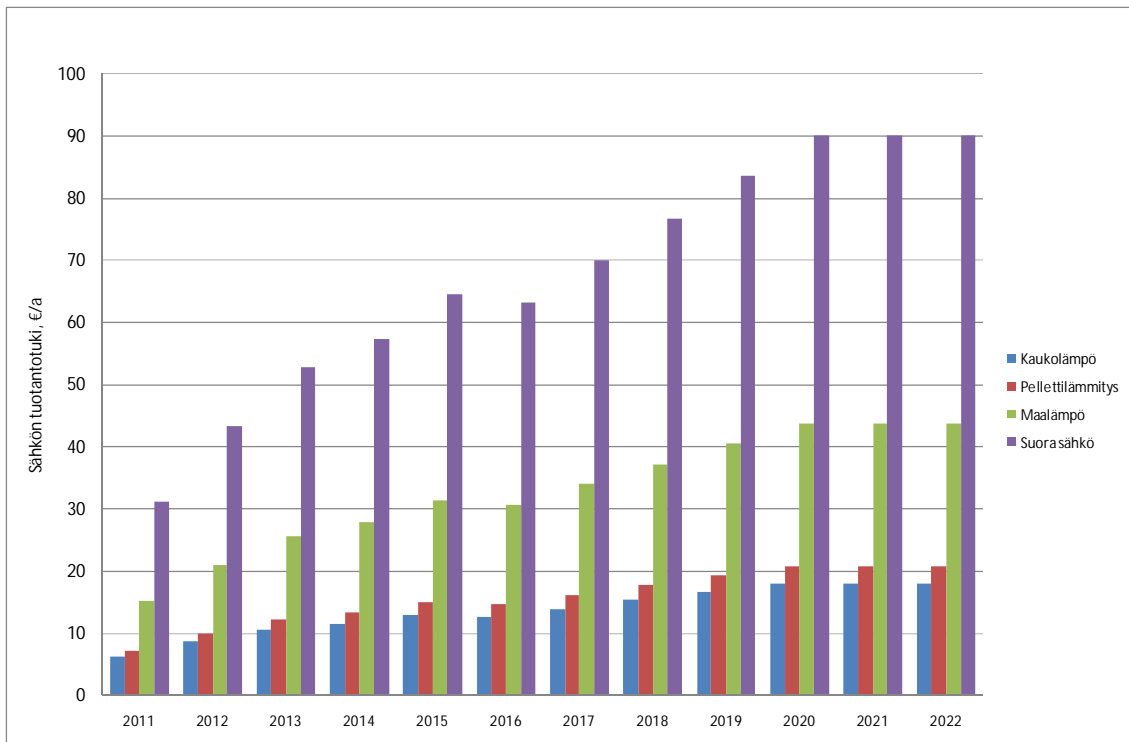
Tässä luvussa tarkastellaan uusiutuvan sähkön tuotantotuen määrää pientalojen sähkönhankinta kustannuksissa eri lämmitys vaihtoehdoilla. Sähkönkulutus sisältää sekä taloussähkön että eri lämmitysvaihtoehdoissa tarvittavan sähkön. Tarkasteluun on otettu neljä lämmitys vaihtoehtoa: suora sähkölämmitys, kaukolämmitys, pellettilämmitys ja maalämpö. Taulukkoon 2 on koottu sähkönkulutus eri lämmitystavaihtoehdoissa. Tyypikuluttajana pientalon (500 m<sup>3</sup>) lämmityssähkön kulutus on 20 MWh ja taloussähkön 5000 kWh vuodessa (Energiakatsaus 2010). Matalaenergiatalossa lämmitystarve olisi noin puolet alhaisempi. Maalämmössä lämpökertoimena käytetään 2,8. Pellettilämmityksessä kuluu taloussähkön lisäksi sähköä polttoaineen siirtoon varastosta kattilaan.

Taulukko 2: Kotitalouden sähkönkulutus eri lämmitys vaihtoehdoissa

	<b>Taloussähkö</b>	<b>Lämmityssähkö</b>
Suora sähkölämmitys	5000	20000
Maalämpö	5000	7143
Pellettilämmitys	5800	0
Kaukolämmitys	5000	0

## 4.2 Uusiutuvan sähkön tuotantotuki

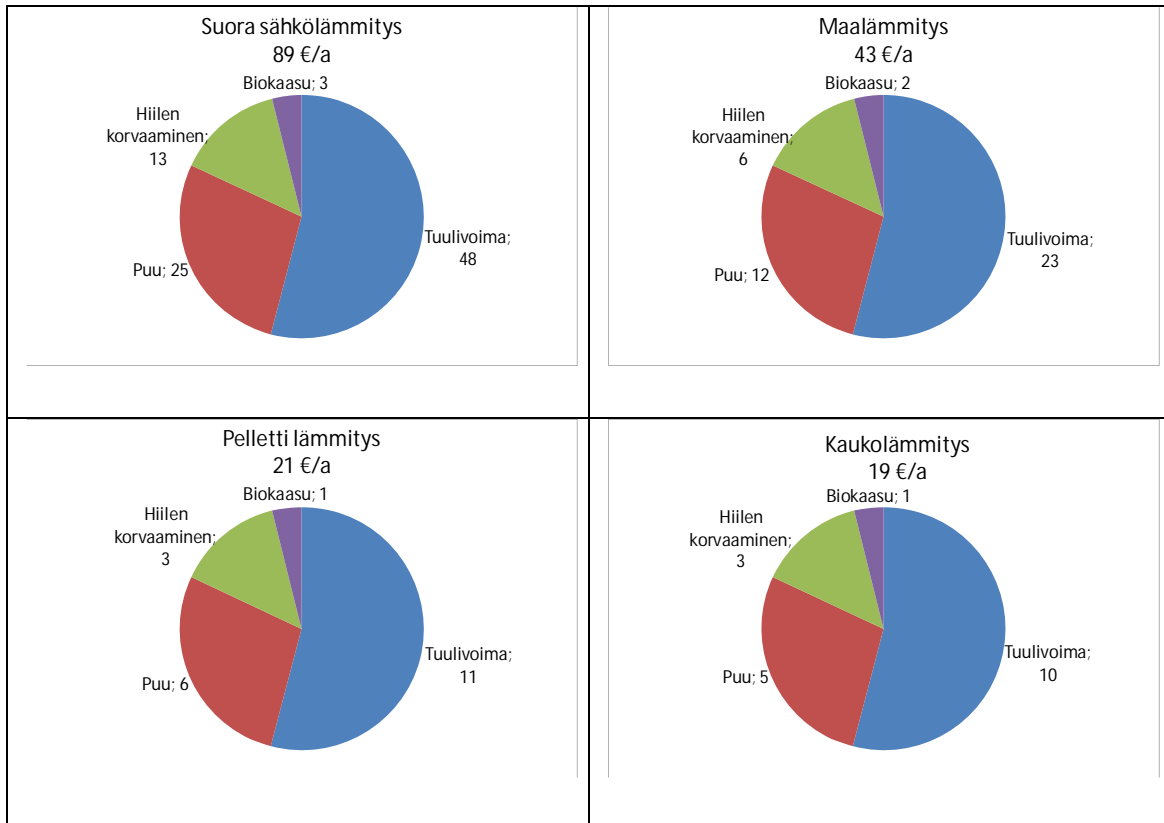
Uusiutuvan sähkön tuotantotuki pientalon eri lämmitystapavaihtoehdoissa on 6 - 89 euroa vuodessa, kuva 8. Suurimmillaan tuen määrä on vuonna 2020, jolloin tuki on suorassa sähkölämmitystalossa 89 euroa, maalämpötalossa 43 euroa, pellettilämmitystalossa 21 euroa ja kaukolämmitystalossa 19 euroa.



Kuva 8: Uusiutuvan sähkön tuotantotuki pientalossa eri lämmitystapavaihtoehdoissa 2011- 2022

Uusiutuvan sähkön tuotantotukea maksetaan tuulisähkölle, biokaasusähkölle ja puupolttoaineilla tuotetulle sähkölle. Em. lisäksi maksetaan tukea korvattaessa hiili biomassalla sähkön ja kaukolämmön yhteistuotannossa. Uusiutuvan sähkön tuotantotuki jakautuu eri kohteisiin kaikilla lämmitystapavaihtoehdoilla samassa suhteessa mutta tuen määrät ovat erisuuruiset lämmitysvaihtoehdoilla, kuva 9. Taulukon 2 mukaisilla sähkönkulutuksilla pientalon maksaman uusiutuvan sähkön tuotantotuesta kohdentuu

tuulisähkölle 43 %, hiilen korvaamiseen biomassalla 31 %, puusähkölle 23 % ja biokaasusähkölle 3 %



Kuva 9: Uusiutuvan sähkön tuotantotuen kohdentuminen pientalon eri lämmitystapa vaihtoehdoissa

## 5 Uusiutuvan sähköntuotannon työllisyysvaikutus

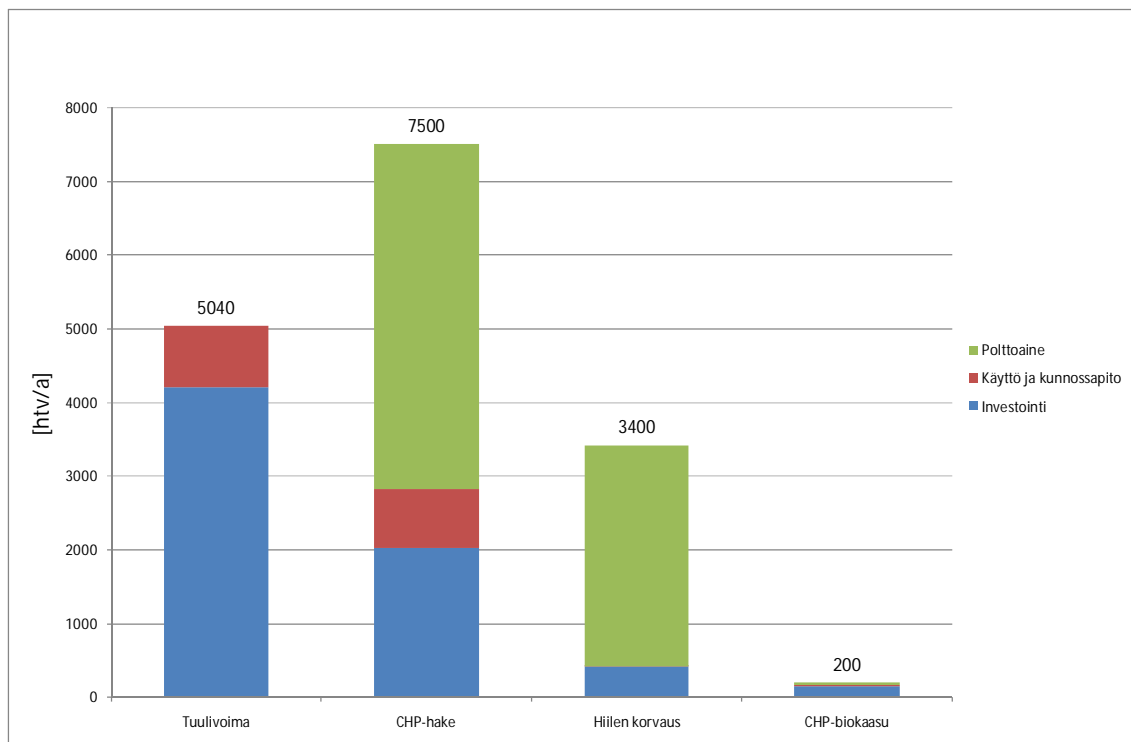
Työllisyysvaikutus on arvioitu vuodelle 2020, johon mennessä tarvittavat investoinnit uusiutuvaan sähkön tuotantoon on suoritettu ja uusiutuvalle sähkön tuotannolle asetetut tavoitteet on saavutettu. Työllisyysvaikutus on arvioitu voimalaitosten investoinnin, käytön- ja kunnossapidon ja polttoaineen hankinnan osalta. Biomassan käytön työllisyysvaikutusarvio perustuu Suomessa toteutettuihin projekteihin. Tuulivoiman työllisyysvaikutuksen arviointiin käytettiin kirjallisuuslähteitä. Investointi sisältää voimalaitoksen komponenttien rakentamiseen ja voimalaitoksen pystyttämiseen tarvittavan työvoiman. Käytön- ja kunnossapidon työllisyysvaikutus sisältää voimalaitoksella tarvittavan työvoiman. Polttoaineen työllisyysvaikutus sisältää työvoiman polttoaineen hankintaketjussa ja polttoaine toimitettuna voimalaitoksen portille.

Investointi uusiutuvaan sähköntuotantokapasiteettiin on oletettu tapahtuvan tasaisesti vuosittain vuoteen 2020 saakka, jolloin myös työllisyysvaikutus on samansuuruinen joka vuosi. Sähkön tuotantokapasiteetin kasvaessa käyttö- ja kunnossapidontarve ja polttoaineen kulutus kasvavat. Tällöin em. tekijöihin liittyvät kustannukset sekä työllisyysvaikutus kasvavat aina vuoteen 2020, jonka jälkeen ne pysyvät samalla tasolla.

Työllisyysvaikutus uusiutuvaan sähköntuotantoon on vuonna 2020 yhteensä lähes 16 200 henkilötyövuotta. Vuonna 2020 ja sen jälkeen työvoiman tarve on voimalaitosten käytössä - ja kunnossapidossa ja polttoainehankinnassa yhteensä 9 400 henkilötyövuotta. Uusiutuvan sähköntuotannon työllisyysvaikutus jakautuu seuraavasti:

- CHP hakelaitokset 7500 htv
- tuulivoima 5000 htv
- hiilen korvaus biomassalla 3400 htv
- CHP biokaasu 300 htv

Kuvan 10 mukaan suurin on CHP hakelaitosten työllisyys vaikutus vuonna 2020, 7500 henkilötyövuotta, josta metsähakkeen hankinta on 4700 henkilötyövuotta. CHP voimalaitosinvestointien työllisyysvaikutus on vuosittain 2000 htv vuoteen 2020 saakka. Voimalaitoksen käytön- ja kunnossapidon työvoimantarve on 800 htv. Insinööriytyön osuus painottuu lähinnä investointivaiheeseen ja sen määräksi on arvioitu 360 htv, kuva 11.



Kuva 10: Uusiutuvan sähköntuotannon työllisyysvaikutus vuonna 2020

Tuulivoiman työllisyysvaikutus on korkeimmillaan noin 5000 htv vuonna 2020. Tuulivoimalla työllisyysvaikutus on merkittävin investointien aikana, jolloin työvoimantarve voimalaitosten rakentamisessa on vuosittain 4200 htv. Käytön- ja kunnossapidon työllisyysvaikutus on korkeimmillaan 850 henkilötyövuotta vuonna 2020 ja sen jälkeen, jolloin tavoitekapasiteetti on saavutettu. Tosin vanhempien laitosten kunnossapidontarpeen lisääntyminen saattaa kasvattaa työvoimantarvetta.

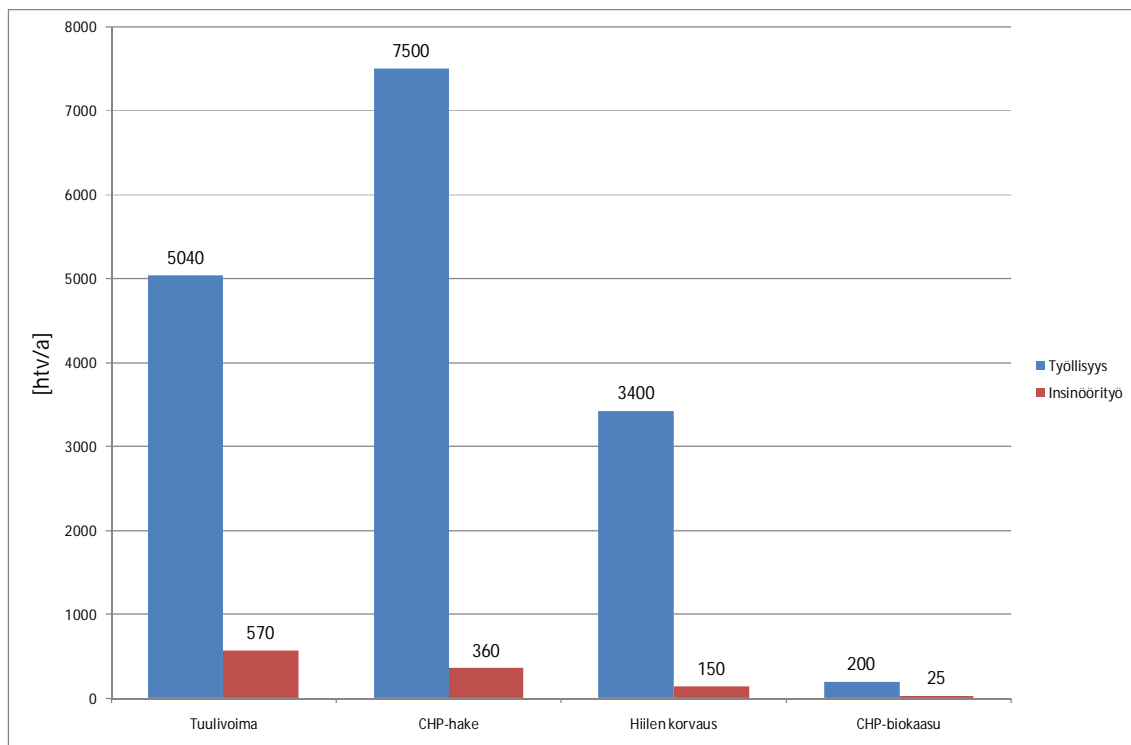
EWEA (2008) on raportoinut tuulivoimainvestoinnin välittömiksi työllisyysvaikutuksiksi 10 htv/MW ja välilliseksi 5 htv/MW, taulukko 3. EWEA:n (2008) mukaan muu välitön työllisyysvaikutus on 1,37 htv/MW. Tämä on tutkimuslaitosten, yliopistojen, konsulttien ja rahoituslaitosten työvoimantarve, jonka voidaan katsoa olevan pääasiassa insinööriyötä. Insinööriyötä tarvitaan lähinnä suunnittelussa erityisesti rakentamisen alkuvaiheessa. Käyttöön- ja kunnossapitoon sisältyy hyvin vähän insinööriyötä. Näillä perustein tässä tutkimuksessa insinööriyövoiman tarpeeksi on arvioitu 570 htv, kuva 11.

Taulukko 3. Tuulivoiman työllisyysvaikutus, EWEA (2008)

	<b>Työllisyysvaikutus htv/MW</b>	<b>Työllisyysvaikutus htv/MW kumulatiivinen</b>
Tuuliturpiinin valmistus- välitön työllisyys	7,5	
Tuuliturpiinin valmistus- välillinen työllisyys	5,0	
Asennus	1,2	
Käyttö ja kunnossapito		0,33
Muu välitön työllisyys vaikutus	1,3	0,07
Yhteensä	15,0	0,4

Kivihiilipölykattiloissa 7 TWh hiiltä oletetaan korvattavan biohiilellä ja biokaasulla. Biomassan käytön työllisyysvaikutus on 3400 htv. Suurin työvoimantarve kohdistuu polttoaineen hankintaan ja jalostukseen yhteensä noin 3000 htv ja rakentamisvaiheessa 400 htv. Biohiilen raaka-aineena käytetään metsähaketta tai muuta puuta, joka kuljetetaan torrefiointilaitokselle ja sieltä biohiilenä voimalaitokselle polttoon. Biohiilen valmistuksen vaatima investointi sekä työvoimantarve sisältyy polttoaineen hintaan (32 €/MWh), joka on selvästi hakkeen hintaa (15 €/MWh) korkeampi. Biohiilen käyttöönotto voimalaitoksella ei vaadi suuria muutoksia ja investointeja

kattilaan. Polttoaineen varastointi voimalaitoksella vaatii investointeja varastotiloihin. Jos hiili korvataan biomassaa kaasuttamalla, investointi biopolttoaineen kuivatuslaitokseen ja kaasutuslaitokseen on tyypillisesti noin 20 - 30 miljoonaa euroa laitosta kohden (Flykman et al.2011). Työvoimantarve kohdistuu kaasutuslaitosten rakennusvaiheeseen ja kaasutuksessa käytettävän metsähakkeen tai muun puupolttoaineen hankintaan. Biomassan käyttö lisää käytön- ja kunnossapidonkustannuksia muutaman prosentin hiilen käyttöön verrattuna. Insinööriävoiman tarpeeksi arvioidaan 150 htv.

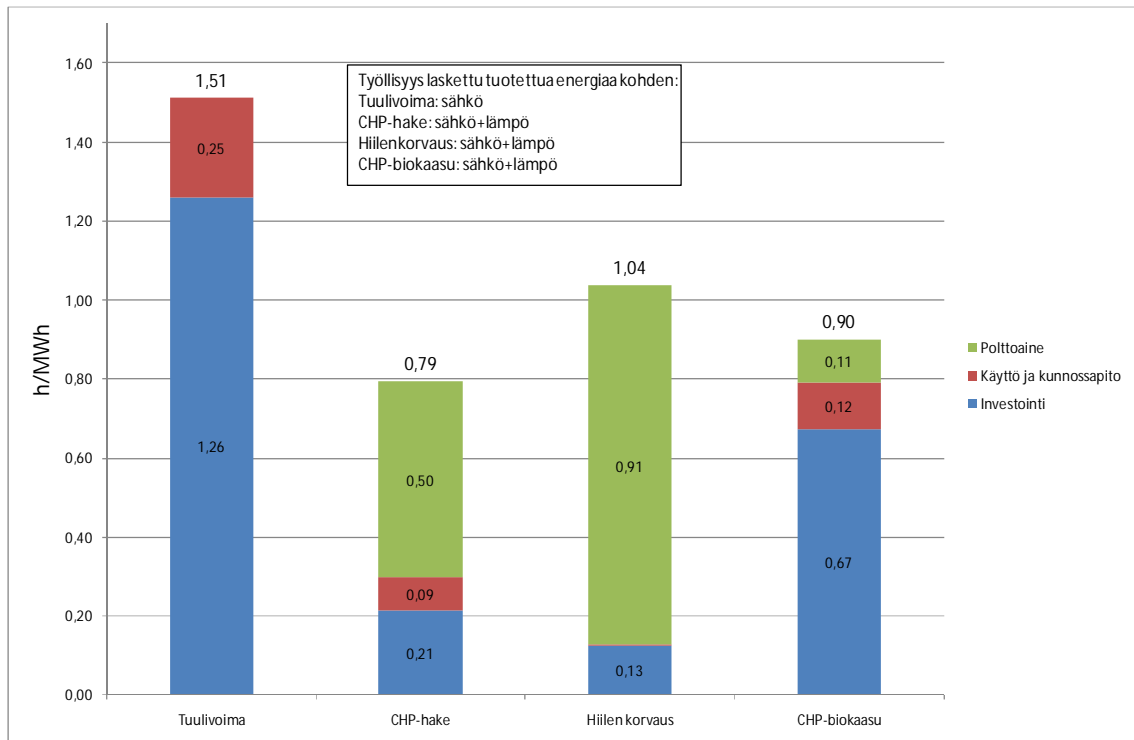


Kuva 11: Uusiutuvaan sähköntuotantoon sisältyvä työllisyys ja insinööriä

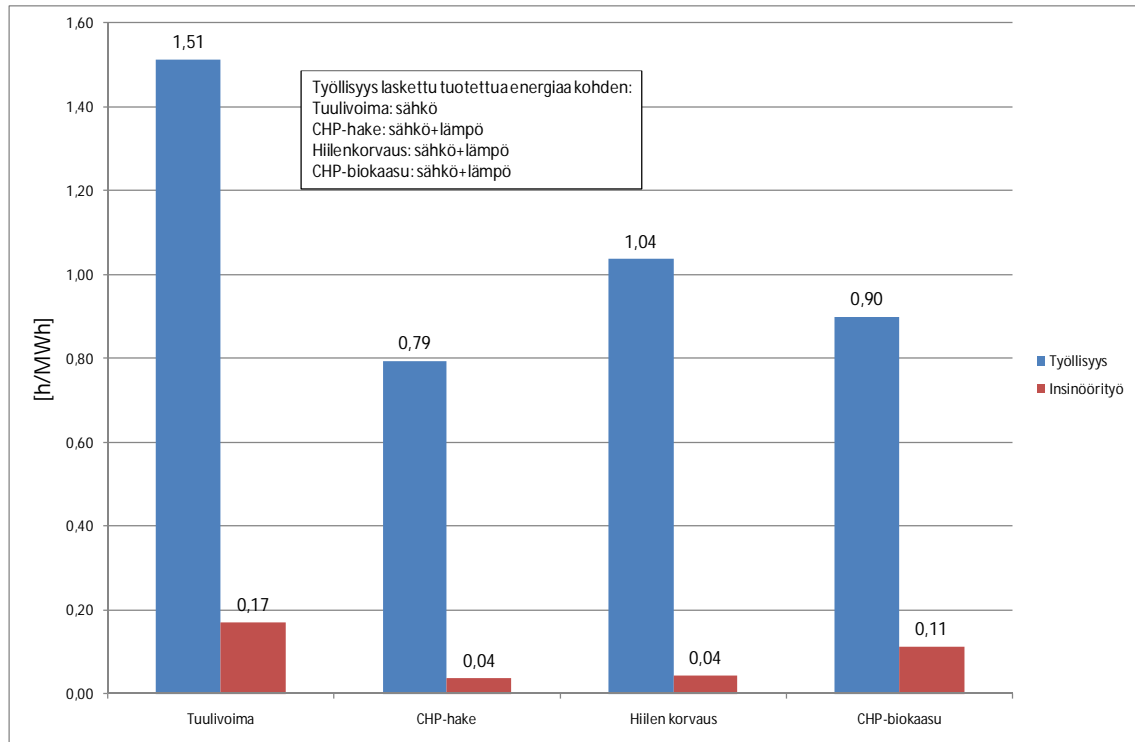
CHP laitoksissa kaatopaikkakaasun hyödyntämisen työllisyysvaikutus on noin 200 henkilötyövuotta. Työvoimantarve painottuu investointivaiheeseen ja kokonaistyövoimantarpeesta insinööriävoiman osuus on suurempi kuin muissa uusiutuvan sähköntuotannon vaihtoehdoissa.

Kuvissa 12 ja 13 työllisyysvaikutus ja insinöörityö on laskettu laitoksen tuottamaa energiaa kohden. Tuulivoimalaitoksella työllisyys on laskettu tuotettua sähköenergiaa kohden ja muissa laitoksissa tuotettua sähkö- ja lämpöenergiaa kohden.

Työllisyysvaikutus vaihtelee 0,79 - 1,51 h/MWh, josta insinöörityö 0,04 – 0,17 h/MWh. Merkittävin on työllisyyden määrä tuulivoiman rakentamisessa. Vuoden 2020 jälkeen hakkeen käyttö uusissa ja vanhoissa yhteistuotantolaitoksissa sekä korvattaessa hiiltä hakkeella yhteistuotantolaitoksissa työllistävät eniten. Koska hiilen korvauksessa käytetään hakkeesta jalostettua biohiiltä ja biokaasua on työllisyysvaikutus suurempi kuin suoraan haketta polttavissa yhteistuotantolaitoksissa.



Kuva 12: Uusiutuvaan sähköntuotantoon sisältyvä työllisyysvaikutus laitoksen tuottamaa energiaa kohden



Kuva 13: Uusiutuvaan sähköntuotantoon sisältyvä työllisyys ja insinöörityo laitoksen tuottamaa energiaa kohden

## 6 Yhteenveto ja johtopäätökset

Suomi tavoittelee kansallisten CO<sub>2</sub> päästöjen alentamista, uusiutuvien energiamuotojen osuuden lisäämistä ja energiatehokkuuden nostoa. Suomessa ei-päästökauppasektorin kasvihuonekaasupäästöjä tulee vähentää 16 % vuoden 2005 tasosta vuoteen 2020 mennessä. Vastaavasti uusiutuvien energialähteiden osuus on oltava 38 % energian loppukulutuksesta. Myös energiatehokkuutta on parannettava 20 % vuoden 2005 tasosta vuoteen 2020 mennessä.

Uusiutuvien energialähteiden käytön edistämiseksi sähköntuotannossa Suomessa on otettu käyttöön syöttötariffijärjestelmä, jonka piirissä ovat tuulivoimasähkö, biokaasuvoimalassa tuotettu sähkö, puupolttoainevoimalassa tuotettu sähkö ja metsähakevoimalassa tuotettu sähkö. Lisäksi valtioneuvostossa on valmisteilla tuki hiilen korvaamiseen biopolttoaineilla CHP-tuotannossa. Edelleen on voimassa turpeen syöttötariffi.

Suomessa otettiin käyttöön ns. markkinaehtoinen takuuhintajärjestelmä. Siinä tuottajat myyvät tuotetun sähkön normaalisti sähkömarkkinoille ja ovat velvollisia hoitamaan tasesähkönsä. Sähkön myynnistä saatujen tulojen lisäksi tuottajalle maksetaan tariffi, joka määräytyy tavoitetason ja sähkön pörssihinnan erotuksesta. Tavoitehinnaksi tuulivoimalassa, biokaasuvoimalassa, ja puupolttoainevoimalassa asetettiin 83,5 €/MWh. Tuulivoimasähkölle maksetaan kuitenkin kolmelta ensimmäiseltä vuodelta korkeampaa tavoitehintaa (105 €/MWh) mutta korkeintaan vuoden 2015 loppuun. CHP-biokaasuvoimalassa tuotetulle sähkölle maksetaan lisätukea 50 €/MWh ja CHP-puupolttoainevoimalassa tuotetulle sähkölle 20 €/MWh. Metsähakevoimaloissa tuotetulle sähkölle maksetaan päästöoikeuden mukaan vaihtelevaa sähkön tuotantotukea. Lisäksi valtioneuvostossa on valmisteilla tuki hiilen korvaamiseen biopolttoaineilla CHP-tuotannossa. Edelleen on voimassa turpeen syöttötariffi.

Uusiutuvan sähkön tuotantotuki kasvaa vuosittain ollen suurimmillaan vuonna 2022 yhteensä noin 339 miljoonaa euroa. Tällöin eniten tukea tarvitaan tuulivoimasähkön tuotantoon lähes 180 miljoonaa euroa, metsähakevoimalassa tuotetun sähkölle 60 miljoonaa euroa ja puupolttoainevoimaloissa tuotetulle sähkölle 38 miljoonaa euroa. Arvio hiilen korvaamisesta CHP-laitoksissa biokaasulla ja biohiilellä tarvittavasta tuesta on noin 40 miljoonaa euroa vuosittain.

Tuulivoiman syöttötariffilla rannikolle rakennettava tuulivoima saadaan tuotantokustannuksiltaan alle sähkön markkinahinnan. Hankkeen alussa maksettava korotettu syöttötariffi lisää kannattavuutta. Sen sijaan merelle rakennettavat tuulivoimalat tarvitsisivat korotetun syöttötariffin päästäkseen tuotantokustannuksiltaan alle markkinahinnan. Tulevaisuudessa arvioidaan kuitenkin investointikustannusten laskevan ja kannattavuuden paranevan, kun tuulivoimalat rakennetaan tuulivoimapuistoiksi.

Sähkön hinnassa uusiutuvan sähkön tuotantotuen määrä olisi 0,36 c/kWh eli tämän hetkisiin verottomiin sähkön hintoihin verrattuna 3-4 %. Pientalon eri lämmitystapavaihtoehdoissa sähkön tuotantotuen määrä vuodessa on suorassa sähkölämmityksessä 89 euroa, maalämmössä 43 euroa, pellettilämmityksessä 21 euroa ja kaukolämmityksessä 19 euroa. Sähkönkulutus sisältää sekä taloussähkön että lämmityssähkön eri lämmitystapavaihtoehdoissa.

Uusiutuvan sähköntuotannon lisäämisen työllisyysvaikutus on suurimmillaan vuonna 2020 noin 16 200 henkilötyövuotta, josta insinööri työvoiman määrä noin 1100 henkilötyövuotta. Työllisyysvaikutus uusiutuvan sähköntuotannon vaihtoehdoissa ovat seuraavat: CHP-hakelaitokset 7500 htv, tuulivoimalaitokset 5000 htv, hiilen korvaus biomassalla 3400 htv ja CHP-biokaasulaitokset 300 htv. Työllisyysvaikutus laitoksen energiatuotantoa kohden vaihtelee 0,79 - 1,51 h/MWh, josta insinööri työ 0,04 – 0,17 h/MWh.

## Lähdeluettelo

Energiakatsaus 2/2010. [verkkodokumentti]. Saatavissa pdf-tiedostona: [http://www.tem.fi/files/28630/Energiakatsaus\\_2\\_2010\\_WEB.pdf](http://www.tem.fi/files/28630/Energiakatsaus_2_2010_WEB.pdf)

Energiateollisuus ry. Sähkövuosi 2010. [verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://www.energia.fi/fi/tilastot>

Fingrid Oy. Syöttötariffijärjestelmä. [verkkodokumentti]. Saatavissa [http://www.fingrid.fi/portal/suomeksi/palvelut/turpeen\\_syottotariffi\\_5\\_2007-12\\_2010/syottotariffijarjestelma/](http://www.fingrid.fi/portal/suomeksi/palvelut/turpeen_syottotariffi_5_2007-12_2010/syottotariffijarjestelma/)

Flyktman Martti, Kärki Janne, Hurskainen Markus, Helynen Satu & Sipilä Kai. 2011. Kivihiilen korvaaminen biomassalla yhteistuotannon polypolttokattiloissa. VTT tiedotteita. Helsinki 2011 [verkkodokumentti]. Saatavissa pdf-tiedostona: [http://www.tem.fi/files/29530/Kivihiilen\\_korvaaminen\\_biomassoilla\\_yhteistuotannon\\_polypolttokattiloissa\\_VTT.pdf](http://www.tem.fi/files/29530/Kivihiilen_korvaaminen_biomassoilla_yhteistuotannon_polypolttokattiloissa_VTT.pdf)

EWEA (European Wind Energy Assosiation).2008. Wind at work. [verkkodokumentti]. Saatavissa pdf-tiedostona [http://www.ewea.org/fileadmin/ewea\\_documents/documents/publications/Wind\\_at\\_work\\_FINAL.pdf](http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/publications/Wind_at_work_FINAL.pdf).

Hallituksen esitys Eduskunnalle laiksi uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön tuotantotuesta 152/2010, HE 2010. 17.9.2010 [verkkodokumentti] [viitattu 31.1.2011]. Saatavissa <http://www.finlex.fi/fi/esitykset/he/2010/20100152>

Liukko Anja 2010. Tuotantotukisäädösten valmistelutilanne. Energiamarkkinaviraston infotilaisuus tuotantotuesta 9.11.2010. [verkkodokumentti] [viitattu 31.1.2011]. Saatavissa: [http://www.energiamarkkinavirasto.fi/files/ALiukko\\_TEM\\_Tuotantotuet\\_9112010.pdf](http://www.energiamarkkinavirasto.fi/files/ALiukko_TEM_Tuotantotuet_9112010.pdf)

Oy Vesirakentaja. 2008. Voimaa vedestä 2007. Selvitys vesivoiman lisäämis mahdollisuuksista. [verkkodokumentti]. Saatavissa pdf-tiedostona: <http://www.energia.fi/content/root%20content/energiateollisuus/fi/julkaisut%20ja%20tuotkimukset/liitteet/voimaa%20vedest%C3%A4%202007%20final%20nettiversio%20080208.pdf?SectionUri=%2Ffi%2Fjulkaisut>

Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 6 marraskuuta 2008. [verkkodokumentti] [viitattu 31.1.2011]. Saatavissa: [http://www.tem.fi/files/20585/Selontekoehdotus\\_311008.pdf](http://www.tem.fi/files/20585/Selontekoehdotus_311008.pdf)

Saarinen Jukka. 2011. Uusiutuvan energian tavoitteet ja tukipolitiikka. Metsäenergiapäivä 27.1.2011 Lappeenranta.

Stenberg, Anders & Holttinen, Hannele. 2010. Tuulivoiman tuotantotilastot. Vuosiraportti 2009. [verkkidokumentti]. VTT Working Papers 145. Kesäkuu 2010. Saatavissa pdf-tiedostona: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2010/W145.pdf>.

TEM 2009. Ehdotus tuulivoiman syöttötariffiksi. Syöttötariffityöryhmän väliraportti 2.4.2009.

TEM 2011. Vaskiluodon Voimalle energiatukea biomassan kaasutusvoimalaitokseen. [verkkodokumentti] [viitattu 15.4.2011]. Saatavissa: [http://www.tem.fi/?89519\\_m=102519&s=2471](http://www.tem.fi/?89519_m=102519&s=2471)

Thornley Patricia, Rogers John and Huang Ye, 2008, Quantification of employment from biomass power plants. Renewable Energy, 2008.

Vestas Wind Systems A/S. 2006. Life cycle assessment of offshore and onshore sited wind power plants based on Vestas V90-3.0 MW turbines. Available at: [http://www.vestas.com/Admin/Public/DWSDownload.aspx?File=Files%2FFiler%2FEN%2FSustainability%2FLCA%2FLCAV90\\_juni\\_2006.pdf](http://www.vestas.com/Admin/Public/DWSDownload.aspx?File=Files%2FFiler%2FEN%2FSustainability%2FLCA%2FLCAV90_juni_2006.pdf). Accessed on 25.3.2009

ISBN 978-952-265-093-1  
ISBN 978-952-265-094-8 (PDF)  
ISSN 1798-1328  
Lappeenranta 2011



**Open your mind. LUT.**  
Lappeenranta University of Technology