

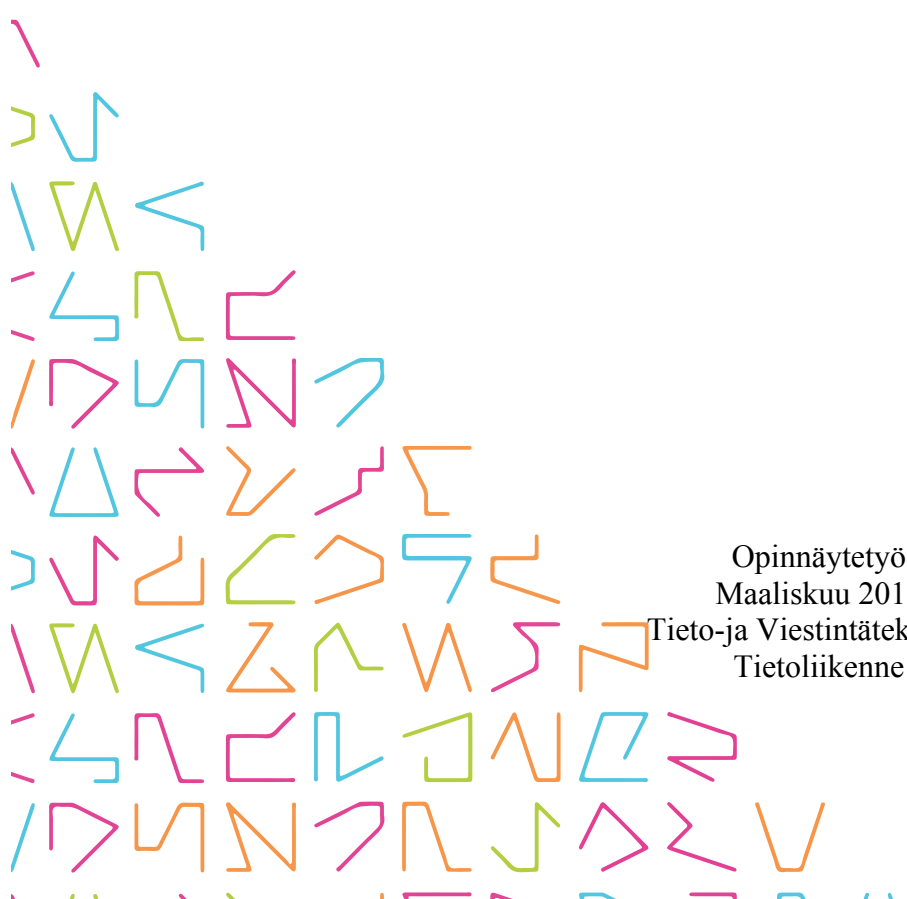


TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS OMAKOTITALOON

Vesa Vuorinen

Opinnäytetyö
Maaliskuu 2017
Tieto- ja Viestintäteknikka
Tietoliikenne



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tieto- ja Viestintäteknikka
Tietoliikenne

VUORINEN VESA

Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu ja toteutus omakotitaloon

Opinnäytetyö 38 sivua, joista liitteitä 2 sivua
Maaliskuu 2017

Opinnäytetyönä suunniteltiin, mitoitettiin ja toteutettiin aurinkosähköjärjestelmä omakotitaloon kustannustehokkaasti. Työ koostui kolmesta kokonaisuudesta. Suunnittelu- vaiheessa pyrittiin kartoittamaan mahdollisimman tarkasti, mikä tulee olemaan järjestelmän käyttötarkoitus. Tältä pohjalta tarvittavat laitteet ja komponentit mitoitettiin vastaamaan mahdollisimman tarkasti haluttua käyttötarkoitusta. Suunnittelulla ja mitoituksella haluttiin saavuttaa mahdollisimman kustannustehokas toteutus. Toisena osana laskettiin työhön kuluneet kustannukset, sekä verrattiin niitä referenssinä käytettyyn tarjoukseen. Työssä tutkittiin kuinka paljon kuluissa on mahdollista säästää, verrattuna valmiiksi asennettuihin järjestelmiin. Viimeisenä vaiheena toteutettiin itse koko järjestelmän asennus.

Aurinkosähköjärjestelmäksi valittiin itsenäinen saarekejärjestelmä, jota ei liitetty suoraan kodin sähköverkkoon. Tämä mahdollisti kaikkien asennusten tekemisen itse. Huolellisella suunnittelulla ja mitoituksella saatiin merkittäviä kustannussäästöjä verrattuna valmiiksi asennettuihin järjestelmiin. Laitteiden ja komponenttien asennukset saatiin tehtyä ilman mainittavia ongelmia. Vuodenajasta ja aurinkopaneelien koosta johtuen haasteellisin osuus oli paneelien kiinnitys katolle. Työturvallisuudesta johtuen paneelien fyysisessä asennuksessa paikoilleen käytettiin apuna toista henkilöä. Muuten kaikki asennukset tehtiin itse. Kustannussäästöihin verrattuna oman työn osuus todettiin erittäin kohtuulliseksi.

Aurinkosähkön suosio on viime vuosina noussut merkittävästi. Suomesta löytyy jo runsaasti aurinkosähköjärjestelmiin erikoistuneita yrityksiä. Suosiosta johtuen myös lähdemateriaalia oli melko helppo löytää. Työn raportointi onnistui kaikin puolin hyvin. Monesta osa-alueesta olisi voinut kirjoittaa huomattavasti laajemminkin. Työssä haluttiin kuitenkin keskittyä vain keskeisiin aiheisiin. Työn lopputuloksena voidaan sanoa, että huolellisen suunnittelun avulla itse toteutetulla aurinkosähköjärjestelmällä saavutetaan merkittäviä kustannussäästöjä.

Asiasanat: aurinkosähköjärjestelmä, mitoitus, suunnittelu, asennus, kustannukset

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Information and Communication Technology
Telecommunications

Vuorinen Vesa
Designing and implementation of a photovoltaic system

Bachelor's thesis 38 pages, appendices 2 pages
March 2017

The choice of subject for this thesis stems from the increasing popularity of the photovoltaic systems. Solar energy is free, non-polluting and practically an inexhaustible source of energy. On the market, there are many commercial operators offering complete, ready-to-install photovoltaic systems. The price range for these kinds of systems is very varied.

The purpose of this study was to plan, design, develop and implement the installation of a photovoltaic system to a house. The project was planned to be conducted in three separate, distinguishable phases. The first phase consisted of designing the blueprint of the system and dimensioning the equipment and components needed. With these essential preliminary actions, the system was tailored to be as cost-efficient as possible.

The second phase of the project involved carrying out the theoretical calculations. Cost savings and electricity production volumes were carefully calculated. Finally, the implementations of the equipment and components were completed in the last phase of the project.

Basic background information of solar energy along with data on the radiation volumes was introduced in this thesis. All the components used in this study were described in detail. Furthermore, the relevant technical details and principles of both the system and its components were explained.

The study found that significant cost savings can be achieved with the help of careful planning and designing of a photovoltaic system. It was also discovered during the project that the time it took to implement the components was less than expected, one week.

In summary, the study shows that - with proper planning and self-made installations - it is possible to construct a cost-efficient photovoltaic system in one week.

Key words: photovoltaic system, solar energy, design, implementation

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	YLEISTÄ AURINGOSTA JA AURINKOENERGIASTA	6
2.1	Tähti nimeltä aurinko.....	6
2.2	Auringon maahan säteilemä energia.....	7
2.3	Auringon hyödyntäminen ja merkitys ihmiselle.....	8
3	AURINKOKOPANEELIT JA ENERGIAN HYÖDYNTÄMINEN	9
3.1	Auringon säteily määrä Suomessa.....	9
3.2	Säteilyn jakautuminen kuukausittain	10
3.3	Aurinkokennon toimintaperiaate	11
3.4	Aurinkopaneelityypit	15
4	AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU	18
4.1	Tarvittavat komponentit.....	19
4.1.1	Aurinkopaneelit.....	19
4.1.2	Laturi	19
4.1.3	Sähkön varastoiminen	20
4.1.4	Vaihtosuuntaaja.....	21
4.1.5	Kaapelit ja johdot.....	23
4.2	Kustannukset.....	24
4.2.1	Valmiiden aurinkosähköjärjestelmien hinnat.....	24
4.2.2	Oman järjestelmän kustannukset.....	25
5	JÄRJESTELMÄN TUOTTAMA HYÖTY	28
5.1	Kustannukset ja sähkön hinta.....	28
5.2	Aurinkosähköjärjestelmän tuottama sähkö.....	29
6	AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN ASENNUS	30
6.1	Akuston asennus	30
6.2	Invertterin ja lataussäätimen asennukset.....	31
6.3	Aurinkopaneelien asennus	32
7	POHDINTA.....	35
	LÄHTEET	37
	LIITTEET	39
	Liite 1. Green Solar Oy:n aurinkopaneelit	39
	Liite 2. Valmiiksi asennetun järjestelmän hinta	40

1 JOHDANTO

Tämän insinöörin opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa yksinkertainen aurinkosähköjärjestelmä kustannustehokkaasti omakotitaloon. Lähtökohtana suunnittelulle oli saavuttaa selkeä säästö kustannuksissa, verrattuna valmiiksi asennettuihin järjestelmiin. Lisäksi työn tarkoitus oli selvittää, kuinka paljon sähköä järjestelmällä pystyttäisiin tuottamaan. Viimeisenä tavoitteena oli tarkastella järjestelmän asennuksen vaativuutta, sekä siihen kulunutta aikaa.

Työssä käsitellään aluksi lyhyesti aurinkoa energianlähteenä. Tarkoituksena on selvittää auringosta saatavan säteilyn energiamäärää, sekä sen jakautumista eri vuodenajoille. Lukija saa näin paremmin käsityksen itse järjestelmän tuottamasta sähkömäärästä, sekä aurinkosähkön Suomessa tarjoamista mahdollisuuksista.

Suunnittelun perustana oli laatia oikein mitoitettu järjestelmä haluttuun käyttötarkoitukseen. Mitoitus perustui omakotitalon yläkerroksen jäähdytykseen ilmalämpöpumpun avulla. Tältä pohjalta päätettiin toteuttaa noin yhden kilowatin tehoinen saarekejärjestelmä. Tällainen järjestelmä pitää sisällään aurinkopaneelit, lataussäätimen, akuston ja vaihtosuuntaajan. Tyypillisesti saarekejärjestelmä tuottaa sähköä vain talouden omaan käyttöön. Sitä ei ole kytketty valtakunnalliseen sähköverkkoon. Työssä selvitetään olennaiset asiat suunnittelun ja järjestelmän mitoituksen kannalta. Tarvittavat komponentit esitellään lyhyesti. Tarkoituksena on auttaa lukijaa ymmärtämään, millaisilla perusteilla järjestelmän komponentit valitaan.

Aurinkosähköjärjestelmän asennuksella haluttiin tutkia, kuinka paljon aikaa asennustyö vaatii. Valmiiksi asennettujen järjestelmien hinnoissa työn osuus on kohtalaisen suuri. Tekemällä asennukset itse, on mahdollisuus säästää merkittävä summa kuluissa. Samalla haluttiin selvittää mahdolliset asennukseen liittyvät ongelmakohdat. Lopuksi verrataan toteutuneita kustannuksia vertailupohjana käytettyihin järjestelmiin. Kustannusten ja laskennallisen sähköntuoton avulla pohditaan itse asennetun järjestelmän kannattavuutta.

2 YLEISTÄ AURINGOSTA JA AURINKOENERGIASTA

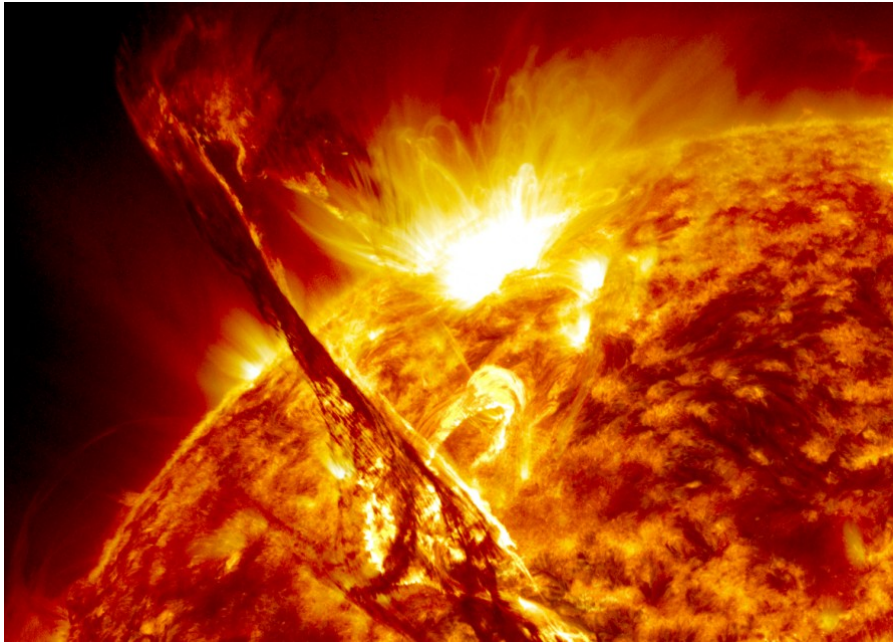
2.1 Tähti nimeltä aurinko

Aurinko on keskikokoinen tähti, joka koostuu pääosin vedystä ja heliumista. Rakenteeltaan aurinko on kaasupallo. Kaasu pysyy kasassa pallomaisessa muodossa auringon oman painovoiman johdosta. Kaasu esiintyy auringossa ionisoituneessa muodossa, eli plasmana. Aurinko synnyttää säteilemänsä energian valtavassa paineessa ja kuumuudessa. Säteilyenergia syntyy auringon ytimessä fuusioreaktioiden tuloksena. Yhden sekunnin aikana aurinko muuttaa fuusioreaktioiden avulla noin 600 miljoonaa tonnia vetyä 596 miljoonaksi tonniksi heliumia. Tämän prosessin sivutuotteena vapautuu neljä miljoonaa tonnia vetyä energiaksi. (Ilmatieteenlaitos, 2017). Tämän energian aurinko säteilee pinnaltaan avaruuteen. Osa energiasta saapuu maapallon pinnalle. Tähän auringon lämpösäteilyyn perustuu koko tunnettu elämä maapallolla. Säteilyteho voidaan laskea Einsteinin kehittämän suhteellisuusteorian pohjalta kaavalla

$$E = m \cdot c^2 \quad (1)$$

Kaavassa E tarkoittaa energian kokonaismäärää. Vastaavasti m viittaa massaan ja c on valonnopeus (Tekniikan Kaavasto, 2010). Massalla tarkoitetaan tässä tapauksessa erotusta, joka saadaan vedyn ja heliumin fuusioituessa. Auringon ytimessä näin syntynyt energia siirtyy kohti auringon pintaosia. Siirtymisen saa aikaan auringon pinnan ja ytimen välinen lämpötilaero. Auringon pinnalta lämpöenergia siirtyy infrapunataajuudella olevien sähkömagneettisten aaltojen avulla avaruuteen. Samalla tavalla osa säteilystä saavuttaa maapallon pinnan (Ilmatieteenlaitos, 2017).

Auringon iäksi arvioidaan noin 4,6 miljardia vuotta. Arvio perustuu meteoriittien tutkimukseen radioaktiivisia isotooppeja hyödyntämällä. Auringon eliniäksi arvioidaan yli kymmenen miljardia vuotta. Näin ollen voidaankin ihmisen näkökulmasta puhua käytännössä loppumattomasta energianlähteestä (Ilmatieteenlaitos, 2017).



KUVA 1. Aurinko säteilee energiaa avaruuteen (NASA, SDO Gallery, 2017)

2.2 Auringon maahan säteilemä energia

Auringon lämpösäteilyä saapuu maan ilmakehän yläosiin 174 000 terawattia (TW). Tämä säteilyn kokonaismäärä ei kuitenkaan saavuta maan pintaosia. Noin kolmekymmentä prosenttia tästä energiasta heijastuu takaisin avaruuteen. Osa säteilystä absorboituu maan pintaan ja meriin. Tämä vastaavasti lämmittää maa- ja vesialueita. Merien lämmittäessä tarpeeksi, niistä haihtuu vettä. Vesihöyry siirtyy lämpimän ilman mukana ilmakehän yläosiin. Tämä ilmiö synnyttää pilviä, joista vesi sataa jälleen takaisin maanpinnalle. Veden tiivistyminen ilmakehässä aiheuttaa myös erilaisia ilmiöitä, kuten tuulen ja korkeapaineen (Opetushallitus, etälukio 2017). Auringosta maanpintaan ja meriin absorboitunut lämpöenergia pitää maan keskilämpötilan 14 asteessa Celsiusta. (Tiedebaasari, 2016).

TAULUKKO 1. Auringon lämpösäteilyn jakautuminen maassa (Opetushallitus, etälukio 2017)

	TEHO / TW	Prosentuaalinen osuus
Kokonaisteho	173 000	100
Heijastuu avaruuteen	50 000	29
Ilmakehä	41 400	24
Meret ja vesistöt	65 400	38
Maaperä	15 600	9
Biosfääri	133	0,08
Ihmiskunta	13	0,008

Ilmakehän yläosiin saapuvasta säteilymäärästä käytetään yleisesti nimitystä aurinkovakio. Aurinkovakion arvo maassa on noin 1400 wattia neliometriä kohden (W/m^2). Tämä arvo vaihtelee maapallon kiertoradasta johtuen +/- 3,5 prosenttia. Maanpinnalla aurinkovakion arvo on noin 50 prosenttia ilmakehän yläosan arvosta (Opetushallitus, etälukio 2017). Hyvissä olosuhteissa, kohtisuoraan aurinkoa kohden, maanpinnalla voidaan saavuttaa noin 900-1000 watin säteilyteho neliometriä kohden (W/m^2) (Finnwind, 2017).

2.3 Auringon hyödyntäminen ja merkitys ihmiselle

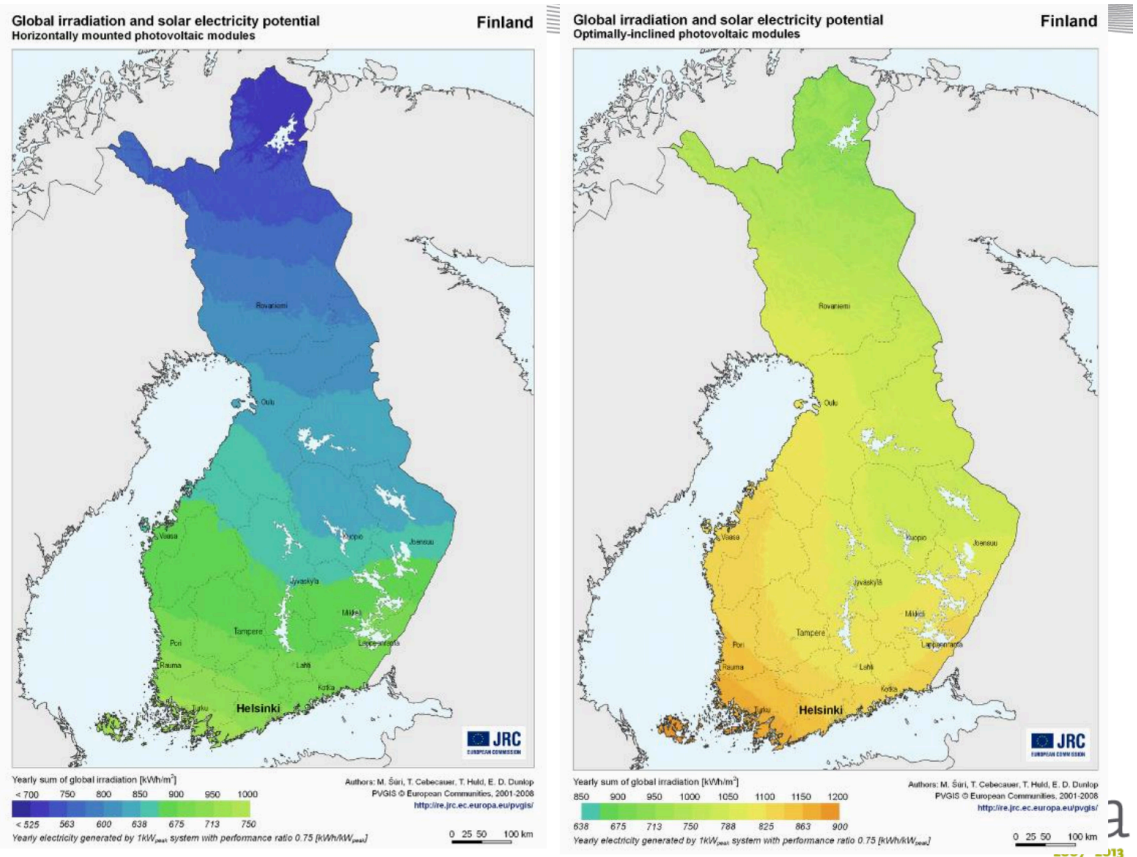
Aurinkoa on hyödynnetty pitkään ihmiskunnan historiassa: Auringon lämpösäteilyllä on valmistettu esimerkiksi suolaa haihduttamalla merivedestä (Meira, 2017). Monenlaisia elintarvikkeita on kuivattu auringossa (GB Times, 2016). Aurinkoa on käytetty apuna suunnistuksessa ja sijainnin määrittämisessä. Aurinkokellojen avulla on mitattu aikaa.

Aurinkosähkön aikakauden voidaan katsoa alkaneen 1800-luvun loppupuolella. Vuonna 1883 yhdysvaltalainen Charles Fritts rakensi ensimmäisen toimivan aurinkokennon. Kenno perustui seleenin käyttöön materiaalina. Tosin jo vuonna 1839 ranskalainen Henri Becquerel teki havaintoja siitä, miten elektrolyyttiin upotettujen elektrodien välinen jännite on riippuvainen valon määrästä. Uuden aikakauden aurinkosähkön historiassa katsotaan alkaneen vuonna 1954. Tuona vuonna yhdysvaltalaisessa Bell Labs - tutkimuskeskuksessa saatiin aikaan valosähköinen ilmiö pn-liitoksessa. Materiaalina käytettiin seleenin sijasta piitä. Tältä pohjalta Bell Labs valmisti samana vuonna aurinkokennon, joka saatiin toimimaan kuuden prosentin hyötysuhteella (Aurinkoenergia, 2017).

3 AURINKOKOPANEELIT JA ENERGIAN HYÖDYNTÄMINEN

3.1 Auringon säteily määrä Suomessa

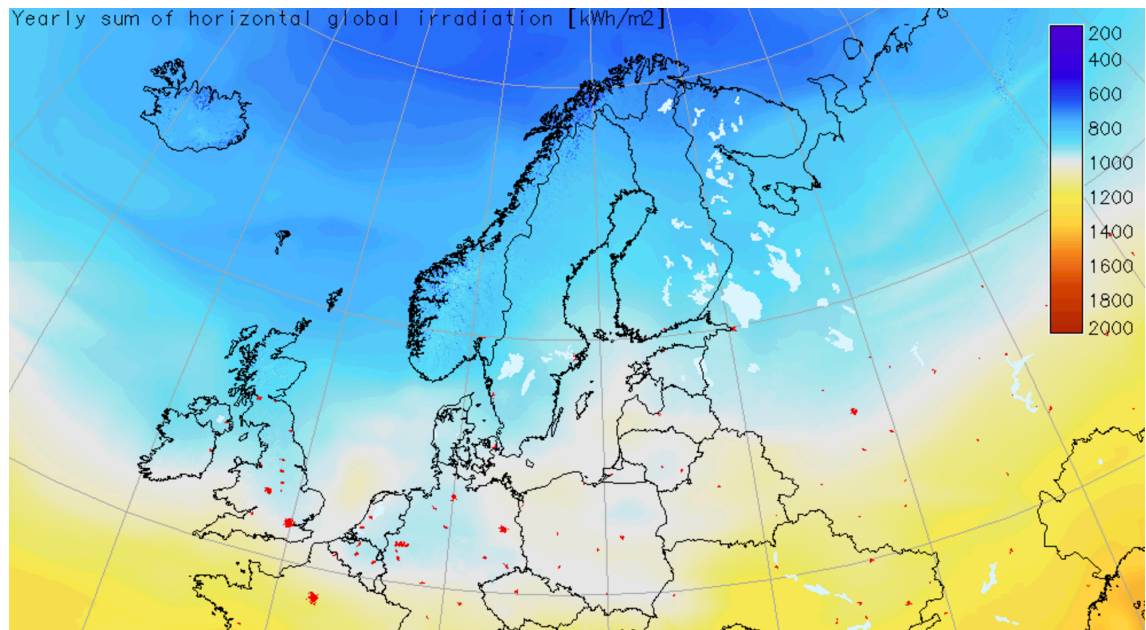
Säteilyenergia koostuu kokonaisuudessaan suorasta säteilystä, sekä heijastuvasta hajasäteilystä. Nimensä mukaisesti suora säteily on energiaa, joka tulee suoraan auringosta. Hajasäteily voi heijastua esimerkiksi pilvikerrostumista tai maanpinnasta. Suomessa hajasäteilyn osuus kokonaissäteilystä on merkittävä. Tästä johtuen aurinkoa seuraavat järjestelmät eivät ole Suomessa taloudellisesti järkeviä. Aurinkopaneelien oikea sijoittelu ja kallistuskulma ovat merkittäviä tekijöitä. Usein mikrojärjestelmissä paneelit asennetaan talon katon suuntaisesti (Motiva, 2017).



KUVA 2. Aurinkoenergian saanti vaakasuoralle pinnalle (vasen kuva), sekä optimoidulla kaltevuuskulmalla olevalle pinnalle (Joint Research Center, 2012).

Vuosittainen kokonaissäteilyn määrä on Etelä-Suomessa samaa luokkaa kuin Pohjois-Saksassa. Tämä johtuu Suomen aurinkoisista ja pitkistä kesäpäivistä. Vuotuinen säteily määrä vaakasuoralle pinnalle on Helsingissä noin 980 kWh/m^2 . Vastaava arvo on So-

dankylässä noin 790 kWh/m^2 (Ilmatieteen laitos, 2016). Paneelien kääntäminen 45 asteen kulmassa etelään päin, lisää vuosituotantoa noin $20\text{-}30$ prosenttia verrattuna vaakasuoraan asennukseen (Motiva, Aurinkosähkö 2017).

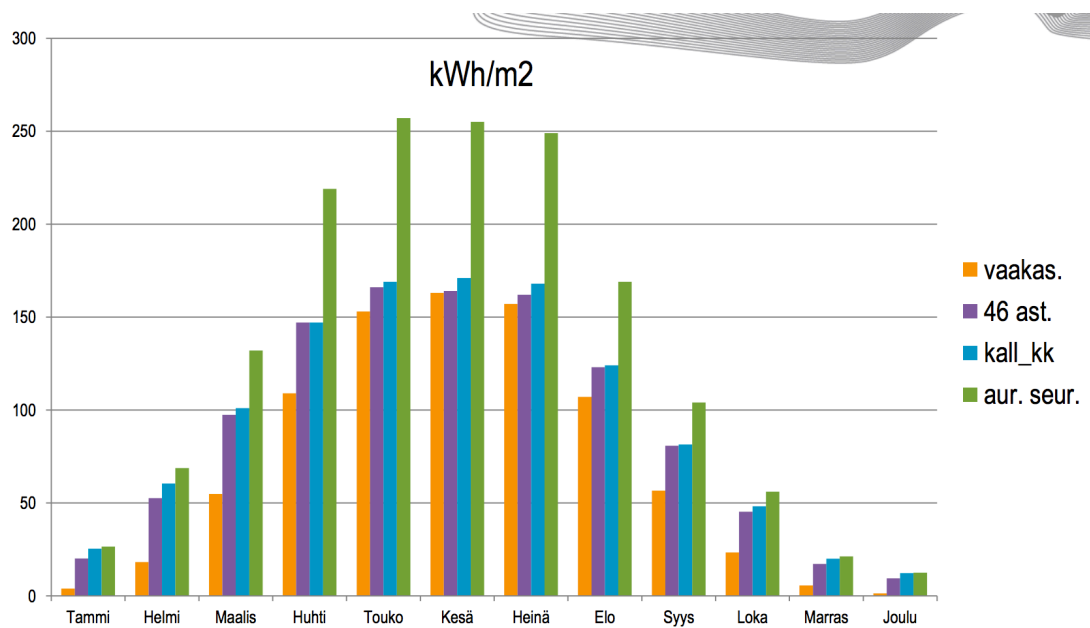


KUVA 3. Aurinkoenergian vuosittaiset säteilymäärät Pohjois-Euroopassa (Joint Research Center, 2012)

3.2 Säteilyn jakautuminen kuukausittain

Suomessa auringosta saatava energia ei jakaudu vuositasolla tasaisesti. Tämä johtuu pimeästä ja pitkästä talvikaudesta. Talvikuukaudet lokakuusta maaliskuuhun tuottavat vain vähän aurinkoenergiaa. Vastaavasti kesällä pitkistä ja valoisista kesäpäiväistä johtuen, energian saatavuus on korkea. Taulukosta 2 nähdään Raahen korkeudella eri tavalla asennettuihin paneeleihin saatava aurinkoenergian määrä kuukausittain. Taulukosta huomataan, että asennustavoista riippumatta tuotanto lokakuusta tammikuun loppuun jää alle 50 kWh/m^2 tason. Vastaavasti toukokuusta heinäkuun loppuun saadaan asennuksista riippumatta energiaa yli 150 kWh/m^2 . Taulukon perusteella huomataan, että talvikuukausien aikana Suomessa tarvitaan korvaavia energianlähteitä.

TAULUKKO 2. Aurinkoenergian jakaantuminen kuukausittain eri tavalla asennetuille paneeleille Raahen korkeudella (Oulun Ammattikorkeakoulu, 2014)

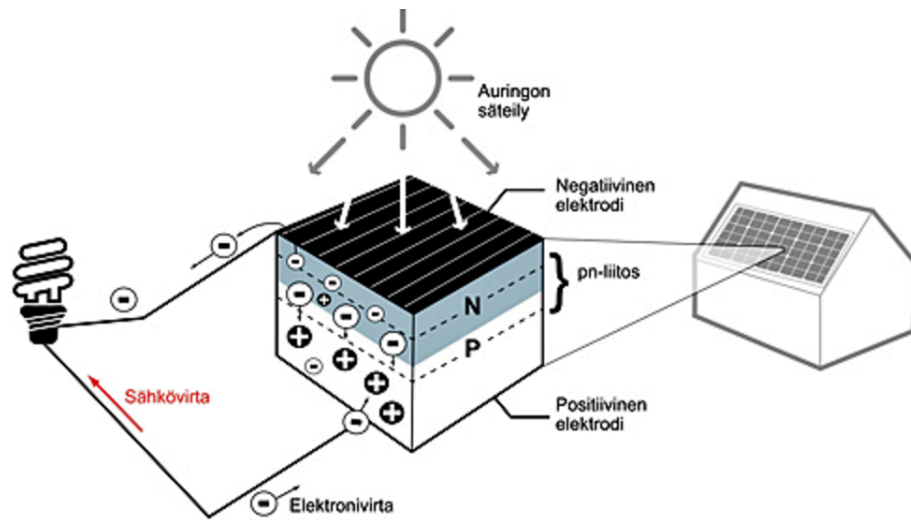


3.3 Aurinkokennon toimintaperiaate

Auringon säteilemä energia muutetaan aurinkokennossa suoraan sähköenergiaksi. Lämpösäteilyn fotonien sisältämä energia irrottaa aurinkokennossa olevia puolijohdemateriaalin elektroneja. Tällöin muodostuu elektroneista ja aukoista pareja. Näihin pareihin vaikuttaa kennon P- ja N-kerrosten sisäinen sähkökenttä. Sähkökenttä saa aikaan sen, että elektronit kulkeutuvat kennon positiiviselle elektrodille ja aukot negatiiviselle. Erilinen kuorma kytketään elektrodien välille, jolloin syntyy virtapiiri. Tämä saa aikaan elektronien liikkeen virtapiirin läpi. Tästä liikkeestä puolestaan syntyy sähkövirta. Tämä johdetaan erillisillä johtimilla lataussäätimelle tai vaihtoehtoisesti invertterille (Ahjo Energia, 2017).

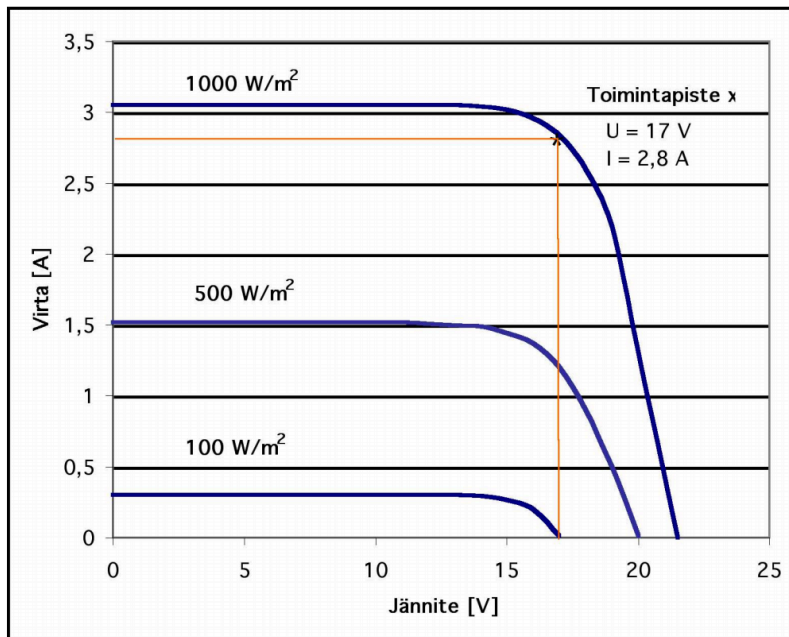
Aurinkokennojen yleisin rakennusmateriaali on pii. Edullisuutensa ja hyvien ominaisuuksiensa ansiosta pii on korvannut muut käytetyt materiaalit. Nykyisistä aurinkokennoista noin 90 prosenttia on valmistettu piistä. Teoreettisesti paras hyötysuhde piikenoilla on 31 %. Käytännössä tähän arvoon ei kuitenkaan päästä. NykYTEKNIKALLA valmistetut parhaat piipohjaiset kennot yltyvät noin 18 % hyötysuhteeseen. Muitakin materiaaleja tutkitaan. Esimerkiksi Washingtonin ja Tenneseen yliopistojen tutkijat ovat kehittäneet uuden kadmium-telluride-kennon (CdTe). Uusilla kennoilla on hyvin alhainen

hiilijalanjälki. Ne toimivat piitä paremmin myös vaikeissa olosuhteissa, kuten hämärässä, sateessa tai kovassa kuumuudessa. (Kauppalehti, 2016).



KUVA 4. Aurinkokennon toimintaperiaate (Ahoranta, 2013)

Aurinkokennon ominaiskäyrästä nähdään, millä virran ja jännitteen arvoilla se voi toimia. Käyrältä löytyy myös aurinkopaneelin toimintapiste. Tämä piste tarkoittaa niitä virran ja jännitteen arvoja, joilla saavutetaan suurin ulostuloteho eri käyttöolosuhteissa. Toimintapisteen arvoja ei käytännössä saavuteta. Tämä johtuu valaistusolosuhteiden muutoksista ja paneelin lämpötilan noususta kirkkaalla auringonpaisteella. Kuvassa viisi nähdään miten 50 watin aurinkopaneelin ominaiskäyrä vaihtelee eri aurinkosäteilyn voimakkuuksilla. (Suntekno Oy, 2017).



KUVA 5. Aurinkopaneelin ominaiskäyrä eri säteilyvoimakkuuksilla lämpötilassa 25 astetta Celciusta (Suntekno Oy, 2017)

Aurinkokennosta saatava teho saadaan laskettua suoraan kaavasta

$$P = U \cdot I \quad (2)$$

missä P on teho (W), U on jännite (V) ja I on virta (A) (Tekniikan Kaavasto, 2010). Usein tehoa tärkeämpää on laskea paneelin tuottama energia. Tämä saadaan laskettua kaavalla

$$E = P \cdot t \quad (3)$$

Paneelin energia lasketaan kertomalla paneelin teho P ajalla t . Sähköenergiasta puhuttaessa käytetään yleensä yksikkönä wattituntia (Wh). Tämä arvo voidaan kertoa myös tuhannella, jolloin yksiköksi saadaan kilowattitunti (kWh) (Tekniikan Kaavasto, 2010). Esimerkiksi sähköyhtiöt käyttävät laskutuksessaan yleensä yksikkönä kilowattituntia. Aurinkokennon hyötysuhde η on paneelin tehon ja vastaanotetun säteilyn suhde

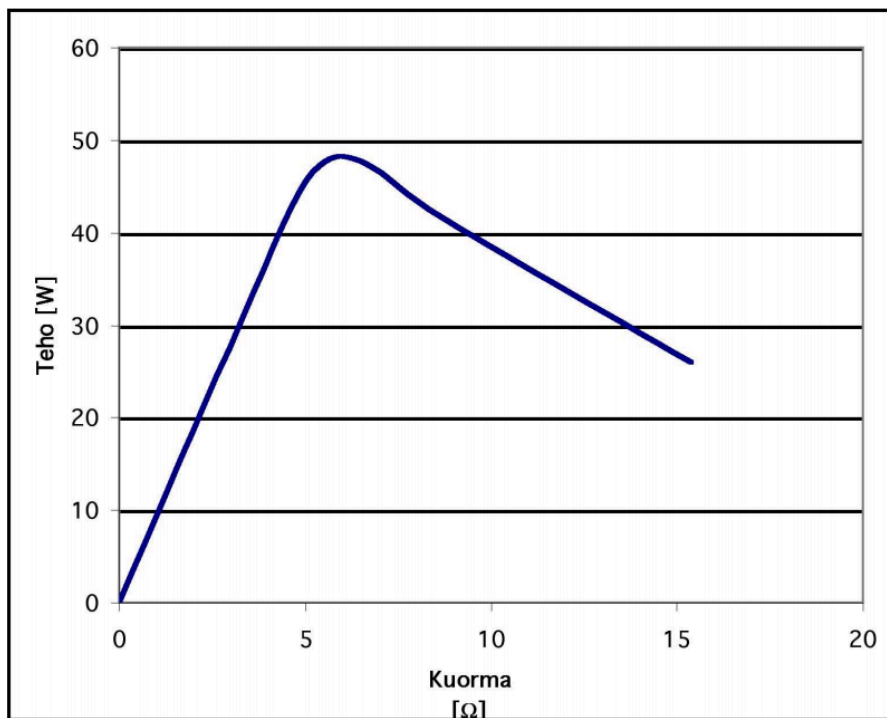
$$h = \frac{P}{S_A} \cdot 100\% \quad (4)$$

Kaavassa P on siis paneelin teho, S on aurinkosäteilyn voimakkuus ja A on paneelin pinta-ala. Aurinkopaneeliin kytketään aina myös vastus eli kuorma. Käytännössä kuor-

ma on usein akusto lataussäätimiseen (Suntekno Oy, 2017). Kuorman suuruus voidaan laskea suoraan ohmin laista kaavalla

$$R = \frac{U}{I} \quad (5)$$

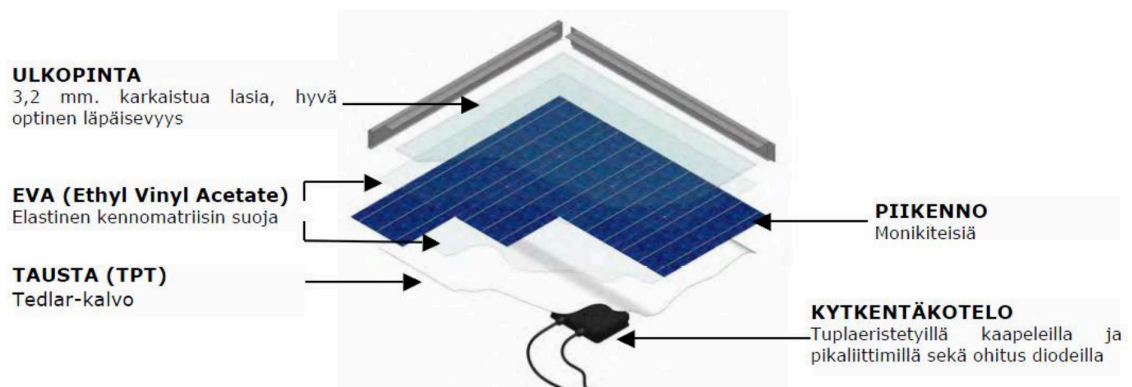
missä R on kuorman resistanssi (Ω), U paneelin napajännite ja I virta (Tekniikan Kaa-
vasto, 2010). Kuorman resistanssi vaikuttaa olennaisesti myös aurinkopaneelin tehoon. Liian pieni resistanssi aiheuttaa pienen tehon. Vastaavasti liian suuri resistanssi pienentää virran määrää, joka puolestaan vaikuttaa alentavasti tehoon. Kuvassa 6 nähdään kuorman resistanssin vaikutus paneelin tuottamaan tehoon. Käytetty paneeli on teholtaan 50 wattia. Suurin mahdollinen teho saavutetaan, kun käytetyn kuorman resistanssi on noin 6Ω . Tämä on sama arvo kuin jännitteen ja virran suhde toimintapisteessä ($17 \text{ V} / 2,8 \text{ A} = 6 \Omega$). Uusilla lataussäätimillä on mahdollista pitää paneelin teho käytön aikana mahdollisimman lähellä toimintapistettä (Suntekno Oy, 2017).



KUVA 6. Vastuksen eli Kuorman vaikutus 50 W aurinkopaneelin tehoon, kun aurin-
gonsäteilyn voimakkuus on 1000 W/m^2 (Suntekno Oy, 2017)

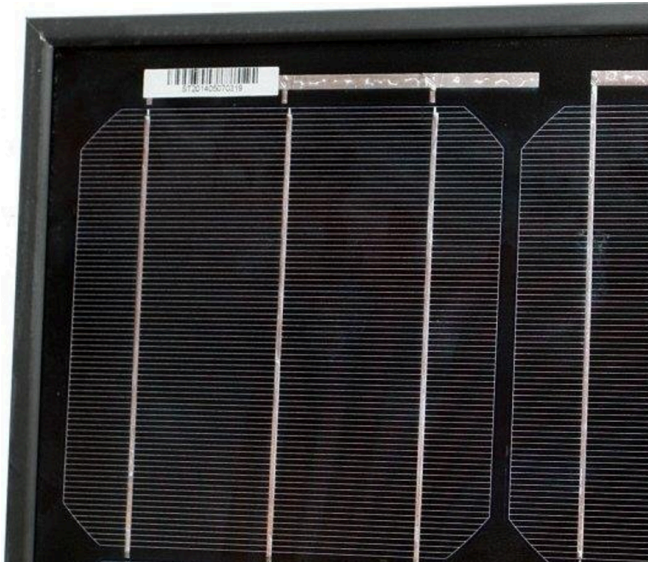
3.4 Aurinkopaneelityypit

Nykyisissä teollisuus- ja kotikäyttöön tarkoitetuissa aurinkopaneeleissa käytetään hyvin yksinkertaista rakennetta. Erikoiskäyttöön on myös saatavilla esimerkiksi joustavia ja rakenteeltaan taivutettavia paneeleita, ns. ohutkalvopaneeleja. Tyypillisesti aurinkopaneeli koostuu piikennosta, kennon taustasta, kehyksestä, lasista ja kytkentäkotelosta. Pinnan lasi on karkaistua lasia, jota voidaan myös tarvittaessa tummentaa. Tummennuksella pyritään parantamaan paneelin hyötysuhdetta. Paneelien kehys pitää lasin, kennon ja taustan koossa. Kehyksen avulla paneelit voidaan myös kiinnittää erilaisiin asennustelineisiin tai alustoihin. Kehyksen materiaalina on yleensä alumiini. Piikentöjen osuus aurinkopaneelien markkinoista on noin 90% (Motiva, Aurinkosähkö 2017).



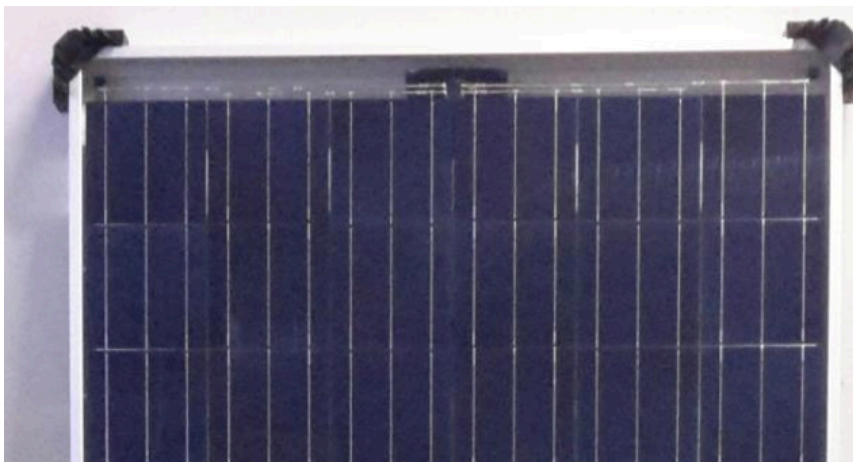
KUVA 7. Aurinkopaneelin mekaaninen rakenne (Oulun Ammattikorkeakoulu, 2014)

Piikentöjä voidaan valmistaa kolmella eri tavalla: 1) yksikiteisestä piistä, 2) monikiteisestä piistä, 3) amorfisesta piistä. Yksikiteiset kennot tarjoavat erinomaisen hyötysuhteen. Parhailla yksikiteisillä kennoilla voidaan päästä jopa 18 % hyötysuhteeseen. Haittapuolena on vastaavasti kallis hinta. Tämä johtuu yksikiteisten kennojen vaativasta ja monimutkaisesta valmistusprosessista. Rakenteesta johtuen yksikiteisestä piistä valmistetut kennot ovat yleensä väriltään hyvin tummia ja tasavärisiä (Oulun Ammattikorkeakoulu, 2014).



KUVA 8. Yksikiteinen piikkenno (GWL Power Ltd, 2017)

Piipohjaiset ja monikiteiset kennot ovat nykyään yleisin aurinkokennotyyppi. Monikiteisiä kennoja on kohtalaisen yksinkertaista valmistaa. Yleinen tapa kennojen valmistamiseen on piin sulattaminen. Tämän jälkeen piistä valetaan kiinteitä kappaleita. Näitä kappaleita voidaan leikata koneellisesti haluttuun muotoon. Prosessi on huomattavasti yksikiteisten kennojen valmistamista yksinkertaisempi. Valaminen aiheuttaa muutoksia kennojen kiderakenteeseen. Tästä rakenteen epäsäännöllisyydestä johtuen, hyötysuhde on hieman yksikiteisiä kennoja huonompi. Hyötysuhde vaihtelee hieman ja on kaupallisten monikidekennojen kohdalla yleensä 13-17%. Kiderakenteesta johtuen monikidekennot ovat väriltään vaaleamman sinisiä. Tyypillisesti satunnaisempi kiderakenne on hyvin nähtävillä myös kennon pinnassa.



KUVA 9. Monikiteinen piikkenno (Suntekno Oy, 2017)

Amorfisen piin hyötysuhde on kaikkein huonoin, noin 7 % luokkaa. Vastaavasti amorfi-
sesta piistä voidaan valmistaa hyvin ohuita ja joustavia kennoja. Sitä käytetäänkin ylei-
sesti ohutkalvokennojen valmistusmateriaalina. Näitä kennoja käytetään esimerkiksi
tilapäiseen energiantarpeeseen matkailuautoissa, veneissä ja retkeilyssä. Ohutkalvoken-
noista voidaan tehdä kooltaan pieniä. Rakenteesta saadaan myös joustava, mikä mah-
dollistaa kennojen taivuttamisen. Huonon hyötysuhteen takia ohutkalvokennoja ei enää
käytetä normaaleissa aurinkosähköjärjestelmissä. Tavallisissa aurinkokennoissa moniki-
teinen pii on hyvin pitkälle syrjäyttänyt amorfisen piin käytön (Finwind, 2017).



KUVA 10. Amorfisesta piistä valmistettuja aurinkopaneeleita voidaan taivuttaa (Ontario Solar Farms, 2017)

4 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU

Opinnäytetyössä oli tarkoituksena suunnitella noin yhden kilowatin tehoinen aurinkosähköjärjestelmä. Laskennallisesti paneeleista haluttiin saada hyvissä olosuhteissa yhden kilowatin sähköteho. Yhden kilowatin järjestelmä pystyisi tuottamaan riittävästi sähköä omakotitalon yläkerroksen viilentämiseen. Tähän arvioon päädyttiin, koska jäähdytyksessä käytettävän Mitsubishi-ilmalämpöpumpun keskimääräinen jäähdytysteho on noin 700 wattia. Pumppua pidetään päällä noin neljästä kuuteen tuntia kerrallaan. Lasketaan pumpun vaatima energiamäärä kuuden tunnin aikana kaavan 3 mukaisesti

$$E = P \cdot t$$

Kerrotaan pumpun teho P käytetyllä ajalla t . Sijoittamalla arvot kaavaan saadaan jäähdytyksen vaatimaksi energiamääräksi kuuden tunnin ajalta 4200 wattituntia. (4,2 kWh). Tältä pohjalta mitoitetaan tarvittava akkukapasiteetti niin, että pumpun toiminta on mahdollista kuuden tunnin ajan pelkillä akuilla. Lasketaan pumpun vaatima virta kaavalla 2

$$I = \frac{P}{U}$$

Sijoittamalla arvot kaavaan, saadaan 12 voltin järjestelmässä pumpun virraksi 58 A. Pumppu kuluttaa virtaa 58 A yhden tunnin aikana. Kerrotaan kulutus käytetyllä ajalla, eli kuudella tunnilla. Näin saadaan arvoksi 348 ampeerituntia (Ah). Huomioidaan myös invertterin ja lataussäätimen kuluttama sähkömäärä. Akkujen varausta ei tule päästää liian tyhjäksi. Päätettiin mitoitaa tarvittava akkukapasiteetti noin 400 ampeerituntiin. Kesällä jäähdytystä ei välttämättä tarvita. Silloin järjestelmän energia ohjataan kylpyhuoneen lattialämmitykseen. Kylpyhuoneen lattialämmitys kuluttaa tehoa noin 100 W/m². Pinta-ala on noin neljä neliometriä. Näin ollen sähkötehoa tarvitaan lattian lämmittämiseen noin 400 W.

4.1 Tarvittavat komponentit

4.1.1 Aurinkopaneelit

Ensimmäisenä valittiin järjestelmään sopivat aurinkopaneelit. Paneeleissa päädyttiin käyttämään monikiteisistä piikenneista valmistettuja paneeleita. Monikiteisten piikennejen käyttöä puolsivat niiden suhteellisen edullinen hinta, kohtuullinen hyötysuhde, toimintavarmuus ja hyvä saatavuus. Tarjousten perusteella päädyttiin hankkimaan Green Solar Oy:ltä yhteensä neljä kappaletta amerikkalaisia 265 watin aurinkopaneeleita. Paneelien tekniset tiedot liitteessä 1. Paneelien hinnaksi muodostui kotiin toimitettuna yhteensä 800 euroa. Keskimäärin suomalaisten yritysten tarjoamat noin 250 watin tehoiset paneelit maksoivat noin 230 euroa kappaleelta. Vaihteluväli oli kahdensadan ja kolmensadan euron välillä. Kustannussäästöä olisi saanut lisättyä tilaamalla paneelit Euroopasta. Halvimmillaan eurooppalaiset verkkokaupat myivät vastaavia paneeleita noin 150 euron kappalehintaan. Toimituskulut Suomeen olisivat olleet noin 100 euroa.

4.1.2 Laturi

Laturi eli lataussäädin on aurinkosähköjärjestelmässä tärkeä komponentti. Lataussäätimen tehtävänä on ohjata paneeleilta saatava sähkövirta järjestelmän akkuihin. Säätimellä myös kontrolloidaan akkuihin tulevan virran määrää. Tarvittaessa säädin estää akkujen yllilatauksen. Vastaavasti lataussäätimen avulla pystytään estämään akkujen purkautuminen kokonaan tyhjiksi. Säätimiin on saatavilla myös paljon erilaisia lisätoimintoja. Joissakin malleissa on kiinteä näyttö paneeleista saatavan virran ja akkujen varauksen tarkkailuun. Yleensä näytön voi myös hankkia erillisenä lisävarusteena. Ulkoisen näytön voi myös siirtää johdotuksen avulla kauemmas säätimestä.

Lataussäätimiä on saatavilla kahdenlaisia. Yksinkertaiset säätimet ovat tyypiltään ns. PWM (Pulse Width Modulation) säätimiä. Näissä säätimissä käytetään aina pulssinleveysmodulaatiotekniikkaa. Perustoiminnallisuutena on ulostulojännitteen muuntaminen haluttuun suuruuteen. Toisiin malleihin on saatavina lisävarusteena esimerkiksi varaustilan tai latausvirran näyttö (SW Energia, 2017).

PWM-säätimiä tehokkaammat ja monipuolisemmat säätimet ovat ns. MPPT (Maximum Power Point Tracking) säätimiä. Tyypin tarjoama suurin etu on huomattavasti PWM-

säätimiä parempi hyötysuhde. MPPT-säätimillä päästään parhaimmillaan jopa 98 prosentin hyötysuhteen. Tämä on tyypillisesti noin 20-40 prosenttia PWM-säätimiä enemmän. Parempi hyötysuhde saavutetaan käyttämällä maksimitehopisteen seurantamenetelmää. Siinä säädin etsii suurimman mahdollisen paneeleilta tulevan jännitteen ja virran. Tämä sovitetaan aina käytössä olevaan kuormaan. Muuntaminen tapahtuu hakkuri-virtalähteellä. Toisissa säätimissä on myös paljon lisätoimintoja. Automaattinen virran-katkaisu yllätauksen varalta löytyy monesta säätimestä. Säätimissä voi olla myös erilaisia liitäntöjä esimerkiksi lähiverkkoon kytkemistä varten. MPPT-säätimiin on myös saatavilla lisävarusteena esimerkiksi erillisiä varaustilan tai latausvirran näyttöjä (Aurinkosähkö, 2017). MPPT-säätimien hyvän hyötysuhteen ja monipuolisten toimintojen vuoksi järjestelmään valittiin Tracker MPPT 40A lataussäädin.

4.1.3 Sähkön varastoiminen

Aurinkosähköjärjestelmä ilman suoraa syöttöä kodin sähköverkkoon tarvitsee energia-varaston. Paneeleilta tuleva sähkö pitää väliaikaisesti varastoida, ennen kuin se voidaan hyödyntää kotikäyttöön. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että sähkö on ensin varastoitava akkuihin.

Aurinkosähkön käyttäminen asettaa erityisvaatimuksia käytettävälle akustolle. Akkujen pitää kestää epävakaata sähkön latausta, toistuvia purkautumissyklejä ja epäsäännöllistä täyteen latautumista. Lisäksi pitää huomioida akkujen hinta, käyttöikä, mahdollinen asennus ja huolto. On myös tärkeää mitoittaa tarvittava kapasiteetti oikein. Alimitoitettu akusto kuormittuu helposti liikaa. Tämä lyhentää akkujen käyttöikää merkittävästi. Lyijy-akut ovat edullisia perusakkuja. Niiden suurin etu onkin halpa hinta. Avoimia lyijy-akkuja ei tulisi käyttää sisätiloissa. Rakenteen johdosta niistä purkautuu haitallisia lataus-kaasuja. Lyijyakkuja valmistetaan myös suljettuina ja huoltovapaina. Nämä ns. venttiiliohjatut akut eivät sisällä lainkaan vapaata akkuhappoa. Happo on yleensä sidottu johonkin erottimeen. Varauksen aikana syntyvä kaasu muuttuu akun sisällä vedeksi. Liian suureksi kasvanut paine ohjataan ulos venttiilin kautta. Erityisesti aurinkosähköjärjestelmiin tarkoitettut AGM-akut (Absorbent Glass Matt) ovat myös venttiiliohjattuja. Niissä happo on imeytetty lasivillaan. Tämä mahdollistaa asentamisen mihin asentoon tahansa. Lisäksi on saatavilla geeliakkuja, joiden sisällä on happoon lisättyä hyytelöä. Saatavilla on myös lithium-ion akkuja. Nämä ovat varauskyvyltään ja ominaisuuksil-

taan lyijyakkuja huomattavasti parempia, mutta ovat vastaavasti kalliimpia (Solar Power World, 2017).

Järjestelmään päätettiin valita huoltovapaat, venttiileillä varustetut ja suljetut lyijyakut. Suurin syy valinnalle oli akkutyypin edullinen hinta. AGM-akkuja olisi voitu käyttää, mutta korkean hinnan takia päädyttiin kuitenkin vapaa-aikakäyttöön tarkoitettuihin lyijyakkuihin. Akuksi valittiin Sznajder 100 Ah vapaa-ajan akku. Yksi kappale maksoi 108 euroa. Näin ollen akuston kokonaishinnaksi muodostui 432 euroa. Lisäksi hankittiin 4 kpl akkukenkäpareja 50 mm virtajohdon kiinnittämiseen. Näiden hinnaksi muodostui yhteensä 18 euroa. Lopuksi ostettiin vielä kaksi metriä 50 mm virtakaapelia hintaan 18 euroa.

4.1.4 Vaihtosuuntaaja

Aurinkosähköjärjestelmään tarvitaan aina myös vaihtosuuntaaja eli invertteri. Invertterin tehtävänä on muuntaa paneeleilta saatava tasavirta vaihtovirraksi. Valinnassa on ensin syytä miettiä tarkasti käyttötarkoitus. Esimerkiksi lämminvesivaraajat tarvitsevat yleensä kolmivaihevirtaa. Mikäli aurinkosähköllä on tarkoitus lämmittää talouden käyttövesi, invertterin tulee olla vastaavasti kolmivaiheinen. Normaalit kodin sähköverkkoon liitettävät laitteet käyttävät yksivaihevirtaa. Niitä varten riittää edullisempi yksivaiheinen vaihtosuuntaaja (Motiva Oy, 2017).

Toinen tärkeä valintakriteeri on laitteesta saatavan virran tyyppi. Erilaisia virtatyyppejä on kahdenlaisia: puhdas siniaalto ja muokattu siniaalto. Muokattua siniaaltoa tuottavat laitteet ovat hinnaltaan huomattavasti puhdasta siniaaltoa tuottavia vaihtosuuntaajia edullisimpia. Karkeasti voidaan arvioida, että puhdasta siniaaltoa tuottava malli maksaa noin kolme kertaa enemmän, kuin muokattua siniaaltoa tuottava laite. Muokattu siniaalto sopii vain osalle sähkölaitteista. Herkkää elektroniikkaa sisältävät sähkölaitteet vaativat aina puhdasta siniaaltoa. Varmin valinta aurinkosähköjärjestelmään on puhdasta siniaaltoa tuottava invertteri (Dynawatt Powersystems Oy, 2017).

Viimeisenä on syytä miettiä invertterin tehoa, virrankulutusta, sekä hyötysuhdetta. Tehoa pitää olla vähintään saman verran, kuin vaihtosuuntaajaan liitetty sähkölaite kuluttaa. Mielellään jatkuvan tehon kesto saisi olla hieman ylimitoitettu suhteessa kulutukseen. Huipputeho on myös tärkeä asia. Moni sähkölaite käyttää nimellistehoaan enem-

män virtaa käynnistyessään. Tästä syystä invertterin pitää kestää jatkuvaa tehoa suurempia hetkellisiä tehopiikkejä. Lepovirran kulutus on myös merkittävä ominaisuus. Varsinkin pienissä järjestelmissä, korkea lepovirta käyttää turhaan rajallisia sähköresursseja. Hyötysuhde on syytä olla mahdollisimman korkea. Tyypillisesti puhdasta siniaaltoa tuottavien invertterien hyötysuhteet liikkuvat noin 85 ja 98 prosentin välillä (Dynawatt Powersystems Oy, 2017).

Järjestelmään päätettiin valita HQ PURE 1000W siniaaltoinvertteri. Järjestelmän pääkohteiksi määriteltiin ilmalämpöpumpulla tapahtuva viilennys, tai kylpyhuoneen lattialämmitys. Kummankaan kohteen teho ei ylitä missään olosuhteissa invertterin tuhannen watin maksimitehoa. Hieman tehokkaamman invertterin valinta olisi ollut mahdollista, mutta tehokkaampien mallien hinnat olisivat kohonneet melko korkeiksi. Järjestelmää suunniteltaessa pyrittiin kustannustehokkaisiin ratkaisuihin. HQ PURE 1000W siniaaltoinvertterin tekniset tiedot taulukossa 3.

TAULUKKO 3. Vaihtosuuntaajan tekniset tiedot (Verkkokauppa, 2017)

JATKUVA TEHO	1000 W
JATKUVA TEHO (10 min)	1200 W
HETKELLINEN TEHO	2000 W
VIRRANKULUTUS VALMIUSTILASSA	<1,2 A
LÄHTÖJÄNNITE	230 V AC \pm 3 %
LÄHTÖTAAJUUS	50 Hz, puhdas siniaalto
HYÖTYSUHDE	>85%
MAKSIMI VIRRANKULUTUS	160 A

HQ PURE 1000W siniaaltoinvertteriin kuuluu lisäksi hyödyllisiä suojausominaisuuksia. Virtalähdöissä on oikosulkusuojaukset. Laitteessa on ylikuormitussuojaus ja ylikuumenemissuoja. Myös virtatulossa on ylijännitesuoja. Akun ylipurkautumiselle on sekä suojaus että hälytys. Virtalähdöt ovat lisäksi suojattu alijännitesuojilla. Laitteessa on kaksi kappaletta maadoitettuja 230 V pistokkeita. Lisävarusteena on myös saatavana langallinen ohjauslaite kaukokäynnistämistä varten (Verkkokauppa, 2017).



KUVA 11. Järjestelmään valittu HQ PURE 1000W siniaaltoinvertteri (Verkkokauppa, 2017)

4.1.5 Kaapelit ja johdot

Kaapeloinnilla on suuri merkitys onnistuneessa aurinkosähköjärjestelmän suunnittelussa. Alimitoitettu kaapelointi aiheuttaa tehohäviöitä. Tällöin kaikkea paneelien tuottamaa virtaa ei saada järjestelmän hyötykäyttöön. Alimitoitettu kaapelointi aiheuttaa myös turvallisuusriskin. Liian ohut kaapeli saattaa sulaa virran kasvaessa ja aiheuttaa palovaa-
 ran. Käytettävän kaapelin paksuus riippuu tarvittavasta matkasta ja virran määrästä. Taulukosta 4 nähdään suositeltavat paksuudet eri mittaisille kaapeleille käytettävän virran mukaan. Esimerkiksi kymmenen ampeerin virta tarvitsee viiden metrin kaapelointiin kuuden millimetrin paksuisen kaapelin. (Suomen Erikoistekniikka, 2017)

Tämän opinnäytetyön aurinkosähköjärjestelmässä matka paneeleilta lataussäätimille oli melko lyhyt. Kaapelointiin tarvittiin vain 4,2 metrin pituinen kaapeli. Paneelit tuottavat suurimmillaan noin kahdeksan ampeerin virtoja. Taulukon 3 mukaisesti tällöin kaapelointiin riittäisi hyvin 4,8 mm kaapeli. Tästä huolimatta kaapelointi päätettiin mitoittaa varman päälle käyttämällä 5,0 mm kaapelia. Kaapeli saatiin samaan hintaan paneelien kanssa.

TAULUKKO 4. Kaapeloinnin suosituspaksuudet (Suomen Erikoistekniikka, 2017)

(A)	1m	2m	3m	5m	10m	12m	15m	20m
1	0,1	0,2	0,4	0,6	1,2	1,4	1,8	2,4
2	0,1	0,5	0,7	1,2	2,4	2,9	3,6	4,8
3	0,2	0,7	1,1	1,8	3,6	4,3	5,4	7,2
4	0,2	1,0	1,4	2,4	4,8	5,8	7,2	9,6
5	0,3	1,2	1,8	3,0	6,0	7,2	9,0	12,0
6	0,4	1,4	2,2	3,6	7,2	8,6	10,8	14,4
7	0,4	1,7	2,5	4,2	8,4	10,1	12,6	16,8
8	0,5	1,9	2,9	4,8	9,6	11,5	14,4	19,2
9	0,5	2,2	3,2	5,4	10,8	13,0	16,2	21,6
10	0,6	2,4	3,6	6,0	12,0	14,4	18,0	24,0

4.2 Kustannukset

4.2.1 Valmiiden aurinkosähköjärjestelmien hinnat

Yksi työn tarkoituksista oli tutkia, kuinka paljon kustannussäästöjä pystyttiin toteuttamaan verrattuna valmiiksi asennettuihin järjestelmiin. Vertailupohjaksi pyydettiin tarjous Green Solar Oy:ltä (liite 2). Lisäksi katsottiin internetistä kahden muun yrityksen hinnat vastaaville järjestelmille.

Green Solar Oy tarjosi 1,1 kilowatin tehoista järjestelmää hintaan 3240 euroa. Hintaan sisältyivät aurinkopaneelit asennuksineen, yhdistetty lataussäädin ja invertteri, kiinnikkeet ja johdot. Hintaan ei kuulunut akkuja, eikä muita asennuksia. Paneelin asennuksesta olisi voinut tehdä kotitalousvähennyksen. Kotitalousvähennys olisi ollut työn osalta 540 euroa. Tämän jälkeen järjestelmän hinnaksi olisi jäänyt 2700 euroa ilman akkuja. Yhteensä neljänsadan ampeeritunnin akuston hinta olisi ollut 400-1000 euroa, riippuen hyvin pitkälle valitusta akkujen tyypistä. Halvimmillaan vapaa-ajan käyttöön tarkoitettun, suljetun 100 Ah akun olisi saanut hintaan 108 euroa (Woima 100 Ah akku, Adita Oy, 2017). Neljän akun muodostaman akuston hinta olisi näin ollen yhteensä 432 euroa. Järjestelmän kokonaishinnaksi olisi tullut akkuineen yhteensä 3132 euroa. Hinnassa on huomioitu kotitalousvähennys. Vertailun vuoksi 105 Ah AGM-akku olisi maksanut Adita Oy:ssä 239 euroa. Neljän akun muodostaman AGH-akuston hinnaksi olisi näin tullut yhteensä 956 euroa (Greensolar Oy, 2017).

Eurosolar Oy tarjosi kotisivuillaan 730 watin järjestelmää asennettuna. Hintaan sisältyivät tarvittavat monikidepaneelit, asennustelineet, MPPT-lataussäädin, 6 kpl 220 Ah:n AGM-akkuja, akkumonitori ja asennustarvikkeet. Järjestelmän kokonaishinta oli 4700 euroa. Suurimman osan hinnasta muodosti yhteensä 1320 ampeeritunnin akusto (Eurosolar, 2017).

Vertailun vuoksi mukaan otettiin myös yksi talon sähköverkkoon liitetty järjestelmä. Savon voiman tarjoama 2,1 kilowatin järjestelmä on selvästi tehokkaampi. Hintaan sisältyivät 8 kpl paneeleita, lataussäädin, invertteri ja asennus. Tarkkaa hintaa Savon voima ei ilmoita, mutta kyseisen järjestelmän lähtöhinta asennettuna on 6350 euroa. Hinnasta voidaan arvioida paneelien osuudeksi noin 1800 euroa. Arvio perustuu 250 watin paneelien keskimääräiseen hintaan. Tältä pohjalta tehon pudottaminen noin tuhatteen wattiin alentaisi hintaa noin 900 euron verran. Järjestelmän hinta olisi näin ollen 1000 watin paneeleilla asennettuna noin 5450 euroa (Savon voima, 2017).

Työtä varten tutkittiin myös muita Suomessa myynnissä olevia aurinkosähköjärjestelmiä. Tulosten pohjalta voidaan sanoa keskimääräisen hinnan noin 1000 watin järjestelmälle asennettuna olleen 3000-4000 euroa. Hinta riippui eniten asennuksessa käytetyistä akuista ja niiden tyypistä.

4.2.2 Oman järjestelmän kustannukset

Suurin osa kustannuksista muodostui odotetusti aurinkopaneeleista. Neljä Green Solar Oy:n toimittamaa paneelia maksoivat osineen perille toimitettuna yhteensä 800 euroa. Paneelien hinnasta olisi ollut mahdollista saada pudotettua vielä noin 100-200 euroa. Tämä olisi kuitenkin edellyttänyt niiden tilaamista Suomen ulkopuolelta ja paneelien toimitusaika olisi ollut pitkä. Työssä ei haluttu ottaa riskiä viivästymisen tai toimituksen suhteen. Tästä syystä päädyttiin suomalaisen yrityksen kautta tilattuihin paneeleihin.

Koska kyseessä oli saarekejärjestelmä, eli kytkentää valtakunnalliseen sähköverkkoon ei tehty, energiavarastolla oli suuri merkitys. Parhaiten aurinkosähköjärjestelmään olisivat soveltuneet AGM-akut. Niiden hinnan todettiin kuitenkin olevan 2,4 kertaa tavallista vapaa-ajan akustoa kalliimpi. Taloudellisista syistä johtuen järjestelmään valittiin vapaa-aikakäyttöön tarkoitettut, 100 Ah Sznajder akut. Yhden akun hinta oli 119 euroa. Akkuihin saatiin pieni alennus, jonka jälkeen hinnaksi muodostui 432 euroa. Invertte-

riksi valittiin HQ PURE 1000W siniaaltoinvertteri. Hieman tehokkaampi malli olisi sopinut järjestelmään paremmin. Kuitenkin, esimerkiksi 2000 watin HQ Pure siniaaltoinvertteri olisi nostanut kustannuksia 130 euroa. Pienemmän mallin todettiin riittävän suunniteltuun käyttöön. HQ PURE 1000W siniaaltoinvertteri maksoi Verkkokaupasta ostettuna 379 euroa.

Lataussäätimiksi valittiin Tracer MPPT 40 A lataussäädin. Säädin on tyypiltään MPPT-säädin. Laite pystyy optimoimaan kennoilta tulevan virran ja jännitteen käytetyn akuston mukaan. Säätimen tekniset tiedot eriteltyinä taulukossa 5.

TAULUKKO 5. Lataussäätimen tekniset tiedot (Ekotorppa, 2017)

MAKSIMI LATAUSVIRTA	40 A
MAKSIMI LATAUSJÄNNITE	150 V
AKUSTON JÄNNITE	12-24 V
HYÖTYSUHDE	97%

Säätimessä oli myös tehokkaat suojaimekanismit sisäänrakennettuna. Laitteeseen kuuluvat suojaukset olivat:

1. Paneelin oikosulkusuoja
2. Paneelin ylijännitehälytys
3. Paneelin virran rajoitus
4. Paneelin väärinpäin kytkentäsuoja
5. Akuston alijännitesuojaus
6. Akuston väärinpäin kytkentäsuoja
7. Ylikuormasuoja
8. Kuorman oikosulkusuoja
9. Ylikuumentumissuoja

Lisäksi laitteessa oli RS485-portti. Säätimeen oli mahdollista liittää myös erillinen näyttö varaustilan ja latausjännitteen valvontaan. Lisänäyttö päätettiin hankkia käytännöllisyyden takia. Tämä nosti kustannuksia 38 euroa. Itse säätimen hinta oli 229 euroa (Ekotorppa, 2017).



KUVA 12. Tracer MPPT 40 A lataussäädin (Ekotorppa, 2017)

Taulukosta 6 nähdään, että järjestelmän kokonaishinnaksi muodostui komponenttien osalta yhteensä 1915 euroa. Jos otetaan vertailupohjaksi Green Solar Oy:n tarjous osittain valmiiksi asennetusta järjestelmästä 400 Ah AGM-akuilla, huomataan järjestelmän komponenttien muodostavan 61 prosenttia Green Solar Oy:n hinnasta. Kotitalousvähenhys huomioiden vastaavalla akustolla oma järjestelmä tuli siis 39 prosenttia Green Solar Oy:n tarjousta edullisemmaksi.

TAULUKKO 6. Järjestelmän komponenttien hinnat

AURINKOPANEELIT	800 euroa
INVERTTERI	379 euroa
LATAUSSÄÄDIN	229 euroa
ERILLINEN NÄYTTÖ	39 euroa
AKUSTO	432 euroa
TARVIKKEET AKUILLE	36 euroa
YHTEENSÄ	1915 euroa

5 JÄRJESTELMÄN TUOTTAMA HYÖTY

5.1 Kustannukset ja sähkön hinta

Kuten edellisessä kappaleessa todettiin, järjestelmän kustannukset olivat laitteiden ja komponenttien osalta yhteensä 1915 euroa. Sähkön hinta vaihtelee tyypillisesti paljon eri muuttujien mukaisesti. Hinta muodostuu toimittajakohtaisesta perusmaksusta, energiamaksusta ja erillisestä sähkön siirtomaksusta. Talouden sähkö hankitaan Valkeakosken Energialta. Valkeakosken Energian perusmaksu on 2,52 euroa kuukaudessa. Energiamaksu puolestaan on 6,47 senttiä kilowattitunnilta. Siirtomaksu koostuu useasta osasta. Perusosa on 8,15 euroa kuukaudessa. Energian osuus on siirtomaksussa 3,35 senttiä kilowattitunnilta. Siirtomaksussa veron osuus on 2,79 senttiä kilowattitunnilta. Koko talouden sähkönkulutus oli vuonna 2016 yhteensä 81547,7 kWh. Perusmaksu tekee yhteensä vuodessa 30,24 euroa. Jaetaan tämä summa koko vuoden sähkönkulutuksella, jolloin perusmaksuksi yhden kilowattitunnin osalta tulee 0,0004 senttiä. Vastaavasti laskien saadaan siirtomaksun perusosaksi 0,12 senttiä kilowattituntia kohden. Sähkön hinnan muodostuminen ja kokonaishinta kilowattituntia kohden nähdään taulukosta 7. Kaikki maksut huomioiden sähkön hinnaksi muodostuu 12,73 senttiä kilowattitunnilta.

TAULUKKO 7. Sähkön hinnan muodostuminen kilowattituntia kohden

PERUSMAKSU	0,0004 snt
SÄHKÖN ENERGIAMAKSU	6,47 snt
SIIRRON PERUSMAKSU	0,12 snt
SIIRRON ENERGIAMAKSU	3,35 snt
SÄHKÖVERO	2,79 snt
YHTEENSÄ	12,73 snt

Järjestelmän kokonaishinta oli 1915 euroa. Jaetaan tämä summa sähkön hinnalla kilowattituntia kohden. Tulokseksi saadaan 15043 kilowattituntia. Nykyisellä sähköhinnalla aurinkosähköjärjestelmä maksaa itsensä takaisin, tuotettuaan 15043 kilowattituntia sähköä. Seuraavaksi lasketaan järjestelmän tuottama sähkömäärä vuositasolla kappaleessa 5.2. Tämän jälkeen voidaan laskea järjestelmän kustannusten takaisinmaksuun kuluva aika.

5.2 Aurinkosähköjärjestelmän tuottama sähkö

Järjestelmässä käytetyt Green Solar Oy:n aurinkopaneelit toimivat valmistajan mukaan parhaimmillaan 16,29 prosentin hyötysuhteella. Paneelien nimellisteho on 265 Wp (Watt-peak). Tämä tarkoittaa sitä, että paneeli antaa tämän tehon kesällä, kun auringon säteilyteho on 1000 W/m², sekä paneelin kulma aurinkoon on noin 35 astetta. Yhden paneelin koko on noin 1,6 neliometriä. Järjestelmässä on yhteensä 4 kpl paneeleita. Kokonaispinta-alaksi tulee näin ollen 6,4 neliometriä. Auringon Etelä-Suomessa säteilemä energiamäärä on noin 1000 kWh (FinnWind 2013). Järjestelmän tuottama kokonaisenergia vuodessa saadaan kaavalla

$$E = 1000kWh \cdot 0,1629 \cdot 6,4m^2 \quad (6)$$

Tulokseksi saadaan 1042,6 kilowattituntia. Laskelmassa paneelit ovat asennettu katon suuntaisesti. Edellisessä kappaleessa laskettiin järjestelmän maksavan itsensä takaisin, kun 15043 kilowattituntia sähköä on tuotettu. Jaetaan 15043 kilowattituntia järjestelmän vuosituotolla 1042,6 kWh. Tulokseksi saadaan 14,4 vuotta. Tämän verran kuluisi laskennallisesti aikaa kulujen kattamiseen. Lukua voidaan kuitenkin pitää vain suuntaa antavana arviona. Ensinnäkin, sähkön hinta vaihtelee ja on mahdotonta ennustaa sähkön hinnan kehittymistä pidemmällä aikavälillä. Akusto on myös vaihdettava jossain vaiheessa. Paneelien teho laskee hieman ikääntymisen myötä. Valmistaja takaa paneelien tuottavan 12 vuoden jälkeen vielä 91,2% tehon. Näin ollen vuosituotto olisi 12 vuoden kuluttua laskenut noin 950,9 kilowattituntiin. Edellä mainittujen syiden vuoksi täysin tarkkaa takaisinmaksuaikaa ei pystytä laskemaan, koska tarkat lähtöarvot puuttuvat.

6 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN ASENNUS

Koko järjestelmän asennus hoidettiin itse. Yksi opinnäytetyön tarkoitus oli tutkia, kuinka kauan aikaa asennuksiin kuluisi. Vastaavasti haluttiin tarkastella oman työn tuottamaa kustannussäästöä. Vuodenajasta sekä laitteiden ja komponenttien porrastetusta hankinnasta johtuen, asennukset päätettiin toteuttaa vaiheittain. Ensimmäisenä asennettiin akusto ja invertteri. Toisessa vaiheessa aurinkopaneelit, sekä lataussäädin.

6.1 Akuston asennus

Järjestelmään hankittiin energiavarastoksi 4 kpl Sznajder 100 Ah vapaa-ajan akkuja. Suosituksen mukaisesti jokainen akku ladattiin ensin täyteen. Akkujen kohdalla asennustyönä oli lähinnä akkujen nostaminen paikoilleen. Lisäksi tehtiin tarvittavat virtakaapeliasennukset 50 mm kaapelilla ja erillisillä akkukengillä. Akut liitettiin toisiinsa yhteensä 1,2 metrin mittaisella virtakaapelilla. Virtakaapelin aiheuttama resistanssi laskettiin kaavalla

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A} \quad (7)$$

jossa ρ tarkoittaa kuparin ominaisvastusta, l johtimen pituutta ja A johtimen poikkipinta-alaa. Sijoittamalla arvot saadaan johtimen resistanssiksi 0,00042 ohmia. Arvo on niin pieni, että virtajohtimen resistanssilla ei ole käytännön merkitystä akuston suhteen (Tekniikan Kaavasto, 2010).

Akut asennettiin riviin virtajohtimien kytkennän helpottamiseksi. Akut kytkettiin toisiinsa rinnankytkennällä. Tämä tarkoittaa sitä, että akkujen positiiviset navat kytkettiin toisiinsa. Vastaavasti negatiiviset navat kytkettiin yhteen. Rinnankytkennällä saavutetaan akuston kapasiteetin kasvaminen yhteensä 400 Ah kokoiseksi. Vastaavasti akuston jännite säilyy 12 voltin suuruisena. Kuvassa 13 nähdään valmiiksi rinnakkain kytketyt akut paikallaan niille varatussa tilassa. Vapaa-ajan käyttöön tarkoitettuna akkuna, Sznajder 100 Ah akku ei päästä terveydelle haitallisia latauskaasuja ulospäin. Mahdolliset latauskaasut muutetaan akun sisällä vedeksi, joka johdetaan tarvittaessa ulos. Akku on täysin huoltovapaa suljetun rakenteen ansiosta. Tästä johtuen tilaan ei tehty erillistä tuuletusta.



KUVA 13. Järjestelmän akusto rinnakkain kytkettynä

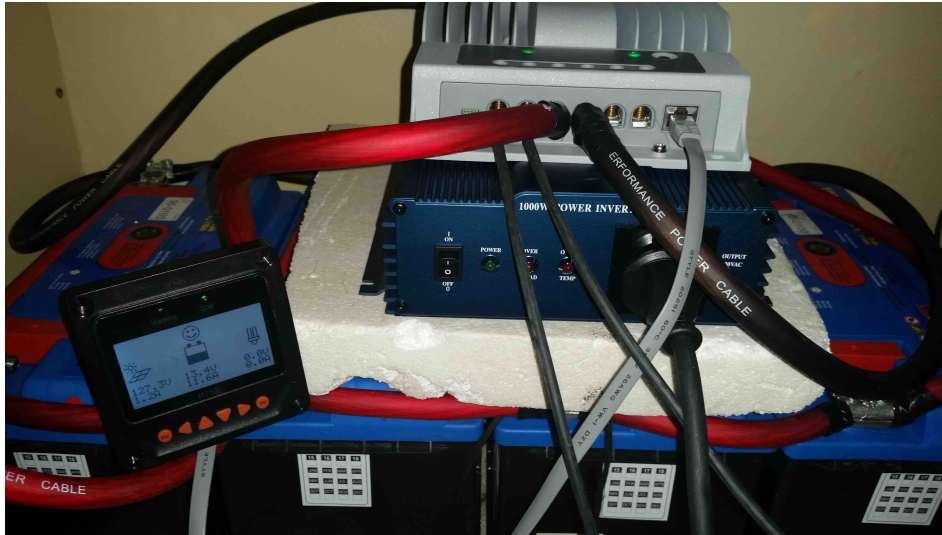
6.2 Invertterin ja lataussäätimen asennukset

Akuston jälkeen asennettiin paikalleen invertteri. Ainoa huomioitava seikka oli positiivisen ja negatiivisen virtajohtojen kytkeminen omille paikoilleen. Koska invertterissä johtojen paikat on värikoodattu, asentaminen onnistui helposti. Virtajohtojen asentamisen jälkeen invertteri oli toimintavalmis. Akuston tasaisen kuormituksen saavuttamiseksi invertteri kytkettiin ensimmäisen akun positiiviseen napaan, sekä viimeisen akun negatiiviseen napaan. Kuvassa 14 nähdään invertteri kytkettynä akuston päällä.



KUVA 14. Invertteri asennettuna ja toimintavalmiina

Lataussäätimen asennus oli hieman monimutkaisempi. Säätimeen asennettiin sekä aurinkopaneelilta tulevat virtajohdot, että akustolle menevät johdot. Lisäksi lataussäätimeen tilattiin erillinen näyttö. Kuvassa 15 lataussäädin ja näyttö asennettuina paikoiltaan.



KUVA 15. Lataussäädin ja erillinen näyttö

6.3 Aurinkopaneelien asennus

Viimeisenä vaiheena toteutettiin aurinkopaneelien asennus katolle. Asennus tehtiin helmikuun viimeisenä päivänä. Paneelien mukana tilattiin alumiiniset asennuskiskot kiinnikkeineen. Katon liukkaus ja lumikuorma lisäsivät asennuksen haasteellisuutta. Asennus tehtiin käyttäen savupiippuun kiinnitettyjä turvavaljaita. Paneelien suuresta koosta johtuen asennuksessa huomioitiin myös turvallisuus. Tästä syystä katolle tehtävissä asennuksissa avusti toinen henkilö. Ensimmäisenä asennettiin katolle alumiiniset asennuskiskot paneeleita varten (kuva 16). Kiskot kiinnitettiin erillisillä kiinnikkeillä suoraan katon tukilaudoitukseen. Asennuskiskojen käyttäminen mahdollistaa tarvittaessa järjestelmän joustavan laajentamisen ja paneelit saadaan kiinnitettyä kiskoihin haluttuun kohtaan. Kiinnitys kiskoihin tapahtuu neljällä erillisellä kiinnityspultilla. Kiskojen käyttö vastaavasti mahdollistaa myös paneelien irrottamisen tarvittaessa. Tämä on syytä huomioida esimerkiksi katon puhdistuksen takia.



KUVA 16. Aurinkopaneelien asennuskiskot paikoillaan

Seuraavaksi suoritettiin potentiaalintasaus, eli sähköä johtavat osat liitettiin maadoituspisteeseen. Paneelien kehykset yhdistettiin erillisellä maadoitusjohdolla asennuskiskojen kautta maapotentiaaliin. Toimenpiteellä estetään mahdollisten suurien ja vaarallisten jännite-erojen syntyminen järjestelmässä. Potentiaalintasaus on turvallisuuden kannalta välttämätön toimenpide aurinkosähköjärjestelmässä (Finnwind, 2014).



KUVA 17. Maadoitusjohto kiinnitettiin paneelien kehyksiin ja kiskoihin

Lopuksi paneelit asennettiin kattoon kiinnitettyihin kiskoihin. Asennuksessa päädyttiin sijoittamaan paneelit yhteen riviin savupiipun toiselle puolelle. Mikäli järjestelmää ha-

lutaan laajentaa tulevaisuudessa, samaan riviin pystytään asentamaan vielä kuusi paneelia lisää. Paneelien alle on mahdollista asentaa tarvittaessa vielä kahdet erilliset asennuskiskot. Tämä tarkoittaa maksimissaan yhteensä 30 aurinkopaneelia.

Aikaa paneelien asennukseen kului yhteensä noin kahdeksan tuntia. Ajassa on huomioitu myös kaapeleiden veto katolta parvekkeen kautta sisätiloihin. Kaapeleiden asennuksessa jouduttiin poraamaan reikiä sekä parvekkeen kattoon että parvekkeen seinään. Aikaa kului myös ensimmäisestä asennuksesta johtuen hieman enemmän.



KUVA 18. Aurinkopaneelit asennettuna paikoillaan katolla

Kuvassa 18 nähdään paneelirivistö paikoilleen asennettuna. Kuvan etureunasta nähdään myös alumiiniset kiinnikkeet, joilla jokainen paneeli kiinnitettiin asennuskiskoihin. Kiskoja oli kaksi kappaletta. Jokainen paneeli kiinnitettiin neljällä kiinnikkeellä. Paneelit kytkettiin toisiinsa sarjakytkennällä. Sarjaan kytkeminen nostaa järjestelmän jännitettä. Tällä saavutetaan pienempi siirtohäviö sähkönsiirrossa paneeleilta lataussäätimelle.

7 POHDINTA

Auringon tuottama energia on puhdasta ja käytännössä loppumatonta. Tällaisen energialähteen hyödyntäminen on ekologista ja kaikin puolin järkevää. Aurinkosähköjärjestelmien yleistymisen suurimpana esteenä on ollut kuitenkin järjestelmien korkea hinta. Varsinkin vanhemmissa järjestelmissä huonosta hyötysuhteesta johtuen, sähkön tuotto on ollut myös verrattain alhaista. Suomessa ei myöskään ole valtiollista kannustinjärjestelmää, mikä mahdollistaisi osittaisen kulujen kattamisen. Uusien järjestelmien paremmat hyötysuhteet ja komponenttien alentuneet hinnat ovat johtaneet aurinkosähkön suosion kasvamiseen. Valmiiksi asennettuja aurinkosähköjärjestelmiä on saatavilla monilta eri toimijoilta. Hintahaitari on kuitenkin varsin laaja. Tällä opinnäytetyöllä haluttiin tutkia kuinka paljon järjestelmän kustannuksista on mahdollista säästää.

Työssä suunniteltiin ja mitoitettiin noin yhden kilowatin tehoinen saarekejärjestelmä. Järjestelmää ei kytketty kodin sähköverkkoon. Optimoimalla lataussäätimen ja invertterin teho oikein, saatiin säästettyä merkittävä osa kustannuksista. Asentamalla aurinkopaneelit ja muut komponentit itse, säästettiin noin kolmasosa valmiiden pakettien hintoihin nähden. Koska kyseessä oli opinnäytetyö, omalle asennustyölle ei laskettu hintaa. Aikaa kaikkiin asennuksiin kului yhteensä noin kaksi työpäivää. Kustannusten lisäksi pitää myös huomioida järjestelmän antama omavaraisuus. Mahdollisten sähkökatkojen aikana energiavarastosta voidaan ohjata virtaa kriittisiin kohteisiin. Itse tuotetun ja ekologisen energian käyttäminen antaa myös hyvän mielen.

Järjestelmän toimintaa seurattiin useana päivänä. Suorassa auringonpaisteessa paneeleilta tuleva jännite nousi yli 150 voltin. Tämä jännite ylittää jo Tracker MPPT 40A lataussäätimen suurimman toimintajännitteen. Jännitteen mennessä yli 150 voltin, lataussäätin katkaisee paneelien virransyötön. Tästä johtuen paneelien kytkentää päätettiin myöhemmin muuttaa. Muuttamalla asennuksessa paneelit kahdeksi rinnan asennetuksi kokonaisuudeksi, jotka puolestaan kytketään sarjaan, saadaan jännite alennettua alle sataan volttiin. Tämä mahdollistaa lataussäätimen optimaalisen toiminnan. Muuten järjestelmä toimi odotusten mukaisesti. Aurinkoisella säällä paneeleilta saatiin 140-150 voltin jännitteellä noin 2-4 ampeeria virtaa. Vastaavasti pilvisellä säällä jännite laski alle sadan voltin ja virta noin 0,5-1,5 ampeeriin. Lataussäätin ei pysty käyttämään maksimaalisen toimintapisteen seurantamenetelmää yli 108 voltin jännitteiden kanssa. Tästä

syystä järjestelmän tuottama teho ei ole vastannut täysin odotuksia. Muuttamalla paneelit kahdeksi sarjaan kytketyksi rinnakkaiskytkennäksi, jännite saadaan laskettua optimaaliselle alueelle. Tämä muutos toteutetaan myöhemmin keväällä.

Työ ja sen raportointi onnistuivat mielestäni hyvin. Voidaan todeta, että ilman aikaisempaa kokemusta on mahdollista toteuttaa kustannustehokas aurinkosähköjärjestelmä kaikkine vaiheineen. Jos asennus toteutetaan talvella, projektin kokemusten perusteella voidaan kuitenkin suositella ammattitaitoisen asentajan käyttämistä aurinkopaneelien asennuksessa. Paneelien suuresta koosta johtuen asentaminen yksin ei ole suositeltavaa, varsinkaan korkealla katolla. Opinnäytetyön tekeminen oli kuitenkin erittäin opettavainen kokemus. Oma tietämykseni sekä käytännön osaamiseni aurinkosähkön suhteen kasvoivat merkittävästi. Omakotitaloon voidaan toteuttaa saarekejärjestelmä kustannustehokkaalla tavalla. Suurin hyöty on järjestelmän edullisuus verrattuna kodin sähköverkkoon kytkettyihin aurinkosähköjärjestelmiin. Saarekejärjestelmän energiavarasto tarjoaa myös turvatun energiansaannin mahdollisten sähkökatkosten aikana. Mikäli halutaan toteuttaa yli kahden kilowatin tehoinen järjestelmä, saarekejärjestelmä ei enää ole paras vaihtoehto. Silloin käytännössä ainoaksi vaihtoehdoksi jää kodin sähköverkkoon kytketty järjestelmä.

LÄHTEET

- Adita Oy. 2017. Akkujen tuotekuvasto. Luettu 17.2.2017. <https://verkkokauppa.adita.fi/>
- Ahjo Energia Oy. 2017. Aurinkopaneelien toiminta. Luettu 22.1.2017. <http://www.ahjoenergia.fi/index.php/periaatteet/aurinkopaneelien-toiminta>
- Aurinkoenergia 2017. Aurinkosähkön historia. Luettu 2.1.2017. <http://www.aurinkokennot.fi/aurinkosahkon-historia/>
- Aurinkokennot.fi. 2017. Aurinkosähkön historia. Luettu 20.1. 2017. <http://www.aurinkokennot.fi/aurinkosahkon-historia/>
- Aurinkosähkö Oy. 2016. Tuotekuvasto. Luettu 29.12.2016 <http://www.aurinkosahko.net/>
- Dynawatt Powersystems Oy. 2017. Tuotekuvasto. Luettu 11.1.2017. <http://www.dynawatt.fi/tuotteet/230v-sahko>
- Eurosolar Oy. 2017. Tuotekuvasto. Luettu 11.1.2017. <http://www.eurosolar.fi/hinnasto/?kategoria=17>
- Finwind Oy. 2017. Aurinkovoima. Luettu 23.1.2017. <http://www.finnwind.fi/aurinkovoima/>
- GB Times. 2016. Päivän kuva: Auringon alla 2016. Luettu 3.3.2017. <http://fi.gbtimes.com/uutiset/paivan-kuva-auringon-alla>
- GWL Power Ltd. 2017. Solar panels. Luettu 22.2.2017. <https://www.ev-power.eu/>
- Ilmatieteenlaitos 2016. Auringon rakenne ja elinkari. Luettu 22.1.2017. <http://ilmatieteenlaitos.fi/rakenne-ja-elinkaari>
- Joint Research Center 2012. Institute for Energy and Transport (IET). Luettu 15.1.2017 <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/solres/solreseurope.htm>
- Kauppalehti. 2017. Artikkel: Lämpimurto aurinkokennoteknologiassa. Tärkein uudistus 60 vuoteen. Luettu 20.1.2017. <http://www.kauppalehti.fi/uutiset/lapimurto-aurinkokennoteknologiassa-tarkein-uudistus-60-vuoteen>
- Meira Oy. 2017. Maustaminen. Luettu 3.3.2017. <http://meira.fi/fi/maustaminen/suolat/hieno-merisuola>
- Motiva Oy. 2017. Aurinkosähkö 2017. Luettu 13.2.2017 http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/
- Mäkelä M., Soininen L., Tuomola S. & Öistämö J. 2010. Tekniikan kaavasto. 9. painos. Tampere: Tammertekniikka.
- NASA. SDO Gallery. 2017. Kuvakokoelma auringosta. Luettu 14.1.2017. <https://sdo.gsfc.nasa.gov/gallery/potw/>

Ontario Solar Films. 2017. Kuva katsottu 26.3.2017.

<http://www.ontariosolarfarms.com/images/thin-film.jpg>

Opetushallitus. Etälukio. 2017. Säteilytasapaino ja valaistusvyöhykkeet. Luettu

22.2.2017. <http://www02.oph.fi/etalukio/maantiede/kurssi1/sateilytasapaino.html>

Oulun Ammattikorkeakoulu. 2017. Koulutusmateriaali. Luettu 20.1.2017

http://www.oamk.fi/hankkeet/bioologia/docs/materiaalit/aur_saataav_0214.pdf

Savon voima. 2017. Tuotekuvasto. Luettu 13.2.2017.

<http://www.savonvoima.fi/aurinkosahko/aurinkosahkopaketit/kotivoima/>

Solar Power World. 2015. Artikkelit. Luettu 27.1.2017.

<http://www.solarpowerworldonline.com/2015/08/what-is-the-best-type-of-battery-for-solar-storage/>

Suntekno Oy. 2017. Tietopankki. Luettu 3.3.2017.

<http://suntekno.bonsait.fi/fi/page/11>

Suomen Erikoistekniikka. 2017. Kaapeloinnin mitoitusaulukko. Luettu 11.2.2017.

https://www.erikoistekniikka.fi/file_view.php?name=0/Aurinkopaneelin_asennuskaapel_in_mitoitustaulukko.pdf

SW Energia. 2017. Lataussäätimet. Luettu 4.3.2017. <http://www.swenergia.fi/>

Tiedebasaari. 2016. Artikkelit maan lämpenemisestä. Luettu 2.1.2017.

<https://tiedebasaari.com/tag/maapallon-keskilampotila/>

Verkkokauppa. 2017. Tuotekuvasto. Luettu 21.1.2017. <http://www.verkkokauppa.com>

LIITTEET

Liite 1. Green Solar Oy:n aurinkopaneelit

Valmistaja: Amerisolar Inc.

Tyyppi: Piistä valmistettu monikidepaneeli

Teho: 265 Wp

Kennojen lukumäärä: 60

Maksimi hyötysuhde: 16,29%

Tehotakuu: 12 vuotta 91,2% nimellisestä tehosta. 30 vuotta 80,6% nimellisestä tehosta

Hinta: 800 euroa 4 kpl Valkeakoskelle toimitettuna

Valmistusmaa: Yhdysvallat

Muut osat: Paneelien mukana toimitetaan alumiinikiinnikkeet tiilikatolle

GS 265 paneelit

Käyttämämme aurinkopaneelit ovat teholtaan 265 Wp joka on yli markkinoiden keskiarvon. paneelissa on 60 piikennoa. GS 265 paneelin ulkokehä on anodisoitua alumiinia ja se on suunniteltu toimimaan pohjoisissa olosuhteissa missä vaaditaan tuotteelta paljon.

Paneelimme omaa laajat hyväksynnät joka takaa laadun. Korkea hyötysuhde jopa 16,29% toteutettu paremmalla valmistustekniikalla. Erinomainen suorituskyky korkeassa lämpötilassa. Tukeva alumiinirunko takaa moduulien kestämään tuulikuorman jopa 2400Pa asti ja lumikuormille jopa 5400Pa kuorman. Korkea ammoniakkin ja suolasumun kestävyys. Laatu Sertifikaatit IEC61215, IEC61730, IEC62716, IEC61701, UL1703, CE, MCS, CEC, Israel Electric, Kemco ISO9001: 2008: Laatujärjestelmä ISO14001: 2004: Ympäristön hallintajärjestelmä OHSAS18001: 2007:

Rajoitettu teho takuu: 12 vuotta 91,2% nimellisestä teho, 30 vuotta 80,6% nimellisestä tehosta.



Liite 2. Valmiiksi asennetun järjestelmän hinta

Referenssinä käytettiin Green Solar Oy:n antamaa tarjousta valmiiksi asennetuille paneeleille, sekä hybridilaitteen (lataussäädin ja invertteri) toimitukselle. Hintaan ei kuulu akustoa. Tiedot julkaistu Green Solar Oy:n luvalla.

Tarjous / Tilaus

PVM: 30.01.2017



GS-AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄT

TARJOUSKUVAUS

ASIAKAS: Vesa Vuorinen

OSOITE: Valkeakoski

PUH:

SPOSTI:vesa.s.vuorinen@gmail.com



AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN TIEDOT:

Hintaan sisältyy tarjouksen mukaiset tuotteet. Tarjoukseen sisältyy asennuksen osalta pelkästään aurinkopaneelien asennus katolle. Muiden tuotteiden asennus ei kuulu tarjoukseen.

Paneelit, kiinnikkeet ja tarvikkeet: 1030 €

Hybridilaitte+ solarkaapeli 1260 €

Paneelien asennus matkakuluineen 950 €

HINTA SIS ALV 24%: 3240 €

TYÖN OSUUS NOIN 40-60% KOKONAISHINNASTA.
TARJOUS VOIMASSA 2 VIIKKOA PÄIVÄYKSESTÄ.