

Seppo Nummela

Uusiutuvan energian keruu ja hyödyntäminen nykypäivän sovelluksissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Kone- ja tuotantotekniikka
Insinöörityö
16.4.2012

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Seppo Nummela Uusiutuvan energian keruu ja hyödyntäminen nykypäivän sovelluksissa 41 sivua 16.4.2012
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Koneautomaatio
Ohjaaja	Lehtori Jari Savolainen
<p>Maailman energiatarpeen odotetaan vähintään kaksinkertaistuvan vuoteen 2050 mennessä, ja nykyiset energiantuotantomuodot eivät kykene kattamaan tulevaa energian tarvetta. Fossiiliset polttoaineet kuten öljy, kivihiili ja maakaasu vähenevät väistämättä, ja tilalle on keksittävä uusia energiankeruumenetelmiä.</p> <p>Tämä insinöörityö tehtiin toimeksiantona Metropolia Ammattikorkeakoulun koneautomaatiolaboratorioon. Työ on kirjallisuustyö, jonka tavoitteena on selvittää erilaisia uusiutuvan energian keruumenetelmiä, sekä tuoda esille muutamia teknologian kärjessä olevia sovelluksia. Työssä käsiteltiin sitä, kuinka sähköä saadaan tuotettua auringon, tuulen ja pienteosähköisen ilmiön avulla. Aurinkoenergian ollessa uusiutuvan energian käytetyin keräämismuoto on sitä työssä käsitelty muita aiheita syvällisemmin.</p> <p>Uusiutuvan energian tarve ja sen käyttömahdollisuudet korostuvat paikoissa, joissa normaalia sähköverkkoa ei ole saatavilla.</p>	
Avainsanat	uusiutuva energia, aurinkosähkö, tuulienergia

Author Title Number of Pages Date	Seppo Nummela Renewable energy harvesting and utilization in modern applications 41 pages 16 April 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Specialisation option	Machine automation
Instructor	Jari Savolainen, Lecturer
<p>The world's need for energy is expected to be at least double by the year 2050, and the current energy production forms are not sufficient to fulfil the future energy needs. The resources of fossil fuels such as oil, coal, and natural gas will decrease inevitably, and some new energy harvesting methods have to be developed to complement the old ones.</p> <p>This Bachelor's thesis was carried out at the Machine Automation Laboratory of the Metropolia University of Applied Sciences. This thesis is a literature review, the aim of which is to study various kinds of harvesting methods of renewable energy, and to highlight some of the newest applications. The thesis discusses how electricity is being produced by means of sun, wind and the piezoelectric effect. Because solar energy is the most widely used renewable energy source, it has been discussed in closer detail than the other possibilities.</p> <p>The need of renewable energy and its accessibility will be emphasized in places, where the normal electricity network is not available.</p>	
Keywords	renewable energy, solar energy, wind energy

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Aurinkoenergia	3
2.1	Auringonsäteily	3
2.2	Aurinkosähkön tuottaminen	7
2.2.1	Aurinkolämmön tuottaminen	8
2.3	Aurinkopaneelit	10
2.4	Aurinkokennot	11
2.4.1	Ensimmäisen sukupolven aurinkokennot	12
2.4.2	Toisen sukupolven aurinkokennot	13
2.4.3	Kolmannen sukupolven aurinkokennot	13
2.4.4	Väriaineherkistetty aurinkokenno	14
2.5	Uusimpia innovaatioita sähkön tuottamiseen aurinkoenergian avulla	16
2.5.1	Infrapunaenergian talteenotto	16
2.5.2	Täysin integroitu aurinkopaneeliulkoseinä	16
2.5.3	Älypuhelimien näytön taakse sijoitettavat aurinkopaneelit	18
2.5.4	Väriaineherkistetyn aurinkokennon (DSC) taipuisuus mahdollistaa sen hyödyntämisen monissa tuotteissa	19
3	Pietsosähkö	21
3.1	Pietsosähkön tuotto	21
3.2	Pietsosähkön käyttö nykypäivän sovelluksissa	22
4	Tuulienergia	25
4.1	Tuuliturbiinin tekniikka	26
4.2	Tuuliturbiinin ongelmat	27
4.3	Pystyroottorisia tuuliturbiineita	27
4.4	Tulevaisuuden tuuliturbiinimalleja	29
5	Yhteenveto	31
	Lähteet	33

Lyhenteet

aSi	Kiteetön pii
CdTE	Kadiumtelluridi
CIGS	Kupari-indium-galliumselenidi
CSP	Central solar power, peilitekniikkaan perustuva aurinkosähkövoimala
DSC	Väriaineherkistetty aurinkokenno.
PV	Photovoltaic, valosähkö

1 Johdanto

Tässä insinööriyössä oli tarkoituksena selvittää erilaisia uusiutuvan energian keruumenetelmiä, sekä uusimpia käyttökohteita, joissa hyödynnetään uusiutuvaa energiaa. Sähkön hinnan kallistuessa uusiutuvaa energiaa pyritään nyt hyödyntämään enemmän kuin koskaan aikaisemmin. Energiaa saadaan kerättyä talteen muun muassa auringosta, tuulesta, virtaavasta vedestä, liikkeestä ja lämmöstä. Uusituvista energian tuotantomenetelmistä aurinkosähkön tuottaminen on kaikkein suosituin sähköntuotantomuoto ja myös insinööriyön pääpaino on sillä alueella. Käsittelen työni loppupuolella myös tuulienergiaa ja sitä kuinka pietsosähköisen materiaalin avulla saadaan aikaiseksi sähköä.

Uusiutuvalla energialla tulee olemaan tärkeä osa tulevaisuuden energiaratkaisuissa, ja vuosi 2011 olikin hurja kasvun vuosi, sillä sijoitukset uusiutuviin energioihin kasvoivat 5 %, 202 miljardiin euroon. Tämä on yllättävää, sillä maailmantalouden tilanne oli heikko ja alan yrityksilläkin meni huonosti. Aurinkosähkö vahvistaa sijaansa energian tuotannossa. Tutkimuskeskus Solarbuzzin mukaan aurinkopaneelien valmistajien liikevaihto kasvoi vuodesta 2010 vuoteen 2011 yli kaksinkertaiseksi, 82 miljardiin euroon. Vuonna 2010 Saksa oli selvästi suurin aurinkosähkön tuottaja maailmassa. Peräti 42 % koko maapallon aurinkosähköstä kerättiin aurinkopaneeleilla Saksan maalla. Italia keräsi 21 % ja muu Eurooppa 18 %. Yllättävää on, että USA ja Japani on mukana vain 5 %:n siivulla. Saksassa onkin suurin osa aurinkosähköön keskittyvistä yrityksistä, joka on pääosin tutkimuslaitosten, tavarantoimittajien ja tuottajien kattavan verkoston ansiosta. [11.]

Maailman energiatarpeen odotetaan vähintään kaksinkertaistuvan vuoteen 2050 mennessä ja nykyiset energiantuotantomuodot eivät kykene kattamaan tulevaa energian tarvetta. Se tarkoittaa väistämättä sitä, että on alettava tuottaa energiaa uusiutuvilla energiamuodoilla ja alentaa fossiilisten polttoaineiden osuus alle kolmannekseen. Ydinvoimakaan ei yksin riitä täyttämään energiavajetta, sillä senkään polttoainereservi ei ole loputon. Uusituvista energiamuodoista biomassa, tuuli-, vesi- ja geotermiset voimat pystyvät kattamaan vain muutamia prosentteja kokonaistarpeesta.

Auringosta pystymme ammentamaan energiaa käytännössä rajatta, sillä maapallo saa auringosta tunnissa enemmän energiaa kuin ihmiskunta käyttää tällä hetkellä vuodessa. Suurimpana ongelmana on kuitenkin edelleen se, että emme pysty hyödyntämään auringolta saatavaa energiaa riittävän tehokkaasti ja edullisesti. [6 s. 36]

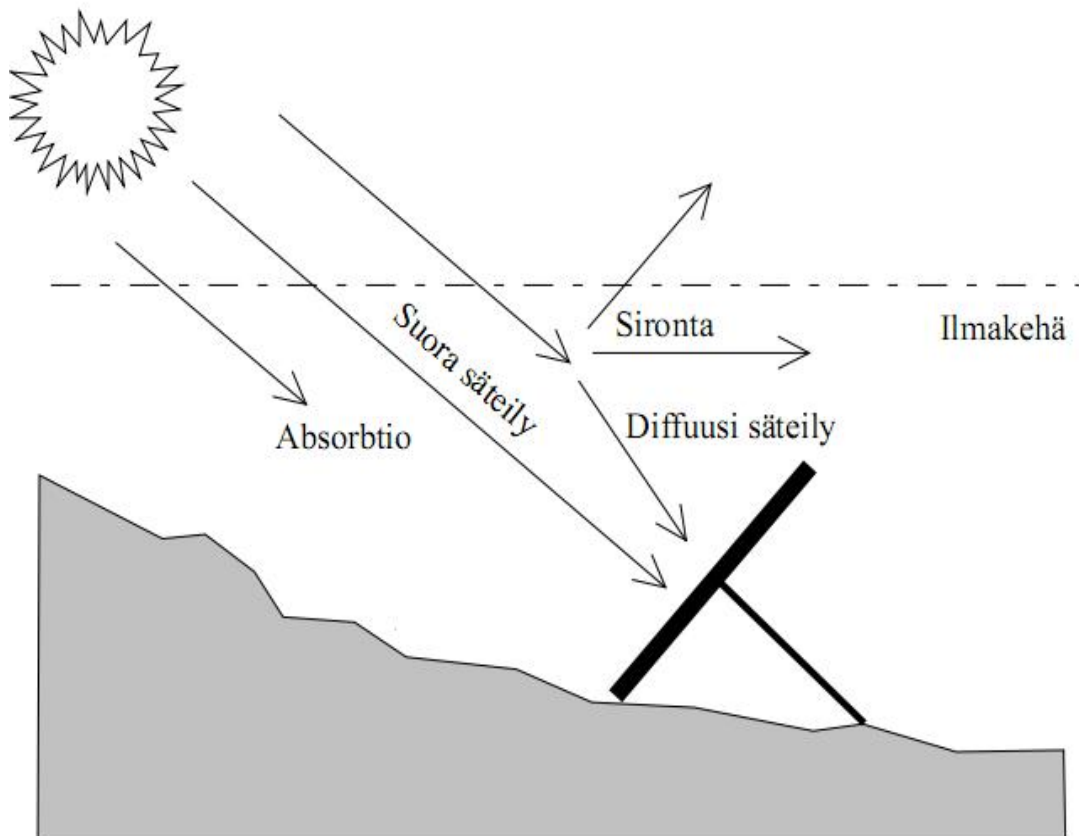
2 Aurinkoenergia

Kaikki maapallolla käytettävissä oleva energia ydinvoimaa lukuun ottamatta on peräisin auringosta. Se saa aikaan vuodenaikojen vaihtelut, merivirrat, tuulet ja kasvien kasvamisen. Aurinko on kaasuista koostuva tähti, jonka ytimessä lämpötila on noin 15 000 000 K ja pinnalla 6000 K. Sen energiantuotanto perustuu lämpöydinreaktioon, jossa neljä vetyatomia fuusioituu yhdeksi heliumatomiksi. Tämä fuusioituminen on mahdollista vain hyvin korkeassa lämpötilassa. Fuusiosta yli jäänyt massa muuttuu osittain energiaksi. 10 miljoonan asteen lämpötilassa tapahtuvat fuusiot tuottavat auringolle $3,8 \times 10^{23}$ kW ominaistehon, josta maapallolle säteilee $1,7 \times 10^{14}$ kW. Se on 20 000 kertaa enemmän kuin maapallon ihmisväestön nykyinen energiankulutus. [1; 2.]

2.1 Auringonsäteily

Auringonsäteily on sähkömagneettista säteilyä, jota vapautuu auringon ytimessä tapahtuvissa fuusioreaktioissa. Aurinkoa voidaan pitää mustana kappaleena, jonka lämpötila on noin 5800 K. Mustalla kappaleella tarkoitetaan kappaletta, jonka emissio ja absorptio ovat täydellisiä. Auringon keskimääräinen säteilyteho ilmakehän ulkoreunalla on 1367 W/m^2 , josta ilmakehään pääsee 342 W/m^2 . Suomessa vastaava luku on noin 200 W/m^2 . [3.]

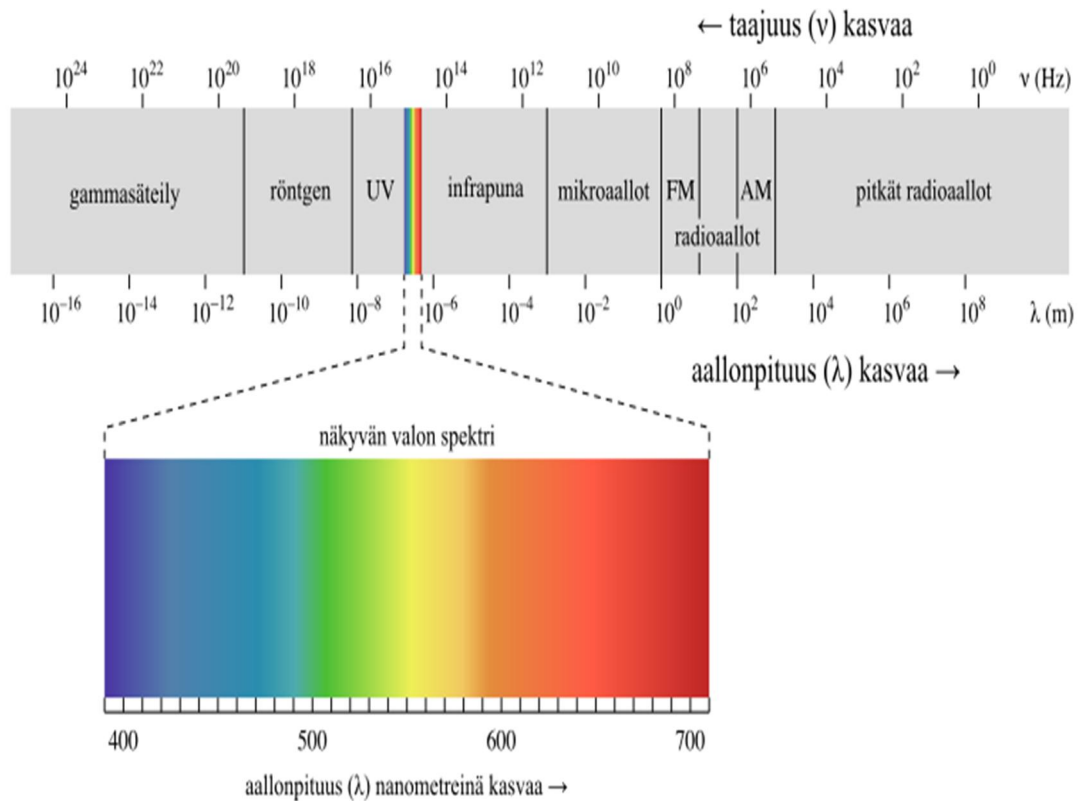
Säteilyn saapuessa ilmakehään osa sen energiasta kuluu sirontaan ja osa absorptioon ilmamolekyylien, pilvien ja pienhiukkasten kanssa. Sironnan jälkeen maanpinnalle saapunutta säteilyä kutsutaan diffuusiksi. Ilmakehässä tapahtuva sironta heikentää auringosta lähtenyttä säteilyä. Sirontaa aiheuttaa muun muassa ilman aerosolit, pienet hiukkaset kuten pöly, savu sekä vesihöyry. Absorptiota taas aiheuttavat ilmakehän kaasuisista happi, hiilidioksidi, otsoni sekä vesihöyry. Kuva 2 havainnollistaa auringonsäteilyn tulon ilmakehään ja maahan. [3.]



Kuva 2. Auringon säteileminen ilmakehässä.

Sironnalla, johon vaikuttavat hiukkasten koko ja valon aallonpituus, tarkoitetaan valonsäteilyn heijastumista ilmakehän hiukkasista. Lyhyet aallonpituudet siroavat enemmän kuin pitkät. Sironnan vähentäessä maanpinnalle saapuvaa auringon lyhytaaltoisen säteilyn määrää se vaikuttaa maapallon energiatasapainoon. Useat ilmakehän valoilmiot johtuvat sironnasta. Esimerkkinä sininen taivas, jossa valonsäteilyn sininen väri siroaa tehokkaasti peittäen alleen muut näkyvän valon värit. Kun aurinko laskee, taivas muuttuu kellertäväksi ja vähitellen punertavaksi. Tämä johtuu siitä, että näiden aallonpituuksien valo siroaa vähemmän kuin sinistä valoa ja sininen valo siroaa näkökentältä kokonaan pois. [3.]

Absorptiolla tarkoitetaan tässä tapauksessa molekyylien imeytymistä ilmakehän kaasuihin. Absorptio ei ole rajoittunut vain näkyvään valoon, vaan myös kaikki muut sähkömagneettisen säteilyn aallonpituudet kuten ultraviolettisäteily, näkyvä valo, gammasäteily, radioaallot, mikroaallot, röntgensäteily ja infrapunasäteily voivat absorboitua eli imeytyä aineeseen. Niiden säteilyn aallonpituus jakauma vaihtelee välillä 200 – 1200nm. Kuvasta 3 voimme nähdä auringon säteilyenergian sähkömagneettisen spektrin taajuusalueet. Näkyvän valon aallonpituus on välillä 400 – 700nm. [3.]



Kuva 3. Sähkömagneettinen spektri.

Aurinko ei lainkaan ole ainoa sähkömagneettista säteilyä lähettävä energialähde, vaan kaikki kappaleet, joiden lämpötila poikkeaa absoluuttisesta nollapisteestä, lähettävät sähkömagneettista säteilyä. Kappaleen pinnan lämpötila määrittää sen lähettämän säteilyn aallonpituusjakauman. [2.]

Auringonsäteilyn energiamäärä on erittäin suuri, mutta valitettavasti siitä ei käytännössä päästä hyödyntämään kuin prosentin sadasosa vuodessa. Säteilyn teho maan pinnalla on 170 000 TW. Aurinkoenergiansovellukset jaetaan useimmiten lämpöä ja sähköä tuottaviksi. Aurinkoenergian käyttöä rajoittavia tekijöitä ovat kuitenkin rajatut käyttökohteet, aurinkosähkön kustannukset ja säteilyn vuodenaikavaihtelut. Kuvasta 1 voimme nähdä auringon säteilyenergian vuosittaisen saantimahdollisuuden Suomessa ja maailmalla. Etelä-Suomessa auringon vuosittaiset säteilymäärät ovat samaa luokkaa kuin Keski-Euroopassa, mutta auringon säteilyn vuodenaikavaihtelut ovat kuitenkin Suomessa suuremmat. Etelä-Suomessa vuotuisesta säteilyenergiasta 90 % saadaan maalis-syyskuun välisenä aikana. [4.]

	Leveyspiiri	kWh/m ² a
Helsinki	60° 12' N	938
Jokioinen	60° 49' N	887
Sodankylä	67° 22' N	807
Aden	12° 24' N	2708
El Paso	31° 48' N	2309
Dakar	14° 44' N	2152
New Delhi	28° 35' N	1987
Nairobi	1° 18' S	1855
Lissabon	38° 43' N	1689
Buenos Aires	34° 35' S	1622
Melbourne	37° 49' S	1588
Rooma	41° 48' N	1435
New York	40° 47' N	1405
Montreal	45° 30' N	1240
Wien	48° 15' N	1070
Pariisi	48° 49' N	1032
Lontoo	51° 31' N	1023
Tukholma	59° 21' N	993
Kööpenhamina	55° 40' N	976
Hampuri	53° 38' N	938
Bergen	60° 24' N	908
Pietari	59° 58' N	908
Reykjavik	64° 08' N	798

Kuva 1. Auringon säteilyenergian vuosittainen saantimahdollisuus [4 s. 13].

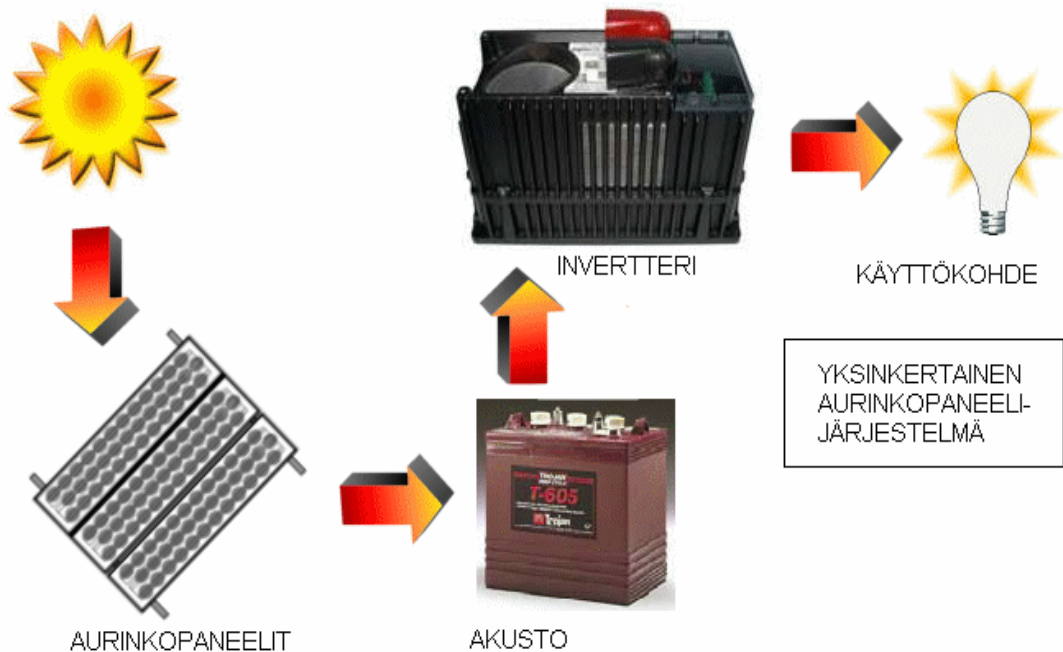
Aurinkoenergia on uusiutuvaa energiaa, jonka käytöstä ei synny päästöjä. Kuitenkin laitteiden valmistus ja kierrätys joita tarvitaan aurinkoenergian tuottamiseen saastuttavat. [2.]

2.2 Aurinkosähkön tuottaminen

Sähkötuotannossa aurinkoenergiaa kerätään aurinkopaneeleilla, jotka muuntavat lämpösäteilyn tasavirtasähköksi. Sähkö siirretään taajuusmuuntajalle, jossa tasavirta muunnetaan useimmiten vaihtovirraksi. Kuva 4. kuvaa perinteistä aurinkopaneelijärjestelmää.

Case- ABB

ABB rakensi vuonna 2010 pohjoismaiden suurimman valtakunnan verkkoon liitetyn aurinkosähköjärjestelmän. Sen tuottoa käytetään ensisijaisesti tehtaan trukkien akkujen lataamiseen ja ylimääräsähkö käytetään muualla tehtaalla. Järjestelmä on lisäksi antanut mahdollisuuden kokeilla uusia vaihtosuuntaajia kylmissä olosuhteissa, talven alhaisella säteilyintensiteetillä sekä tutkia hidasta päivä/yö-muutosta. Aurinkopaneeleita katolla on yhteensä 870 kappaletta ja niiden pinta-ala on 1 250 m². Järjestelmän nimellisteho on 181 kW ja se tuottaa sähköä vuodessa n. 160 000 kWh, joka vastaa noin 30 kotitalouden vuotuista sähkönkulutusta. [21.]

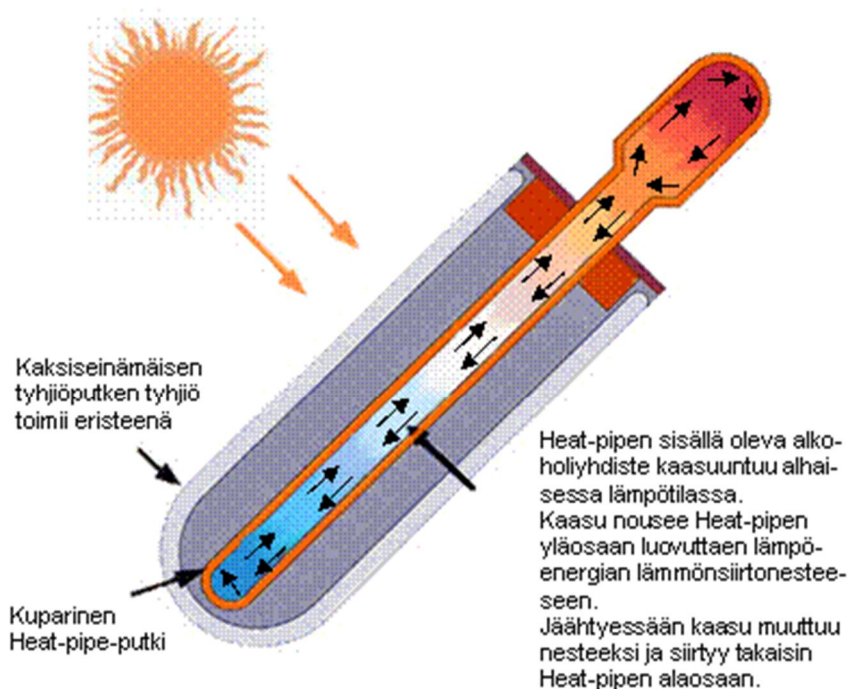


Kuva 4. Aurinkopaneelijärjestelmä.

Toinen tapa on lämmittää nestettä aurinkokeräimillä, jotka koostuvat peilijärjestelmistä. Niiden avulla saadaan koottua auringon säteilyä laajaltakin alueelta. Lämmitetyllä nesteellä pyritetään generaattoria, joka tuottaa sähköä. Tällä periaatteella toimivia voimaloita on mm. Espanjassa Badajózin kaupungin lähistöllä ja niitä kutsutaan CSP-voimaloiksi (central solar power). Voimalan teho Espanjassa on 60 MW. [15.]

2.2.1 Aurinkolämmön tuottaminen

Aurinkoenergialla pystytään tuottamaan myös lämpöenergiaa, joka varastoidaan yleensä vesivaraajaan. Varastointi on mahdollista tehdä myös kivivaraajiin tai rakennuksen rakenteisiin. Auringon lämpösäteilyä saadaan kerättyä joko tasokeräimillä tai tyhjiöputkikeräimillä, kuva 5. Keräimen vastaanottama lämpöenergia siirretään väliaineen avulla vesivaraajaan. Näitä järjestelmiä käytetään Suomessa etupäässä pienrakentamisessa osana lämmitysjärjestelmää. Ainoaksi lämpöjärjestelmäksi aurinkolämpö ei ainakaan Suomessa ole realistinen vaihtoehto, koska lämmitystarpeen ollessa suurin on auringon säteily vähäisintä. [15.]

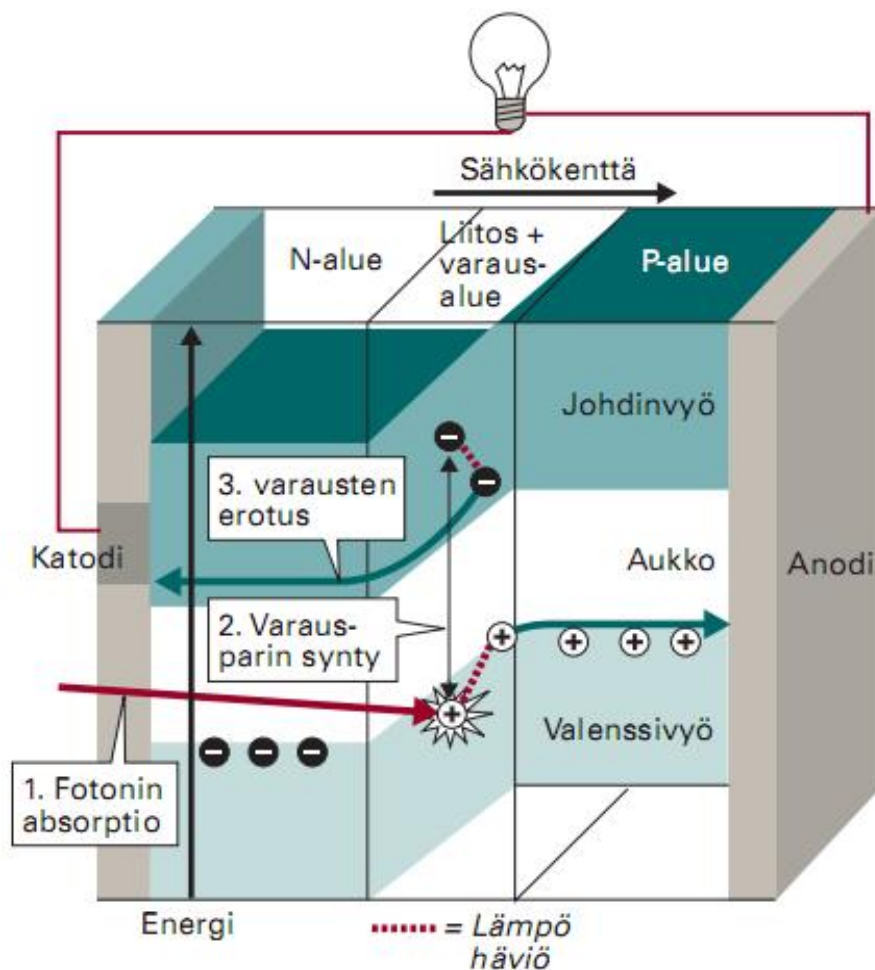


Kuva 5. Aurinkokeräimen poikkileikkaus. Auringon säteily muuttuu tyhjiöputken sisällä olevassa kuparisessa "Heat-pipe" -putkessa lämpöenergiaksi [27].

Hyvin toteutettu aurinkolämpöjärjestelmä pystyy tuottamaan noin 50 % lämpimän käyttöveden energiatarpeesta, joka on 15 – 30 % rakennuksen lämmitykseen tarvittavasta energiasta vuodessa. Jos arvioidaan, että omakotitalossa asuvan perheen energiakulutus on noin 20 000 kWh vuodessa, josta lämpimän käyttöveden osuus on 25 % eli 5 000 kWh ja lämmityksen 75 % eli 15 000 kWh, niin hyvällä aurinkolämpöjärjestelmällä ja tehokkailla aurinkokeräimillä pystyy vuodessa tuottamaan 300 – 500 kWh/keräineliö. Esimerkiksi 5 – 10 m²:n keräinala pystyy tuottamaan auringosta lämpöenergiaa vuodessa noin 1500 – 5000 kWh. [19.]

2.3 Aurinkopaneelit

Aurinkosähkön tuottaminen on suosituin uusiutuvan energian tuotantomuoto. Sitä tuotetaan aurinkopaneeleilla, jotka koostuvat aurinkokennoista. Kennoissa auringonsäteiden energia saa aikaan sähköjännitteen. Säteiden osuessa aurinkokennon puolijohdemateriaaliin ne muodostavat kennoon elektroniaukko-pareja. Irronneet elektronit voidaan viedä ulkoiseen virtapiiriin. Kennojen yleisin raaka-aine on kiteinen, monikiteinen, nauhamainen tai amorfainen pii. Aurinkokenno on elektroninen puolijohde, jossa auringonsäteily synnyttää kennon ala- ja yläpinnan välille jännitteen, kuva 6. Haluttu jännitteen taso saavutetaan kytkemällä riittävä määrä kennoja sarjaan. Aurinkopaneelin tuottaman virran määrä on suoraan verrannollinen auringonsäteilyn voimakkuuteen. Esimerkiksi pilvisellä säällä säteilyn ollessa heikompaa, tuotettavan virran määräkin pienenee. [5.]



Kuva 6. Sähkökentän muodostaminen aurinkokennossa [5].

2.4 Aurinkokennot

Ensimmäiset aurinkokennot saapuivat markkinoille noin 50 vuotta sitten. Niiden hyötysuhde oli tuolloin 2 %:n luokkaa ja ne olivat niin kalliita, että niitä käytettiin vain avaruustekniikassa. Nykyään aurinkokennot tuottavat maailmanlaajuisesti energiaa noin 3 GW:n verran. Se on kuitenkin vain pieni osa koko maapallon energiantuotannosta, joka on 15 TW:n luokkaa. Yli neljä viidesosaa koko maapallon energiasta tuotetaan fossiililla polttoaineilla. Jatkuvasti kasvava energiantarve, ympäristön saastuminen, fossiilisten polttoainelähteiden ehtyminen ja ilmastonmuutos ajavat meidät väistämättä siihen, että meidän on alettava kehittää ja käyttää uusiutuvia ja kestäviä energiantuotantomuotoja. [6.]

Maapallo saa auringosta niin paljon säteilyenergiaa, että jos maa-alueiden pinta-alasta katettaisiin vain 0,16 % 10 % hyötysuhteisilla aurinkokennoilla, saisimme vuosittain tehoa 20 TW. Syynä niiden käyttämättömyyteen kuitenkin on korkea hinta. Aurinkokennojen tuotantokustannuksia on saatava laskettua ja parannettava niiden hyötysuhdetta ennen kuin ne voidaan ottaa laajalti käyttöön. [6.]



Kuva 7. Aurinkokennoja.

Aurinkokennoja käytetään esimerkiksi taskulaskimissa, rannekelloissa, satelliiteissa, avaruusluotaimissa, laukuissa, suihkulähteissä, pienissä pihalampuissa, joustavissa/ohuissa näytöissä sekä sähköverkon ulottumattomissa olevilla alueilla tuottamaan sähköä valaistukseen ja televisiolle, jääkaapille ja veden pumppaamiseen. Aurinkosähkö on myös hyvä lisäsähköntuottomenetelmä kotitalouksiin joissa on sähkö-, öljy-, puu/ pelletti-, lämpöpumppu-, maalämpö-, tai lattialämmitys. Tehokkailla aurinkolämpöjärjestelmillä saa säästettyä energiakustannuksissa huomattavia määriä vuodessa. Aurinkolämpö varastoidaan vesivaraajaan.

2.4.1 Ensimmäisen sukupolven aurinkokennot

Tällä hetkellä maan pinnalla olevista aurinkokennoista 98 % on piipohjaisia. Piitä käytetään kennoissa yksi- tai monikiteisenä. Hyötysuhteet ovat 20 – 26% luokkaa. Kiteisellä piillä on epäsuora energia-aukko, jonka vuoksi sitä voidaan käyttää vain paksuina (noin 100 mikrometrin) kerroksina. Yksikiteiset kennot valmistetaan sahaamalla piitangosta kiekkoja jotka ovat halkaisijaltaan maksimissaan 6 tuumaa. Monikiteisen kennon valmistaminen on edullisempaa kuin yksikiteisen, eikä sen pinta-alaakaan ole rajoitettu. Myös sen saatavuus on parempi. Aurinkokennoteollisuus on ohittanut puolijohdeteollisuuden piin käytössä, mikä onkin johtanut piipulaan. Vaikka pii onkin yleinen alkuaine, sen erottaminen piidioksidista eli kvartsista on kallista ja vie paljon energiaa. Aurinkokennoteollisuuden kasvua rajoittaa myös piin kova kysyntä ja se, että oikeanlaista piitä ei ole saatavilla riittävästi. [8.]

Nykytekniikalla aurinkosähköä pystytään kuitenkin tuottamaan tietyillä alueilla kilpailukykyisesti muihin tuotantotapoihin verrattuna. Tämä siis riippuu maantieteestä ja energiankulutuksen tarpeesta. Esimerkiksi Yhdysvaltojen aurinkoisilla alueilla kulutus- ja tuotantopiikit osuvat yhteen, sillä ilmastointi on kovassa käytössä juuri päiväsaikaan. Tällöin ei myöskään ole suurta tarvetta sähkön varastoimiseen. Mutta jos verrataan Suomen kaltaisiin maihin, tällä tilanne on täysin päinvastainen. Pimeään vuodenaikaan energiaa menee suurimmaksi osaksi lämmitykseen. Siksi energian varastointimenetelmiin toivoisi huimaa parannusta. [8.]

2.4.2 Toisen sukupolven aurinkokennot

Toisen sukupolven aurinkokennoissa käytetään amorfista eli kiteetöntä piitä (a-Si), kupari- indium- galliumselenidistä (CIGS) tai polykiteistä kadmiumtelluridia (CdTe). Kennoihin saadaan näin ohuempi kerros piitä kuin ensimmäisen sukupolven kennoihin ja näistä saadaan koostettua ohutkalvokennoja. Esimerkiksi kadmiumtellurid- aurinkokennoissa kalvojen paksuus on vain 0,5 μm . Ohutkalvotekniikat säästävät puolijohdemateriaalikustannuksissa ja mahdollistavat automaation lisäämisen. Suurena etuna on myös mahdollisuus taipuvien ja valoa läpäisevien kennojen valmistaminen. Vaikka näitä pystytään valmistamaan edullisemmin ja käyttökohteet ovat monipuolisemmat, niin näillä ei saavuteta yhtä hyvää hyötysuhdetta kuin ensimmäisen sukupolven aurinkokennoilla. [8.]

2.4.3 Kolmannen sukupolven aurinkokennot

Nyt on kehitteillä kolmannen sukupolven aurinkokennoja, joissa käytetään yleensä nanotekniikkaa. Tällä hetkellä tutkitaan väriaine-aurinkokennoja ja orgaanisia aurinkokennoja. Niiden valmistaminen on huomattavasti edullisempaa, ja niitä voidaan käyttää useissa käyttökohteissa. Uusista orgaanisista ja polymeerisistä rakenteista saadaan kevyitä, joustavia ja läpikuultavia kennoja, jotka taipuvat monenlaisille pinnoille, esimerkiksi ikkunapinnoille tai osaksi tekstiiliä. Niiden valmistus on ympäristöystävällistä, sillä prosessin materiaalinkulutus on pientä ja jätettä syntyy vähän. Valitettavasti niidenkin hyötysuhde jää kuitenkin vielä kauaksi ensimmäisen sukupolven aurinkokennoista, 5 – 10 %:iin. [10.]

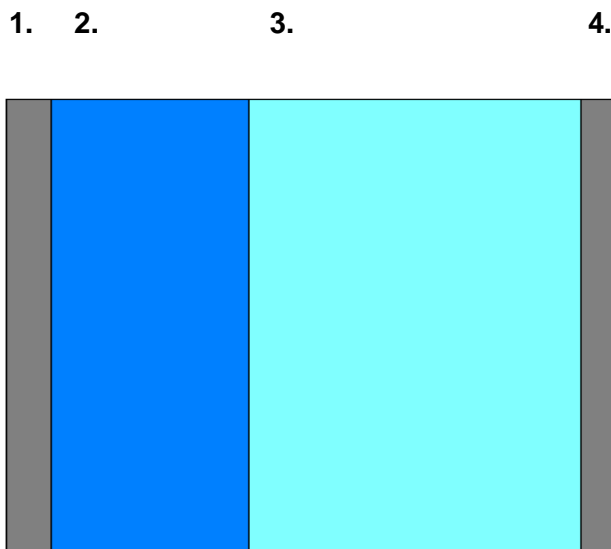
Vaikka piitä käytetäänkin yleisimmin aurinkokennojen valmistuksessa, niin se ei ole läheskään tehokkain materiaali tähän tarkoitukseen. Esimerkiksi avaruusteknologiassa käytetty galliumarsenidi (GaAs) sekä muutamat muut yhdistepuolijohdeet antavat lähes kaksinkertaisen tehokkuuden pihin verrattuna. Korkeiden valmistuskustannusten takia niitä ei kuitenkaan vielä käytetä suuremmissa sovelluksissa. Nyt on kuitenkin kehitteillä tapa valmistaa galliumarsenidi-ohutkalvoja edullisemmin, mutta tuotteeksi saattaminen vie vielä aikaa. [14.]

2.4.4 Väriaineherkistetty aurinkokenno

Kun puhutaan kolmannen sukupolven aurinkokennoista, ei voida olla sivuuttamatta Michael Grätzelin kehittämää, väriaineherkistettyä aurinkokennoa (Dye-sensitised solar cell, DSC). Hän julkaisi vuonna 1991 artikkelinsa väriaineherkistetyistä aurinkokennoista eli Grätzelin kennoista. Tuolloin hän oli saavuttanut kennoilla 9%:in hyötysuhteen, mutta nyt hyötysuhdetta on saatu korkeammaksi. Käänteentekevää kennoissa oli se, että materiaalina ei käytettykään piitä vaan epäorgaanista materiaalia, jota oli saatavana halvemmalla kuin piitä. Kun ensimmäisen ja toisen sukupolven aurinkokennoissa kennomateriaalit olivat kiinteästä aineesta, Grätzelin kennoissa parin muodostavat kiinteä- ja nestefaasit. Periaatetta on kuvattu keinotekoiseksi fotosynteesiksi, joka on lupaava vaihtoehto hallitsevalle piipohjaiselle aurinkokennoteollisuudelle. Samaa toimintaperiaatetta voidaan käyttää myös akkujen ja vedyn tuotantoon. Vuonna 2010 Grätzel sai Millenium-teknologiapalkinnon työstään väriaineherkistettyjen aurinkokennojen kehittämiseksi. [16.]

Grätzelin kennon rakenne on esitetty kuvassa 8.

Kenno koostuu neljästä osasta. 1. Anodista (esim. lasi), 2. Aktiivisesta elektrodista (puolijohdekalvo), 3. elektrolyytistä ja 4. vastaelektrodista



Kuva 8. Väriaineherkistetyn aurinkokennon rakenne.

Aurinkokennojen ensimmäinen osa on johtava alusta ja materiaalina käytetään lasia, koska se läpäisee auringonvaloa. Lasin toinen pinta on pinnoitettu sähköä johtavalla aineella, esimerkiksi platinalla. Aktiivinen elektrodi valmistetaan yleensä huokoisesta titaanioksidista. Sen pintaan kiinnitetään väriainemolekyylejä. Väriaine lisätään sen vuoksi, että titaanioksidin oma energia-aukko on liian leveä, ettei auringon valon energia riitä muodostamaan elektroniaukkopareja. Valon absorptio tapahtuu väriainemolekyyleissä, minkä seurauksena väriainemolekyyleistä siirtyy elektroneja puolijohteeseen. Titaanioksidin muodostaman verkoston kautta elektronit siirtyvät johtavalle alustalle ja piirin kautta vastaelektrodille. [16;17.]

2.5 Uusimpia innovaatioita sähkön tuottamiseen aurinkoenergian avulla

2.5.1 Infrapunaenergian talteenotto

Yhdysvalloissa University of Missourin insinöörit ovat kehittämässä aurinkokennokalvoa, joka voisi teoriassa ottaa talteen yli 90 % käytettävissä olevasta valosta. Nythän siitä saadaan käytännössä talteen vain 20 % ja teoriassakin vain 30 %. Yliopiston kemiantekniikan osasto on kehittelemässä kalvomaista arkkia, joka sisältää pieniä antennoja, joita he kutsuvat nantenneiksi. Se on suunniteltu keräämään teollisuuden hukkalämpöä ja muuntamaan sen käyttökelpoiseksi sähköksi. [12.]

Konseptia on tarkoitus jatkossa laajentaa auringon valossa toimivaksi nantennalaitteeksi, joka pystyy keräämään energiaa laajasti lähi-infrapunasta aina auringon spektrin optisille alueille asti. Insinöörit ovat nyt kehittämässä tapaa purkaa sähköä kerätystä lämmöstä ja auringonvalosta käyttäen erityistä nopeaa sähköistä piiriä. Tuotetta odotetaan markkinoille viiden vuoden kuluttua. Sen toivotaan täydentävän perinteistä aurinkopaneelia keräämällä myös tällä hetkellä käyttämätöntä infrapunaenergiaa. Näin uutuuskennot voisivat tuottaa energiaa myös pimeällä. Lisäksi ne pystyisivät ottamaan vastaan auringon säteitä monista eri kulmista. Nythän talteenottokyky laskee selvästi, jos aurinko ei paista optimaalisesta kulmasta. [12.]

2.5.2 Täysin integroitu aurinkopaneeliulkoseinä

Ensimmäisenä valmistajana Ruukki on kehittänyt julkisivuun täysin integroitavan aurinkosähköjärjestelmän, joka muuttaa auringon säteilyn sähköksi. Aurinkopaneelijulkisivu ei ole riippuvainen auringon lämmöstä, vaan ainoastaan sen säteilystä. Tuotettu sähkö voidaan käyttää joko kiinteistön omaan tarpeeseen tai syöttää yleiseen sähköverkkoon. [13.]

Integroitava aurinkopaneeliulkoseinä on tällä hetkellä markkinoiden kustannustehokain tapa valmistaa täyslasijulkisivu, jolla pystyy tuottamaan sähköä auringosta. Sen teknologialla pystytään hyödyntämään auringonsäteitä myös pilvisellä säällä. Esimerkiksi keskikokoisen toimiston julkisivussa Ruukin aurinkopaneelijulkisivu tuottaa Suomessa yhden vuoden aikana 18 000 kWh sähköä, mikä riittää keskikokoisen sähkölämmitteisen omakotitalon tarpeisiin vuodessa.

Ruukin aurinkosähköjärjestelmä on täysin integroitu rakennuksen julkisivuun niin toiminnallisesti kuin visuaalisestikin. Energiaa tuottava, lähes musta täysjulkisivu on toteutettu CIGS-ohutkalvoteknologiaa käyttäen. Aurinkosähköjärjestelmä perustuu moduulimittaisiin aurinkosähkö- eli PV-kasetteihin, jotka on valmistettu lasisista PV-moduleista ja Ruukin teräksisestä kasettijärjestelmästä. (Kuva 9.) [13.]

Aurinkosähköpaneeleita tilattiinkin Ruukilta viime vuoden kesän ja syksyn aikana jo yli 100 000 m².



Kuva 9. Ruukin aurinkosähköpaneeliseinä [13].

2.5.3 Älypuhelimien näytön taakse sijoitettavat aurinkopaneelit

Nykyaikaisissa älypuhelimissa tuntuu olevan sama vika kaikissa – akku ei kestä kovinkaan pitkään, varsinkin jos laite on aktiivisessa käytössä. Nyt akkuongelmiin ollaan kehittämässä uutta ratkaisua, nimittäin näyttöjen sisään rakennettuja aurinkokennoja (kuva 10). Tutkimuksen mukaan vain 36 % oled- näytön tuottamasta valosta heijastuu ulos näytölle ja loput 64 % vuotaa näytön reunoilta hukkaan. Nyt tätä hukkaan menevää valoa voitaisiin kerätä talteen sisäänrakennetuilla aurinkokennoilla.

Tällä hetkellä järjestelmän hyötysuhde on 11 %, ja se tuottaa noin 5 mW 3,7-tuumaisella näytöllä, joten tämä on vielä kaukana älypuhelimien tarvitsemasta satojen milliwattien tehosta. Tämän uuden menetelmän kehittäjä Arman Ahnood uskoo kuitenkin, että menetelmällä saataisiin pidennettyä älypuhelimien akun kestoa jopa muutamalla tunnilla. Seuraavaksi kyseistä tekniikkaa pyritäänkin kehittämään niin hyväksi, että sen tehokkuudeksi saataisiin 90 %, jolloin muutaman tunnin lisäaika akkuihin olisi saatavilla. [22.]



Kuva 10. Älypuhelin jonka näytön takana on aurinkopaneelit [22].

2.5.4 Väriaineherkistetyn aurinkokennon (DSC) taipuisuus mahdollistaa sen hyödyntämisen monissa tuotteissa

Koska DSC- kennoja voidaan valmistaa edullisesti myös taipuisille alustoille, ne saadaan helposti integroitua vaikka kankaaseen, osaksi tuotetta. Tätä ohutta aurinkopaneelia pystytään valmistamaan edullisessa rullalta-rullalle-prosessissa, jonka tuotantolaitos muistuttaa kovasti päällystys- ja pakkausteollisuuden tuotantolinjaa. Ensimmäinen kennomateriaalista tehty kuluttajatuote oli selkäreppu, joka tuli markkinoille vuonna 2009. Reppu oli päällystetty kevyellä ja joustavalla DSC- paneelilla, jolla pystyi lataamaan puhelimen, mp3- soittimen ja muita pienlaitteita. [18.]



Kuva 11. Selkäreppu jossa on DSC- paneeli [18].

DSC- kennot tuottavat virtaa vähäisemmässäkin valossa, ja kennot on mahdollista rakentaa osaksi muita materiaaleja. Koska paneeleista voidaan tehdä myös läpinäkyviä, ne voivat olla vaikka lasiseinäisen rakennuksen seiniä, jotka tuottavat sähköä. Kennojen väriä voidaan myös muuttaa käyttämällä eri väriainemolekyylejä, näin on mahdollista saada täysin läpinäkyviä ikkunoita. [18.]

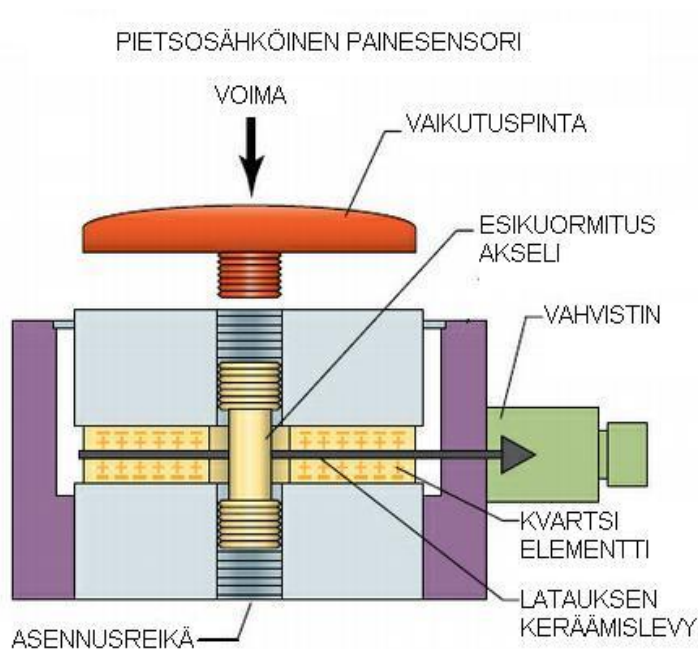
3 Pietsosähkö

3.1 Pietsosähkön tuotto

Pietsosähköinen ilmiö juontaa juurensa 1800-luvun loppupuolelle, kun ranskalainen Jacques Curie keksi tuottaa sähköä puristamalla suolakiteitä. Ei mennyt kauankaan kun ilmiötä alettiin soveltaa päinvastaiseen suuntaan. [23.]

On olemassa materiaaleja, jotka pystyvät tuottamaan mekaanisen rasituksen avulla sähköä. Näitä materiaaleja ovat muun muassa kvartsi, alumiininitridi, lyijyzirkonititaatti ja bariumtitanaatti. Esimerkiksi puristamalla 2 kN:n voimalla 1 kuutiosenttimetrin kokoista kvartsikidettä pystytään tuottamaan 12.5 kV sähköä (kuva 12). Tällä tavalla tuotettua sähköä kutsutaan pietsosähköksi. [25.]

Pietsosähköinen materiaali laajenee tai supistuu, kun siihen johdetaan sähkövirta, ja asettuu entiseen muotoonsa, kun virta katkaistaan. Kun kahta erilaista pietsosähköistä materiaalia liitetään yhteen ja niihin johdetaan sähkövirta, saadaan kappale joka taipuu. [23.]



Kuva 12. Kun pietsosähköiseen materiaaliin kohdistuu puristusta, niin syntyy sähköä [25].

3.2 Pietzosähkön käyttö nykypäivän sovelluksissa

Pietzosähköisiä sovelluksia ovat mm. rannekello, polkupyörän dynamo, paine- ja värähelyanturit ja uuden teknologian valokatkaisijat.

Pietzosähköön kohdistuva tutkimus on kasvanut suuresti viime aikoina, koska se mahdollistaa sähköntuottamisen liikkeen avulla. Israelilainen Innowattech- yritys on keskittynyt uusiutuvan energian tuottamiseen pietzosähköä hyödyntäen. Heidän tuotteillaan ”hukkaan heitetty mekaaninen energia” saadaan muunnettua sähköiseksi energiaksi. Hukkaan heitettyllä energialla tarkoitetaan tässä energiaa, jonka me ihmiset tuotamme joka tapauksessa. Innowattech on kehittänyt laitteita, joilla sähköä saadaan tuotettua autoteiden värinästä, rautateiden aiheuttamasta värinästä, metro- tai junapysäkkien tuntumasta ja paikoista joissa on paljon liikettä. Sähköä saadaan tuotettua painosta, liikkeestä, värinästä ja lämpötilan vaihteluista. [24.]

Innowattech on suunnitellut pietzosähköisen keräimen, jolla saadaan kerättyä talteen värinän tuottama energia. Keräimet asennetaan junaradan kiskojen alle ja kaapelit vedetään haluttuun kohteeseen. Tuotettua sähköä pystytään hyödyntämään mm. tasoniteyksen valoihin (kuva 13) tai johtamalla se suoraan valtakunnan sähköverkkoon. [24.]



Kuva 13. Kiskoihin asennetut pietsoelementit tuottavat sähköä [24].

Tokion metrossa Japanissa on kokeilussa pietsosähköenergiaa tuottava lattia, joka kerää kineettistä energiaa ihmisjoukosta (kuva 14). Tuotetulla sähköllä saadaan kerättyä virta näyttöön ja lippuportteihin.



Kuva 14. Tokion metroaseman lippuportti.

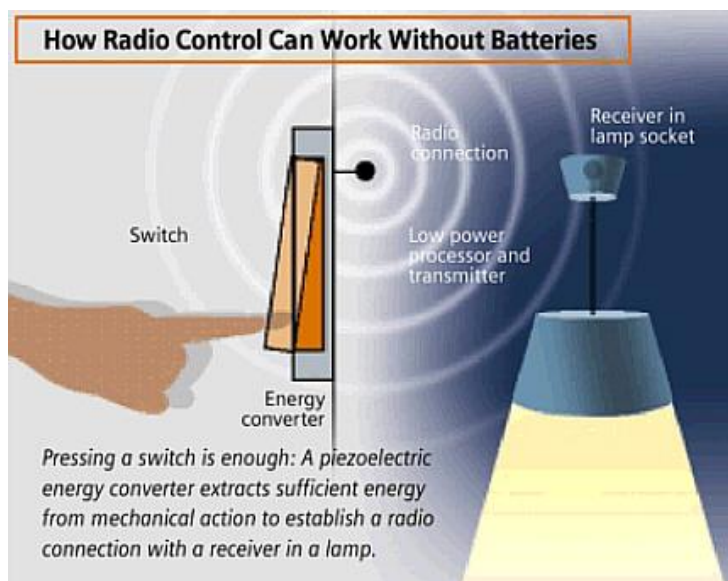
Kuvassa 15 on esitetty lamppu, joka toimii ilman pattereita. Se sisältää superkondensaattorin, johon veivistä tuotettu energia varastoituu. Lamppu soveltuu erittäin hyvin mm. mökille, kalastukseen, retkeilyyn ja moneen muuhun. Samalla periaatteella on toteutettu myös radioita, joita löytyy mm. Afrikan markkinoilta.



Kuva 15. Lamppu joka toimii ilman pattereita.

Pietsosähköllä toimivia komponentteja löytyy nyt myös rakennus- ja talotekniikasta. Yksi taloautomaation uranuurtajista on firma nimeltä EnOcean. Firma sai alkunsa vuonna 2001, kun Siemensin viisi johtajaa otti lopputilin ja lähti patenteineen kehittämään anturitekniikkaa, joka toimisi ilman paristovirtaa. Tällä hetkellä Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa on yli 10 000 rakennusta, jotka on varustettu heidän kehittämälleen tekniikalla.

EnOceanin kehittämä tekniikka perustuu siihen, että laitteet luovat itse tarvitsemansa energian ja näin säästyään kaapelien vetämisiltä ja paristojen kuluttamiselta. Radiotekniikan avulla laitteet saadaan "keskustelemaan" keskenään (kuva 16). Antureiden ja painikkeiden tarvitsema energia saadaan ympäristöstä esimerkiksi pietso-, elektromagneettisilla tai aurinkopaneelitekniikoilla. Energiaa saadaan liikkeestä, paineesta, valosta, lämpötilan vaihtelusta ja tärinästä. Laitteiden lähetystaajuus on 868 MHz ja kantama jopa 100 metriä, tosin betoni- ja metallirakenteet heikentävät signaalia. EnOceanin tuotteet saadaan liitettyä eri järjestelmiin kuten KNX, LON, TCP/IP omilla gateway-laitteilla, ja näin saadaan luotua erittäin joustavia järjestelmiä. Laitteet voidaan helposti liittää PC:hen TCP/IP:n, RS232:n tai USB:n kautta. Visualisointi-ohjelmalla saadaan tilastoitua lämpötiloja ja ohjattua esimerkiksi valoja, ilmastointilaitetta ja muuta kodin elektroniikkaa. Yhteen laitteeseen pystytään kytkemään monia eri toimintoa samanaikaisesti, esimerkiksi päälle/pois, himmennys, tilanneohjaus, porrasvaloautomaatti, kotona/poissa ja paljon muuta. [26.]



Kuva 16. Langattoman painikkeen toiminta [26].

4 Tuulienergia

Vaikka aurinkosähkön tuottaminen onkin tällä hetkellä suosituin uusiutuvan energian tuotantomuoto, on tuulienergian hyödyntäminen sähköntuottamisessa kaikkein kasvavin uusiutuvan energian tuotantomuoto. Tuulesta hyödynnettävässä energiassa käytetään usein nimitystä tuulivoima. Se tarkoittaa ilman virtauksen liike-energian muuntamista tuuliturbiinien pyörivien lapojen välityksellä sähköksi. Sen tuottamisessa ei synny päästöjä ilmaan, veteen eikä maahan. Se mikä tuulivoiman kautta tuotetussa sähkön tuottamisessa poikkeaa perinteisestä sähköntuottamisesta on se, että sen tuotanto vaihtelee päivittäin tuulisuuden mukaan. Sen vuoksi on hyvä, että tuulivoima ei ole ainoa energian tuottamisen lähde. Tuulivoimalaitoksen tuotanto riippuu paljon sijoituskohteensa tuuliolosuhteista, koska tuulen energia on suoraan verrannollinen ilmavirtauksen nopeuden kolmanteen potenssiin. Esimerkiksi 7,5 m/s tuuli tuottaa yli kolme kertaa enemmän energiaa verrattuna 5 m/s tuuleen. Tuulivoimalat sijaitsevat yleensä merenrannalla, koska siellä tuuli on tasaisempaa kuin maalla. Rannoilla on kuitenkin rajoittavia tekijöitä kuten, laitteiden huurtuminen ja kylmyys. [28.]

Tuulivoimalat luokitellaan nimellistehonsa mukaan ja Suomessa suosituimpia ovat 2 - 3 MW:n voimalat. Vuonna 2011 Suomessa oli 130 tuulivoimalaitosta, joiden laskennallinen tuotantokapasiteetti on 197 MW. Voimalat pystyvät tuottamaan vain 0,4 % Suomen kokonaissähkökulutuksesta. [28.]

Maailmanlaajuisesti tuulivoiman kapasiteetti oli vuoden 2009 lopussa 160 GW:n luokkaa, joka on noin sata kertaa Suomen sähkökulutushuipun verran. Tuulivoiman tuotannon uskotaan kasvavan 20 %:n vuosivauhdilla. Tutkijoiden mukaan olisi teoreettisesti mahdollista, että tuulivoimalla tuotettaisiin 15 kertaa enemmän energiaa, kuin maailmassa kulutetaan tällä hetkellä. [29.]

4.1 Tuuliturbiinin tekniikka

Tuuliturbiini on turbiini, jolla virtaavan ilman liike-energia muutetaan turbiinin akselin pyörimisenergiaksi eli mekaaniseksi energiaksi. Akseli puolestaan pyörittää edelleen sähköä tuottavaa generaattoria. Yleensä tuuliturbiinista puhuttaessa tarkoitetaan koko tuulivoimalaitosta, johon turbiinin lisäksi kuuluu myös masto, generaattori, vaihteisto ja perustukset (kuva 17). Roottorin pyörimisliike saadaan sovitettua vaihteiston avulla generaattorille sopivaksi. Tunnetuimman tuuliturbiinimallin rakenne on aksiaalinen ja siinä ilma virtaa akselin suuntaisesti. Radiaalisia tuuliturbiineja valmistetaan myös, mutta ne soveltuvat vain pienille tehoille, noin 25 kW:lle. Tuuliturbiinin suurin hyötysuhde on teoriassa 59,3 %. [30.]

Tuulivoimalaitoksia asennetaan yleensä lähekkäin samalle alueelle niin sanotuiksi tuulipuistoiksi, joissa saattaa parhaimmillaan olla jopa satoja yksittäisiä tuuliturbiineja. Ne eivät vaikuta toistensa toimintaan, kun ne sijoitetaan oikein, 5 kertaa potkurin pyörimiskehän halkaisijan päähän toisistaan. [30.]



Kuva 17. Tuuliturbiinin sisäinen rakenne [31].

4.2 Tuuliturbiinin ongelmat

Tuulen nopeuden epätasaisuus tuottaa haasteita sähköntuottamiseen. Vaikka tuulen nopeus vaihtelee, on tuotettavan vaihtosähkön oltava verkon vaatimassa taajuudessa ja tuuliturbiinin pyörimisnopeuden vakio. Pyörimisnopeutta saadaan säädettyä tuuliturbiinin lapojen kulmaa muuttamalla tai generaattorin kuormaa lisäämällä. Tehon nosto siis jarruttaa turbiinia. Koska tuuliturbiinin lavat ovat kymmeniä metrejä pitkiä, niitä ei voida pyörittää kovinkaan nopeasti ilman, että ne rikkoutuisivat. Vaihteistoilla saadaan akselin pyörimisnopeus säädettyä generaattorille riittävän suureksi. Vakionopeudella pyörivälle tuulivoimalalle on olemassa vaihtoehtoinen ratkaisu, jossa vaihtovirta-generaattorin tuottama sähkö muutetaan taajuusmuuttajalla verkkotaajuiseksi. Tällöin roottorin pyörimisnopeus ja generaattorin tuottaman sähkön taajuus voivat vaihdella.” [30.]

Tuulivoimalat synnyttävät väistämättä jonkin verran melua (noin 60 – 4000 Hz), joka johtuu sekä mekaanisten osien että lapojen aerodynaamisesta äänestä. Yksittäinen tuulivoimalaitos ylittää 40 db vielä 200 – 300 metrin etäisyydellä tuulen nopeuden ollessa 8 m/s. Siksi tuulivoimalat on sijoitettava tarpeeksi etäälle lähimmästä asuinrakennuksesta. [30.]

4.3 Pystyroottorisia tuuliturbiineita

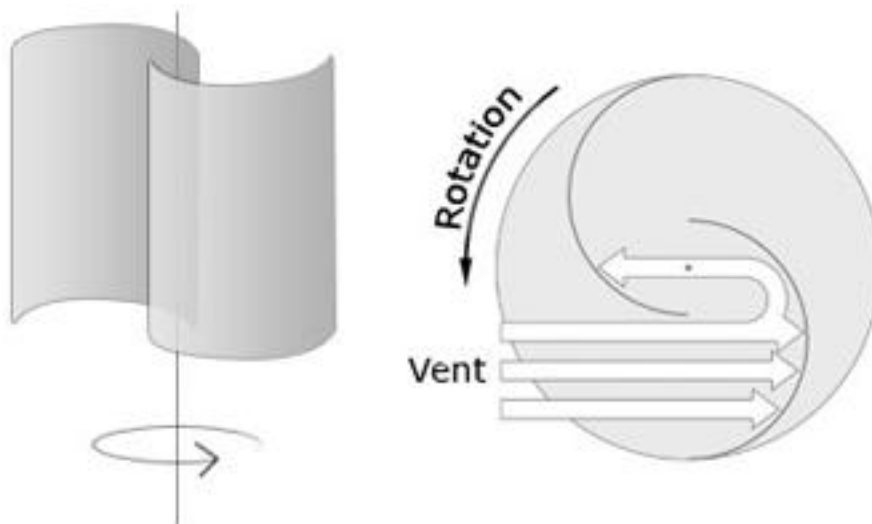
Vaakaroottoristen tuuliturbiinien lisäksi on olemassa myös pystyroottorisia malleja. Pystyakselinen voimala toimii samalla tavalla kaikilla tuulen suunnilla, eikä se tarvitse erillistä tuuleen suuntausta. Vaikka tehot jäävät pienemmiksi kuin vaakaroottorisissa tuuliturbiineissa, silti niille on löytynyt oma tarpeensa. Kaikkialla missä ei ole sähköä saatavilla, tuulivoima on yksi hyvä ratkaisu. Suomalainen Windside toi markkinoille ensimmäiset mallinsa jo vuonna 1982 ja on toimittanut pystyroottorisia tuuliturbiineita nyt jo 40 maahan. Turbiini on rakenteeltaan pystyakselinen, ja akselissa on kiinni 2 spiraalinmuotoista siipeä (kuva 18). Ne puolestaan pyörittävät tuuliroottoria. Turbiinille on tunnusomaista äänettömyys ja alhaisesta pyörimisnopeudesta johtuva turvallisuus. [33.]



Kuva 18. Windsiden pystyroottorimallinen tuuliturbiini.

Vuosituotto esimerkiksi tällaiselle WS-4B-mallille, jonka pyyhkäisyypinta-ala on 4 m^2 , tuulenkesto 40 m/s ja paino 800 kg , on 5 m/s keskituulella 2000 kWh [33].

Myös toinen suomalainen tuuliturbiinisunnittelija Sigurd Savonius kehitti vuonna 1920 tuuliturbiinin, jonka malli muistuttaa kahta lomittain asetettua tynnyrinpuolikasta, kuva 19. Nyt mallia on tietysti kehitetty, mutta idea on sama [32].



Kuva 19. Savoniuksen suunnittelema tuuliturbiini-idea. [32.]

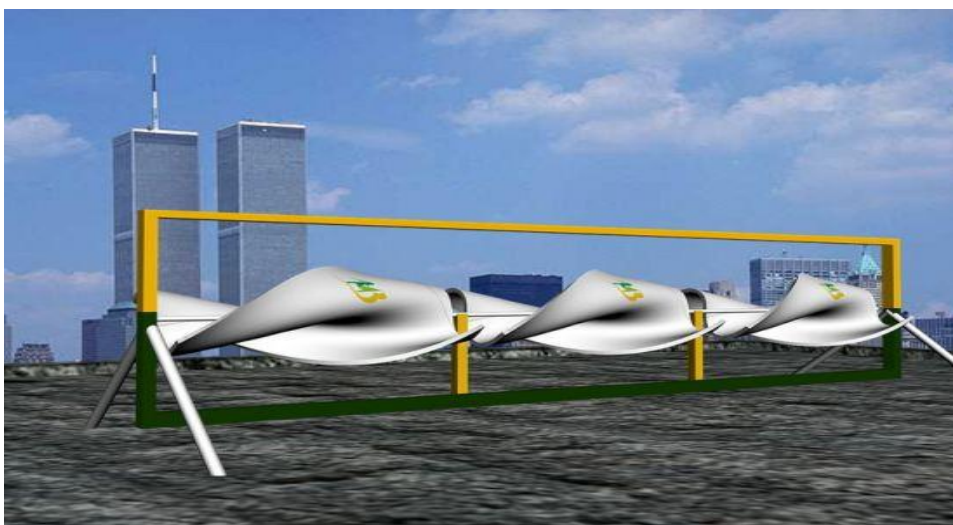
Nyt Panasonic on kehittänyt Savoniuksen patentoituun malliin myös aurinkopaneelit, joten laitteella saadaan kerättyä energiaa talteen auringosta ja tuulesta. Akusto on tässä mallissa asennettu laitteen alaosaan. Akustoon kertyvällä sähköllä saadaan valaistua esimerkiksi katu- tai pihavalot, kuva 20. [32.]



Kuva 20. Panasonicin kehittämä hybridisähkövoimala [32].

4.4 Tulevaisuuden tuuliturbiinimalleja

Uusia tuuliturbiinimalleja kehitetään jatkuvasti ja kuvat 21 – 23 kuvaavat suunnittelijoiden viimeisimpiä taidonnäytteitä.



Kuva 21. Spiraalinmuotoinen tuuliturbiini.



Kuva 22. Bahrain, World Trade Center.



Kuva 23. Dubai, luksushuoneistoja ja hotelli tuuliturbiinilla. Rakennuksen rakentaminen alkaa ensi vuonna.

5 Yhteenveto

Luonnonvarojen huvetessa ja sähkön kallistuessa, on väistämättäkin keksittävä uusia tapoja tuottaa sähköä. Tällä hetkellä Suomen käytetyimmät sähköntuotantomuodot ovat ydinvoima ja vesivoima. Viime vuonna Suomessa tuotettiin sähköä ydinvoiman turvin 31,6 % ja vesivoimalla 17,4 % koko sähkön tuotannosta. Tuulivoimalla sähköä saatiin tuotettua viime vuonna vain 0,7 %, mutta se on koko ajan kasvussa. Vaikka sähköä saadaankin tuotettua jonkin verran auringon, tuulen, liikkeen ja lämmön avulla, niin tässä maailman tilanteessa se ei vaakaa paljoa heilauta. Teollistuneiden maiden sähkönkäyttö on niin kovaa, että uusiutuvilla energian tuotantomenetelmillä ei voida vielä hetkeen korvata olemassa olevia sähkön tuotantolaitoksia.

Teollistuneet maat sijoittavat suuria summia uusiutuvan energian kehittämiseen ja uusien hankkeiden syntymiseen. Vaikka sillä onkin jo jonkin verran vaikutuksia lännen energiankulutukseen, niin suurempia yhteiskunnallisia vaikutuksia sillä on kehitysmaissa. Noin 1,5 miljardia ihmistä asuu tällä hetkellä sähköverkon ulottumattomissa ja silti useilla heistä on jonkinlaista teknologiaa. Esimerkiksi Afrikassa noin 300 miljoonalla ihmisellä on jo puhelin. [8.]

Vaikka Afrikan ilmasto on erittäin kuuma, niin siellä puhaltavat myös kovat tuulet. Tämän takia sinne on hyvä pystyttää myös tuulivoimaloita. Kenia tuntuu olevan innokkain uusiutuvaa energiaa hyödyntävä ja kehittävä Afrikan maa. Siellä asuu 39 miljoonaa ihmistä, joista 6 miljoonaa asuu sähkönjakeluverkon ulkopuolella. Tämän takia 66 000 hehtaarin aavikkoalueelle onkin rakenteilla suuri tuulipuisto, jonka kapasiteetti tulee olemaan 300 MW. Se vastaa neljännestä Kenian nykyisestä energiantuotannosta. Aurinkopaneeleita Keniassa asennetaan eniten maailmassa henkilöä kohden. Vuosittain asennetaan noin 30 000 12 – 30 W tuottavaa aurinkopaneelia. Vaikka suuria hankkeita on koko ajan ilmassa, uusiutuvaa energiaa tuotetaan myös pienimuotoisesti valtava määrä. Tarkkaa tietoa määristä ei ole, sillä usein esimerkiksi aurinkopaneelit asennetaan itse tai jonkin pienen järjestön voimin. [9.]

Vaikka osaammekin jo hyödyntää uusiutuvia energialähteitä, niin olemme silti vielä aika alkuvaiheessa. Toivottavasti investoinnit jatkuvat samanlaisina ja jonain päivänä saavutetaan jotain todella merkittävää. Suurimpia ongelmia on vielä akkuteknologia, joka valitettavasti vaikuttaa paljon varsinkin aurinkoenergia puolella. Tulevaisuus näyttää kuinka asiat kehittyvät, mutta itse luotan siihen että 10 vuoden päästä olemme oppineet paljon uutta ja pystymme hyödyntämään uusiutuvia energialähteitä entistä paremmin.

Työtä tehdessäni opin arvostamaan uusiutuvan energian kehittämistyötä ja tajusin, kuinka paljon hyvää saamme koko ajan aikaan, vaikka sitä ei täällä teollistuneessa ympäristössä niin hyvin havaitse.

Lähteet

- [1] Laukka, M. 2011. Aurinko. Opetusmateriaali. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- [2] Aurinkoenergia [verkkodokumentti, viitattu 22.3.2011]
<http://www.aurinkoenergia.fi/Info/23/aurinkoenergia>
- [3] Laukka, M. 2011. auringon energiantuotanto. Opetusmateriaali. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- [4] Erat B., Erkkilä V., Löfgren T., Nyman C., Peltola S. & Suokivi H. 2001. Aurinko-opas: Aurinkoenergiaa rakennuksiin. Helsinki, Sarmala Oy.
- [5] Energiateollisuus [verkkodokumentti, viitattu 3.4.2011]
<http://www.energia.fi/fi/sahko/sahkontuotanto/uudetenergiantuotantotekniikat/aurinkoenergia>
- [6] Koponen J. Sähköä auringosta. Prosessori lehti 10/2008.
- [7] Energy Harvesting [IDTechEx dokumentti, viitattu 28.12.2011]
- [8] Kalliola K. Aurinkokennot. Tekniikka ja Talous & Energia [verkkodokumentti, viitattu 28.12.2011]
<http://www.tekniikkatalous.fi/energia>
- [9] The Rise of Renewable Energy [verkkodokumentti, viitattu 28.11.2011]
<http://rael.berkeley.edu/sites/default/files/old-site-files/2006/Kammen-SciAm-Renewables-9-06.pdf>
- [10] Niemi M. Nanotekniikka. Prosessori lehti 11/2009
- [11] Ojanperä V. Aurinkosähkökapasiteettia tuli rutkasti lisää. Tietokone [verkkodokumentti, viitattu 2.1.2012]
http://www.tietokone.fi/uutiset/aurinkosahkokapasiteettia-_tuli_rutkasti_lisaa

- [12] Hänninen V. Uusi keksintö mahdollistaa aurinkoenergian tuotannon yöaikaan. Tekniikka & Talous. [verkkodokumentti, viitattu 2.1.2012]
<http://www.proessori.fi/uutiset/uutinen2.asp?id=57945>
- [13] Ruukki. Ruukki kehitti täysin integroidun aurinkopaneelijulkisivun. Ruukin uutisarkisto. 2011. [verkkodokumentti, viitattu 6.1.2012]
<http://www.ruukki.fi/Uutiset-ja-tapahtumat/Uutisarkisto/2011/Ruukki-kehitti-taysin-integroidun-aurinkopaneelijulkisivun>
- [14] Tuomisto N. Aurinkokennot halpenevat uuden puolijohteen valmistustavan avulla. CO2 -raportti. 2010. [verkkodokumentti, viitattu 6.1.2012]
http://www.co2-raportti.fi/index.php?page=ilmastouutisia&news_id=2305
- [15] Nauska R. Aurinko- ja tuulienergian sekä hulevesien käyttömahdollisuuksia logistiikka-alueen energiantuotannossa. 2010. Tutkimustyö. Viitattu 12.1.2012.
- [16] Nazeeruddin M.K. Baranoff E. & Graetzel M. 2011. Solar Energy. s. 1172-1178. Viitattu 7.1.2012.
- [17] Kolehmainen K. Nanoteknologia aurinkokennoissa. 2011. Tutkielma. Viitattu 12.1.2012.
<http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/ont/kolehmainen-k-2011.pdf>
- [18] Technology Academy Finland [verkkodokumentti, viitattu 12.1.2012]
<http://www.millenniumprize.fi/uploads/images/laureates2010/GratzelMichaeltaustamateriaali.pdf>
- [19] Aurinkoenergia [verkkodokumentti, viitattu 12.1.2012]
<http://www.aurinkovoima.fi/fi/sivut/aurinkoenergia>

- [20] Lehtinen J. 2012. Aurinko jyrää uusiutuviissa energioissa. 3T –lehti. Päivitetty 16.1.2012. [verkkodokumentti, viitattu 16.1.2012]
http://www.3t.fi/artikkeli/uutiset/teknologia/aurinko_jyraa_uusiutuviissa_energiaissa
- [21] Teknologiateollisuus [ABB-aurinkoshk-1.pdf, viitattu 16.1.2012]
- [22] Anthony S. ExtremeTech [verkkodokumentti, viitattu 2.3.2012]
<http://www.extremetech.com/computing/114609-smartphone-screens-with-built-in-solar-cells>
- [23] Mikä pietsosähkö? Tekniikka ja Talous [verkkodokumentti, viitattu 2.3.2012]
<http://www.tekniikkatalous.fi/incoming/mika+pietsosahko/a40555>
- [24] Innovattech [verkkodokumentti, viitattu 2.3.2012]
<http://www.innovattech.co.il/technology.aspx>
- [25] Machine design [verkkodokumentti, viitattu 16.3.2012]
<http://machinedesign.com/article/sensor-sense-piezoelectric-force-sensors-0207>
- [26] EnOcean [verkkosivut, viitattu 16.3.2012]
www.enocean.com
- [27] KSM-Lämpötekniikka Oy [verkkosivut, viitattu 21.3.2012]
<http://www.ksm.fi/tuotteet/st1solaraurinkokeraimet>
- [28] Energiateollisuus [verkkosivut, viitattu 31.3.2012]
www.energia.fi

- [29] Siemens [verkkosivut, viitattu 31.3.2012]
http://www.siemens.fi/fi/siemens_osakeyhtio/ymparistoratkaisut/tuulivoima.htm
- [30] Windpower [verkkosivut, viitattu 31.3.2012]
<http://www.windpower.org/en/>
- [31] Alternative energy news [verkkosivut, viitattu 31.3.2012]
<http://www.alternative-energy-news.info/>
- [32] EcoSources [verkkosivut, viitattu 31.3.2012]
http://www.ecosources.info/en/topics/Savonius_vertical_axis_wind_turbine
- [33] Windside [verkkosivut, viitattu 31.3.2012]
<http://www.windside.com/>