

POHJOIS-KARJALANAMMATTIKORKEAKOULU

Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Ami Telilä

Aurinkosähkö omakotitalon energiansäästöä

Sisällys

1 Johdanto.....	6
2 Energianlähde	7
2.1 Säteily.....	8
3 Aurinkosähkö.....	9
3.1 Aurinkokenno	9
3.2 Aurinkopaneeli	11
3.3 Yksikiteinen aurinkokenno	13
3.4 Monikiteinen piikenno	14
3.5 Ohutkalvokenno.....	15
4 Aurinkosähkö maailmalla.....	17
4.1 Saksa.....	19
4.2 Italia	20
4.3 Yhdysvallat	21
4.4 Kiina.....	21
5 Verkkopariteetti	22
5.1 Verkkopariteetti Suomessa	24
5.2 Aurinkosähkön hinta yritykselle	26
6 Aurinkolämpö.....	27
6.1 Aurinkolämpö ja -sähkö vertailua.....	27
7 Verkkoonsyöttö mahdollisuus	29
8 Hiilijalanjälki	29
9 Pohdinta	30

Käytetyt lyhenteet:

piikkiwatti (Wp) eli Pvpaneelin tuottama huipputeho

kWh kilowattitunti

kW kilowatti

MW megawatti

GW gigawatti

Kuvat:

Kuva 1 Aurinko

Kuva 2 Monikiteinen pii

Kuva 3 Yksikiteinen piisylinteri

Kuva 4 Yksikiteinen piikennosto

Kuva 5 Monikidepaneeli

Kuva 6 Ohutkalvokennon asennusta

Kuva 7 Saksan 14.5.2012 klo 13 tuottama aurinkovoimateho

Kaaviot:

Kaavio 1 Aurinkovakion vaihtelu

Kaavio 2 Aurinkokennon toiminta

Kaavio 3 Paneelien wattihinta Yhdysvalloissa

Kaavio 4 Aurinkosähkökilowatin asennushinta

Kaavio 5 Maailmalle vuonna 2011 asennettu aurinkosähkö

Kaavio 6 Ennuste aurinkoenergia-asennusten kasvusta

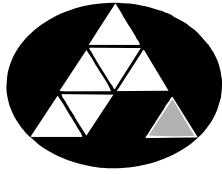
Kaavio 7 Saksan 14.5.2012 klo 13 tuottama aurinkovoimateho

Kaavio 8 Asennusten lisäys

Kaavio 9 Asennettujen järjestelmien hinta

Kaavio 10 kWh hinta

Kaavio 11 Energian hinta



POHJOIS-KARJALAN
AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2012
Ympäristötekniikan
koulutusohjelma

sirkkalankatu
80100 JOENSUU
p. (013) 260 6906

Ami Telilä

Aurinkosähkö omakotitalon energiansäästöissä

Toimeksiantaja Kaivosyhtymä Telilä

Tiivistelmä

Tässä työssä esittelen aurinkosähkön nykytilaa sähköntuotannossa sekä aurinkosähkön mahdollisuuksia saavuttaa verkkopariteetti. Aurinkosähkön käytön vähäisyys Suomessa oli osaltaan innoittamassa tämän työn tekoon. Aurinkosähköisten paneelien käyttöä mietittiin omakotitalon lämpimän käyttöveden tuotossa. Perinteinen aurinkolämpö otettiin tarkasteluun mukaan vertailukohtaksi. Aineisto työhön haettiin pääosin internetistä, koska aihetta koskeva kirjallisuus on vanhentunutta etenkin hintojen ja tuotantomäärien osalta. Verkkopariteetti saavutetaan kun tuotetaan aurinkopaneeleilla sähköä samaan hintaan tai halvemmalla kuin sitä voi ostaa kantaverkosta. Korkean sähkönhinnan maat ovat saavuttamassa verkkopariteetin Euroopassa ja muutamat osavaltiot Australiassa ovat sen jo saavuttaneet. Suomi tarvitsee investointitukia tai syöttötariffia aurinkosähkölle auttaakseen verkkopariteetin syntymistä. Aurinkosähkö on nopeasti kasvava teollisuudenala ja työllistäisi Suomessakin. Aurinkopaneelien hintakehitys on ollut laskeva ja tuotantomäärät kasvavat. Aurinkojärjestelmien hintojen lasku lisää uusiutuvan energian investointeja.

Kieli
suomi

Sivuja 37
Liitteet
Liitesivumäärä

Asiasanat
aurinkosähkö, verkkopariteetti



NORTH KARELIA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

THESIS
May 2012
Environmental technology in Uni-
versity
of
applied sciences
sirkkalankatu
FIN 80100 JOENSUU
FINLAND

Author(s)
Ami telilä

Title

Commissioned by Mining company Telilä

Abstract

In this thesis, I present the the current state of solar electricity and when the solar power will be reaching grid parity. The main cause of the thesis is the low use of solar electricity in Finland. One thing was to produce hot water with photovoltaic solar electric panels. This thesis compares the photovoltaic electricity to the solar thermal electricity. Data for this study was collected mainly from the Internet because the literature concerning prices and production volumes is out of date.

Grid parity is reached when the energy generated by rooftop PV panels produces electricity for the same price or cheaper than it can be bought from the main grid. European countries that have high electricity prices are reaching grid parity and some states of Australia have already reached it. Finland needs solar subsidies to help contribute the achievement of grid parity. Solar produced energy is a rapidly growing industry which may employ in future. Solar panel prices have been on the decline and the production volumes are growing. The fall in prices of solar systems will help increase the amount of Renewable Energy Investments.

Language
Finnish

Pages 37
Appendices
Pages of Appendices

Keywords

solar energy, grid parity

1 Johdanto

Opinnäytetyön aiheen valintaan vaikutti aurinkosähköisten paneelien vähäinen käyttö Suomessa. Nykyinen jatkuva energianhinnan nousu meitä kaikkia. Energiamaksut ovat iso osa kuukausittaisista menoistamme ja voisiko niitä pienentää totutteleamalla toisenlaiseen energiankäyttötapaan, jossa rinnalla on oma sähkön pientuotanto aurinkopaneeleilla.

Omaakohtaiset kokemukset aurinkopaneelien käytöstä mökkien sähköistyksessä ovat positiivisia. Vanhin omassa käytössä oleva aurinkopaneeli on antanut sähköä jo yli 30 vuotta eikä paneeli osoita kohtuuttomia vanhenemisen merkkejä. Vaarin 70 - 80-luvun taitteessa huvilalleen ostama paneeli. Isäni ja 12 vuotiaan poikansa avustuksella asentama paneelisto oli silloin uusi ja ihmeellinen. Hintakin moninkertainen nykyhintaan verrattuna. Pelkästään aurinkopaneelin pitkä käyttöikä ja huoltovapaus ovat niitä tekijöitä, joilla kuluttajan uskallus niiden käyttöönottoon kasvaa.

Suomessa tuetaan uusiutuvista energiamuodoista mm. tuulivoimaa, biokaasua sekä puista ja kannoista saatavaa energiaa. Tuet saa investointitukina tai syöttötariffeina maksamalla takuuhinta tuotetulle sähkölle. Aurinkoenergian käytön kannustamiseksi ovat toimet valtion taholta vähäiset. Tässä työssä tarkastellaan aurinkosähköä maailmalla, sekä voisiko omalla aurinkosähköjärjestelmällä saada kannattavia säästöjä omakotitaloasujalle. Aurinkosähköjärjestelmiä on Suomessa paljon mökkikäytössä ja isompiakin järjestelmiä on rakennettu. Kuluttajalle kuitenkin tärkein asia, rakentaessaan aurinkosähköjärjestelmän, on lopullinen hinta. Ekologisuus on suuri etu, muttei kuitenkaan vaikuttavin liikkeellepaneva voima.

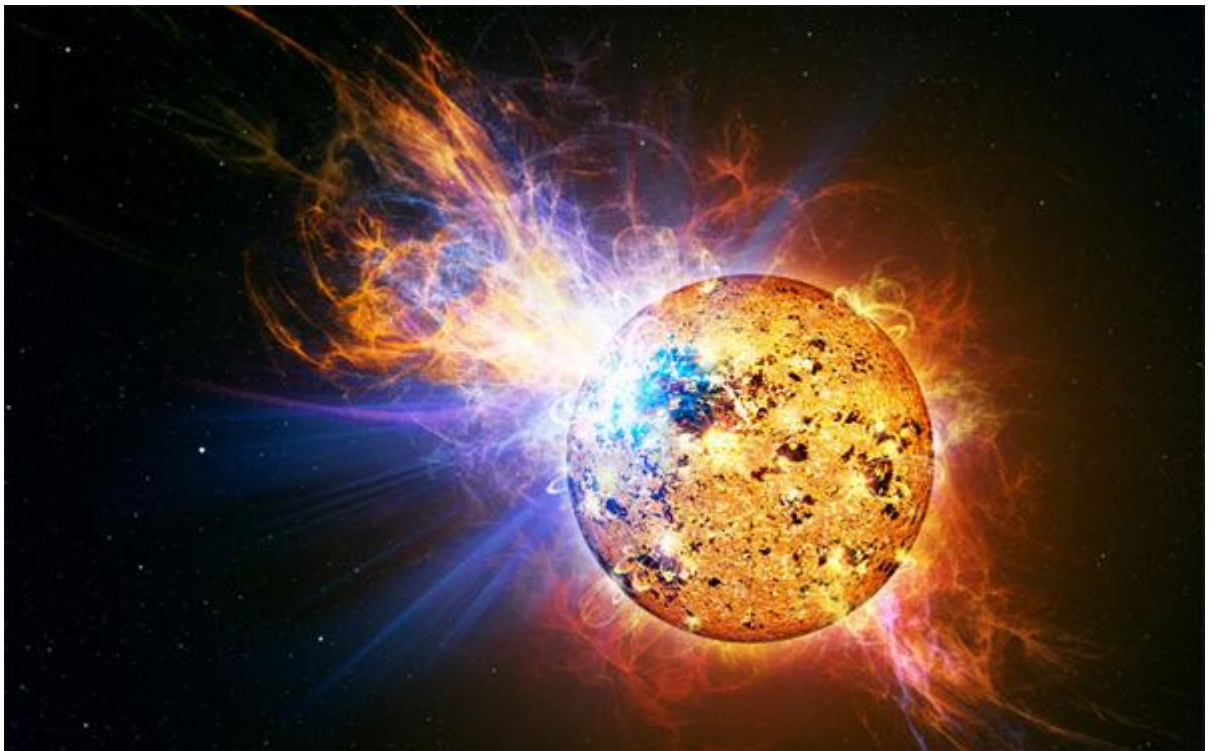
2 Energianlähde

Aurinko on vetyä ja heliumia sisältävä kaasupallo. Säteilyn paine sekä Auringon oma paino pitävät tähteä muodossaan, ilman säteilyn painetta tähti romahtaisi. Kaasun elektronit ovat irronneet atomiydinten ympäriltä ja kaasu on ionisoitunutta plasmaa. ”Kuumuuden johdosta nämä hiukkaset liikkuvat niin nopeasti, että törmäyksissäkään ydinten ja elektronien välinen sähköinen vetovoima ei riitä pysäyttämään niitä toistensa luo ja yhdistämään niitä atomeiksi.” (Ilmatieteen laitos 2012.)

Kaikki energia syntyy Auringon ytimessä, jonka on kooltaan neljäsosa Auringon säteestä. Ytimessä lämpötila on niin suuri että pienimmät atomiytimet voivat yhtyä raskaammaksi ytimeksi. Fuusioksi kutsuttu prosessi etenee monien eri välivaiheiden kautta siten että neljä vety-ydintä yhtyy yhdeksi heliumytimeksi. Fuusiossa muuttuu sekunnissa 600 miljoonaa tonnia vetyä 596 miljoonaksi tonniksi heliumia. Painosta puuttuva neljän miljoonan tonnin massa muuttuu energiaksi, joka vapautuu suurienergisinä fotoneina. (Ilmatieteen laitos 2012.)

2.1 Säteily

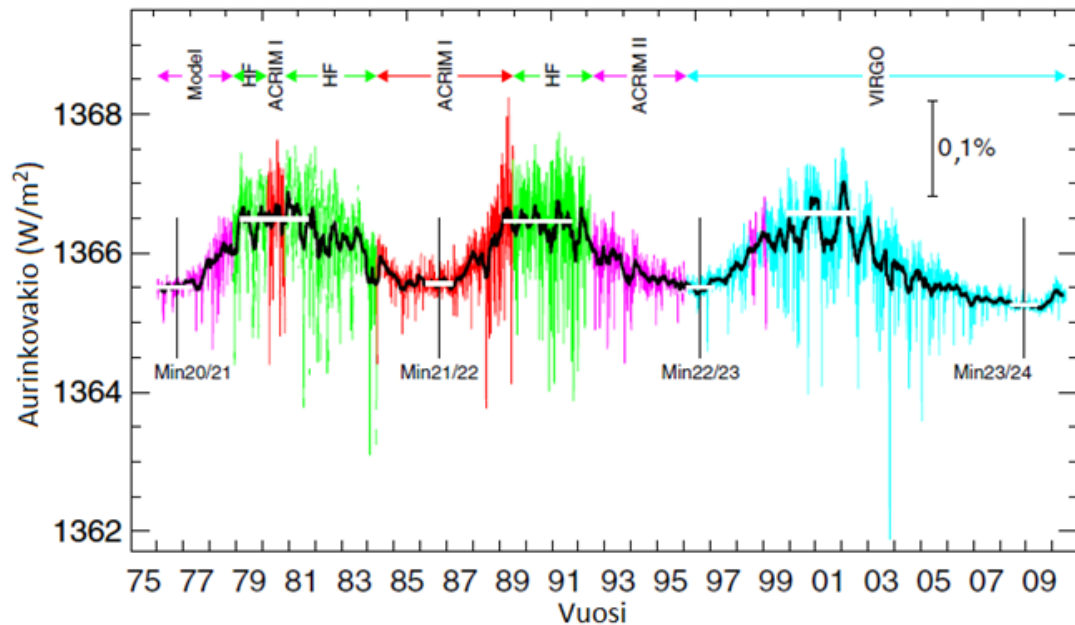
Auringon fuusioenergia säteilee avaruuteen pääosin näkyvänä valona ja infrapunasäteilynä. Säteilyn teho on maan etäisyydellä noin 1366 wattia neliometriä kohti. Lukua kutsutaan aurinkovakioksi. (Ilmatieteen laitos 2012.)



Kuva 1. Aurinko (Max updates)

Auringonpilkut aiheuttavat aurinkovakioon pieniä muutoksia. Aurinkovakio voi pienentyä pari tuhannesosaa noin viikoksi. Silloin kun ympäristöään tummemmat pilkut vaeltavat Auringon pinnan yli. Auringon ollessa aktiivisimmillaan ulkopuolinen osa Auringon pinnasta on hieman kirkkaampi. Kirkkauden johdosta Auringon keskimääräinen säteilyteho on suurempi 11-vuotisen pilkkujakson maksimin kuin pilkkuminimin aikana. Säteilytehon ero on promillen luokkaa. (Ilmatieteenlaitos 2012.)

Kaavio 1. Aurinkovakion vaihtelu (Ilmatieteen laitos)



Auringon säteilyteho on kasvanut 4,5 miljardissa vuodessa. Alussa se oli teholtaan suunnilleen 72 % nykyisestä. Aurinko kirkastuu jatkuvasti ja kuumentaa maapalloa siten että miljardien vuosien päästä meret höyrystyvät ilmakehään. Vesihöyry, ilmakehän tehokkaana kasvihuonekaasuna, kiihdyttää kasvihuoneilmiötä ja Maa on lopulta elinkelvoton. (Ilmatieteen laitos 2012.)

3 Aurinkosähkö

3.1 Aurinkokenno

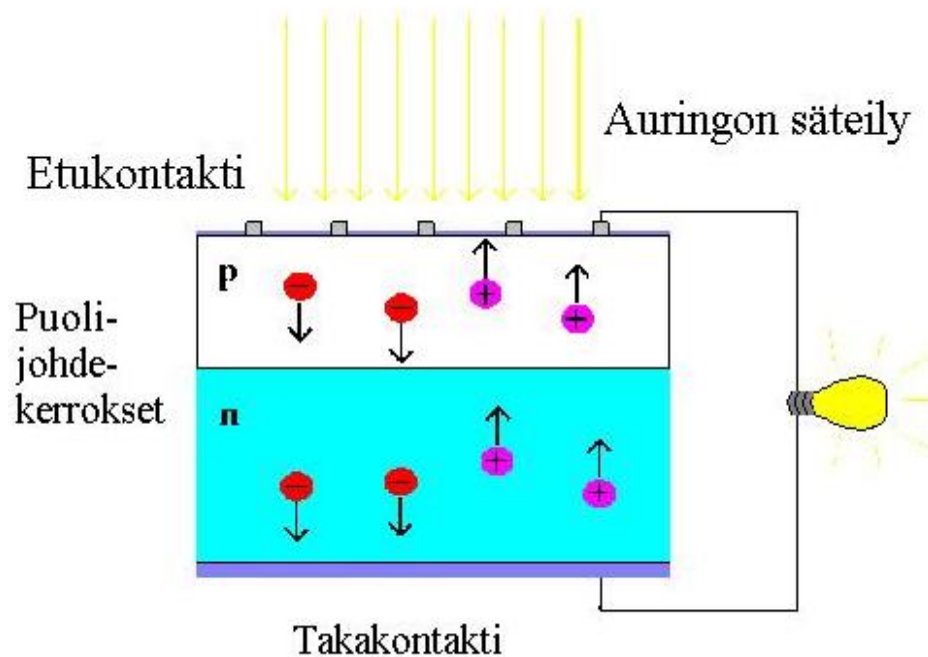
”Tavallisen aurinkokennon toiminta perustuu auringonvalon absorptioon puolijohteessa. Puolijohteet ovat kiteisen rakenteen omaavia materiaaleja, joissa atomit järjestäytyvät säännöllisesti tiettyjen tasapainoehtojen mukaan. Puhtaat puolijohteet johtavat sähköä heikokosti huoneenlämpötilassa, mutta puolijohteiden hyödyllisyys perustuu siihen, että niiden

sähkönjohtavuusominaisuuksia voidaan säädellä lisäämällä niihin tiettyjä vieraita alkuaineita”. (Tkk 2012.)

”Kun aurinkokennon puolijohdemateriaaliin osuu auringonvalon foton, se irrottaa kidehilassa kiinni olevasta atomista yhden elektronin. Kun hilaan osuvan fotonin energia siirtyy elektronille, vapautuu kyseinen elektroni sidoksesta, jolloin se on vapaa liikkumaan kiteessä ainakin hetken ennen kuin se kiinnittyy takaisin alkuperäiseen atomiinsa tai johonkin toiseen atomiin. Vapaa elektroni jättää taakseen tyhjän elektronitilan, niin sanotun aukon”. (Tkk 2012.)

”Fysikaalisesti elektronin 'vapaata' ja 'sidottua' olotilaa kuvataan niin sanotuilla energiavöillä, jotka määräävät elektronin energian tietyssä tilassa. Sidotut elektronit ovat matalalla energialla valenssivyössä, kun taas vapaat elektronit liikkuvat korkealla energialla johtavuusvyössä. Siirtymä valenssivyöltä johtavuusvyölle voi tapahtua vain jos elektroni vastaanottaa fotonilta tarpeeksi paljon energiaa. Koska elektroni jättää taakseen tyhjän aukon, jää lähtöatomille positiivinen varaus. Aukko voi liikkua ympäri kidehilaa valenssivyössä kuin positiivinen varauksenkuljettaja. Sähkökuljetus aurinkokennossa jakautuu näin ollen negatiivisten elektronien ja positiivisten aukkojen liikkeeseen. Tavallisessa puolijohteessa johtavuusvyöllä oleva elektroni laskeutuu itsestään takaisin valenssivyöhön erittäin nopeasti, tuhoten samalla myös aukon. Tätä ilmiötä sanotaan rekombinaatioksi. Jotta valosähköisestä ilmiöstä olisi jotain hyötyä, täytyy elektroni ja aukko erottaa toisistaan ennen kuin ne ehtivät rekombinoitua. Tässä puolijohteiden erikoisominaisuudet koituvat hyödyksi, sillä aurinkokennon sisään voidaan luoda sähkökenttä seostamalla piitä erityyppisillä vierailta atomeilla”. (Tkk 2012.)

Kaavio 2. Aurinkokennon toiminta (Helsinki university of technology)



”Puolijohdetta, jossa on ylimääräisiä elektroneja sanotaan n-tyyppiseksi, kun taas puolijohdetta jossa on elektronialijäämä sanotaan p-tyyppiseksi. Kun n-tyypin puolijohde asetetaan kosketukseen p-tyypin puolijohteen kanssa, diffundoituvat n-puolen ylimääräiset elektronit p-puolelle täyttämällä p-puolen tyhjät aukot. Kun aurinkokennoon osuva auringonvalo vapauttaa elektroneja paikoiltaan molemmilla puolilla aurinkokennoa, ajaa aurinkokennon sisäinen sähkökenttä n-puolella syntyneet aukot p-puolelle ja p-puolella vapautuneet elektronit n-puolelle, josta ne voidaan viedä ulkoiseen virtapiiriin”. (Tkk 2012.)

3.2 Aurinkopaneeli

Aurinkopaneeleissa eniten käytetty puolijohde on pii. Puolijohdeisiin käytettyä piitä saadaan valmistettua kvartsihiekasta (SiO_2) kuumentamalla sitä yli 2 000 asteisessa valokaariuunissa hiilen (C) kanssa. Kuumudessa hiili reagoi piidioksidin hapen kanssa, jolloin syntyy hiilidioksidia ja piitä. Painavampana pii laskeutuu sulassa massassa uunin pohjalle. Prosessiin lisätään vielä happea, jotta saataisiin kalsium- ja alumiiniepäpuhtauksia vähemmäksi. Tällä tavalla saadaan jopa 99 prosenttisesti puhdasta piitä. Saavutettu puhtausaste ei siltikään ole vielä riittävä. Jäähdytynyt ja kovettunut pii hienonnetaan jauheeksi ja annetaan reagoida vetykloridin kanssa 300 asteisessa leijukerrosreaktorissa. Tämä reaktion seurauksena syntyy nestemäistä trikloorisilaania. Trikloorisilaani reagoi vielä 1 100 asteisen vetykaasun kanssa. Prosessi tuottaa puhtaudeltaan 99.99999 %:ista monikidepiitä. (Bedford 2009.)



Kuva 2. Monikiteinen pii (Pvc drom)

”Haluttaessa tehdä yksikidepiitä sulatetaan monikidepii yli 1 414 asteiseksi pyörivässä kvartsiupokkaassa. Sulasta piistä kasvatetaan yksi iso kide Czochralski prosessissa.” (Bedford 2009.)



Kuva 3. Yksikiteinen piisylinteri (solarserver)

Piitä tuotettiin viime vuonna 285 000 tonnia ja tuotannon odotetaan nousevan vuoden 2012 lopulla 328 000 tonniin. Kysyntää piille on kuitenkin odotettavissa tuotettua määrää vähemmän. (Stuart 2012.)

Kiteisestä piistä tehdyillä kennoilla on aurinkopaneelien kennoteknologioista suurin noin 75 %:in markkinaosuus. Kiteisestä piistä valmistettu kenno antaa korkeamman hyötysuhteen kuin muunlaiset kennot ja on muita edullisempi. Piitä valmistetaan kysyntää enemmän ja siten kennojen valmistusmateriaali ei lopu. (Karirinne, Rantamäki ja Teräsvirta 2012.) Tavallinen 100 cm² piikenno tuottaa 0,5 v jännitteen ja 2.5-3 A virran. Aurinkokennoja kytketään tavallisesti aurinkopaneelissa 36 kpl sarjaan. jotta saataisiin aikaan suurempi jännite. Tällaisella sarjaankytkennällä saadaan aikaan 18 v jännite joka riittää esimerkiksi 12 v akun lataamiseen.(McRea, 2008 ,140.)

3.3 Yksikiteinen aurinkokenno

Yksikiteiseksi kasvatettu piikide leikataan poikittaissunnassa ohuiksi viipaleiksi. Viipaleista valmistuisi pyöreitä piikennoja. Pyöreät kennot kuitenkin tekisivät aurinkopaneelin pinta-alasta liian suuren ja siksi ne muotoillaan enemmän kulmikkaaksi. Paneeleiden teho on 75 - 140 Wp/m² ja hyötysuhteet 15 % - 22 %. (Karirinne, Rantamäki ja Teräsvirta 2012.)



Kuva 4. Yksikiteinen piikennosto (Himinzed)

3.4 Monikiteinen piikennosto

Monikiteinen pii on valmistettu kulmikkaaseen muotoon ja siitä leikkaamalla saadaan valmiiksi suorakulmaisia piikennoja. Piin monikiteisyys on nähtävissä kennon pinnalla. Paneeliin saadaan asennettua suorakulmaisen muotoiset kennot tiiviisti. Tiiviisti asentamalla saadaan paneelille miltei sama tuotto kuin yksikiteiselle paneelille. Hyötysuhde on kuitenkin pienempi. Monikidepaneelin teho on 75-140 Wp/m² ja hyötysuhde 10 % - 15 %. (Karirinne, Rantamäki ja Teräsvirta 2012.)



Kuva 5. Monikidepaneeli (Sunwawe solar)

3.5 Ohutkalvokenno

Ohutkalvokennopaneeli on valmistettu erittäin ohuesta puolijohdemateriaalista, jossa käytetään erilaisia aineyhdisteitä. Kennoihin kuluu vähemmän materiaalia ja ovat edullisempia valmistaa. Kennojen hyötysuhde on perinteisiä paneeleita pienempi useimmiten kymmenen prosentin luokkaa ja saatu teho on 40-65Wp/m². Kennoja valmistetaan ohuesta kalvosta, jonka pintaan kerrostetaan puolijohdemateriaalia atomikasvatusperiaatteella. Valmis taipuisa kenno voidaan kääriä rullalle. Ohutkalvoaurinkokennoa valmistetaankin rullalta-rullalle menetelmällä edullisesti suuria määriä. Suuret tuotantomäärät, kennojen joustavuus sekä edullisuus antavat ohutkalvokennojen luovalle käytölle rakentamisessa uusia mahdollisuuksia. (Karirinne, Rantamäki ja Teräsvirta 2012.)

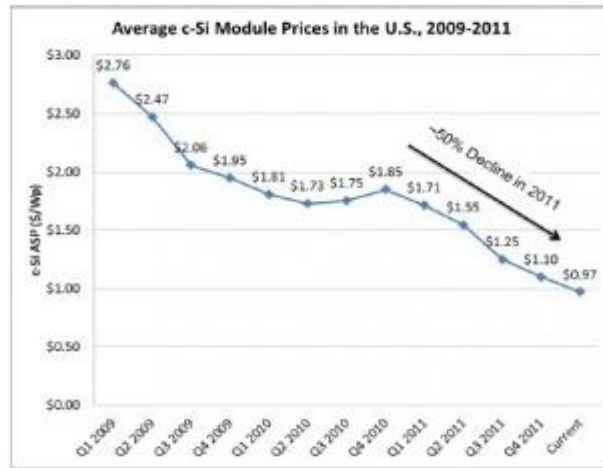


Kuva 6. Ohutkalvokennon asennusta (reuk)

Aurinkokennoja valmistettiin maailmanlaajuisesti 29,5 GW vuonna 2011. Tuotanto on siirtymässä Asiaan sillä valmistetuista paneeleista on tuotettu 74% Kiinassa ja Taiwanissa. Perinteiset piikennot ovat vielä eniten käytetty paneelityyppi sillä ohutkalvotuotannon osuus on 11% kokonaistuotannosta. (GTM Research 2012.)

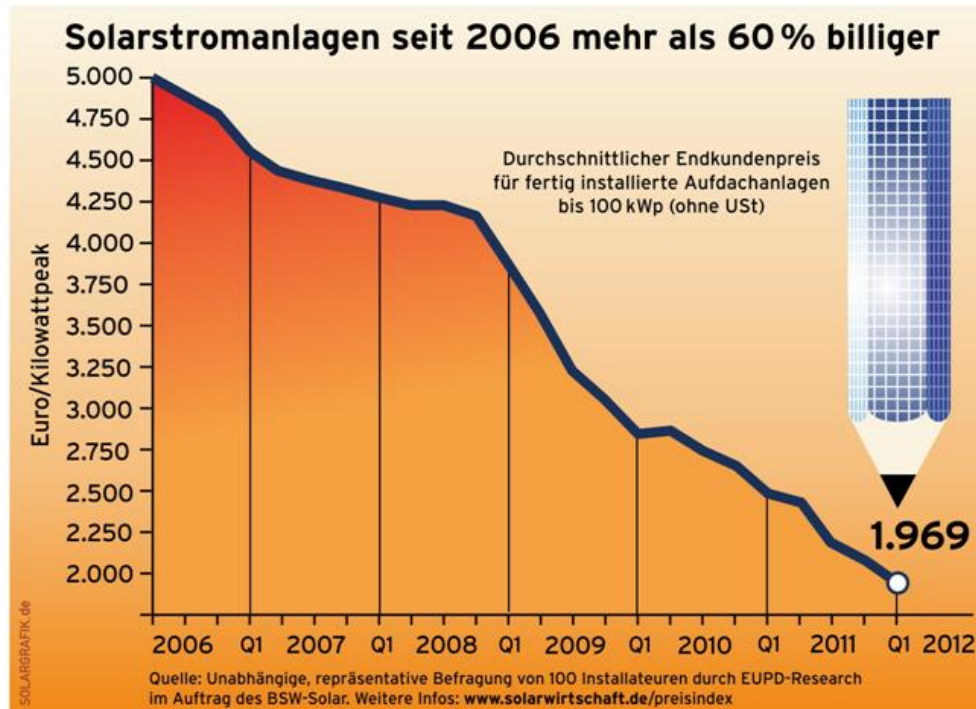
Kaavio 3. Paneelien wattihinta Yhdysvalloissa (0,75 e/W) (Gtm research)

2011 Was a Tough Year For Solar Manufacturers



Aurinkosähköä asennetaan piikkiwatteina eli (Wp) joka on aurinkopaneelin hyvissä olosuhteissa tuottama huipputeho. Aurinkopaneelisto tuottaa vuodessa Etelä-Suomessa parhaimmillaan 1 kWh/Wp. Olosuhteista riippuen tuotto vaihtelee välillä 0,6 - 1 kWh/Wp. Neliömetri aurinkopaneelia tuottaa 120 - 150 Wp/m². Tuotto on riippuvainen käytettävän paneelin hyötysuhteesta. (Solpros 2001.)

Kaavio 4. Saksassa aurinkosähkökilowatin asennushinta on 1 969 e (solarwirtschaft 2012).



4 Aurinkosähkö maailmalla

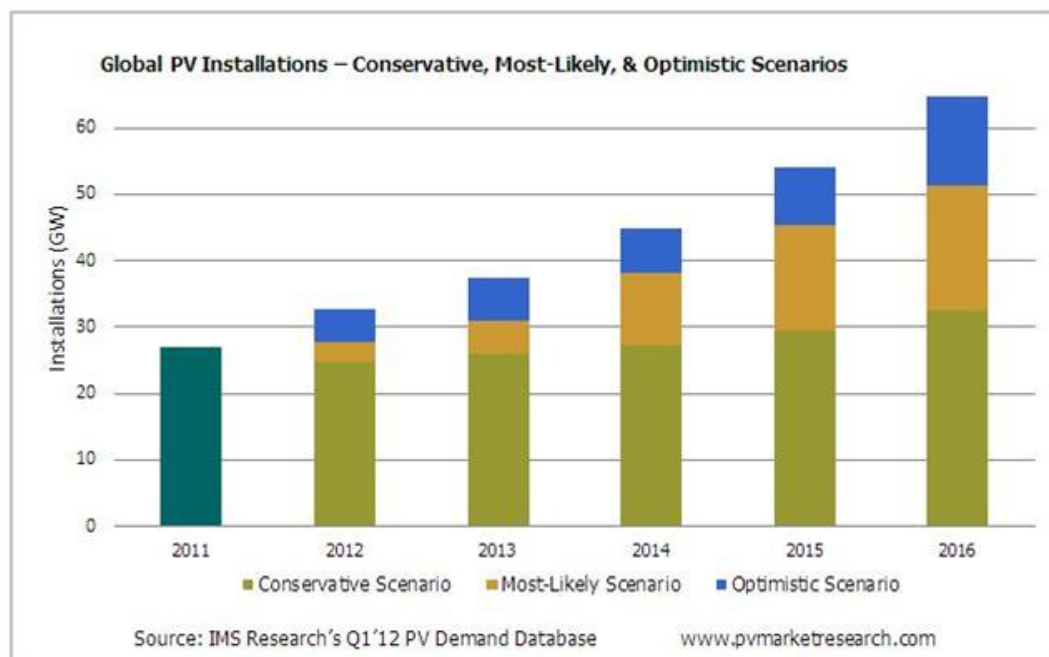
Auringonpaisteisemmat maat eivät ole asentaneet aurinkosähköä muita maita ahkerammin. Vähemmän auringonsäteilyä saava Keski-Eurooppa on ollut aurinkoenergian rakentamisen kärjessä. ”Euroopan maiden osuus maailmalle asennetusta aurinkosähköstä oli 68 % vuonna 2011” (Solarbuzz 2012). Kannusteena useissa maissa on ollut uusiutuvien energioiden erilaiset tuet. Syöttötariffilla on aikaansaatu eri maissa aurinkopaneelien valmistuksen ja kehittämisen huomattavaa kasvua. Suuremmat valmistusmäärät näkyvät aurinkopaneelien vuosittain alenevissa hinnoissa.

Eurooppaan on asennettu aurinkosähköjärjestelmiä yli 50 GW:n ja muihin maanosiin 17,4 GW vuoden 2011 loppuun mennessä. Asennetujen järjestelmien tuotto riittää 15 miljoonan asukkaan käyttöön. (EPIA 2012.)

Kaavio 5. Maailmalle vuonna 2011 asennettu aurinkosähkö

2011	Maa	Aurinkosähkön lisäys MW	Aurinkosähkön kokonaismäärä MW
1	Italia	9 000	12 500
2	Saksa	7 500	24 700
3	Kiina	2 000	2 900
4	Yhdysvallat	1 600	4 200
5	Ranska	1 500	2 500
6	Japani	1 100	4 700
7	Australia	700	1 200
8	Iso- Britannia	700	750
9	Belgia	550	1 500
10	Espanja	400	4 200
11	Kreikka	350	550
12	Slovakia	350	500
13	Kanada	300	500
14	Intia	300	450
15	Ukraina	140	140
	Muu maailma	1 160	6 060
	Yhteensä	27 650 MW	67 350 MW

Kaavio 6. Ennuste aurinkoenergia-asennusten kasvusta (Pv market research)

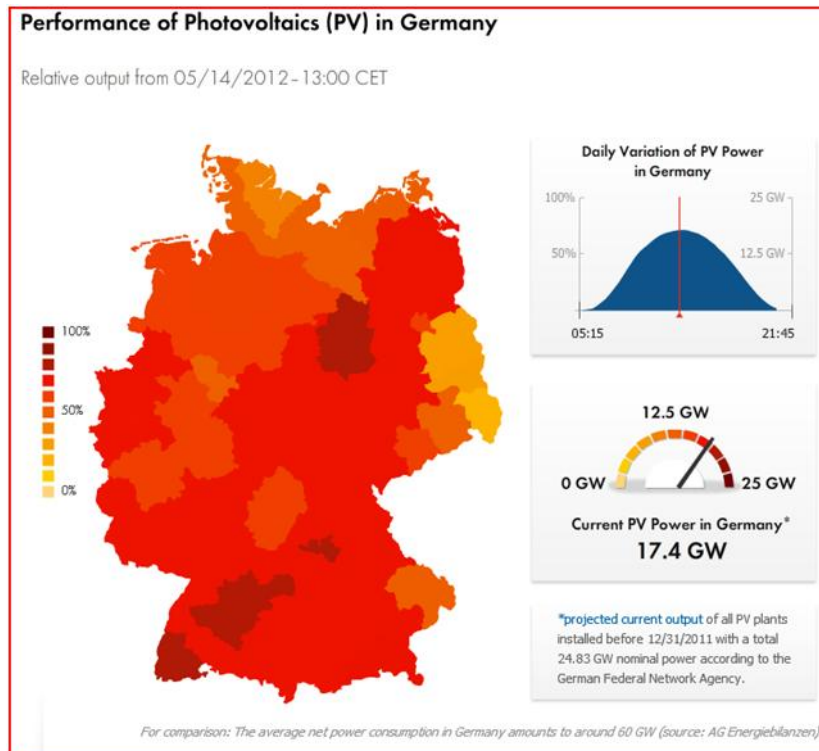


4.1 Saksa

Saksa on huomattavasti muita maita enemmän panostanut uusiutuvaan energiaan ja siellä on asennettu jo 25 GW aurinkovoimaa. Tämä teho vastaa noin viittätoista pitkään rakenteilla ollutta Olkiluoto kolmosta. Tähän on päästy syöttötariffien ansiosta. ”Saksassa on maksettu syöttötariffeja jo vuodesta 2004 lähtien” (Virtanen 2012). ”Syöttötariffi on sähkötuottajalle maksettava takuuhinta tuottamastaan sähköstä. Useimmissa maissa sähköverkkoyhtiöt ovat velvoitetut ostamaan tariffijärjestelmään kuuluva tuottajan sähkö”. (Marja-aho 2012.)

Aurinkopaneelien hinnanlasku on aikaansaanut lisääntyvää kiinnostusta aurinkosähkön käyttöönottoon ja Saksassa pyritään hillitsemään voimakasta aurinkoenergiakapasiteetin kasvua vähentämällä maksettavien tukien määrää. Maksettavat tuet ovat laskeneet 0,135-0,195 euroon kilowattitunnilta. Aurinkosähkön tuotannon kasvu on jo ylittänyt sille asetetut tavoitteet kun Saksa päätti luopua ydinenergiasta vuoteen 2022 mennessä. (Bloomberg 2012.)

Kaavio 7. Saksan 14.5.2012 klo 13 tuottama aurinkovoimateho 17,4 GW (sma)



4.2 Italia

Auringonpaisterikkaassa Italiassa ovat suuret aurinkoenergiatuet toimineet hyvänä kannustimena aurinkoenergian rakentamiseen. Italia olikin eniten aurinkosähkökapasiteettiaan kasvattanut valtio vuonna 2011, lisäys oli 9 GW.

Italia on maksanut tukea 236 euroa megawattitunnilta suurille aurinkopuistoille ja pienemmille järjestelmille 352 e/MWh, kilowattitunnille tuki on siten 35 snt. Tukia on leikattu reilu kolmannes siten että isommat järjestelmät saavat 161 e/MWh ja pienemmät 237 e/MWh. Leikkauksista huolimatta maksettu syöttötariffi on korkeampi kuin muissa maissa. Tuet lopetetaan vuoden 2015 jälkeen, jolloin aurinkosähkön ennustetaan olevan kustannuksiltaan tasavertainen muun sähköntuotannon kanssa. (RECS 2012.)

4.3 Yhdysvallat

Yhdysvaltojen aavikoille rakennetaan suuria aurinkosähköyksiköitä. Vuonna 2011 Yhdysvalloissa asennettiin 1 800 MW lisää aurinkosähkövoimaa, joka oli kaksinkertainen määrä edellisvuoteen verrattuna. Vuodelle 2012 odotetaan uuden kapasiteetin lisäyksen olevan 3 000 MW. (First Solar 2012.) Kokonaisuudessaan maahan on asennettu 4 000 MW aurinkosähköä sekä lisäksi 500 MW keskitettyä aurinkoenergiaa (csp), jotka yhdessä riittävät antamaan sähköä noin miljoonalle omakotitalolle. Aurinkosähköjärjestelmien asennushinnat laskivat 20 % viime vuonna . Yhdysvalloissa toimii erilaisia aurinkoenergiayrityksiä yli 5 600 ja työllisyys alalla kaksinkertaistui vuodesta 2009 vuoteen 2012. Aurinkoenergiateollisuus työllistää välillisesti yli 100 000 ihmistä. (SEIA 2012.)

4.4 Kiina

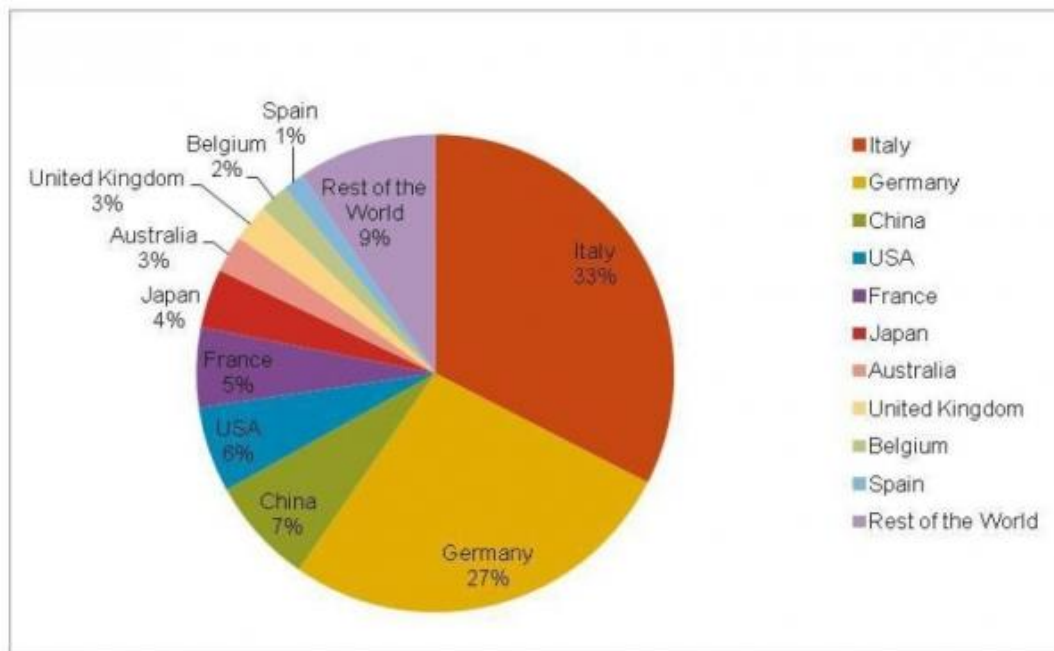
Kiina on maailmanlaajuisesti hyvin merkittävä talousmaa, jolla on vahva ote maailmantaloudesta. Kiina, suurimpana aurinkopaneelien valmistajana, on ajanut Saksan ja Yhdysvaltojen aurinkosähköteollisuuden ahtaalle. Saksassa suuria aurinkopaneelivalmistajia on hakeutunut konkurssiin markkinahintojen laskiessa osaltaan Kiinan suurtuotannon johdosta. Yhdysvallat suunnittelee kovempia tulimaksuja Kiinan paneeleille suojatakseen oman maansa paneelinvalmistajia.

Kiinalla on aurinkoenergiaohjelma Golden Sun jolla tuetaan aurinkoenergiaa. Tukea pienennettiin 20 % kuluvana vuonna hintojen alenemisen vuoksi (Shen 2012.) , kuten Espanja, Saksa, Italia ja Iso-Britanniakin tekivät.

Kiinassa uutta aurinkosähköä asennettiin, Saksan ja Italian jälkeen, kolmanneksi eniten. Kasvua asennuksissa edelliseen vuoteen verrattuna on

470 %. Aurinkosähkökapasiteetti nelinkertaistui viime vuonna ollen nyt kokonaisuudessaan 2,5 GW. Maan energiakomissio on hyväksynyt 3 GW:n edestä vuoden 2012 kuluessa valmistuvia aurinkosähköhankkeita. Vuoteen 2015 mennessä asennettujen aurinkosähköjärjestelmien kapasiteetin odotetaan olevan 15 GW. (Inersolar 2012.)

Kaavio 8. Kiinassa asennettiin 2011 kolmanneksi eniten aurinkosähköä (EPIA)



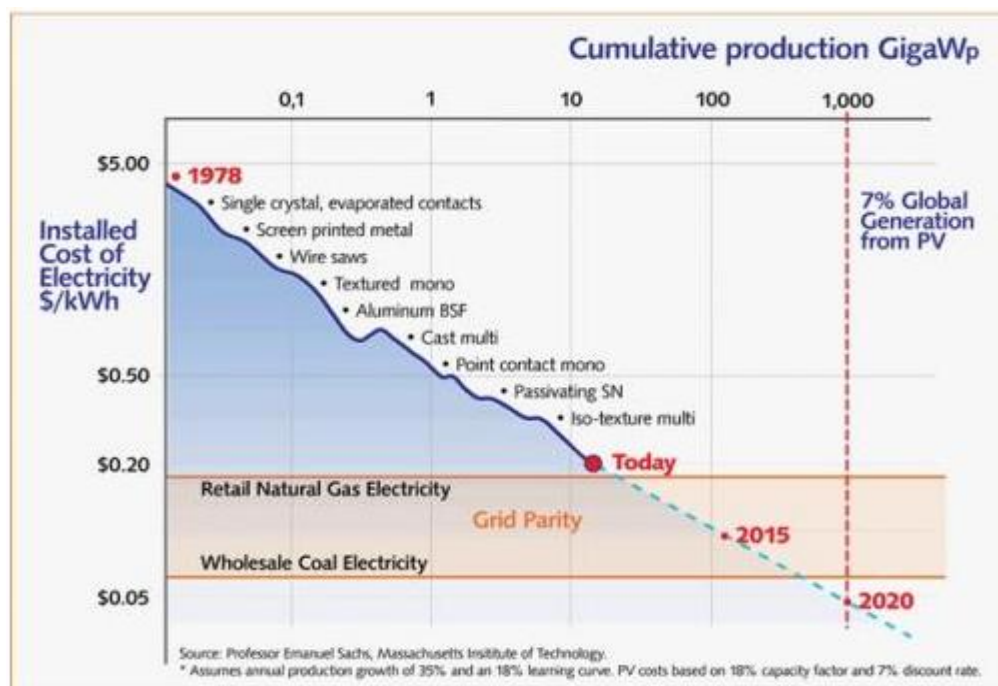
5 Verkkopariteetti

Aurinkosähkön tuottamisen hinta on korkeampi verrattuna yleisesti käytettyihin energiantuotantotapoihin. Hiili-, vesi- ja ydinvoima ovat niitä, joilla saadaan tuotettua tasaisella teholla sähköä valtakunnan sähköjakeluverkkoon. Kehittyvää uusiutuvan energian teknologiaa tuetaan valtioiden taholta, jotta nopeutettaisiin järjestelmien asennuksien lisääntymistä. Suurempi tuotanto ja kilpailu ovat edistäneet aurinkopaneelien ja -järjestelmien hintojen laskua. Kustannuksien vuosittain pienentyessä aurinkosähkön hinta alenee ja jossain ajan hetkessä kohtaa jatkuvassa nousevassa suuntauksessa olevan verkkosähkön hinnan. Verkkopariteetin voi ajatella hetkeksi, jolloin verkkosähkön kWh hinta on samansuuruinen kuin aurinkosähkön tuottamisesta

syntyvä hinta. Hinta on silloin kilpailukykyinen muiden sähköntuotantotapojen kanssa. Verkkopariteetin saavuttaminen Euroopassa ja muuallakin on riippuvainen kunkin maan saamasta vuotuisesta auringonsäteilyn määrästä ja verkkosähkön hinnasta. Arvioita verkkopariteetin ajankohdasta esitetään monelta taholta ja ennuste on lähempänä nyt kuin milloinkaan.

Italiassa aurinko-oloissa saavutetaan verkkopariteetti vuonna 2013 ja suuressa osassa Euroopan maita vuoteen 2020 mennessä. (Epia 2011). Aurinkosähkön tuottajista osa on saavuttanut verkkopariteetin. Useissa korkean sähkönhinnan maissa kuten Saksassa, Tanskassa, Portugalissa, Espanjassa, Australiassa ja Brasiliassa tämä odotettu piste on ohitettu. Verkkopariteetti odotetaan saavutettavan Japanissa, Ranskassa, Kreikassa sekä Turkssa vuoteen 2015 mennessä. Yhdysvallat saavuttavat sen vuoteen 2020 mennessä ilman maksettavaa 30 %:n tukea. (Roston 2012). Australiassa verkkopariteetti on saavutettu 70 %:ssa maata. Adelainessa Aurinkosähkön kustannukset ovat vain 67 % verkkosähkön hinnasta. Vuonna 2015 odotetaan aurinkosähkön olevan verkkosähköä edullisempaa koko maassa. (Blakers 2011.)

Kaavio 9. Asennettujen järjestelmien hinta kohtaa verkkosähkön hinnan Yhdysvalloissa (Massachusetts Institute of Technology)



5.1 Verkkopariteetti Suomessa

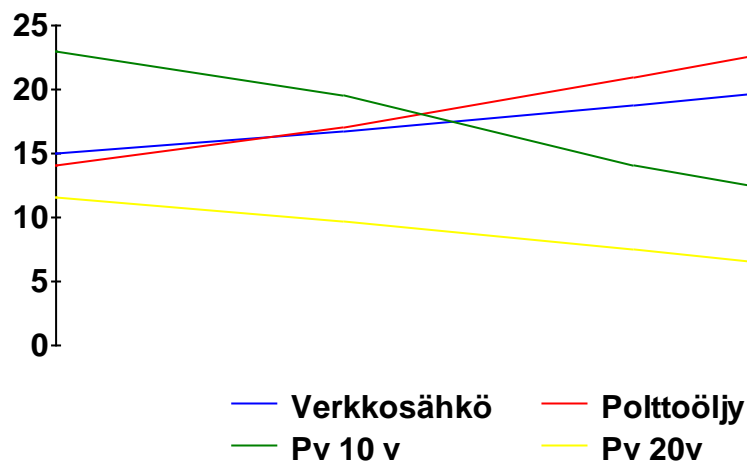
Sähkön hinta on vuosittain noussut keskimäärin 6 % (Tilastokeskus2012) ja kehityksen voidaan olettaa olevan tulevaisuudessa samankaltaista. Kehityksen näin jatkuessa Suomessakin voi sähkön hinta saavuttaa alenevan aurinkosähkön hinnan. Tämän ajankohdan määrittely ei ole kovin tarkkaa, koska kukaan ei varmuudella tiedä, kuinka tilanteet energiataloudessa muuttuvat. Seuraavilla laskelmilla etsitään ajankohdan mahdollisuutta.

Aurinkopaneelien ja -järjestelmien hinnat ovat jatkuvassa laskussa ja tuotantomäärät nousevat vuosittain. ”Aurinkopaneelien hinta laski 50 % vuoden 2011 aikana.” (GTM Research 2012). Kuluttaja saa ostaa aurinkopaneelinsa jo 1 e/watti hintaan Saksassa ja Yhdysvalloissa. Suomessa myytävien paneelien hintaa ei ole vielä mukautettu tuottajamaiden alentuneisiin hintoihin. Paneelin hinta ei yksinään määrää kokonaisuutta vaan asennus ja verkkomuunnin kaksinkertaistavat järjestelmän wattihinnan. Suomessa asennetun järjestelmän wattihinta on edullisimmillaan 2,4 euroa ja kalleimmillaan hintaa on yli 20 e/W. Yhden paneelin sähkövoimalaitoksessa hinta on korkeampi. Edullisin wattihinta oli sähköverkkoon suoraan verkkomuuntimella liitettävä usean kilowatin järjestelmä ilman varaavaa akkukapasiteettia.

Lasketaan aurinkosähkölle kilowattituntihinta 2 400 e/kW järjestelmähinnalla siten että 10 vuoden tuotanto on 90 % laskennallisesta 1 000 kWh/kWhp/a tuotosta. Vuosituotto * vuodet (900 kWh/a * 10 a = 9 000 kWh) Järjestelmän hinta jaetaan kymmenen vuoden tuotolla (2 400 e / 9 000 kWh = 27c/kWh) saadaan maksettu sähkön hinta. Seuraavat vuosikymmenet sähkö on ilmaista paneelien käyttöänsä loppuun, joka on kymmeniä vuosia takuun loppumisen jälkeen. Aurinkoenergian kustannuksen hinnanlasku jatkuu ja myöhemmin samoin laskettaessa keskimääräinen kWh:n hinta on alhaisempi. Laskettaessa kilowattituntihinta järjestelmän 20 vuoden tuoton mukaan, saataisiin hinnaksi 13 c/kWh mikä tarkoittaisi kuluttajalle verkkosähköä edullisempaa sähkönhintaa aurinkosähkölle. Paneelien tuotto kuitenkin vähenee kahdessakymmenessä vuodessa n. 10-20 %.

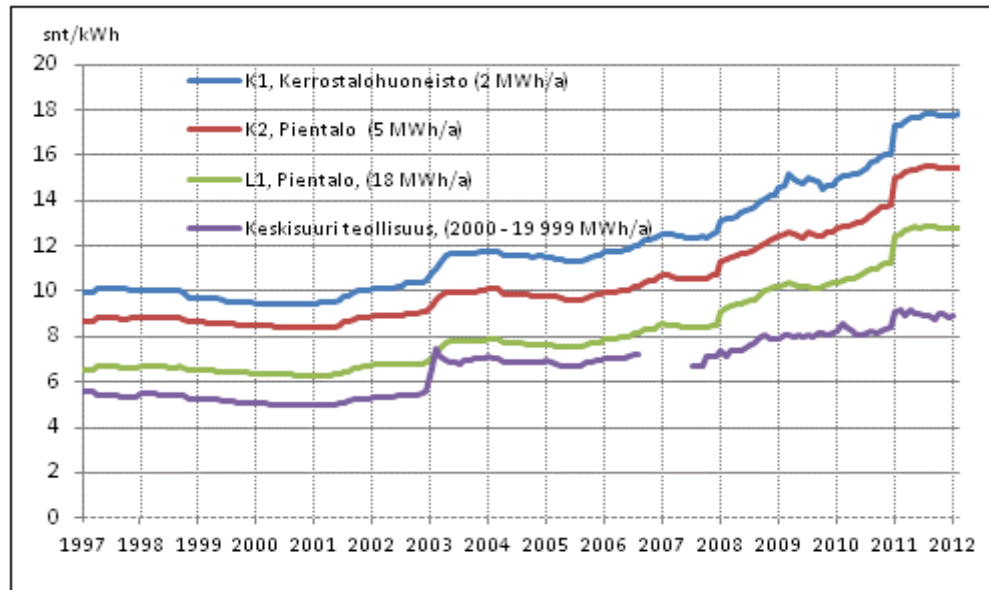
Asennetun aurinkosähkökilowatin hinnan ollessa ($9\,000\text{ kWh} * 0,14\text{ e} = 1\,260\text{ e/kW}$) olisi aurinkosähkön hinta vasta kuluttajan maksaman verkkosähkön kanssa samalla tasolla. Aurinkosähkön tuottaminen verkkoon myytäväksi ei ole vielä vuosiin Suomessa taloudellisesti kannattavaa.

Kaavio 10 kWh arvot on laskettu seuraavin tiedoin. Oletamme sähkön hinnan jatkavan keskimääräistä 6 % vuosinousuvauhtiaan. Polttoöljylitra maksaa 109,1 e/l (Tilastokeskus 2012). nousua edelliseen vuoteen verrattuna yli 18 %. Polttoöljyn hinnan nousuksi ajatellaan maltilliset 10 % vuodessa. Polttoöljylitrassa on 10 kWh energiaa. Vanhojen öljylämmitysjärjestelmien vuosihyötysuhde on 75 % - 84 % (pellettienergia 2012). Uusien polttimien hyötysuhde yli 90 % (neste oil 2012). Öljylle saadaan hinnaksi ($109,1\text{ e}/(10\text{ kWh} * 0,84)) = 13\text{ c/kWh}$. Aurinkosähkön vuosittaiseksi kustannusten laskuksi otettiin arvoksi realistinen 15 %



Kaavio 10 energioiden hintamuutos vuoteen 2019

Varovaisesti arvioiden aurinkosähkö saattaa olla Suomessa 2016 jälkeen edullisempaa kuin verkkosähkö. Aurinkosähkö toimii silloinkinkin vain verkkosähkön kulujen leikkaajana ei pääsähkönlähteenä.



Kaavio 11 Energian hinta (Tilastokeskus)

5.2 Aurinkosähkön hinta yritykselle

Suomessa ei tueta yksityisten aurinkosähköhankkeita vastaavasti kuten muissa Euroopan maissa. ”Yrityksille annetaan investointiavustusta energiansäästöhankeille mutta ei kuitenkaan asuinkiinteistöille” (Motiva 2012). Yritykset saavat yli 10 000 euron aurinkoenergiainvestointeihin maksimissaan 30 % investointiavustuksen (Tem 2012). Pienyritys saisi tuen minimiin oikeuttavalla 10 000 euron summalla käyttöönsä reilun neljän kW järjestelmän. Tuki laskisi hinnan 7 000 euroon ja arvonlisäpalautuksen kanssa lopullinen hinta on 5 738 e. Kilowattihinta jäisi 1 430 euroon, jolloin kWh maksaisi kymmenelle vuodelle jaettuna 16 snt. ja kahdellekymmenelle vuodelle jaettuna 8 snt. mikäli tuotto olisi 900 kWh/kWhp. Pienyritykselle tuettu aurinkosähkö on siten lähivuotuisena kannattava investointi.

6 Aurinkolämpö

Aurinkolämmitysjärjestelmässä auringon lämpösäteily lämmittää aurinkokeräimessä kiertävää nestettä. Neste on useimmiten vesiglykoli seosta. Lämmennyt neste kulkee putkessa lämminvesivaraajaan, josta lämpö siirtyy lämmönvaihtimen kautta joko käyttöveteen tai talon lämmitysjärjestelmään. Aurinkolämmitys tarvitsee varaajan, jossa on tilaa aurinkokeräin- ja lämmönjakopiirien lämmönsiirtimille. Aurinkolämpö soveltuu sellaisiin lämmitysjärjestelmiin, joissa on valmiina vesivaraaja. Tavallisimmat aurinkokerääjät ovat pinta-alaltaan 1 - 2 m² (Motiva 2012).

”Hyvällä aurinkolämpöjärjestelmällä ja tehokkailla aurinkokeräimillä pystyy vuodessa tuottamaan noin 300 - 500 kWh/keräineliö. 5 - 10 m²:n keräinala pystyy auringosta siten tuottamaan vuodessa lämpöenergiaa noin 1 500 - 5 000 kWh:a.”(Aurinkoenergia 2012).

Aurinkolämmön käyttö lämmityksessä ei paljonkaan hyödytä Suomessa sillä aurinkolämpö leikkaisi energiakuluja lämmityksen osalta vain noin 5 – 15 %. (solpros 2006). Aurinkolämmöllä saadaan tuotettua noin puolet siitä energiasta mikä kuluu käyttöveden lämmittämiseen (Motiva 2012) .

6.1 Aurinkolämpö ja -sähkö vertailua

Suoraan käyttöveden lämmitysvastusta syöttävän 3 kW aurinkosähköjärjestelmän, jonka vuotuinen tuotto on noin 2 700 kWh, hinta on asennettuna 6 000 euroa. Tee se itse asentaja saa järjestelmän asennettua noin 4 000 euroon, sähkötyöt kuitenkin ammattilaisella teetettynä. Keskimääräisellä verkkosähkön hinnalla auringolla tuotetun sähkön arvo 380 e. Kymmenelle vuodelle aurinkosähkön kWh:n hinta on 14,8-22 c.

Aurinkolämpöjärjestelmä, joka on pinta-alaltaan 8- 12 neliometriä, maksaa asennettuna noin 4 000 - 5 000 euroa. Aurinkokerääjillä saavutettu säästö on 20 – 30 euroa kerääjän pinta-alaneliometriä kohden riippuen vertailtavasta

energiasta. Osaava tee se itse asentaja saa järjestelmänsä hieman edullisemmin (Motiva 2012.)

Lämmintä käyttövettä kuluu keskimäärin 50 l asujaa kohden päivässä. Lasketaan veden lämmittämiseen tarvittava energiamäärä neljän hengen asuntoon.

$$Q = \rho \cdot c_p \cdot V \cdot (t_2 - t_1) / 3\,600$$

$$1\,000 \text{ kg/m}^3 \cdot 4,2 \text{ kJ/kg} \cdot 0,2 \text{ m}^3 \cdot 55 / 3\,600 = 12,8 \text{ kWh}$$

$$\text{Vuodessa kuluva energia} = 365 \cdot 12,83 = 4\,680 \text{ kWh}$$

Q = veden lämmittämiseen kuluva energia (kWh)

ρ = veden tiheys (1 000 kg/m³)

c_p = veden ominaislämpökapasiteetti (4,2 kJ/kg °C)

V = vedenkulutus (m³)

t_2 = lämmitetyn veden lämpötila, normaalisti 55 °C

t_1 = lämmitettävän veden lämpötila, normaalisti 5 - 10 °C

3 600 = yksikkömuunnoskerroin (kJ->kWh).

Nelihenkisellä perhellä käyttöveden lämmitys vie 4 700 kWh vuodessa. Aurinkolämmöllä tästä saadaan tuotettua puolet 2 350 kWh ja aurinkosähköllä 2 700 kWh. Kumpikin järjestelmä antaa vuosittaisiin kokonaisenergiakustannuksiin n. 10 - 15 % säästön n. 300 – 400 e . Takaisinmaksuaika on molemmilla järjestelmillä kuitenkin yli kymmenen vuotta. Aurinkosähköllä, ilman verkkomuunninta, suoraan lämminvesivaraajan vastusta lämmitettäessä ei saada kaikkea tuotettua sähköä käytettyä hyväksi. Kulutuksen ollessa vähäistä veden lämpöä säätelevä termostaatti katkaisee vastukselle tulevan sähkön paisterikkaina päivinä ylikuumenemisen estämiseksi. Lämpimän käyttöveden päiväkulutuksen lämmitykseen vaadittu

12,8 kWh energia olisi 3 kW aurinkosähköjärjestelmässä 8 tunnin puoliteholla tuotettu.

7 Verkkosyöttö mahdollisuus

Aurinkosähköpaneelit tuottavat tasajännitettä ja sähköä käytettäessä kotitalouden sähköverkossa on tasajännite muutettava vaihtojännitteeksi verkkoinvertterillä. Invertteri muuttaa tasajännitteen siniaaltoiseksi vaihtojännitteeksi, jonka taajuus ja jännite vastaavat verkkosähköä. Paneelien tuottamasta sähköstä suurin osa kulutetaan omakotitalon omissa laitteissa ja ylimääräisen sähkön voi halutessaan syöttää alueverkkoon.

Tuottamansa sähkön saa syöttää verkkoon kunhan voimalaitoksen liityntä ja mittaus täyttävät asetetut vaatimukset. Lisäksi tarvitaan tuotetulle sähkölle ostaja. Verkonhaltijan lupa on oltava ennenkuin tuotantolaitteistoa saa kytkeä verkkoon. Verkonhaltija sekä sähköntuottaja tekevät tuotannonliittymissopimuksen sekä verkkosopimuksen sähkönsiirtoon. Sähkön on oltava sähkön laatua koskevien standardien mukaisia (mm.SFS-EN-50160, Yleisestä jakeluverkostosta syötetyn sähkön jännitevaatimukset) (Motiva 2012.)

8 Hiilijalanjälki

Amerikkalaisessa yliopistossa on tehty tutkimus aurikokennojen aiheuttamasta hiilijalanjäljestä. Aurikokennojärjestelmä tuottaa valmistukseensa tarvittavan energian reilussa kahdessa vuodessa. Tutkimuksissa käytetty aurikokennojärjestelmä oli asennettu alueelle missä paneelien tuottama vuotuinen energia oli 1 700 kWh/m². Valmistuksen hiilijalanjäljeksi laskettiin 21 g CO₂/kWh tuotettua sähköä. Kuljetus lisäsi päästöjä ja ne mukaanlaskettuna hiilijalanjälki kasvoi 32 grammaan kilowattituntia kohti. Lisäys on suuri ja siten kuljetusratkaisujen kehittäminen on tärkeää pyrittäessä hiilijalanjälkeä edelleen pienentämään.(15.5.2012 CO₂-raportti 2010.) Suomessa hiilijalanjälki

pyyhkiytyy pois pidemmässä ajassa koska täällä aurinkokennojärjestelmien tuotto on pienempi.

Suomessa tuotettavan energian keskimääräinen CO₂ - päästökerroin on noin 200 g/kWh (motiva 2012). Kolmen kilowatin aurinkosähköjärjestelmällä omakotiasuja siten keventää vuodessa hiilijalanjälkeään $2\,700 * 0,2 = 540$ kg. Hiilidioksidikaasuna tämä on ($540 \text{ kg} / 1,98 \text{ kg} / \text{m}^3 = 272,7 \text{ m}^3$) suunnilleen omakotitalon tilavuuden verran.

9 Pohdinta

Tämän työn tekeminen lisäsi kiinnostusta aurinkoenergiaan huomattavasti. Teknologian kehitys on nopeaa. Kennojen ohuus ja taipuisuus ovat saaneet aikaan sen että liittäminen eri materiaaleihin on rajoitettu vain mielikuvituksella. Ilmainen energia vuosikymmeniä, alkuinvestointien maksun jälkeen, on hyvä asia omakotiasujalle. Säästöä syntyy pitkälle ajanjaksolle laskettuna. Suomessa aurinko on kuitenkin vain muiden tukena toimiva energiamuoto pimeään talvikauden vuoksi.

Aurinkopaneelien hintakehitystä seurattaessa ei voi välttyä ajatukselta kuinka paljon aurinkosähkön käyttö tulee lisääntymään verkkopariteetin saavuttamisen jälkeen. Hinnanlaskun ei enää tarvitse olla suuri jotta oltaisiin ostosähkön hinnan tasolla. Silloin kuluttajat huomaavat että ekologisuus voi olla myöskin tuottavaa. Sähkön siirto on miltei puolet maksamastamme sähkön hinnasta ja siten aurinkosähkön myyntiä ei voi hyötymielessä ajatella ennen nykyisten paneelien hintojen puolittumista. Sen vuoksi suuritehoisten järjestelmien asentaminen omakotitaloon ei vielä ole perusteltua sillä ylijäämäsähköstä ei kerry tuottoja. Alle 4 kW:n järjestelmällä saataisiin omakotiasujalle riittävästi sähköä omaan peruskulutukseen eikä sitä ilmaiseksi tarvitse valtakunnanverkkoon asti syöttää tai kalliisti akkuihin varastoida. Talon oma kattopinta-ala riittää hyvin aurinkojärjestelmän sijoituspaikaksi. Suomi on eteläiseltä osaltaan aurinkosähkölle suotuisaa aluetta ja miltei Saksan veroinen.

Kunhan vain suomessa saataisiin päätettyä aurinkosähkön syöttötariffista tai investointituesta kuluttajallekin. Onhan sitä miljoonia ennenkin hukattu vähempienkin työpaikkojen takia.

Valtion tuen merkitys näkyy hyvin Saksassa. Pinta-alaltaan ja auringon säteilymääriltään Australiaa, Yhdysvaltoja ja Kiinaa pienempi maa on ylivoimaisesti eniten asennuttanut aurinkosähköä. Ilman Saksan pitkään maksamia syöttötariffeja aurinkosähkön kehitys ei olisi edennyt niin pitkälle, kuin mitä se on nykypäivänä. Yksi valtio on maksanut tukia meidän muidenkin eduksi ja edelläkävijöitä tarvitaan.

Aurinkopaneelien valmistus on teollista toimintaa, jossa käytetään useita erilaisia kemikaaleja ja tuotetaan päästöjä suoraan että välillisesti. Maailman suurin aurinkopaneelien tuottajamaa Kiina asettaa joskus tehokkuuden etusijalle teollisuudessaan. Paneelien tuotannosta syntyneiden kemikaalien tie voi virrata lopulta Jangtsen kolmen rotkon padon vesivoimalan, Suomessa valmistettujen, turbiininsiipien läpi. Osaltaan tuottavat nekin "liemet" virtaa kansantalouden hyväksi. Aurinkopaneelien valmistuksen mahdollisista negatiivisista ympäristövaikutuksista ei tässä työssä otettu edellisiä lauseita enempää kantaa. Oli energiantuottotapa mikä tahansa sitä voidaan tarkastella sille epäedullisesta näkökulmasta. Autiomaiden, toisarvoisten maa-alojen tai kattojen peittäminen aurinkopaneeleilla ei kuitenkaan ole niitä suurimpia ympäristötuhoja maailmalla.

Työssä olisi voinut ottaa esille, kuinka saatua energiaa voidaan varastoida pimeään ajaksi. Aurinkosähkön tuotannon päivittäinen vaihtelu näkyy hyvin kaaviossa 7, missä näytetään Saksassa tuotettu ajantasainen aurinkosähköteho. Muun energiantuotannon täytyy vähentää omaa tuotantoaan auringonpaisterikkauden mukaan. Saksa pystyy kesäviikonloppuna tuottamaan aurinkosähköä miltei kaiken maan tarvitseman kulutuksen verran. Sellaisessa tilanteessa sähkön tilapäinen myyntihintakin on sähköpörssissä alhainen. Sähköä saisi halvalla ja myynti kalliimmalla houkuttaa sen varastointiin, esim. veden korkeuseroon. Varastointi tai naapurimaiden vuorottainen sähkönsiirto on suunniteltava hyvintöimivaksi tulevaisuudessa. Energiavaraston rakentaminen omakotiasujalle kuitenkin lisääisi kustannuksia siten, ettei hyöty vastaa

kustannuksia. Omakotitaloissa energian varaus vedenlämpöön on pienissä energiantuottomäärissä edullisin, koska infra siihen on taloissa valmiina ja uusien talojen vähentyneestä energiankulutuksesta huolimatta lämmintä käyttövettä aina tarvitaan. Sähköauton käyttö energiavarastona on ollut yhtenä mahdollisuutena usein esillä ja voi hyvinkin tulevaisuudessa osaltaan toimia kodin sähköverkon tukena, toisaalta työmatka alkaa aamulla ja yöllä on auton akut kulutettu loppuun. Energian erilaisista varastointimahdollisuuksista saisi oman oppinäytetyönsä kun tuulivoiman rakentaminenkin on lisääntymässä.

Lähteet

Aarnio. Pertti. Aurinkokenno. Helsinki university of technology.

<http://tfy.tkk.fi/aes/AES/projects/renew/pv/pv-toiminta.html>. 4.5.2012.

Aurinkovoima. 2012. Aurinkoenergia. <http://www.aurinkovoima.fi/fi/sivut/aurinkoenergia>. 11.5.2012.

Bedford. Mike. 2009. How sand is transformed into silicon chips. Techradar. <http://www.techradar.com/news/computing-components/processors/how-sand-is-transformed-into-silicon-chips-599785>. 3.5.2012.

Bloomberg. 2012. Solar silicon price drop brings renewable power closer. <http://go.bloomberg.com/multimedia/solar-silicon-price-drop-brings-renewable-power-closer/>. 1.5.2012.

CO2 raportti. 2010. Näin aurinkoenergian hiilijalanjälki saadaan pienemmäksi. http://www.co2-raportti.fi/index.php?page=ilmastouutisia&news_id=2715. 15.5.2012.

Epia. 2012. Solar photovoltaics competing in the energy sector on the road to competitiveness. www.iea-pvps.org/index.php?id=15&eID. 15.4.2012.

EPIA 24.1.2012 http://www.pvtech.org/news/global_pv_installations_reach_27.7gw_in_2011_industry_at_crossroads_says. 12.5.2012.

Feifei Shen. 3.3.2012. China cuts subsidies for solar projects. Bloomberg. <http://mobile.bloomberg.com/news/2012-05-03/china-cuts-subsidies-for-solar-projects-21-on-declining-costs>. 4.5.2012.

First Solar. 17.4.2012. solar energy industries association. http://www.seia.org/cs/news_detail?pressrelease.id=2000

Gifford Jonathan. 2011. Retail grid parity Down Under. PV- magazine. Andrew Blakers /Australian National University. http://www.pv-magazine.com/news/details/beitrag/retail-grid-parity-down-under_100004374/#axzz1v1bS LC 5m. 1.5.2012.

Greentechmedia. 2012. Polysilicon prices hit record lows in 2011 will head even lower enabling. <http://www.greentechmedia.com/articles/read/polysilicon-prices-hit-record-lows-in-2011-will-head-even-lower-enabling-0/>. 6.5.2012.

Ilmatieteenlaitos. 2012. Rakenne ja elinkaari. <http://ilmatieteenlaitos.fi/rakenne-ja-elinkaari>. 2.5.2012.

Ilmatieteenlaitos. 2012. Säteily- ja kirkkausvaihtelut. <http://ilmatieteenlaitos.fi/sateily-ja-kirkkausvaihtelut>. 18.4.2012.

Lähde, Karirinne, Rantamäki ja Teräsvirta. 2012. Aurinkoenergiajärjestelmien integrointi rakennuksiin ja Kiinteistöautomaatioon. [http://www.prizz.fi/asiakaskuvat/Rakenneintegroitu %20aurinkoenergia-%20ja%20ohjausautomaatioselvitys_liite2.pdf](http://www.prizz.fi/asiakaskuvat/Rakenneintegroitu%20aurinkoenergia-%20ja%20ohjausautomaatioselvitys_liite2.pdf). 7.5.2012.

Marja-aho Lauri. 28.9.2011. Uusiutuvan energian tuet EU-maissa. [http://www.energia.fi/sites/default/files/energiteollisuus _raportti_28_9_2011_2.pdf](http://www.energia.fi/sites/default/files/energiteollisuus_raportti_28_9_2011_2.pdf). 4.5.2012.

Massachusetts Institute of Technology

Max updates. 2012. <http://www.maxupdates.tv/wp-content/uploads/2010/02/Solar-Radiation.jpg>

McRea Andy.2008. Renewable energy. Ramsbury. The growood press.

Motiva. 2012. Investointituet. [http://www.motiva.fi/toimialueet/energiakatselmus toiminta/ tem _n_tukemat_energiakatselmukset/katselmus- ja_investointituet /](http://www.motiva.fi/toimialueet/energiakatselmus_toiminta/tem_n_tukemat_energiakatselmukset/katselmus-ja_investointituet/). 19.4.2012

Motiva. 2012. aurinkoenergia. [http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia /aurinkoenergia](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/). 14.5.2012.

Motiva. 2012. Aurinkolämpö. [http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia /aurinkolampo/](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkolampo/) aurinkokeraimet. 15.5.2012.

Motiva.2012. Opas sähkön pientuottajalle. http://www.motiva.fi/julkaisut/opas_sahkon_pientuottajalle.2193.shtml. 15.5.2012.

Neste. 2012. [http://www.neste.fi/artikkeli.aspx?path =2589%2C2655%2C2710% 2C2 791% 2C2797%2C3185%2C3189](http://www.neste.fi/artikkeli.aspx?path=2589%2C2655%2C2710%2C2791%2C2797%2C3185%2C3189). 9.5.2012.

NPD solarbuzz.19.3.2012.World solar photovoltaic market grew 274 gigawatts. <http://www.solarbuzz.com/our-research/recent-findings/world-solar-photovoltaic-market-grew-274-gigawatts-2011-40-yy>. 7.5.2012.

Pellettienergia. 2012. <http://pellettienergia.fi/laskuri/index.html>. 9.5.2012.

RECS. 16.04.2012.Italian Feed in Tariffs. http://www.recs.org/news_details.php?ID=53. 4.5.2012

Roston Eric. 13.3.2012. Solar silicon price drop brings renewable power closer. <http://go.bloomberg.com/multimedia/solar-silicon-price-drop-brings-renewable-power-closer/>. 6.5.2012.

SEIA. 14.3.2012. Solar market insight report. [http://www.seia.org/ galleries/pdf/U.S._ Solar_Market _Insight _Report _Q4_2011_- _Presentation_Slides_3.29.12.pdf](http://www.seia.org/galleries/pdf/U.S._Solar_Market_Insight_Report_Q4_2011_-_Presentation_Slides_3.29.12.pdf). 5.5.2012.

SMA-solar. 2012. Pv-electricity produced in germany. <http://www.sma.de/en/news-information/pv-electricity-produced-in-germany.html>. 16.4.2012.

Solar novus today. 2.3.2012. Inersolar China 2012: 12-14 december. http://www.solarnovus.com/index.php?option=com_content&view=article&id=4823:intersolar-china-2012-12-14-december&catid=37:business-news&Itemid=241. 14.5.2012.

Solarwirtschaft.12.3.2012.Preisindex. 19.4.2012.

Solpros. 2012. Aurinkolämpäjärjestelmien perusteet, mitoitus ja käyttö. Opas<http://www.kolumbus.fi/solpros/reports/OPAS.pdf>. 14.5.2012.

Solpros. 2001. Aurinkoenergia Suomen olosuhteissa ja sen potentiaali ilmastonmuutoksen torjunnassa. http://www.kolumbus.fi/solpros/reports/3rdeport_final.PDF. 20.4.2012

Stuart Becky. 2012. Polysilicon prices forecast to fall further. Pv- Magazine. http://www.pv-magazine.com/news/details/beitrag/polysilicon-prices-forecast-to-fall-further_100006469/#axzz1v1bSLC5m. 8.5.2012.

Taloussanomat.23.2.2012. Saksa leikkaa tukia aurinkoenergialle. <http://www.taloussanomat.fi/ymparisto/2012/02/23/saksa-leikkaa-tukia-aurinkoenergialle/201223876/12>. 16.5.2012.

Tem. 2012. Tuen enimmäismäärät. <http://www.tem.fi/index.phtml?s=3093>. 19.4.2012.

Tilastokeskus. 2012. Energian hinnat. http://www.stat.fi/til/ehi/2011/04/ehi_2011_04_2012-03-20_tie_001_fi.html. 17.4.2012.

Virtanen Sofia. 22.3.2012. Saksalta 200 miljardin euron paketti uusiutuvaan energiantuotantoon. Tekniikka & Talous. <http://www.tekniikkatalous.fi/energia/saksalta+200+miljardin+euron+paketti+uusiutuvaan+energiantuotantoon/a792763>.10.5.2012.