
AURINKOSÄHKÖN TUOTANTO OMAAN KÄYTTÖÖN MAATILALLA

Case: Riihilahden tila



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö
Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma

Mustiala kevät 2017

Juho Joutsimatka

Juho Joutsimatka

MUSTIALA

Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma
Maatilatalouden suuntautumisvaihtoehto

| | | |
|------------------|--|-------------------|
| Tekijä | Juho Joutsimatka | Vuosi 2017 |
| Työn nimi | Aurinkosähkön tuotanto omaan käyttöön maatilalla | |

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön aiheen sain Riihilahden tilalta, kun maatila osallistui vuonna 2016 aurinkosähkön yhteishankintaan. Yhteishanke sai minut kiinnostumaan aurinkosähköntuotannosta, ja päätin että teen siitä opinnäytetyöni. Sähkön mikrotuotanto on aina kiehtonut minua ajatuksena. Maatilalla investoitiin 7 KWh aurinkosähköjärjestelmään, ja se asennettiin vuoden 2016 syyskuussa. Työn tavoitteena oli selvittää mitä pitää tehdä ja tietää ennen kuin voi alkaa tuottamaan sähköä omaan käyttöön. Myös työn olennaisena osana oli selvittää kannattavuuslaskelmalla onko investointi kannattava.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa kerrotaan ensin auringosta yleisesti sekä maan vaikutuksesta auringon säteilyyn. Työssä esitellään aurinkosähköjärjestelmän komponentit yksitellen. Lisäksi työssä kerrotaan hiukan esimerkiksi aurinkopaneelin toimintaperiaatteesta ja sen ominaisuuksista, jotka pitää ottaa huomioon asennettaessa. Työn käytännön osuudessa olen käyttänyt myös valokuvia, jotka kuvasin itse. Kuvat ovat havainnollistamassa asiaa aina kun olen nähnyt sen tarpeelliseksi. Käytännön osuus koostuu aurinkosähköjärjestelmän suunnittelusta, mitoituksesta ja toteutuksesta.

Investointi osoittautui kannattavaksi ja se maksaa itsensä takaisin 15 vuodessa. Opinnäytetyötä tehdessäni huomasin, että yhteistilauksesta oli todella hyötyä. Asennetulla aurinkosähköjärjestelmällä on laskelmien mukaan mahdollista tuottaa 10 prosenttia maatilalan vuotuisesta sähkön kulu- tuksesta. Työn perusteella uskoisin, että aurinkosähköntuotanto maataloilla tulee yleistymään seuraavien lähivuosien aikana, koska laitteistojen hinnat laskevat ja ostosähkön hinta tulee nousemaan.

Avainsanat Aurinkoenergia, Aurinkopaneeli, Maatila, Mikrosähköntuotanto, Aurinkosähköntuotanto

Sivut 24 s.

MUSTIALA

Degree Programme in Agricultural and Rural Industries
Agricultural Option

Author

Juho Joutsimatka

Year 2017

Subject of Bachelor's thesis
farm

Production of solar power for own use on a

ABSTRACT

The topic of this thesis I got from Riihilahti farm when the farm in 2016 took part in a joint acquisition of solar electricity. The joint project made me interested in photovoltaic production and I decided to study the topic. The micro-generation of electricity has always fascinated me as an idea. The farm invested in a 7 KWh photovoltaic system which was and will be installed in September 2016. The aim of the thesis was to find out what you need to do and know before you can begin to generate electricity for own use. An essential part of the thesis was also to find out via profitability calculations whether the investment is profitable.

The theoretical part of the Bachelor's Thesis first tells about the sun in general and the effect of the earth on the sun's radiation. Most of the theoretical part concentrates on the solar power system components individually. In addition, the operating principle of a solar panel and its features that should be considered when installing are explained. For the practical part of the work I have used the photographs that I shot myself. The practical part consists of the plan, dimensioning and implementation of the photovoltaic system.

The investment proved to be profitable, and it pays for itself in 15 years. When doing the thesis I noticed that the joint order was really useful. According to the calculations, it is possible to produce 10% of the annual electricity consumption of the farm. Based on the thesis, I believe that photovoltaic power production on farms will become more common in the next few years as hardware prices fall and the price of purchased electricity will increase.

Keywords Solar Power, Solar Panels, Farm, Micro Power Generation, Solar Power Generation

Pages 24 p.

SISÄLLYS

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | JOHDANTO..... | 1 |
| 2 | AURINKO ENERGIALÄHTEENÄ..... | 2 |
| 2.1 | Maapallon vaikutus auringon säteilyyn..... | 2 |
| 2.2 | Suomen ilmaston vaikutus | 2 |
| 3 | AURINKOENERGIA | 4 |
| 3.1 | Aurinkolämpö..... | 4 |
| 3.1.1 | Tyhjiöputkikeräin | 4 |
| 3.1.2 | Tasokeräin | 4 |
| 3.1.3 | Paraboliset keräimet | 5 |
| 3.2 | Aurinkosähkö | 5 |
| 4 | AURINKOPANEELI | 5 |
| 4.1 | Paneelityypit..... | 5 |
| 4.2 | Aurinkopaneelin toimintaperiaate | 7 |
| 4.3 | Hyötysuhde..... | 7 |
| 4.4 | Lämpötilavaikutus aurinkopaneeliin | 8 |
| 4.5 | Rakenne ja sähköiset ominaisuudet..... | 8 |
| 5 | AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU | 9 |
| 5.1 | Mitoitus | 9 |
| 5.2 | Suuntaus ja sijoitus..... | 9 |
| 6 | VERKKOINVERTTERI ELI VAIHTOSUUNTAAJA..... | 10 |
| 6.1 | Invertterityypit..... | 10 |
| 6.2 | Viranomaisvaatimuksia verkkoinverttereille | 11 |
| 7 | AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN ASENTAMINEN | 11 |
| 7.1 | Aurinkopaneelien kiinnitystelineet | 11 |
| 7.2 | Kiinnitystelineiden tyypit..... | 12 |
| 7.2.1 | Yksikerroksinen kiinnitysjärjestelmä | 12 |
| 7.2.2 | Kaksikerroksinen kiinnitysjärjestelmä | 12 |
| 7.3 | Eri kattotyyppien kiinnitystarvikkeet | 12 |
| 7.3.1 | Saumapeltikatto | 12 |
| 7.3.2 | Profiili- ja aaltopeltikatto..... | 13 |
| 7.3.3 | Huopakatto | 13 |
| 7.3.4 | Tiilikatto | 14 |
| 7.4 | Maadoitus | 14 |
| 7.5 | Verkkoinvertterin asentaminen | 15 |
| 7.6 | Kaapelointi | 15 |
| 7.7 | Turvakytkin | 15 |
| 8 | AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU, TOTEUTUS JA KANNATTAVUUS RIIHILAHDEN TILALLE..... | 16 |

| | | |
|-----|---|----|
| 8.1 | Suunnittelu | 16 |
| 8.2 | Toteutus | 17 |
| 8.3 | Kannattavuuslaskenta 7 KWh aurinkosähköjärjestelmälle | 19 |
| 9 | LOPPU PÄÄTELMÄ..... | 22 |
| | LÄHTEET | 23 |

1 JOHDANTO

Maatiloilla kuluu paljon sähköä valaistukseen, sähkölaitteiden pyörytykseen, ja mahdollisesti myös lämmitykseen. Sähkön hinta koostuu kolmesta elementistä, veroista, siirrosta ja sähkön myyntihinnasta. Sähkön käyttäjä ei voi vaikuttaa muuhun kuin ostamansa sähkön hintaan kilpailuttamalla sähkön myyjät säännöllisesti.

Sähkön myyntihintaan vaikuttaa mm. tuotantokustannukset sekä sähkön pörssihinta. Verot koostuvat sähköverosta, jonka suuruus riippuu sähkön kulutuksen määrästä ja arvonlisäverosta, jota maksetaan sähköenergiasta, sähkönsiirrosta, sähköverosta ja huoltovarmuusmaksusta. Sähkön siirtohintaa muodostuu sähkönsiirrosta, mittarinluvusta ja taseselvityksestä. taseselvitys tarkoittaa eri sähkönmyyjien myymän sähköenergian määrän selvittämistä. (Energiavirasto 2017)

Kun maatiloilla kuluu paljon sähköä, ja sähkön hinta nousee verojen korotuksen, siirtohinnan korotuksen tai myyntihinnan korotuksen takia, niin tiloilla kannattaisi miettiä olisiko esimerkiksi aurinkosähköntuotannosta apua. Sillä saisi korvattua ostosähköä omalla sähköllä. Omaan käyttöön tuotetusta sähköstä ei tarvitse maksaa veroja, jos järjestelmän tuotanto ei ylitä 100kVA. Siirtomaksua ei luonnollisesti tarvitse omasta sähköstä maksaa. Jos sähköä tuotetaan hetkellisesti enemmän kuin oma kulutus on, niin ylijäämä sähkö syötetään valtakunnan verkkoon, ja oma sähköyhtiö josta normaalisti tila ostaa sähköt, ottaa tuotetun ylijäämä sähkö vastaan. Sähköyhtiö maksaa siitä nimellisen korvauksen.

Opinnäytetyössä käsitellään aurinkosähköntuotantoa maatilan omaan käyttöön, sillä nykyään sähkön pientuottajat eivät saa sähkön myynnistä sen enempää, mitä sähkön hinta on pörssissä. Lähitulevaisuudessa ei ole näköpiirissä, että Suomessa aurinkosähkö pääsisi syöttötariffin piiriin.

Sain toimeksiannon Riihilahden tilalta. Tarkastelen työssä aurinkosähköjärjestelmän kannattavuutta ja selvitän, minkä kokoinen järjestelmä tilalle sopii. Maatila on pieni peltopinta-alaltaan ja tilan tuotantosuuntina ovat porsastuotanto, mehiläistarhaus ja metsätalouden harjoittaminen. Pieni- ja muotoista talvikalastustakin on ollut jossakin vaiheessa. Hunajaa myydään suoraan kuluttajille, jonkin verran lähialueen kauppoihin, mutta suurin osa myydään pakkaamolle.

Opinnäytetyössä kerron aluksi auringosta energianlähteenä ja sen soveltuvuudesta energiantuotantoon. Esittelen myös lyhyesti auringon säteilyn hyödyntämisestä lämmityksessä. Opinnäytetyössäni kerron mitä aurinkosähköjärjestelmän eri osat ovat, ja selostan lyhyesti esimerkiksi aurinkopaneelin toimintaperiaatteen. Kerron mitä pitää suunnitella ja tietää ennen investointia. Aurinkosähköjärjestelmän asentamisesta olen koonnut lyhyen koosteen, ja esitellyt eri kattotyypeille soveltuvat asennusjärjestelmät. Loppuosa työstä keskittyy Riihilahden tilalle asennettavan aurinkosähköjärjestelmän suunnitteluun, asentamiseen ja kannattavuuden selvittämiseen.

Auringosta tulee jatkuvasti 10 000 kertaa enemmän energiaa kuin mitä ihmiskunta tarvitsee. (Kankaanpää 2016) Miksi emme hyödyntäisi sitä enemmän?

2 AURINKO ENERGIALÄHTEENÄ

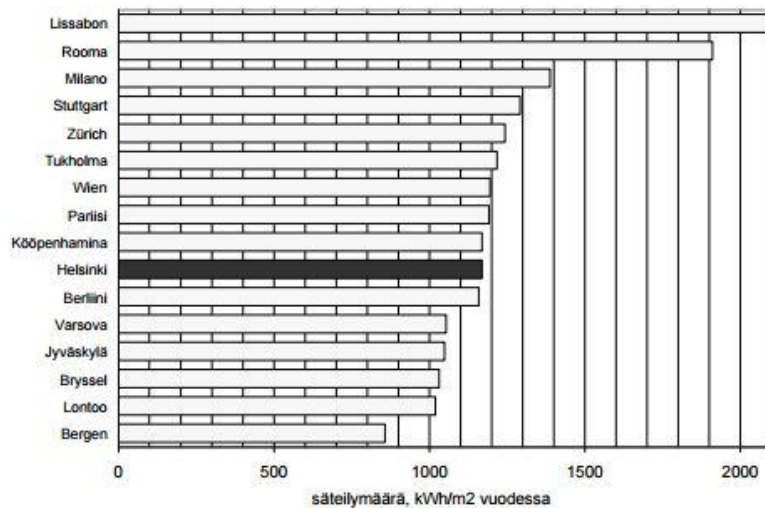
Auringossa tapahtuu fuusioreaktio eli siinä kaksi vetyatomin ydintä, kaksi protonia ja kaksi neutronia yhtyy heliumatomin ytimiksi, jolloin reaktiossa vapautuu suuri määrä energiaa. Yhden heliumkilon muodostaminen vedystä vapauttaa energiaa saman verran kuin sitä on 27 000 tonnissa kivihiiltä eli 180 miljoonaa kWh. Auringossa muuttuu joka sekunti 654 miljoonaa tonnia vetyä 650 miljoonaksi tonniksi heliumia. Jäävä neljä tonnia muuttuu energiaksi. (Erat, Erkkilä, Löfgren, Nyman, Peltola & Suokivi 2001, 10.) Auringon säteily sisältää valtavasti energiaa, ja maan pinnalla säteilyn teho on noin 170 000 TW. (Kankaanpää 2016)

2.1 Maapallon vaikutus auringon säteilyyn

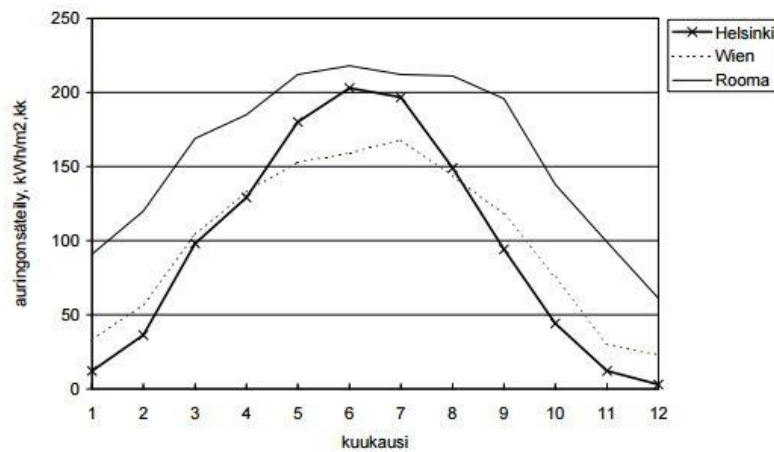
Auringon säteilyä on ilmakehän yläosissa keskimäärin 1368 W/m² ja tätä kutsutaan aurinkovakioksi. Säteilyn määrä vaihtelee eri vuodenaikoina johtuen maan kiertoradan soikeudesta. Säteily on suurimmillaan tammi-kuussa ja pienimmillään kesäkuussa. Auringon aktiivisuus vaikuttaa myös sen säteilyn määrään. (Kankaanpää 2016) Maapallon kaarevuudesta johtuen auringonsäteilyn määrä pinta-alayksikköä kohden vähenee mentäessä kohti napa-alueita. Maapallon akselin kaltevuuskulmasta johtuen auringon säteilyn vuodenaikaisvaihtelut ovat huomattavat, ja napa-alueita kohti mentäessä ne kasvavat. (Kaivosoja, Kivikko & Peltola 2011, 148.)

2.2 Suomen ilmaston vaikutus

Suomessa saadaan kesällä enemmän auringon säteilyenergiaa verrattuna Keski-Eurooppaan, mutta tilanne muuttuu talvisin päinvastaiseksi. Suomessa auringon säteily määrä on vuositasolla joko saman verran tai jopa enemmän kuin Keski-Euroopassa (Kuvat 1 ja 2). Selityksenä tähän on kesällä pidempi valoisa aika, jonka ansioista pimeä talviaika kompensoituu. Suomessa on pilvettömien päivien suhteellinen osuus suurempi verrattuna Keski-Euroopan epävakaampaan ilmastoon. Kuten kuvassa 2 näkyy, niin auringon säteilyenergiasta Etelä-Suomessa saadaan 90 prosenttia maalissyyskuun välisenä aikana. Säteilyenergian käyttö painottuu kevään ja syksyn väliseen aikaan. (Kaivosoja ym. 2011, 148.)



Kuva 1. Auringon säteily määrä eri puolella Eurooppaa, kWh/m² vuodessa (SOLPROS 2001).



Kuva 2. Kuukausittainen auringon säteily määrä Helsingissä, Wienissä ja Roomassa kWh/m²/kk (SOLPROS 2001).

Auringonsäteily optimiasennossa olevalle paneelineliometrille Etelä-Suomessa on noin 1100 kW/m² ja Keski-Suomessa noin 1000 kW/m². Sääolosuhteet vaikuttavat voimakkaasti säteilyn hetkelliseen määrään. Auringopaneeliin tulevan energian määrään vaikuttaa säteilyn voimakkuuden lisäksi sen suuntaus.

Suomessa on tyypillistä se, että aurinko näkyy suhteellisen alhaalla suuren osan ajasta, minkä johdosta ympäristön varjostus aiheuttaa suurempaa haittaa. Merkittävä osa säteilystä on epäsuoraa säteilyä, jonka vaikutus on päinvastainen. Maaliskuussa auringon paiste jakaantuu tasaisesti koko Suomen alueelle. Kesäkuussa Ahvenanmaa ja saaristo ovat aurinkoisia Perämeren rannikkoa myöten. Syyskuussa maan eri osien väliset erot tasoittuvat, mutta suhteellisen paisteen arvot alentuvat kaikkialla. Joulukuussa suhteellisen paisteen arvot ovat pieniä, ja ne voidaan laskea Etelä- ja Keski-Suomessa. Lounaisosa on hieman aurinkoisempi kuin kaakkoisosa. (Tahkokorpi, Erat, Hänninen, Nyman, Rasinkoski & Wiljander 2016, 14- 27)

3 AURINKOENERGIA

Aurinkoenergian tärkeimmät hyödyntämismuodot ovat nykyään valo, lämpö ja sähkö. Tuulivoima, maalämpö, vesivoima ja aaltoenergia ovat myös epäsuoraa aurinkoenergiaa. Lämpöenergiana auringon energiaa voidaan käyttää joko passiivisesti tai aktiivisesti. Passiivinen lämpöenergian hyödyntäminen tapahtuu ilman erillisen lisäenergian käyttöä, esimerkiksi kun talo varastoi aurinkoenergiaa itseensä. Aktiivinen aurinkoenergian hyödyntäminen tarkoittaa menetelmiä, joissa auringon säteilyenergiaa hyödynnetään erilaisilla laitteilla, kuten esimerkiksi aurinkolämpöpöke-
räimillä ja aurinkopaneeleilla. (Kaivosoja ym. 2011, 147.)

3.1 Aurinkolämpö

Aurinkolämpöä kerätään aurinkokeräimellä, joka vastaanottaa auringonsäteilyä. Keräin muuttaa säteilyn lämmöksi, joka voidaan kuljettaa keräimestä ilman tai nesteen avulla, joko suoraan käyttöön tai lämminvesivaraajaan. Aurinkolämpöä hyödynnettäessä energian saanti on epäsäännöllistä vuodenajasta, säästä ja maantieteellisistä sijainnista johtuen. (Erat ym. 2001, 72.)

Aurinkokeräintyyppisiä on kolmenlaisia. Ne ovat tyhjiöputkikeräin, tasokeräin ja erilaiset paraboliset keräimet. Kahta ensin mainittua käytetään pientalojen lämmitykseen, kun taas parabolisia keräimiä suuremmissa kohteissa, joissa lämmön lisäksi voidaan tuottaa sähköenergiaa lämpövoimaprozessissa. (Kaivosoja ym. 2011, 149.)

3.1.1 Tyhjiöputkikeräin

Tyhjiöputkikeräin hyödyntää auringon hajasäteilyä tehokkaammin kuin tavallinen tasokeräin, joten siitä on hyötyä syksyllä ja kevättalvella, jolloin aurinko paistaa vähän ja matalalla. Tyhjiöputkikeräimellä pystytään tuottamaan noin 30 prosenttia enemmän energiaa neliötä kohden kuin tavallisella tasokeräimellä. Etelä-Suomessa lämmöntuotanto kestää helmikuulta marraskuulle. Tyhjiöputkikeräimessä on kahden lasin välissä tyhjiö, joka toimii hyvänä lämmöneristeenä, minkä vuoksi ne toimivat myös kylmällä, jos vain aurinko paistaa. (Aakko & Ylikangas 2013)

3.1.2 Tasokeräin

Tasokeräin on hyvin eristetty laatikkomainen elementti, jonka aurinkoon päin suunnattu taso on valmistettu vähärautaisesta erikoispinnoitetusta lasista, josta auringon säteet läpäisevät hyvin. Elementin sisällä kiertää selektiivisellä absorptiomateriaalilla pinnoitettu kuparinen keräysputkisto. Pinnoitettu putkisto imee hyvin lämpöenergiaa, muttei luovuta sitä ulospäin. Keräysputkeen on lisätty absorptiopinta-alan kasvattamiseksi joko sivulevyt tai kuparilevy lämmönkeräysputkien alle. (Aakko ym. 2013)

3.1.3 Paraboliset keräimet

Paraboliset keräimet perustuvat auringon säteilyn keräämiseen suurelta alalta. Kerätty säteilyenergia keskitetään yhteen pisteeseen, jotta saavutetaan korkeampi lämpötila sekä parempi hyötysuhde. Keräimillä pystytään tuottamaan myös sähköä. Keskittävä aurinkokeräin keskittää auringosta tulevan säteilyn pienelle alalle, josta seuraa, että aurinkokeräimen putkisto saa enemmän säteilyä. Parabolinen keskittävä keräin koostuu koverista peileistä. Kaikki peiliin tuleva auringon säteily heijastuu polttopisteen kautta, jossa kulkee keräinputkisto. Putkistossa on kiertoaineena öljyä, joka johdatetaan lämmönvaihtimen kautta, jossa höyrytetään vettä höyryprosessia varten. (Kaivosoja ym. 2011, 150.)

3.2 Aurinkosähkö

Aurinkopaneelilla muutetaan auringon säteilyenergia sähköenergiaksi, jota voidaan käyttää sähköjärjestelmään kytketyissä sähkölaitteissa, tai sähkö voidaan varastoida esimerkiksi akkuihin myöhempää käyttöä varten. Aurinkopaneelit koostuvat aurinkokennoista, jotka hyödyntävät valosähköistä ilmiötä irrottaakseen elektroneja paneelin pinnasta. Aurinkokennot voidaan jakaa piipohjaisiin ja ohutkalvotekniikkaan perustuviin aurinkokennoihin. (Kaivosoja ym. 2011, 152.) Vuoden 2016 lopulla Suomessa on kytketty aurinkosähköjärjestelmiä sähköverkkoon 20 MWp (Megawatti piikki) edestä. Se on kaksi kertaa enemmän kuin vuoden 2015 lopussa. (Puro 2017 b)

4 AURINKOPANEELI

Alun perin aurinkopaneeli kehitettiin antamaan virtaa satelliiteille. Viimeisten 20 vuoden aikana puolijohdetekniikan kehitys on tuonut aluksi avaruustekniikassa hyödynnetyt paneelit laajaan käyttöön.

Puolijohdemateriaaleista valmistettavat aurinkopaneelit normaaliolosuhteissa eristävät, mutta auringon paistaessa niihin, eristeistä tulee sähköä johtavia. Yleisesti aurinkopaneeleissa käytetään raaka-aineena piitä (Si), mutta tulevaisuudessa tekniikan kehittyessä saatetaan käyttää muita materiaaleja. Piitä esiintyy maankuoressa, ja se on hyvin yleinen puolimetalli. Mutta se on sitoutuneena muihin alkuaineisiin. Aurinkopaneelin hintaa nostaa se, että pii on ensin puhdistettava ja sitten muokattava paneelia varten. (Kankaanpää 2016)

4.1 Paneelityypit

Kiinteistökäytössä käytetään yleensä yksikide- ja monikidepaneeleita. Yksikidepaneeli (Kuva 3.) on kasattu hyödyntäen yksikiteisestä piistä sahatuja, alkujaan pyöreitä piikielkoja ja niistä leikataan palat pois, jolloin aktiivinen pinta-ala saadaan suuremmaksi. Puolijohteen kiderakenne on yhtenäinen ja hyötysuhde on hyvin korkea, kun puolijohteeseen paistaa aurinko suoraan kiderakenteen kannalta optimaalisessa suunnassa. Hyö-

tysuhde kertoo, kuinka suuren osan aurinkopaneeliin osuvasta auringon säteilyintensiteetistä se pystyy muuttamaan sähköenergiaksi. Yksikidepaneelin hinta on suurempi kuin monikidepaneelin.



Kuva 3. Yksikidepaneeli (Telilä 2012)

Monikidepaneelin (Kuva 4.) puolijohdeista voidaan tehdä helpommin sopivan kokoinen, ja koko aurinkopaneelin pinta-ala on katettavissa monikidepaneelilla. Kiderakenne ei ole suunnankannalta yhtäläinen kuin yksikidepaneelin kiderakenteessa. Tästä johtuu pienempi hyötysuhde, mutta varjostus ei ole yhtä suuri ongelma, ja eri suunnista tuleva valo muuttuu helpommin hyödynnettäväksi sähköksi monikidepaneelilla.

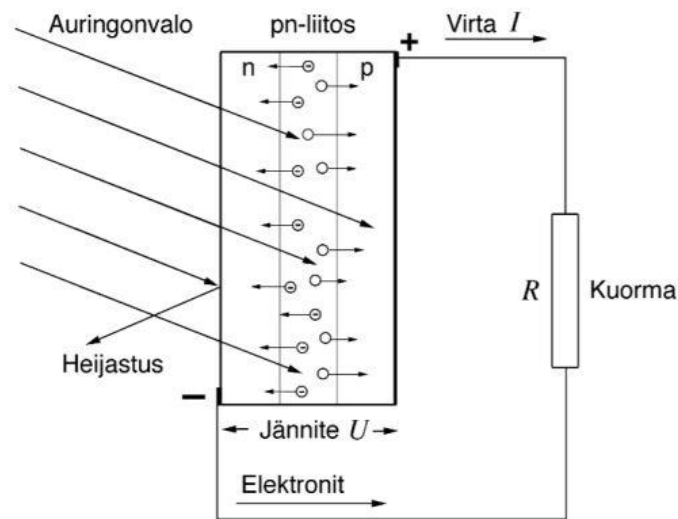


Kuva 4. Monikidepaneeli (Telilä 2012)

Todellisuudessa molemmilla paneelityypeillä päästään hyvään lopputulokseen kiinteistökäytössä. Tekninen käyttöikä ei eroa juuri ollenkaan käytettiinpä kumpaa paneelityyppiä tahansa, koska se on molemmilla tyypeillä useita kymmeniä vuosia. (Käpylehto 2016, 57- 58)

Lisäksi on olemassa uudempi aurinkopaneeliteknikka, Ohutkalvokenno. Se on valmistettu erittäin ohuesta puolijohdemateriaalista, joka sisältää erilaisia aineyhdistelmiä. Hyvä puoli on se, että kennoihin kuluu vähemmän materiaalia, ja ne ovat edullisia valmistaa. Kennojen hyötysuhde on kuitenkin perinteisiä paneeleja pienempi. Kennoja valmistetaan ohuesta kalvosta, jonka pinnalle on kerrostettu puolijohdemateriaalia. Kenno on taipuisa, ja se voidaan kääriä rullalle. Suurien määrien valmistaminen on edullista, koska se voidaan valmistaa rullalta rullalle menetelmällä. (Telilä 2012)

4.2 Aurinkopaneelin toimintaperiaate



Kuva 5. Aurinkopaneelin toimintaperiaate. (Kankaanpää 2016.)

Kuvassa 5. on esitetty aurinkopaneelin toimintaperiaate: Valo muuttuu sähkövirraksi. Paneelissa on yhdistettynä kaksi erityyppistä puolijohdemateriaalia (n ja p). Kun auringon valo kohdistuu paneeliin, osassa valohiukkasia on suuri energia, ja ne läpäisevät ohuen pintakerroksen. Ne muodostavat elektroni-aukkopareja. Lähellä pn-liitosta muodostuvissa pareissa elektronit kulkevat n-puolelle, ja aukot p-puolelle. Muodostuneen sähkökentän vuoksi elektronit pystyvät liikkumaan vain tiettyyn suuntaan.

Piistä valmistetun puolijohteen erilaiset ominaisuudet saadaan aikaan lisäämällä sopivia seosaineita puolijohdeeseen. Kemiallisesti rakenne on hyvin pysyvä, ja siinä ei ole mitään liikkuvia osia. Tästä johtuu aurinkopaneelien pitkä, kymmeniä vuosia kestävä tekninen käyttöikä. (Kankaanpää 2016)

4.3 Hyötysuhde

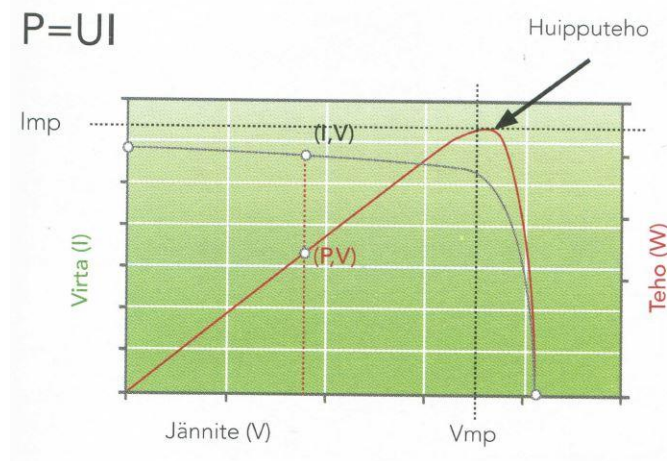
Aurinkopaneelin hyötysuhde tarkoittaa sitä osuutta auringon säteilyenergiasta, joka voidaan muuttaa sähköksi. Parhaiden kaupallisten paneelien hyötysuhde on yli 20 %, mutta edullisimpien paneelien, joita on eniten markkinoilta saatavilla, hyötysuhde on alempi, noin 15 – 17 prosenttia. Hyötysuhteeseen vaikuttaa kennojen ja etulasin laatu, sekä paneelin mekaaninen rakenne. (Tahkokorpi ym. 2016, 142.)

Aurinkopaneelin hyötysuhde ei ole olennainen asia vaan tuotantohinta, eli paljonko tuotettu sähkö maksaa. Nykyisissä järjestelmissä valitaan useimmin alemman hyötysuhteen monikidepaneeli, koska kokonaistaloudellisuus on tällä ratkaisulla parempi kuin yksikidepaneeli. Monikidepaneeleilla järjestelmää rakennettaessa tulee paneeleja enemmän katoneliölle kuin yksikidepaneeleilla tehtäessä. Vuosituotanto on sama kummallakin järjestelmällä, mutta monikidepaneelijärjestelmä on edulli-

sempi. Hyötysuhteella ei siis ole niin paljon merkitystä kuin hinta/ watti. (Käpylehto 2016, 58- 60.)

4.4 Lämpötilavaikutus aurinkopaneeliin

Kylmä aurinkopaneeli tuottaa paremmin kuin lämmin johtuen puolijoh- teen ominaisuuksista. Asennuksessa tämä huomioidaan sillä, että paneelin ja katon väliin jätetään vapaata ilmatilaa. Jos paneelin lämpötila muuttuu 50 astetta, niin sen teho muuttuu 20 prosenttia. Muutokseen vaikuttaa myös paneelin tyyppi ja ikä. Paneelin jännitekäyttäytyminen muuttuu myös lämpötilan mukaan, mutta siitä ei tarvitse kiinteistön omistajan huolehtia. Verkkoinvertteri osaa optimoida virran ja jännitteen suhteen niin, että paneeleista saadaan suurin mahdollinen teho. On tärkeää jättää paneelin ja katon väliin tilaa, jotta ilmavirtaus jäähdyttää paneelistoa kesähelteellä. Paneeliston ylä- ja alareuna on jätettävä myös avoimeksi, jotta ilma pääsee kiertämään vapaasti. Kuvassa 6. Ominaiskäyrä kuvaa paneelin jännitekäyttäytymistä: millä virran ja jännitteen suhteella sitä pitää kuormittaa, jotta saadaan suurin mahdollinen teho. Puolijohteelle, kuten aurinkokennon piille, on tyypillistä, että ominaiskäyrä muuttuu lämpötilan funktiona. (Käpylehto 2016, 61- 63.)



Kuva 6. Aurinkopaneelin ominaiskäyrä vihreällä ja punaisella eri jännitteen ja virran suhteilla laskettu teho. Huipputehon virta ja jännite merkittyinä I_{mp} ja V_{mp} . (Käpylehto 2016, 63.)

4.5 Rakenne ja sähköiset ominaisuudet

Aurinkopaneelissa on suuri määrä aurinkokennoja kytkettyinä sarjaan tai joskus rinnan. Sarjaan kytkettäessä jännite kasvaa (V), kun taas rinnan kytkettäessä virta kasvaa (A). Yksittäiset kennot ovat sarjassa, eli plusnavat on liitetty miinusnapoihin ja kennoston päistä on vedetty plus ja miinusjohtimet aurinkopaneelin takana sijaitsevaan liitinpaneeliin. Sähkötek- nisesti koko kennoston virtaominaisuudet pysyvät samana, mutta jännite kasvaa. (Käpylehto 2016, 64.)

5 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU

Suunnittelussa pitää kiinnittää huomiota nimellistehon mitoittamiseen ta-pauskohtaisesti, jotta järjestelmästä saadaan maksimaalinen hyöty. Täytyy miettiä aurinkopaneeleille optimaaliset sijoituspaikat ja suuntaukset. Aurinkosähköjärjestelmät kytketään kiinteistökäytössä sähkökeskuksen kautta yleiseen sähkö verkkoon, joten liittyminen vaatii laitteistolta ja sähköltä tiettyjä laadullisia vaatimuksia. (Isojunno 2014) Verkkoon liitetyn aurinkosähköjärjestelmän kytkeminen on, niin tasavirran eli aurinkopaneelien johdotuksen, kuin vaihtovirran eli verkkoinverterin kytkentä sähköverkkoon, sähköurakointioikeuksien alaista työtä. (Käpylehto 2016, 71.)

5.1 Mitoitus

Hyödyn maksimoimiseksi on paneelien mitoitus laskettava. Suurin hyöty saadaan, kun tuotetulla aurinkosähköllä korvataan ostosähköä, ja kaikki tuotettu sähköenergia kulutetaan itse. Järjestelmän ylimitoittaminen ei kannata, koska takaisinmaksuaika pitenee, ja ylijäämä sähkö joudutaan syöttämään yleiseen sähköverkkoon markkinahintaa vastaavalla korvauksella. Markkinahinnan korvaus on karkeasti kolmasosa ostosähkön hinnasta. Mitoitus kannattaa suorittaa niin, että energian kulutus optimoidaan kiinteistön pohjakuorman mukaan, eli aurinkopaneelien tehtävänä on tasoiittaa kiinteistön sähkönkulutusta. Pohjakuorma tarkoittaa sitä energian kulutusta, joka kuluu kiinteistössä minimissään riippumatta vuorokauden ajasta. (Isojunno 2014)

5.2 Suuntaus ja sijoitus

Tärkeää energiantuoton kannalta on, että aurinko paistaa mahdollisimman pitkään ja esteettömästi paneelin pinnalle. Optimaaliseen energiantuotantoon vaikuttaa eniten kolme tekijää: sijainti, kallistuskulma ja suuntaus. (Isojunno 2014)

Kiinteistössä on helpointa aloittaa tuotannon mahdollisuuksien selvittäminen visuaalisella tarkastuksella. Tämän toimenpiteen avulla voidaan helposti jättää pois huonosti sopivat paikat rakennettavalle järjestelmälle. Suurimmat paneelien toimintaa haittaavat ympäristötekijät ovat varjoja aiheuttavat korkeat puut ja rakennukset. Yleensä varjostusongelmista päästään asentamalla aurinkopaneelijärjestelmä rakennuksen katolle. Hyvää paikkaa ei kannata hylätä, jos paikan varjostusta saa vähennettyä puustoa harventamalla. (Laihonen 2016)

Kallistuskulmaan vaikuttaa auringonsäteilyn tulokulma, joka on paneelin sisään tulevan säteilyn ja pinnan välinen kulma. Tulokulma on 0, jos säteily osuu kohtisuorassa paneelin pintaan, jolloin saatava energia on suurin mahdollinen. Edullisimmat kallistuskulmat Suomessa ovat 30° ja 90° välillä riippuen vuodenajasta. Paneeleita ei kuitenkaan aina pystytä asentamaan optimikulmaan.

Suuntaus eli atsimuuttikulma määritellään ilmansuuntien mukaan, jossa etelä on 0° , länsi $+90^\circ$ ja itä -90° . Koska maapallo pyörii akselinsa ympäri niin, auringon säteily osuu jatkuvasti eri tulokulmista paneeliin. (Isojunno 2014)

Haluttaessa suurin mahdollinen yhteenlaskettu vuosituotanto, paneelit on suunnattava kohti etelää, ja Suomessa 40-50 asteen kallistuskulmaan. Kiinteistökäytössä paneelit asennetaan käytännössä siihen kulmaan kuin ne on helppo asentaa, eli yleensä katon suuntainen asennus on helpoin tapa. Käytännössä erot tuotannossa ovat niin pieniä, että kulmaa ei lähdetä muuttamaan, ja ne asennetaan lappeensuuntaisesti.

Jos paneelit asennetaan harjakatolle itä- länsisuuntaan, vuosituotanto on pienempi kuin etelän suuntaan asennettaessa, mutta aamuisin ja iltaisin saavutetaan hieman suurempi tuotanto. (Käpylehto 2016, 120- 121.) Itä-länsi suuntaan asennuksesta on hyötyä etenkin kotieläintiloille, koska kuluksut jakaantuu pidemmälle vuorokauden ajalle. Eläinten hoitaminen ajoittuu pääsääntöisesti aamuihin ja iltoihin.

6 VERKKOINVERTTERI ELI VAIHTOSUUNTAAJA

Verkkoinvertterin tehtävänä on huolehtia suojauksesta, ja muuttaa paneelistolta tuleva tasavirta vaihtovirraksi, sekä samalla synkronoitua sähköverkkoon. Sähkökeskuksessa kytkentä tehdään syöttöpuolelle sulakkeen kautta. (Käpylehto 2016, 143.)

Aurinkopaneelit kytketään suojatuilla kaapeleilla verkkoinvertteriin tracker- eli seurantapiireihin. Yksittäisen seurantapiirin valaistusolosuhteiden tulee olla samanlaiset. Toinen piiri voi olla kokonaisuudessa suunnattu kaakkoa kohti ja toinen kohti lounasta, mutta piirin sisällä paneelien suuntaus tulee olla sama. Seurantapiiri kykenee hakemaan paneelistosta suurimman mahdollisen tehon. (Käpylehto 2016, 72- 74.)

6.1 Invertterityypit

Invertterit voidaan jakaa kanttiaalto- ja siniaaltoinverttereihin. Erona näillä kahdella tyyppillä on invertterin tuottaman vaihtovirran laatu. Kanttiaaltoinvertterillä saadaan aikaisiksi karkeampi vaihtovirta kuin siniaaltoinvertterillä. Mutta herkäät sähkölaitteet, kuten tietokoneet, eivät toimi hyvin, tai ollenkaan kanttiaaltoisella vaihtovirralla. Siniaaltoinvertterillä vaihtovirran suuruus vaihtelee jatkuvasti siniaaltoisena, joten se sopii paremmin sähkölaitteille. (Hyvönen 2015)

Mikroinvertteriä käytetään sellaisissa järjestelmissä, joissa jokainen aurinkosähköjärjestelmän paneeli on muista erillään. On suuri etu, että jos yksi paneeleista vikaantuu, se ei vaikuta muiden mikroinvertterillä varustettujen paneelien toimintaan, vaan niiden toiminta jatkuu normaalisti. Käyttäjää

saa tarkempaa tietoa aurinkosähköjärjestelmän toiminnasta, jopa paneeli-kohtaisesti, jos järjestelmässä on erilliset mikroinvertterit. (Isojunno 2014)

Stringi-invertteri on tällä hetkellä suosituin invertterimalli, koska ne ovat monipuolisia. Käytettävissä järjestelmissä kaikki, tai suuret paneeliyksiköt ovat kaikki liitettynä yhteen invertteriin. Inverttereiden määrä voi vaihdella asennetun järjestelmän koosta riippuen. (Hyvönen 2015)

Off-Grip-invertterillä on kaksi ominaisuutta, se muuttaa tasavirran vaihtovirraksi ja lataa ja ylläpitää järjestelmään kuuluvaa akustoa lataussäätimen avulla. Tällaista invertteriä käytetään saarekekäytössä valtakunnanverkon ulkopuolella. Invertteri on toimintaperiaatteeltaan samanlainen kuin stringi-invertteri, mutta lataussäätimellä lisättynä. (Isojunno 2014)

Keskusinvertteriä käytetään suurissa aurinkosähköjärjestelmissä, jotka toimivat voimalakäytössä. Keskusinvertterin teho vaihtelee 50 kW – 1 MW välillä. (Isojunno 2014) Invertterit ovat maahan asennettavia, isoja kooltaan, ja kalliita investoita (Tanskanen 2015)

6.2 Viranomaisvaatimuksia verkkoinverttereille

Sähköverkkoon liitettävien verkkoinvertterien on täytettävä vallitsevat turvallisuusstandardit. Suomessa verkkoon kytkettävien verkkoinvertterien on täytettävä suomalainen SFS-EN 50438 tai saksalainen VDE-AR-N 4105: n (2011) vaatimukset. Hyvälaatuisen verkkoinvertterin käyttöikä Suomessa on todennäköisesti yli 20 vuotta. On kuitenkin hyvä varautua siihen, että verkkoinvertterin joutuu kerran uusimaan muun järjestelmän käyttöiän aikana. Muuten ne eivät juuri vaadi huoltoa. (Tahkokorpi ym. 2016, 142- 144.) Vuoden 2013 aikana Energiateollisuus ry hyväksyi saksalaisen VDE-AR-N-4105 – mikrotuotantonormin suojausasetusten mukaiset laitteet kytkettäväksi Suomen sähköverkkoon. (Puro 2017b)

7 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN ASENTAMINEN

Aurinkosähköjärjestelmän voi asentaa itse, jos siihen on aikaa ja taitoa. Sen voi myös ostaa avaimet käteen -periaatteella. Asennuksen tekijä vastaa siitä, että katto pitää vettä asennuksen jälkeen tai aurinkopaneelit ovat oikein kiinnitetty. Lisäksi asentajan vastuulla on se, että kiinnitysjärjestelmä on oikein kuormitettu kattoon nähden.

7.1 Aurinkopaneelien kiinnityselineet

Aurinkopaneelit kiinnitetään alumiiniprofiilista valmistetuille erikoiskiskoille, jotka on kiinnitetty kullekin kattomateriaalille parhaiten soveltuville kiinnitystarvikkeilla. Ne on mitoitettu samalle kuormitustasolle, jolla kattokin on aikanaan tehty. (Puro 2017a)

7.2 Kiinnitystelineiden tyypit

Aurinkopaneelit voidaan kiinnittää kahdella erilaisella kiinnitysjärjestelmällä katolle: joko yksikerroksinen, tai kaksikerroksinen kiinnitysjärjestelmä. Näiden erona on kiinnitysjärjestelmän rakenteen tukevuus, aurinkopaneelien jäähdytysvälin koko, ja kiinnitystelineen hinta. Kiinnitysjärjestelmän tyypistä johtuen aurinkopaneelit kiinnitetään joko pysty- tai vaakasuoraan.

Yleensä yksikerroksisen kiinnitysjärjestelmän ominaisuudet riittävät. Jos halutaan varautua suuriin lumikuormiin, katon rakenteet arveluttavat, paneeleista halutaan maksimituotto, tai halutaan paras mahdollinen rakenne, niin kaksikerroksinen kiinnitysjärjestelmä tulee kysymykseen. (Puro 2017a)

7.2.1 Yksikerroksinen kiinnitysjärjestelmä

Tyypillisesti yksikerroksinen kiinnitysjärjestelmä muodostuu kattokiinnikkeillä kattoon vaakasuoraan kiinnitetyistä alumiiniprofiileista. Aurinkopaneelit kiinnitetään näihin kiinnikkeisiin pystysuoraan. Tällä tavalla kiinnitetyn aurinkopaneelin ja katon väliin jää 150 mm tuuletusväli. Painoa paneelia kohden on tällä kiinnitysjärjestelmällä noin 6 kg. Joissakin tapauksissa voidaan käyttää kolmea kiskoja kahden sijaan, jos lujuuslaskenta sitä vaatii. Oikein asennetussa järjestelmässä kiinnitysprofiilin ja aurinkopaneelin kiinnikkeen keskikohta on noin $\frac{1}{4}$ etäisyydellä paneelin päädyistä pitkältä sivulta katsottuna. (Puro 2017a)

7.2.2 Kaksikerroksinen kiinnitysjärjestelmä

Kaksikerroksinen kiinnitysjärjestelmä koostuu kattokiinnikkeillä kattoon vaakasuoraan kiinnitetyistä alumiiniprofiileista, niiden päälle asennetaan lappeen suuntaisesti parillinen määrä alumiiniprofiileita. Aurinkopaneelit kiinnitetään vaakasuoraan kiinnitysjärjestelmän päälle. Tässä kiinnitysjärjestelmässä jää noin 200 mm tuuletusväli aurinkopaneelin ja katon väliin. Painoa paneelia kohden tällä kiinnitysjärjestelmällä on noin 10 kg. (Puro 2017a)

7.3 Eri kattotyypien kiinnitystarvikkeet

Jokaiselle yleisesti käytössä olevalle kattotyypille on omanlaisensa kiinniketyypinsä, johon aurinkopaneelien kiinnitysjärjestelmä kiinnitetään. Kiinnikkeet on valmistettu ruostumattomasta teräksestä.

7.3.1 Saumapeltikatto

Kuvassa 7. näkyy kuinka kiinnitysteline asennetaan saumapeltikaton saumaan kiinnitettävien puristimien avulla. Puristimen päällä on lappeen suuntaisen säädön mahdollistava alumiininen kiinnityslevy, johon aurin-

kopaneelin kiinnitysprofiili kiinnitetään. Saman valmistajan kiinnityslevyn urat sopivat alumiiniprofiilien uriin. (Puro 2017a)



Kuva 7. Saumapeltikaton kiinnike on helppo kiinnittää katon saumaan. (Puro 2017a)

7.3.2 Profiili- ja aaltopeltikatto

Kiinnitysteline asennetaan peltikaton läpi kattotuoliin ruuvattavien ankkuripulttien avulla. Ankkuripultin alaosa ruuvataan 100 mm syvyydeltä kattotuoliin, kuten kuvassa 8. näkyy. Ankkuripultin yläosassa kahden mutterin välissä on kiinnityslevy, jota pystytään säätämään lappeen suuntaisesti, johon aurinkopaneelin kiinnitysprofiili kiinnitetään. Kiinnikettä varten porattuun reikään laitetaan kuminen tulppa, joka tiivistää reiän. (Puro 2017a)



Kuva 8. Aaltopeltikaton kiinnike porataan katon läpi ruoteeseen tai kattotuoliin. (Puro 2017a)

7.3.3 Huopakatto

Asennus vaatii reikien tekemistä kattoon samalla tavalla kuin profiili- tai aaltopeltikattoon. Kiinnike porataan kattotuoliin tai vaihtoehtoisesti ruodelautaan (kuva 9.). Ruuvin ja reiän väli tiivistetään tiivistemassalla, jotta katto ei alkaisi vuotaa. (Käpylehto 2016, 165- 166.)



Kuva 9. Huopakaton kiinnike asennettuna paikoilleen. (Puro 2017a)

7.3.4 Tiilikatto

Kiinnitysteline asennetaan tiilen alle kiinnitettävien S-koukkujen avulla, kuten kuvassa 10. näkyy. S-koukun korkeutta säädetään esim. sopivan vahvuisella vanerilevyllä, jotta koukku ei kosketa tiilen pintaa, ja mahdollisesti riko sitä. S-koukku kiinnitetään kattotuoliin kahdella tai kolmella 100 mm puuruuvilla. (Puro 2017a)



Kuva 10. Tiilikaton teline kiinnitetään tiilin alle. (Puro 2017a)

7.4 Maadoitus

Katolle asennettu aurinkopaneelijärjestelmä pitää maadoittaa esim. 16 millimetrin maadoituskaapelilla. Maadoitukseen käytetään erillistä maadoituskorvaketta, joka asennetaan aurinkopaneelin kiinnitysjärjestelmään. Maadoituspisteenä voi käyttää katolta löytyvää teräsrakennetta tai, jos rakennuksessa on jo maadoitus valmiina, sitä voi myös käyttää. (Käpylehto 2016, 153.)

7.5 Verkkoinvertterin asentaminen

Verkkoinvertteri kannattaa asentaa seinään sisätiloihin ja lähelle sähkökeskusta. Lisäksi asennuspaikan tulisi olla helposti saavutettavissa, jotta invertteriä olisi helppo tarkkailla. Ulkoasennus on myös mahdollista, mutta invertterin tekninen käyttöikä jää lyhyemmäksi kuin sisällä, koska ulkona on suuret kosteuden ja lämpötilan vaihtelut. Nimellinen lämpötilaalue on invertterille määritetty $-25\text{ °C} - +40\text{ °C}$. Verkkoinvertteri on painava laite, joten kiinnitys on syytä tehdä huolella. Jäähdytyksen varmistamiseksi invertterin jokaisella sivulla tulee olla vähintään kaksikymmentä senttimetriä vapaata tilaa. (Käpylehto 2016, 145.) Sähkökytkennät on jätettävä ammattilaisen tehtäväksi, niin aurinkopaneelien kytkentä invertteriin, kuin invertterin kytkentä sähköverkkoon.

7.6 Kaapelointi

Verkkoinvertteriin paneelistolta tuleva tasavirta kulkee suojattua aurinkosähkökaapelia pitkin. Kaapeli on putkitettu suojaputkeen, ja se voi kulkea vaikka rakennuksen ulkoseinää pitkin sähkökeskukselle. Verkkoinvertterin, turvakytkimen ja sähkökeskuksen välillä käytetään normaalia sisäasennuskaapelia. (Käpylehto 2016, 141 ja 154.)

7.7 Turvakytkin

Suomessa sähköverkkomääräykset vaativat, että aurinkovoimalan ja sähköverkon välissä on oltava turvakytkin, jolle verkonhaltijalla on vapaa pääsy (Kuva 11.). Verkonhaltijan on voitava lukita kytkin auki asentoon, jos verkossa tehdään korjaustöitä jännitteettömänä. (Tahkokorpi ym. 2016, 162)



Kuva 11. Aurinkosähköjärjestelmän turvakytkin (Joutsimatka)

8 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU, TOTEUTUS JA KANNATTAVUUS RIIHILAHDEN TILALLE

8.1 Suunnittelu

Oma vuotuinen sähkönkulutus on hyvä selvittää ensin, jotta suunniteltu aurinkosähköjärjestelmä on oikean kokoinen suhteessa kulutukseen. Tämä on tärkeää, koska tuotettua sähköä ei ole kannattavaa myydä verkkoon, vaan käyttää se mahdollisimman tehokkaasti itse. Lasketaan vuotuinen sähkönkulutus KWh ja jaetaan se 8760 h (vuosi tunteina). Siitä saadaan karkea arvio minkä tehoinen järjestelmän kannattaa kyseiselle kohteelle hankkia. Tässä tapauksessa se on $60\,000 \text{ kWh} / 8760 \text{ h} = n. 7 \text{ KW}$ järjestelmä. Todellisuudessa tilan vuosikulutus vaihtelee suurestikin, riippuen mm. kuinka kylmä talvi on, sillä talvella kuluu paljon sähköä lämmitykseen. Lasketun järjestelmän koko ei välttämättä ole kuitenkaan tarpeeksi iso, sillä sähkön kulutusta on aina välillä enemmän kuin 7 KWh, kuten esimerkiksi silloin kun jauhatetaan sähkömyllyllä jauhoja. Lisäksi pitää muistaa, että aurinko ei aina paista kirkaalta taivaalta, ja paneelien huiputeho ajoittuu keskikesälle, joten tuntituotto jää alemmaksi suurimpana osana vuotta.

Suomessa ei ole käytössä nettomittarointia. Olisi hyvä, jos se otettaisiin käyttöön. Sähkön nettomittarointi tarkoittaa sitä, että jos yhden tunnin aikana käyttää enemmän sähköä kuin aurinkosähköjärjestelmä tuottaa, ja toisena tuntina tuottaa enemmän kuin käyttää, niin hetkellisesti yli kulutuksen tuotetun sähkön saisi takaisin ilmaiseksi, kun sitä seuraavan kerran kuluttaa enemmän kuin paneelit tuottavat. Näin aurinkosähköjärjestelmän koko tuotantokapasiteetti tulisi kokonaan käytettyä, ja siitä voisi tehdä vielä suuremman kuin 7 KWh:a. Sillä seitsemän kilowattitunnin järjestelmä tuottaa laskennallisesti vuodessa noin 5600 KWh:a, jos oletetaan, että yksi kilowatti aurinkopaneeleja tuottaa 800 kilowattituntia sähköä vuodessa. Totuus tietenkin selviää käytännössä, kuinka paljon sähköä kyseinen järjestelmä tuottaa. Jos vertaa aurinkosähköjärjestelmän vuosituottoa, 5600 KWh:a tilan koko vuoden sähkön kulutukseen 60 000 KWh:iin, niin se on 10 % tilan käyttämästä sähköstä.

Tilalla on muutamia hyviä kattoja, joiden toinen lape on etelää kohti, sekä pari kattoa, joiden lapheet ovat itä-länsisuuntaan. Tässä vaiheessa suunniteltu järjestelmä asennetaan etelän puoleiselle lappeelle, koska tuotanto on siellä suurempi. Kuvassa 12. on rehuvarasto, jonka katolle aurinkopaneelit asennetaan. Puista tai muista rakennuksista ei pitäisi tulla varjoja tälle paikalle, ainakaan kesäaikaan. Katto on melko loiva, sillä se on noin 18 asteen kulmassa. Katto on aaltopeltiä, ja se on tehty 1990- luvun alussa, kun sikala rakennettiin.



Kuva 12. Aurinkosähköjärjestelmän asennuspaikka, katon lape on etelän suuntaan. (Joutsimatka)

8.2 Toteutus

Kuvassa 13. asennetaan aurinkopaneeleja valittuun kohteeseen loppukesästä 2016. Investointi tehtiin avaimet käteen periaatteella, koska tila osallistui Välke-hankkeeseen, jossa oli kaikkiaan osallistujia 30. Suurin osa muista osallistujista oli yksityishenkilöitä, ja hankealueeseen kuului Kuhmoinen, Padasjoki ja Asikkala. Hankkeen vetäjä teki kilpailutuksen, ja kilpailutuksen voittajayritys teki aurinkosähköjärjestelmien asennukset hankkeessa mukana olleille. Tilalle investoidun 7 KWh:n aurinkosähköjärjestelmä maksoi n. 8500 euroa ilman arvonlisäveroa.

Välke-hanke oli osa Kohti hiilineutraalia kuntaa, eli HINKU-projektia. Suomen ympäristökeskus koordinoi hanketta ja päärahoittajana oli Euroopan aluekehitysrahasto. Tavoitteena oli lisätä vähähiilisyyttä parantavien ratkaisujen käyttöönottoa kohteena olleissa yrityksissä ja kiinteistöissä. Hankkeen aikana oli tavoitteena vähentää fossiilisen energian käyttöä ja kasvihuonekaasupäästöjä.



Kuva 13. Aurinkopaneelien asentaminen paikoilleen viime vuoden syyskuussa. (Joutsimatka)

Aurinkosähköjärjestelmä olisi ollut paljon kalliimpi investointi, jos sitä ei olisi hankittu yhteishankkeen kautta, sillä 5 KWh järjestelmä olisi maksanut saman verran, ellei enemmän kuin tämä järjestelmä. Investointiin ei haettu mitään tukea, eikä se olisi sitä varmastikaan saanut, sillä tila ei olisi täyttänyt niiden ehtoja. Investointi tehtiin omalla rahoituksella.

Aurinkopaneelit asennettiin yksikerros kiinnitysjärjestelmällä rehuvaraston katolle (Kuva 14.) Katolle asennettiin 28 kpl 250 watin Eurener-merkkistä monikideaurinkopaneelia. Paneelit jaettiin kahteen eri ryhmään, ja kummankin ryhmän paneelit kytkettiin sarjaan. Sarjojen jännite voi nousta jopa 1000 volttiin. Aurinkopaneeleilla on 10 vuoden takuu, ja 25 vuoden tuottotakuu, jolla luvataan, että paneeli tuottaa vähintään 80 % luvattua vuosituotosta.



Kuva 14. Aurinkopaneelit asennettiin yksikerros kiinnitysjärjestelmällä katolle ja järjestelmä oli jaettu kahteen ryhmään ja niiden paneelit ovat kytkettynä sarjaan. (Joutsimatka)

Verkkoinvertteri asennettiin sikalan tekniseen tilaan, joka on ympärivuotisesti lämmin, koska invertterin elinikä pitäisi olla silloin pidempi (Kuva 15). Invertteriksi hommattiin 10KWh Kostal-merkkinen stringi-invertteri. Invertteri valittiin isommaksi kuin järjestelmä olisi vaatinut, koska isompi invertteri oli edullinen hankkia, ja järjestelmän laajentaminen on edullisempää, kun ei tarvitse hommata isompaa invertteriä vanhan tilalle.



Kuva 15. Asennettu stringi-inverteri sikalan teknisessä tilassa.

Ennen aurinkosähköjärjestelmän käyttöönottoa pitää tehdä ilmoitus omalle verkkoyhtiölle, jotta he tietävät, että kyseisestä kiinteistöstä voi tulla sähköä, myös verkon suuntaan. Tämä tietysti edellyttää, että kiinteistöön on asennettu elektroninen etäluettava sähkönkulutusmittari. Lisäksi oman sähköyhtiön kanssa pitää tehdä sähköntuotantosopimus. Tällä hetkellä pientuottajalle ei makseta kuin pörssi hinta vähennettynä sähköyhtiön perimä välityspalkkio. Tällä hetkellä pientuottajalle maksetaan verkkoon tuotetusta KWh:sta yhtiöstä riippuen 3-4 snt/ KWh.

8.3 Kannattavuuslaskenta 7 KWh aurinkosähköjärjestelmälle

Investoinnin kannattavuutta laskin internetistä löytämälläni kannattavuuslaskurilla, joka löytyy osoitteesta:

<http://www.finsolar.net/aurinkoenergianhankintaohjeita/kannattavuuslaskurit/>. Sivustolta löytyy useampia kannattavuuslaskureita, joista valitsin Excel- taulukkoon tehdyn laskurin, koska se tuntui kaikkein helpoimmalta ja selkeimmältä käyttää.

| | | |
|--|---------|-------------|
| Sähkön kuluttajahinta eli sähköenergian ja sähkön siirron ostohinta veroineen snt/kWh | 12,0 | snt/kWh |
| Kiinteistön sähkönkulutus vuodessa kWh/v | 60000 | kWh |
| Arvio ostosähkön hinnan noususta %/vuosi | 1,0% | %/v |
| Aurinkosähkölajitelman koko tehona Wp | 7000 | Wp |
| Järeltelman investointikustannus € (laitteet ja asennus, myös mahdollinen ALV) | €8 428 | euroa |
| Investointituki tai kotitalousvähennys alkuinvestoinnista, % | 0 % | % |
| Oma kiinteistöarvo-, brändi- tai ympäristötuki investoinnille | €0 | euroa |
| Investoinnin laskentakorko, esim. pankin korkokulu | 2,0% | % |
| Aurinkosähkön oman käytön osuus, % | 100 % | % |
| Aurinkosähkön myyntihinta verkkoon snt/kWh | 3,0 | snt/kWh |
| Invertterin vaihdon kustannus, % alkuinvestoinnista. Oletettu tapahtuvan kerran aurinkosähkölajitelman elinaikana 15. vuotena. | 10 % | % |
| Vuotuiset ylläpitokulut (vakuutukset, huolto tms. kulut) % alkuinvestoinnista | 0,1 % | % |
| Aurinkosähkön vuosituotto 1 kWp:n järjestelmän sijainnin | 800 | kWh/kWpeak |
| Oletuksia ja välituloksia: | | |
| Aurinkosähkölajitelman vuosituotto | 5600 | kWh |
| Aurinkovoimalan vuosittainen sähköntuotannon vähenemä | -0,5% | % |
| Järeltelman koko paneelien pinta-alana m2 | 47,6 | neliömetriä |
| Järeltelman käyttöikä vuotta | 30 | vuotta |
| Järeltelman investointikustannus tukien jälkeen € | 8 428 € | euroa |
| Järeltelman vertailuhinta ilman tukia | 1,2 € | euroa/W |

Taulukko 1. Kannattavuuslaskelman lähtötietoja. (Joutsimatka)

Kannattavuuslaskelmassa (Taulukko 1.) on varmoja tietoja, kuten sähkön nykyinen hinta, ja myös oletuksia, joita ei voi tietää etukäteen, kuten esimerkiksi arvio sähkön hinnan noususta. Jos oletamukset eivät toteudu niin kuin laskelmassa on ennustettu, investoinnin takaisinmaksuaika pite-nee vuosilla. Esimerkiksi ostosähkön hinnan muutos on yksi kannatta- vuuslaskelman suurista muuttujista. Oma arvioni onkin, että sähkön hinta nousee Suomessa ehkä enemmän kuin 1 % per vuosi, koska verkkoyhtiöt investoivat voimakkaasti sähköverkon maakaapelointiin. Kannattavuutta parantaa myös se, että pystyy käyttämään kaiken aurinkosähkölajitel- man tuottaman sähkön itse, koska sähköyhtiöt eivät maksa siitä kuin pörs- sihinnan. Arvoituksena on vielä se, kuinka paljon sähköä järjestelmä pys- tyy tuottamaan vuositasolla, ja kuinka paljon yksi kilowatti piikki tuottaa sähköä yhden vuoden aikana. Investoinnille laskin omalle pääomalle 2 % koron, koska pankista ei saa edes niin suurta korkoa, ja jos korkoprosentti olisi korkeampi, niin kannattavuus kärsisi.

Aurinkosähkön tuotanto omaan käyttöön maatilalla

| Aurinkosähkön tuotto- ja talouslaskelmat elinkaaren aikana: | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|----------------|--|---|---|---|--------------------------|---------------------------------------|------------------------------|--|
| Järjestelmän elinikä vuosina | Oman sähköntuotannon arvo ja myyntituotot € | Investointi- ja ylläpito-kustannukset € | Kassavirta €/v | Investoinnin sisäisiä korkokantoja % (IRR) | Investoinnin kumulatiivinen tuotto €/v (0% korko) | Investoinnin nettomykyarvoa (NPV) valitulla laskentakorolla | Takaisinmaksu-aika valitulla investoinnin laskentakorolla | Ostosähkön hinta [€/kWh] | Myyntiin menevän ylijäämäsähkön hinta | Aurinkosähkön tuotanto kWh/v | Aurinkosähkön tuotantohinta LCOE [€/kWh] |
| 0 | 0,0 € | -8 428,0 € | -€8 428 | | -8 428 € | | | 0,12 € | | 0 | |
| 1 | 672,0 € | -8,4 € | €664 | -92,1% | -7 764 € | -7 625 € | 1 | 0,12 € | 0,03 € | 5600 | |
| 2 | 675,3 € | -8,4 € | €667 | -67,7% | -7 098 € | -6 997 € | 1 | 0,12 € | 0,03 € | 5572 | 0,76 € |
| 3 | 678,7 € | -8,4 € | €670 | -47,8% | -6 427 € | -6 377 € | 1 | 0,12 € | 0,03 € | 5544 | 0,51 € |
| 4 | 682,0 € | -8,4 € | €674 | -34,0% | -5 754 € | -5 767 € | 1 | 0,12 € | 0,03 € | 5516 | 0,38 € |
| 5 | 685,4 € | -8,4 € | €677 | -24,5% | -5 077 € | -5 166 € | 1 | 0,12 € | 0,03 € | 5489 | 0,31 € |
| 6 | 688,8 € | -8,4 € | €680 | -17,7% | -4 396 € | -4 574 € | 1 | 0,13 € | 0,03 € | 5461 | 0,26 € |
| 7 | 692,2 € | -8,4 € | €684 | -12,7% | -3 713 € | -3 990 € | 1 | 0,13 € | 0,03 € | 5434 | 0,22 € |
| 8 | 695,6 € | -8,4 € | €687 | -8,9% | -3 025 € | -3 415 € | 1 | 0,13 € | 0,03 € | 5407 | 0,19 € |
| 9 | 699,1 € | -8,4 € | €691 | -6,0% | -2 335 € | -2 849 € | 1 | 0,13 € | 0,03 € | 5380 | 0,17 € |
| 10 | 702,5 € | -8,4 € | €694 | -3,7% | -1 641 € | -2 290 € | 1 | 0,13 € | 0,03 € | 5353 | 0,16 € |
| 11 | 706,0 € | -8,4 € | €698 | -1,9% | -943 € | -1 740 € | 1 | 0,13 € | 0,03 € | 5326 | 0,14 € |
| 12 | 709,5 € | -8,4 € | €701 | -0,4% | -242 € | -1 198 € | 1 | 0,13 € | 0,03 € | 5300 | 0,13 € |
| 13 | 713,0 € | -8,4 € | €705 | 0,8% | 465 € | -664 € | 1 | 0,14 € | 0,03 € | 5273 | 0,12 € |
| 14 | 716,6 € | -8,4 € | €708 | 1,8% | 1 171 € | -138 € | 1 | 0,14 € | 0,03 € | 5247 | 0,11 € |
| 15 | 720,1 € | -851,2 € | €131 | 1,6% | 1 040 € | -234 € | 1 | 0,14 € | 0,03 € | 5220 | 0,12 € |
| 16 | 723,7 € | -8,4 € | €715 | 2,4% | 1 755 € | 277 € | 0 | 0,14 € | 0,03 € | 5194 | 0,11 € |
| 17 | 727,2 € | -8,4 € | €719 | 3,1% | 2 474 € | 780 € | 0 | 0,14 € | 0,04 € | 5168 | 0,10 € |
| 18 | 730,8 € | -8,4 € | €722 | 3,7% | 3 196 € | 1 276 € | 0 | 0,14 € | 0,04 € | 5143 | 0,10 € |
| 19 | 734,5 € | -8,4 € | €726 | 4,2% | 3 922 € | 1 765 € | 0 | 0,14 € | 0,04 € | 5117 | 0,09 € |
| 20 | 738,1 € | -8,4 € | €730 | 4,7% | 4 652 € | 2 246 € | 0 | 0,14 € | 0,04 € | 5091 | 0,09 € |
| 21 | 741,8 € | -8,4 € | €733 | 5,0% | 5 385 € | 2 721 € | 0 | 0,15 € | 0,04 € | 5066 | 0,08 € |
| 22 | 745,4 € | -8,4 € | €737 | 5,4% | 6 122 € | 3 188 € | 0 | 0,15 € | 0,04 € | 5040 | 0,08 € |
| 23 | 749,1 € | -8,4 € | €741 | 5,7% | 6 865 € | 3 648 € | 0 | 0,15 € | 0,04 € | 5015 | 0,08 € |
| 24 | 752,8 € | -8,4 € | €744 | 5,9% | 7 607 € | 4 102 € | 0 | 0,15 € | 0,04 € | 4990 | 0,07 € |
| 25 | 756,5 € | -8,4 € | €748 | 6,1% | 8 355 € | 4 549 € | 0 | 0,15 € | 0,04 € | 4965 | 0,07 € |
| 26 | 760,3 € | -8,4 € | €752 | 6,3% | 9 107 € | 4 990 € | 0 | 0,15 € | 0,04 € | 4940 | 0,07 € |
| 27 | 764,1 € | -8,4 € | €756 | 6,5% | 9 865 € | 5 424 € | 0 | 0,16 € | 0,04 € | 4916 | 0,07 € |
| 28 | 767,8 € | -8,4 € | €759 | 6,6% | 10 622 € | 5 851 € | 0 | 0,16 € | 0,04 € | 4891 | 0,06 € |
| 29 | 771,6 € | -8,4 € | €763 | 6,8% | 11 385 € | 6 273 € | 0 | 0,16 € | 0,04 € | 4867 | 0,06 € |
| 30 | 775,5 € | -8,4 € | €767 | 6,9% | 12 152 € | 6 688 € | 0 | 0,16 € | 0,04 € | 4842 | 0,06 € |
| YHTEENSÄ | 15 749,7 € | -9 523,6 € | | | | | 15 | | | 156370 | |

Taulukko 2. Aurinkosähkön tuotto- ja talouslaskelma elinkaaren aikana. (Joutsimatka)

Tuottolaskelmassa (Taulukko 2.) on laskettu 30 vuotta järjestelmälle, ja se tuottaisi sinä aikana 156 000 KWh sähköä. Investointi maksaisi itsensä takaisin 15 vuodessa. On myös hyvä muistaa, että verkkoinverteri pitää vaihtaa jossakin vaiheessa uuteen. Laskelmassa se on laskettu tapahtuvan 15. vuotena. Kun järjestelmä laajennetaan täyteen kapasiteettiinsa, niin takaisin maksuaika lyhenee 12 vuoteen. Kolmessakymmenessä vuodessa aurinkosähkön tuotantohinta laskee 76 sentistä 6 senttiin per KWh. Oman sähköntuotannon arvo 30 vuoden jälkeen on yhteensä 15 750 euroa, josta vähennetään investointi, ja ylläpitokustannukset 9 524 euroa ja saadaan investointi tuottamaan reilu 6 600 euroa. Laskelmassa on laskettu ylläpito- ja huoltokuluja joka vuodelle 8,4 euroa, mutta käytännössä järjestelmä ei vaadi juuri muuta kuin tuotonseurantaa. Esimerkiksi lumen poistaminen talvella ei ole kannattavaa, koska hyöty on tehtyyn työhön nähden olematon. Uuden invertterin hinta, reilu 850 euroa, saattaa olla alakanttiin, mutta toisaalta tekniikka yleensä halpenee, kun tuotanto ja kysyntä kasvavat. Vaikka laskelma onkin laskettu 30 vuoden pituiseksi, täytyy muistaa, että paneelit toimivat vielä sen jälkeen, vaikka niiden vuosituotanto on alentunut reilu 800 KWh:a.

Vertaa:

| | |
|--|-------------|
| Aurinkosähkön omakustannushinta 30 vuoden | 6,1 snt/kWh |
| Arvioitu ostosähkön keskimääräinen hinta 30 vuoden aik | 14 snt/kWh |

Taulukko 3. Ostosähkön ja oman aurinkosähkön hinnan vertailu 30 vuoden jälkeen.. (Joutsimatka)

Taulukossa 3. on vertailtu aurinkosähkön omakustannehintaa 30 vuotta investoinnin jälkeen, ja verkosta ostettuun sähkön arvioituun 30 vuoden keskihintaan. Jos olettaamus pitää paikkaansa, niin aurinkosähköä kannattaa tuottaa itselle, ja ehkä jopa laajentaa tuotantoa jossakin vaiheessa tulevaisuudessa.

9 LOPPU PÄÄTELMÄ

Aurinkosähköjärjestelmään investointi näyttää kannattavuuslaskelman mukaan, että kannattavalta, ja se maksaa itsensä takaisin 15 vuoden kulu-
tua. Investointi maksaa itsensä takaisin nopeammin, jos ostosähkön hinta
nousee nykyistä hintaa korkeammaksi. Kannattavuuteen voi vaikuttaa
myös itse sillä, että pyrkii käyttämään kaiken järjestelmän energian omalla
tilallaan. Tällä hetkellä sähkön myynnissä ei ole mitään järkeä, mutta tule-
vaisuudesta ei koskaan tiedä. Aurinkosähköjärjestelmän yleistyessä on
yleensä seurauksena se, että niiden hinnat alenevat. Ainakin tähän asti jär-
jestelmien hinnat ovat tulleet joka vuosi edullisemmiksi. Voisin olettaa, et-
tä vuosikymmenen vaihtuessa aurinkosähköjärjestelmien asentaminen
kiinteistöjen ja maatalojen yhteyteen tulee yleistymään. Sähkön siirtohintoi-
den nousu saattaa osaltaan saada ihmiset vakavasti harkitsemaan aurin-
kosähkön tuotannon mahdollisuuksia kiinteistöillään.

Investointia voisi käyttää hyödyksi esimerkiksi hunajan markkinoinnissa
ja myynnissä. Mutta hunajan tuotanto on ilman aurinkosähköäkin ilmastoa
vähän kuormittavaa, koska mehiläiset tekevät suurimman työn. Tässä vai-
heessa hunajan myyntitilanteessa voisi kertoa, että tuotannossa on käytetty
aurinkosähköä. Kun tarpeeksi monelle asiakkaalle on kertonut asiasta, ja
kuullut heidän reaktionsa, niin tietää paremmin kannattaako asia ottaa
markkinointiin mukaan.

Aurinkosähkön tuotanto tulee varmasti nousemaan yhdeksi tärkeäksi
energiantuotannon elementiksi, niin globaalisti kuin myös Suomessa.
Komponenttien hinta alenee vuosi vuodelta, ja uusia materiaaleja kehitel-
lään aurinkopaneeleihin, sekä niiden hyötysuhde paranee. Lisäksi akku-
teknologian kehityksellä on suuri merkitys aurinkosähkön tuotannolle, sil-
lä oletan, että tulevaisuudessa hetkellisesti ylimääräinen sähkö varastoi-
daan niihin, myöhempää käyttöä varten.

Opinnäytetyön aikana opin paljon uutta asiaa, kuten mitä komponentteja
tarvitaan toimivaan aurinkosähköjärjestelmään. Aurinkopaneelit eivät ol-
leet tekniikaltaan entuudestaan tuttuja, vaikka muutamassa paimenpojassa
niitä onkin ollut käytössä. Aiheeseen ei ollut paljoakaan suomenkielistä
kirjallisuutta. Muutamia opinnäytetöitä käytin ajoittain lähteenä, kun niistä
löytyi jotain työhön kelpavaa tietoa. Työn aikana ilmestyi Janne Käpy-
lehdon tekemä teos: Auringosta sähköt kotiin, kerrostaloon ja yritykseen,
josta oli paljon apua.

LÄHTEET

- Aakko, J & Ylikangas M. 2013. Aurinkokeräimen suunnittelu ja valmistus. Centralia-Ammattikorkeakoulu. Tuotantotalouden koulutusohjelma. Opinnäytetyö.
- Energiavirasto. 2017. Sähkönhinnan osatekijät. Saatavissa: <http://www.energiavirasto.fi/sahkonhinnan-osatekijat> [Viitattu 1.5.2017].
- Erat, B., Erkkilä, V., Löfgren, T., Nyman, C., Peltola, S. & Suokivi, H. 2001. Aurinko-opas aurinkoenergiaa rakennuksiin. Nurmijärvi: Kustantajat Sarmala Oy.
- Isojunno, V. 2014. Aurinkosähkölaitteiston suunnittelu. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.
- Kaivosoja, L., Kivikko, J. & Peltola, A. 2011. Päijät-Hämeen monipuolisista luonnonvaroista lähienergiaa – kestävästi, taloudellisesti ja paikallisesti työllistäen. Hämeenlinna: HAMK julkaisut.
- Kankaanpää, V. 2016. Aurinkoenergian hyödyntämisen mahdollisuudet. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.
- Käpylehto, J. 2016. Auringosta sähköä kotiin, kerrostaloon ja yritykseen. Helsinki: Into kustannus Oy.
- Laihonen, A. 2016. Käsikirja aurinkosähkölaitteiston rakentamisen tueksi. Tampereen ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.
- Puro, V-M. 2017a. Aurinkopaneelien kiinnitysteline. Viitattu 11.2.2017. <http://aurinkovirta.fi/aurinkosahko/aurinkosahkovoimala/aurinkopaneelien-kiinnitysteline/>
- Puro, V-M. 2017b. Aurinkosähkön lähihistoriaa. Viitattu 1.5.2017. <http://aurinkovirta.fi/aurinkosahko/aurinkosahkon-lahihistoriaa/>
- SOLPROS. 2001. Aurinkoenergia Suomen olosuhteissa ja sen potentiaali ilmastonmuutoksen torjunnassa. Tekes-projekti 594/480/00. Saatavissa: http://www.kolumbus.fi/solpros/reports/3rdeport_final.PDF [Viitattu 4.3.2016].
- Tahkokorpi, M, Erat, B, Hänninen, P, Nyman, C, Rasinkoski, A & Wiljander, M. 2016. Aurinkoenergia Suomessa. Helsinki: Into Kustannus.
- Tanskanen, T. 2015. Aurinkosähkölaitteistot. Karelia ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Telilä, A. 2012. Aurinkosähkö omakotitalon energiansäästöissä. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

