

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Tietotekniikan koulutusohjelma
Organisaation IT-palvelut

Sanna Valtonen

Kotitalouksien aurinkosähköjärjestelmän rajapinta- tavaatimukset ja käyttöönotto

Opinnäytetyö 2015

Tiivistelmä

Sanna Valtonen

Kotitalouksien aurinkosähköjärjestelmän rajapintavaatimukset ja käyttöönotto,
29 sivua

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Tietotekniikan koulutusohjelma

Organisaation IT-palvelut

Opinnäytetyö 2015

Ohjaajat: TkT Pasi Juvonen, lehtori, Saimaan ammattikorkeakoulu

Tässä opinnäytetyössä esitellään projektin Aurinkosähköä Etelä-Karjalaan toteutusta käytännön esimerkkikohteiden pohjalta. Aluksi työssä tarkastellaan aurinkosähkön peruseriaate sekä esitellään aurinkosähköjärjestelmien toimintaperiaate ja eri sukupolvet. Lisäksi perehdytään pintapuolisesti järjestelmien hintaan ja tuottoon vaikuttaviin tekijöihin.

Seuraavaksi työssä perehdytään aurinkosähköjärjestelmien asennukseen esimerkkikohteiden avulla. Esimerkeissä esitellään järjestelmän asennus sekä pelitti- että tiilikatolle.

Lopuksi työssä otetaan kantaa ylijäämätuotannon hyödyntämiseen sekä aurinkosähkön rooliin tulevaisuudessa sekä esitetään yhteenveto työstä.

Asiasanat: Aurinkosähkö, aurinkosähköjärjestelmä, asennus

Abstract

Sanna Valtonen

Household solar power system interface requirements and implementation

29 Pages

Saimaa University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Information Technology

Organizational IT Services

Bachelor's Thesis 2015

Instructor: Dr Pasi Juvonen, Senior Lecturer, Saimaa University of Applied Sciences

This work presents the realization of the project Aurinkosähköä Etelä-Karjalassa (Solar power in South-Karelia). At the beginning of the work the basic principles of the solar power, operational principles of the solar power systems and the main development stages of the systems will be introduced. In addition, the cost and income aspects of the solar power system will be considered shortly.

The part of the work presents the implementation of two solar power systems. This is carried out through two practical case examples, in which the solar power systems are installed in a sheet metal and a brick roof.

At the end of the work the utilization of surplus production and the role of solar power in future will be examined. In addition, the results of the work will be summarized.

Keywords: solar power, solar power system, implementation

Sisältö

1	Johdanto	5
2	Aurinkosähkö	6
2.1	Säteilyenergia sähköenergiaksi	6
2.2	Säteilyn vaikutus tuotantoon	7
2.3	Aurinkosähkötöknologian kolme sukupolvea	7
2.4	Hinta	8
2.5	Takaisinmaksuaika	8
3	Aurinkosähköljärjestelmän asennuksessa huomioitavaa	10
4	Aurinkosähköljärjestelmän liittäminen sähköverkkoon	11
5	Aurinkosähköä Etelä-Karjalaan yhteistilaus	13
5.1	Esimerkkikohde 1, Lemi	13
5.2	Esimerkkikohde 2, Lauritsala	19
5.3	Laitteistovaatimukset, Sunnyportal	22
6	Aurinkoenergia tänään ja tulevaisuudessa	23
7	Yhteenveto	26
	Kuvat	28
	Lähteet	29

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä esitellään projektin, Aurinkosähköä Etelä-Karjalaan, toteutusta. Projektissa hankittiin aurinkosähköjärjestelmiä yhteistilauksena Saksasta. Projektin puitteissa yhteensä 21 kotitaloutteen, joista suurin osa sijaitsi Lappeenrannassa, hankittiin ja asennettiin aurinkosähköjärjestelmä.

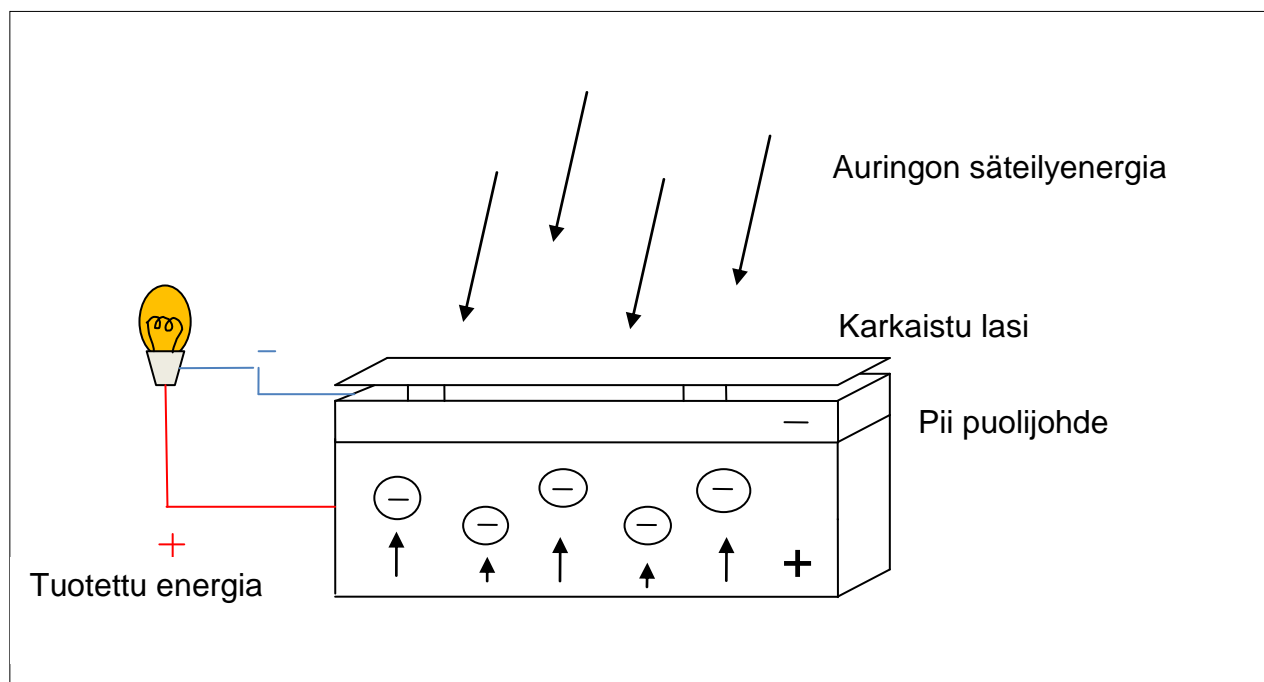
Aluksi työssä luodaan yleiskatsaus aurinkosähkön kehitykseen sekä esitellään aurinkosähköjärjestelmien toimintaperiaate ja eri järjestelmäsukupolvet. Tämän jälkeen järjestelmien asennus kahteen esimerkkikohteeseen esitellään yksityiskohtaisesti. Lopuksi tehdään katsaus aurinkosähkön tulevaisuuden näkymiin.

2 Aurinkosähkö

Euroopan aurinkosähköjärjestön mukaan vuonna 2013 asennettiin 10,9 gigawattin edestä uutta aurinkosähkökapasiteettia Eurooppaan. Tämä nosti kokonaistuotannon 81 gigawattiin. Samaisena vuonna Kiinassa asennettiin noin 11,3 gigawattia uutta kapasiteettia ja Yhdysvalloissa noin 4,8 gigawattia. Maailman koko sähköntuotannosta aurinkoenergian osuus oli 0,7% vuonna 2013. (Aurinkoteknillinen yhdistys 2015; Co-2 A raportti 2014)

2.1 Säteilyenergia sähköenergiaksi

Aurinkopaneelit koostuvat aurinkokennoista, jotka muuttavat auringosta tulevan säteilyenergian valosähköilmiön avulla sähköksi. Kun auringon säteet osuvat aurinkokennon pintaan, kennon puolijohde kerrosten väliin syntyy sähköjännite. Aurinkokennon toimintaperiaate on havainnollistettu kuvassa 1.



Kuva 1. Aurinkokennon toimintaperiaate.

Paneelissa kennot ovat yleensä kytketty sarjaan jolloin jännite saadaan suuremmaksi. Paneelin tuottama tasavirta muunnetaan invertterin avulla vaihtovirraksi. (Vattenfall 2014)

Tukes ja 13 muuta EU:n markkinaoikeusviranomaisista toteuttivat viimevuonna tammi-kesäkuun aikana kampanjan, jossa testattiin aurinkosähköjärjestelmien

vaihtosuuntaajaa, eli invertterien toimintaa. Testeissä oli mukana 55 invertteriä. Sähkömagneettista yhteensopivuutta koskevat vaatimukset näistä täytti 9 % ja yli 60 %:ssa oli testien mukaan teknisiä puutteita. Lähes kaikki testatut laitteet, 91 %, oli vaatimusten vastaisia. Laitteet esimerkiksi lähettivät sallittua enemmän ympäristöön sähkömagneettisia häiriöitä, jotka mm. aiheuttavat raitoja television kuvaan ja häiriöitä radiolähettyksiin. Lisäksi laitteiden tuotetiedoissa, asiakirjoissa ja merkinnöissä oli puutteita. Suurin osa näiden laitteiden valmistajista oli EU- tai EFTA- alueelta. (Tukes 2015; Tekniikka ja talous 2015)

Suurin ongelma eri laitevalmistajien tuotteiden kanssa on yhtenäisten standardien puute. Valmistajat käyttävät eri standardeja tuotteidensa vaatimustenmukaisuuden osoittamiseen. Myös maakohtaisia eroja standardoinnista löytyy. Tämän takia esim. Lappeenrannan teknillisen yliopiston sähkötekniikan professori Jero Ahola on puhunut Suomen ja Saksan standardien yhtenäistämisen puolesta.

2.2 Säteilyn vaikutus tuotantoon

Suomessa noin 40–50 % auringon säteilystä on hajasäteilyä, eli ilmakehästä, pilvistä sekä maasta heijastuvaa hajasäteilyä. Paneelien energian tuotannon kannalta ei ole merkitystä, onko paneelille tuleva säteily suoraa vai hajasäteilyä. Toisin kuin usein luullaan, keskittävät aurinkosähköjärjestelmät ja aurinkoa seuraavat järjestelmät eivät välttämättä ole taloudellisesti paras vaihtoehto, koska ne perustuvat suoran säteilyn hyödyntämiseen. Edellä mainitut järjestelmät nostavat hankintahintaa merkittävästi ja liikkuvat osat aiheuttavat vuosien varrella enemmän huoltokustannuksia. (Motiva 2014)

2.3 Aurinkosähköteknologian kolme sukupolvea

Ensimmäisen sukupolven aurinkokennoja ovat yksi- ja monikiteiset piikennot. Noin 90 % myytävistä paneeleista sisältää nimenomaan piikennoja. Tämä siksi että valmistuskustannukset ovat matalampia verrattuna seuraaviin sukupolviin. Piistä valmistettujen paneelien hyötysuhde kaupallisissa sovelluksissa on yleensä 15 - 17 % luokkaa.

Toisen sukupolven kennot ovat ohutkalvokennoja. Kuten ensimmäisen sukupolven kennot, myös toisen sukupolven kennojen teknologia perustuu valosähköiseen ilmiöön ja puolijohteiden aikaansaamaan sähkökenttään. Ohutkalvokennon pohjamateriaali on yleensä edullista lasia, ruostumatonta terästä tai muovia. Pohjamateriaalin päälle lisätään hyvin ohuita kerroksia valoherkkää ainetta. Näin ollen hyötysuhde on yleensä 9-11 %. Ohutkalvopaneeli hyödyntää pii-kidepaneeleja hieman paremmin hajasäteilyn, mutta vuositasolla erot ovat vähäisiä. Hyötysuhteeseen vaikuttaa myös lämpötila. Matalimmissa lämpötiloissa pii-kidepaneelin hyötysuhde on parempi verrattuna ohutkalvopaneeliin.

Kolmannen sukupolven kennot ovat tällä hetkellä tutkimusasteella. Yksi tähän kategoriaan kuuluva kennotyyppi on nanokidekenno. Nanokidekennossa ei ole puolijohteiden aikaansaamaa sähkökenttää kuten kahdessa edellisessä. Sen sijaan elektronien liike perustuu kemiallisiin reaktioihin. (Saarensilta 2012)

2.4 Hinta

Aurinkosähköjärjestelmien hinta on laskenut merkittävästi 2010-luvun alkupuolella. Suurin syy tähän on paneelien hinnan pudotus, mikä on ollut jopa 80 % luokkaa. Järjestelmien hinnat suhteutetaan yleensä järjestelmän nimellistehoon, jonka johdosta hinnat ilmaistaan yleensä yksikössä €/W. Lokakuussa 2013 pienien, verkkoon liitettyjen, järjestelmien hinnan globaali keskiarvo oli noin 1,5 €/W. Suomessa hinta oli tätä keskiarvoa suurempi johtuen arvolisäverosta, jonka suuruus 2014 oli 24 %. Näin ollen verollinen hinta vuoden 2013 lopulla oli 1,8-4 €/W. Merkittävimmät hintaan vaikuttavat tekijät ovat yleensä järjestelmän koko, toimittaja ja toimitustapa. (Motiva 2014)

2.5 Takaisinmaksuaika

Aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuteen ja takaisinmaksuaikaan vaikuttavat monet tekijät. Tärkeimpiä tekijöitä ovat järjestelmän mitoitus, hinta, kulutuspaikan sähkön hinta ja auringon säteilyn määrä. Järjestelmä kannattaa mitoittaa niin että suurin osa tuotetusta energiasta voidaan hyödyntää itse. Paneelien ylijäämätuotantoa voidaan myydä sähkömyyjälle, jos aurinkosähköjärjestelmä on liitetty sähköverkkoon ja aurinkosähkön pientuottaja on sopinut tästä sähkönmyyjän kanssa. Verkkoon syötetystä sähköstä saadut myyntitulot eivät sisäl-

lä sähkönsiirron ja verojen osuutta, jotka voivat muodostaa verkosta ostetun sähkön lopullisesta hinnasta jopa kaksi kolmasosaa.

Yksityishenkilöt voivat hakea taloudellista tukea aurinkosähköjärjestelmän asentamiseen kotitalousvähennyksen muodossa. Vuonna 2014 vähennyksen enimmäismäärä oli 2400 € vuodessa/henkilö ja omavastuu 100 euroa. Vähennykseen oikeuttava osuus oli 45 % asennustyön kustannuksista. (Motiva 2014)

3 Aurinkosähköjärjestelmän asennuksessa huomioitavaa

Ennen asennusprojektin aloittamista kunnan rakennusvalvonnasta tulee tarkastaa, onko asennukselle esteitä. Yleensä järjestelmän saa asentaa ilman toimenpidelupaa katon lappeen suuntaisesti, niin etteivät kiinnitysrakenteet jää häiritsevästi näkyviin. Aurinkosähköjärjestelmää kytkettäessä tulee muistaa, että vaihtojännitteisen sähköjärjestelmän verkkoon kytkennän saa tehdä vain yritys, jolla on sähköasennusoikeudet. Lisäksi sähköurakoitsijan on tehtävä käyttöönottotarkastus ennen käyttöönottoa.

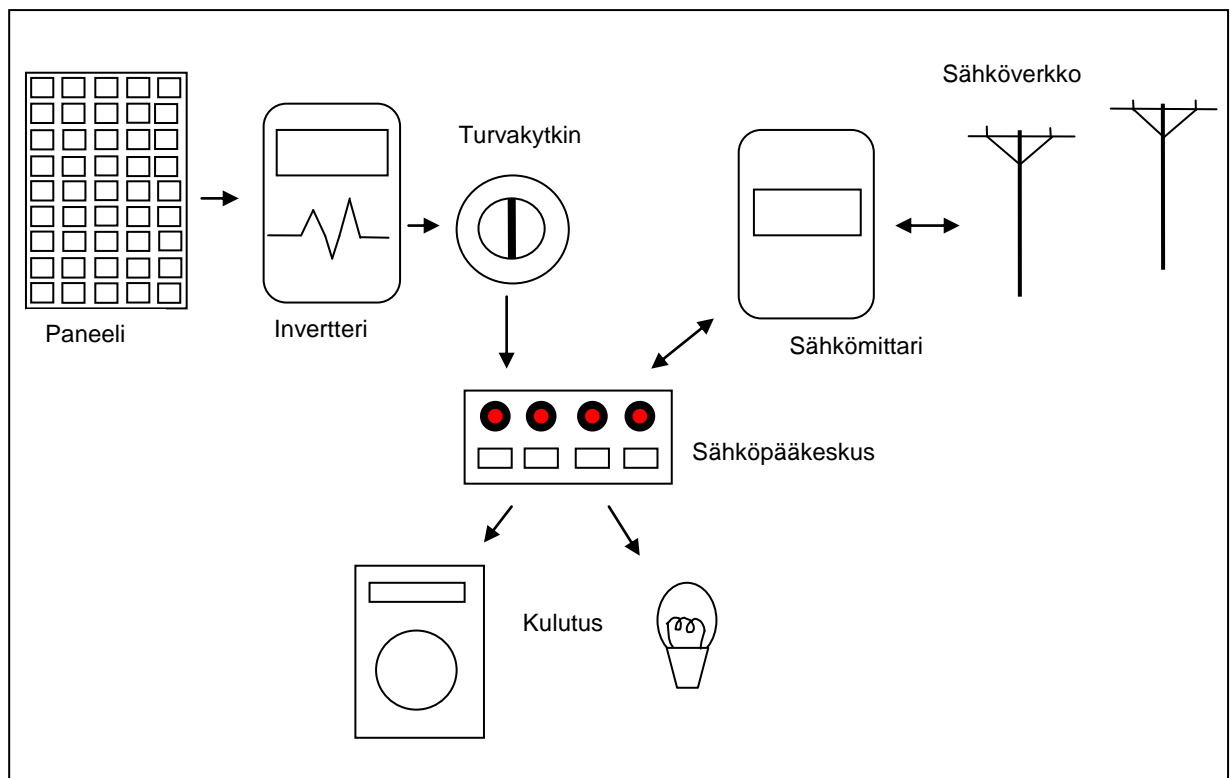
Asennuspaikka on aurinkojärjestelmän toiminnan kannalta yksi tärkeimmistä tekijöistä. Tästä syystä siihen kannattaa kiinnittää erityistä huomiota. Seuraavana on lueteltu tärkeimpiä asioita joihin tulee kiinnittää huomiota:

- tuulikuorman vaikutus rakenteisiin (noste paneelin alapinnalla)
- lumi ja jääkuorman vaikutus rakenteisiin
- puiden kasvu (varjostus), oksien irtoaminen tuulisella säällä (vauriot paneelissa)
- ympäristöstä tuleva pienhiukkaset (esim. siitepöly, hieno hiekka, itiöt ja noki paneelin pinnalla).

Aurinkosähköjärjestelmän johdotuksia tehtäessä tulee huomioida, että johdinpää on pidettävä niin pienenä kuin mahdollista. Tällöin esimerkiksi salaman iskun aiheuttaman ylijännitteen syöttö takaisin paneelille voidaan välttää. Samoin maadoitus on rakennettava asianmukaisesti. Erityisestä huomiota tulee kiinnittää riittävän maadoituksen varmistamiseen, etenkin silloin kun järjestelmä asennetaan avaralle paikalle. Myös johdinkaapelien liitokset on varmistettava, jotta vesi, lumi ja jää eivät pääse vaurioittamaan niitä. Lisäksi kaapelit on suojattava UV-säteilyltä niin hyvin kuin mahdollista. (Sunteko 2015)

4 Aurinkosähköjärjestelmän liittäminen sähköverkkoon

Aurinkosähköllä tuotetusta energiasta suurin osa käytetään kotitaloudessa suoraan, mutta kulutuksen ollessa tuottoa pienempi syötetään ylimääräinen energia sähköliittymän kautta verkkoon. Aurinkopaneelien tuottama tasavirta muunnetaan sähköverkossa kulkevaksi vaihtovirraksi invertterillä. Kuvassa 2 on havainnollistettu aurinkosähköjärjestelmän sähköverkkoon liittämistä ja esitetty järjestelmän pääkomponentit. Energianotto verkosta ja syöttö takaisin verkkoon voidaan suorittaa nettomittauksella tai kulutuksen ja tuotannon erillismittauksilla. (Vainikka 2011)



Kuva 2. Aurinkosähköjärjestelmän pääkomponentit ja liittäminen sähköverkkoon.

Aurinkosähköjärjestelmän liittäminen sähköverkkoon edellyttää, että paikalliselta sähköverkkoyhtiöltä haetaan ensin tähän lupa. Lisäksi tulee huomioida keskeiset liittymän standardit, jotka on lueteltu alla (Slideshare 2012):

- ”FS-EN 50438.4.1 - Tuotantolaitos on asennettava ja liitettävä verkkoon eurooppalaisen ja kansallisen standardoinnin vaatimusten mukaisesti

- 50438.4.2 - Mikrogeneraattorin liittäminen ei saa heikentää jakeluverkon toimintakykyä eikä käyttöturvallisuutta
- Liitäntälaitteen tulee sietää jakeluverkon normaalit jännite- ja taajuusvaihtelut.
- Liitäntälaitteen suojaus-, valvonta- ja säätölaitteet voivat olla osa mikrogeneraattorin säätöjärjestelmää tai sijoittua erilliseen laitteeseen
- Generaattori on varustettava kytkinlaitteella, jolla se voidaan irrottaa yleisestä jakeluverkosta. Jollei verkkoyhtiöllä ole jatkuvaa pääsyä erotuskytkimelle voidaan laite varustaa kahdella automaattisella erotuskytkimellä, joilla on yhteinen laukaisu suojausjärjestelmästä
- Liitäntälaitteen suojaustoimintojen asetusarvoja voidaan muuttaa alkuperaisistä poikkeaviksi vain laitteen käyttöönoton yhteydessä verkkoyhtiöllä kanssa tehtyyn kirjalliseen sopimukseen perustuen ja tällöinkin vain valmistajan ohjeiden mukaisesti”

Nykymuodossa oleva lainsäädäntö ei määrää ylijäämä sähkölle ostovelvoitetta kenellekään markkinaosapuolelle. Näin ollen ylijäämälle voi olla vaikeaa löytää ostajaa. Sähkömarkkinalain mukaan sähköä ei saisi syöttää verkkoon jos sillä ei ole ostajaa, mutta verkkoyhtiöt voivat poiketa tästä kunnes sähkömarkkinoilla ratkaistaan ylijäämä sähkön asema. Hyvitysmaksu, minkä sähköyhtiö yksityiselle tuottajalle maksaa, koostuu sähköpörssin mukaisesta hinnasta josta on vähennetty välityspalkkio. Käytännössä tämä tarkoittaa, että sähköyhtiö maksaa verkkoon syötetystä aurinkoenergiasta tuottajalle 2-4c/kWh (Energiakauppa 2015).

5 Aurinkosähköä Etelä-Karjalaan yhteistilaus

Aurinkosähköä Etelä-Karjalaan projektin käytännön asennustyöt päästiin aloittamaan, kun yhteistilaus Saksasta saapui Lappeenrantaan alkukesästä 2013. Näiden asennuskohteet, muutamaa lukuun ottamatta, sijaitsivat Lappeenrannassa. Rekan lasti purettiin pienempiin kuorma-autoihin, jotka veivät tilatut tavarat loppukäyttäjille (Kuva 3).



Kuva 3. Järjestelmien purku.

Tässä luvussa esitetyt järjestelmien asennuskuvat ovat kahdelta eri työmaalta.

5.1 Esimerkkikohteeseen 1, Lemi

Ensimmäiseen esimerkkikohteeseen asennetun järjestelmän tekniset tiedot:

- 1 kpl SMA Sunny Tripower 5000 TL-20 kolmivaiheinen verkkoinverteri, (5 kW)
- 24 kpl Heckert NeMo P210 monikide paneelia (210 W/kpl) pinta-ala 36,4 m²
- 24 kpl IBC TopFix 200 kaksi kerrosjärjestelmä
- paneliston kaltevuus 30 astetta, suuntaus lounaaseen
- valmistajan antama laskennallinen vuosituotto 3966 kWh

- valmistajan antama huipputeho 5,04 kWp

Paneelien kiskojen kiinnitysmekanismi tulee valita katon materiaalin ja profiilin perusteella. Ensimmäisessä kohteessa oli profiilipeltikatto. Peltiin asennettiin kattotuoleihin kiinni porattavat ankkuripultit (Kuva 4).



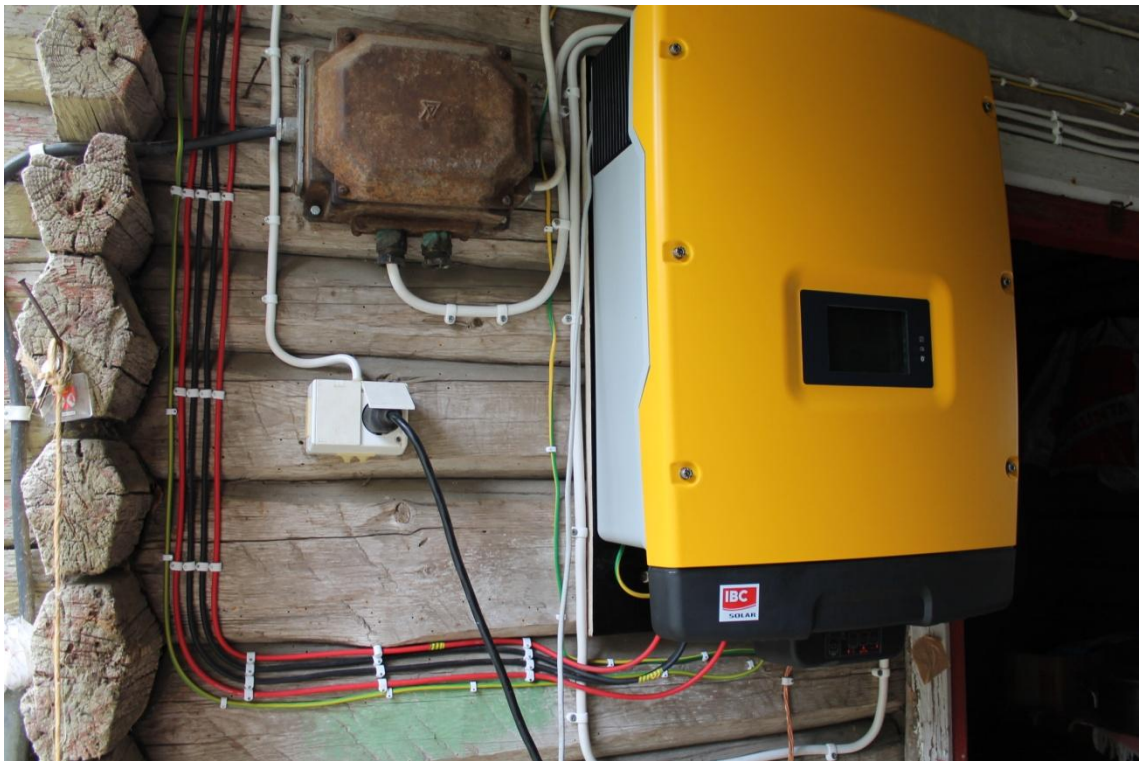
Kuva 4. Kiskojen ankkuripultti.

Ensimmäisessä kohteessa käytettiin linjanarua. Tämän avulla merkittiin suora linja, johon ankkuripultit porattiin. Kattopeltiin porattiin pultin halkaisijaa pienempi reikä läpimenon helpottamiseksi. Pultin kulma kattoon nähden oli oltava 90°. Pultissa olevan kumin ja kattopellin väliin pursotettiin tiivistemassaa vesieristeeksi (Kuva 5).



Kuva 5. Vesieristeen pursotus.

Invertterin (Kuva 6) paikoilleen asennuksen jälkeen johdot vedettiin rakennuksen sisältä, suojaputken kautta, katonharjalle odottamaan paneelien asennusta. Invertteri yhdistettiin Ethernet-kaapelilla päärakennuksessa olevaan tietokoneeseen, johon asennettiin tarvittava ohjelmisto. Tämän avulla omistajat voivat seurata paneelien tuottoa reaaliajassa Sunnyportal-ohjelmistosta, joka on valmistajan tarjoama sovellus. Portaalista voi seurata sähkön tuottoa tunti-, päivä-, kuukausi- ja vuositasolla sekä verrata toteutunutta tuottoa valmistajan antamaan keskimääräiseen tuottoarvioon.



Kuva 6. Invertteri asennettuna.

Ankkuripultteihin kiinnitettiin muttereilla levyt (Kuva 7), joihin paneelien kiskot saatiin kiinnitettyä.



Kuva 7. Paneelien ankkuripultin levy.

Alumiiniprofiilikiskot (Kuva 8) (Kuva 9) sahattiin määrämittaan.



Kuva 8. Päällimmäisen kiskon profiili, korkeus 50 mm.



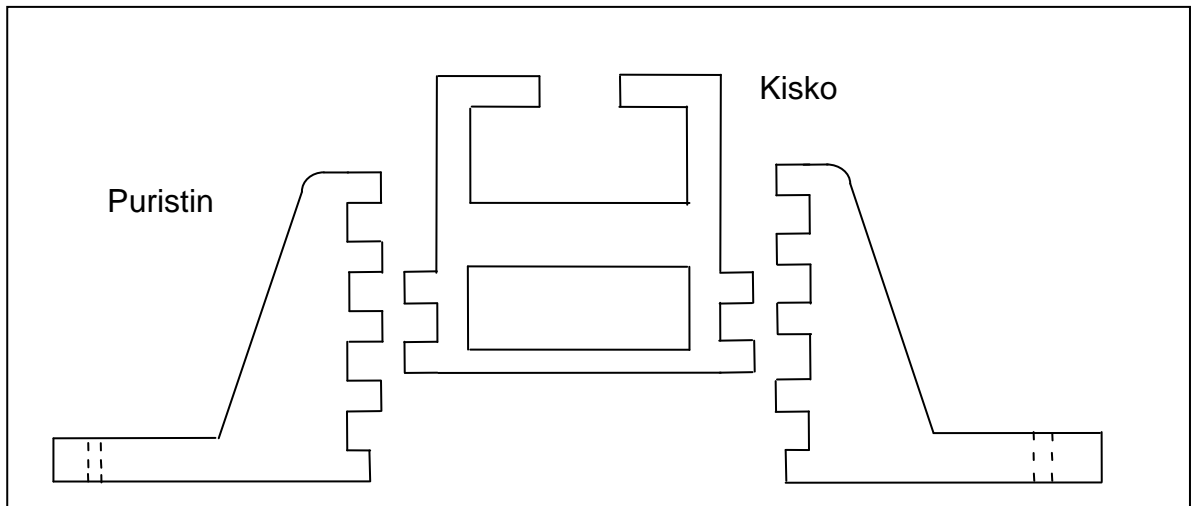
Kuva 9. Alemman kiskon profiili, korkeus 50 mm.

Ensimmäisessä kohteessa kiskoja asennettiin kaksi ristikkäin (Kuva 10). Tämä parantaa paneelien tuuletusta ja edistää näin tuottoa.



Kuva 10. Kaksikerrosjärjestelmä.

Kiskoprofiilit kiinnitettiin toisiinsa puristimilla. Kuvassa 10 on esitetty puristimen kiinnitys ja kuvassa 11 puristimen toimintaperiaate.



Kuva 11. Ylemmän kiskon kiinnitys puristimella.

Kuvassa 12 näkyy paneelin kiinnike, jolla paneelit ”puristetaan” kiskoja vasten. Kiinnikkeen molemmille puolille, ulokkeiden alle, tulee paneeli. Kiinnikkeen mutteri kiristetään momenttiavaimella tiukkuuteen 15 Nm. Reunimmaisheet paneelit kiinnitettiin ns. puolikkaalla kiinnikkeellä. Toisin sanoen, kiinnikkeessä on vain toisella puolella uloke, joka pitää paneelia paikallaan. Muuten kiristystapa on sama.



Kuva 12. Kiskoihin asennettava paneelin kiinnike.

Lappeenrannan teknillisen yliopiston professorit tekivät sähkötyöt, eli kytkivät invertteriltä lähtevät johtimet sähkökeskukseen sekä eristivät katolle menevät johtimet.

5.2 Esimerkkikohte 2, Lauritsala

Toisen esimerkkikohteen järjestelmän tekniset tiedot:

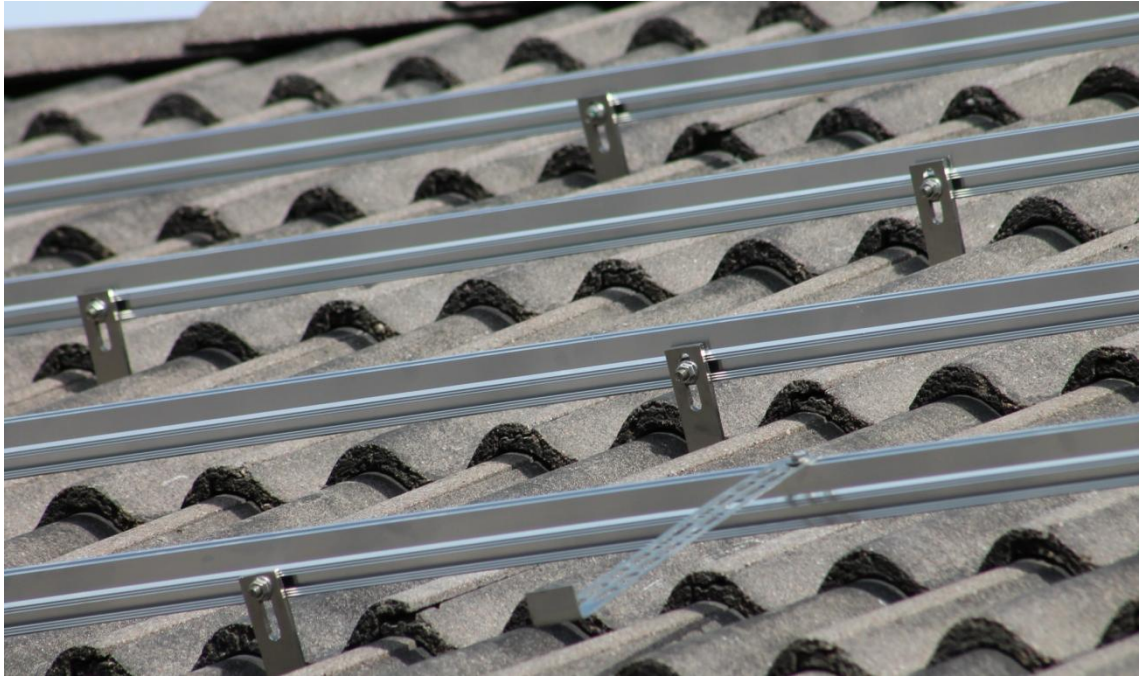
- 1 kpl SMA Sunny Tripower 7000TL-20 kolmivaiheinen verkkoinvertteri
- 16 kpl Centrosolar S-Class Vision 220 –monikidepaneeli (220 W/kpl)
pinta-ala 24,3m²
- IBC TopFix 200 –yksikerrosjärjestelmä
- paneliston kaltevuus 30 astetta, suuntaus eteläkaakkoon.
- valmistajan antama laskennallinen vuosituotto 2800 kWh
- valmistajan antama huipputeho 3,52 kWp

Toisessa esimerkkikohteessa paneelien kiskojen kiinnitys tehtiin pulttien sijaan ns. majavanhännällä (Kuva 13), tiilikaton takia. Levy osa ruuvattiin kiinni katto-
tuoleihin ja kattotiilet aseteltiin takaisin paikoilleen.



Kuva 13. Tiilikaton Mammut S-majavanhännäkiinnike.

Kuvassa 14 on esitetty yksikerrosjärjestelmä valmiina paneelien asennukseen.



Kuva 14. Tiilikaton kiskojen kiinnikkeet, kiskot ja paneelin alatuki.

Ennen paneelien asennusta invertteriltä tuotiin johtimet suojakuoressa, kattotii-
lien alta, ylös katon harjalle (Kuva15).



Kuva 15. Johtimien veto invertteriltä paneeleille.

Paneelien johtimien päissä on pistotulpat (Kuva 16), jolloin ne kytkettiin sarjaan jakorasian avulla.



Kuva 16. Paneelin johtimet.

Lämpölaajenemisen sekä paremman ilmanvaihdon takia paneelien väliin tulee jäädä vähintään 20 mm väli. Tätä varten asennuksessa (Kuva 17) käytettiin apuna paksuudeltaan ja pituudeltaan sopivaa lautaa, jolloin paneelien väli saatiin kokomatkalta saman levyiseksi.



Kuva 17. Viimeisen paneelin asennus ja loppukytkennät.

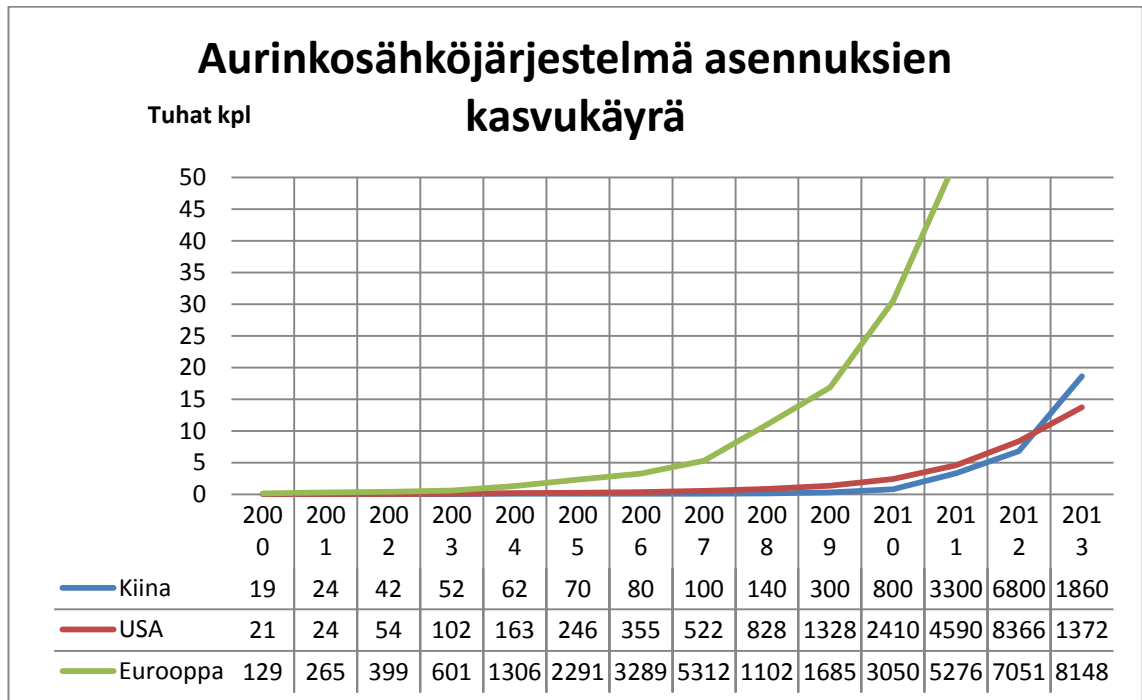
Paneelien kiinnittämisen ja sarjoituksen jälkeen johtimet paneelisarjalta ja invertteriltä yhdistettiin (Ibc-solar 2013; Aurinkovirta 2015).

5.3 Laitteistovaatimukset, Sunnyportal

Valmistaja tarjoaa ilmaisen Sunnyportal-palvelun mittaustietojen siirtämiseksi Internetiin, josta voi seurata tuottoa eri aikoina. Tätä varten tarvitaan Internet-yhteys, Internet-selain ja JavaScript-ohjelmisto. Sunnyportal-palveluun rekisteröitymiseen tarvitsee myös sähköpostitilin. Esimerkkijärjestelmissä on Bluetooth-yhteys ja Ethernet-liitännät valmiina. Invertterit ovat IP65-luokituksen mukaisesti suojattuja. (User Manual Webconnect Systems in SUNNY PORTAL 2015)

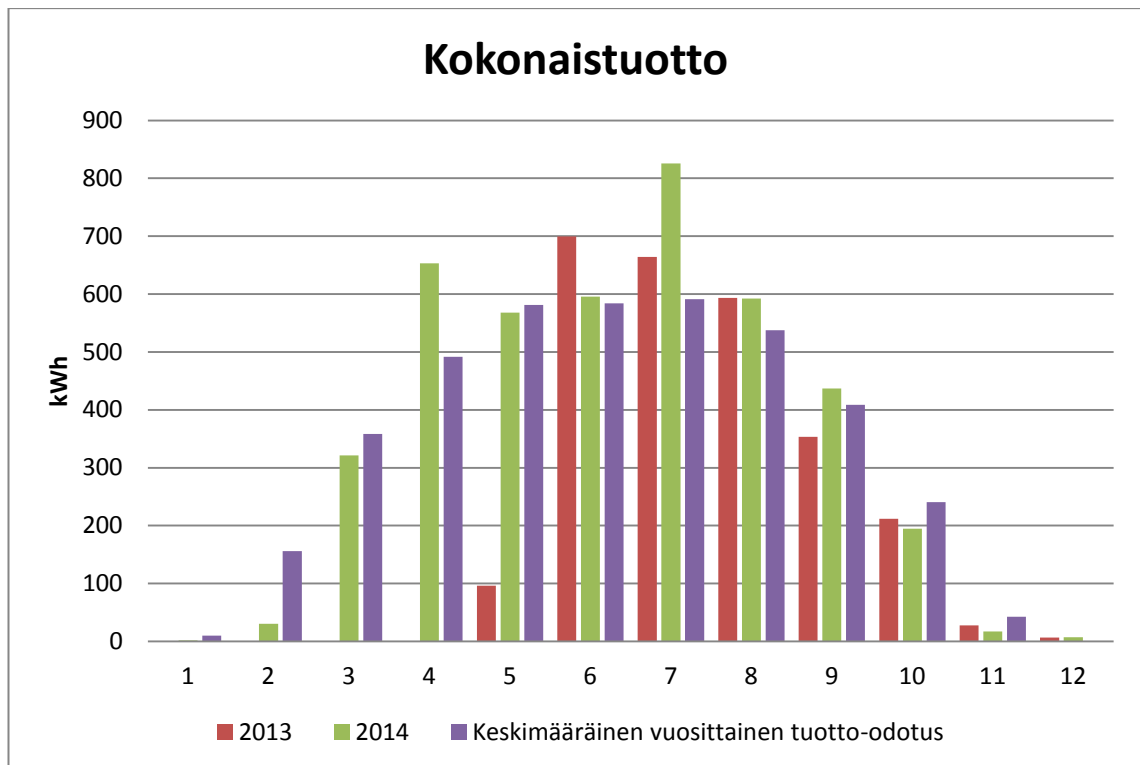
6 Aurinkoenergia tänään ja tulevaisuudessa

Fossiilisten polttoaineiden väheneminen ja ilmastonmuutos pakottavat ihmiset etsimään ja hyödyntämään uusiutuvia energiamuotoja. Eräiden arvioiden mukaan öljyvarat ehtyvät noin 40 vuoden kuluttua, maakaasu noin 160 vuoden ja hiili noin 410 vuoden (Worldometers 2015). Kuvassa 18 on esitetty aurinkosähköjärjestelmien asennusten kasvukäyrä (Aurinkoteknillinenyhdistys 2015).



Kuva 18. Aurinkosähköjärjestelmien asennusten kasvukäyrä 2000-luvulla.

Ensimmäisen esimerkkikohteen aurinkosähköjärjestelmän todellinen tuotto sekä valmistajan antama tuotto-odotus arvio on esitetty Kuvassa 19. Järjestelmä otettiin käyttöön 27.05.2013 ja laskennallisesti takaisinmaksu aika on noin 20 vuotta.



Kuva 19. Lemmin kokonaistuotto 27.5.2013–31.12.2014 ja tuotto-odotus.

Kuvasta 19 nähdään, että tuotanto kasvaa nopeasti loppukevästä. Tämä johtuu siitä, että auringon säteilyenergian määrä kasvaa, kun maapallon pohjoisnapa siirtyy lähemmäksi aurinkoa kesää kohden. Lisäksi auringon säteilyn heijastuminen lumihangesta lisää keväällä tuotantoa. Kesän ja alkusyksyn tuotanto on tuotto-odotusta suurempi. Tämä johtuu valoisan ajan pituudesta suhteessa yöhön, jolloin säteilyä ei ole saatavilla. Pilvien koko ja tiheys vaikuttavat myös tuotantoon, ja etenkin pitkät sateiset jaksot laskevat tuottoa.

Ylijäämätuotannon varastoiminen akkuihin on yksi vaihtoehto tasoittaa tuotannon ajallisen vaihtelun vaikutuksia. Nykyisten akkujen elinkaari on suhteellisen lyhyt, jos syväpurkauksia tapahtuu usein. Maailmalla tutkitaan kuitenkin koko ajan uusia mahdollisuuksia energian varastointiin sekä kehitetään metelmiä niiden tehokkuuden mittaamiseen.

Energiavaraston tehokkuus voidaan mitata esimerkiksi Stanfordin yliopiston tutkijoiden kehittämällä ESO-indeksillä. Sen arvo kertoo varastoitavan energian määrän suhteessa järjestelmän rakentamiseen kuluvaan energiaan. Kyseisen tutkimuksen tulosten mukaan vesivaraston ESOI-arvo on 210, mikä tarkoittaa

että järjestelmän elinkaaren aikana varastoidun energian määrä on 210 kertainen verrattuna rakentamiseen kuluvaan energiaan. Litium-ion tekniikkaan perustuvan akun ESOI-arvo puolestaan oli 10 ja lyijyakun 2. Samaisen tutkimuksen mukaan paras tapa kehittää akkuvarastoja on pidentää niiden elinkaarta. Esimerkiksi pumpattavan vesivaraston elinkaari on jopa 25000 käyttösykliä, kun taas litiumakut voi ladata ja purkaa noin 6000 kertaa. Lyijyakkujen elinkaari on sen sijaan vain 1000 latausta ja purkua (Co2-raportti B 2014).

Energiavarastojen kehittymisen myötä nykyajan bensa- ja dieselautot ovat saaneet varteenotettavia kilpailijoita hybridi- ja sähköautoista. Tästä huolimatta sähköautojen maailman valloitus kestää vielä jonkin aikaa, koska akkuteknologia ei ole vielä riittävän kehittynyt, jotta ne voisivat täysin kilpailla bensa- ja dieselautojen kanssa. Esimerkiksi sähköauton akun hinta on korkea ja lataaminen vie nykypäivänä liian kauan ilman pikalatausta. Käytännössä pikalataukseen on vain vähän paikkoja ja akun jännitetaso laskee nopeasti ajossa, mikä tekee sähköautoilusta haasteellista.

Aurinkosähköjärjestelmät, kuten hajautettu tuotanto yleensä, tulevat olemaan keskeinen osa tulevaisuuden Smart Grid (älykkäiden sähköverkkojen) toimintaympäristöä, jossa tuotannon ja kulutuksen käyttöä voidaan optimoida entistä tehokkaammin. Esimerkiksi sähkön kulutusta ja energiavarastojen käyttöä voidaan ohjata aurinkotuotannon vaihtelujen mukaisesti, mikä mahdollistaa edullisen aurinkoenergian tehokkaan hyödyntämisen. Ennen kaikkea halvan aurinkosähkön varastoiminen sähköautojen akkuihin huipputuotannon aikaan, ja käyttöä myöhemmin tarpeen mukaan, on potentiaalinen tapa tehostaa sähköenergian käyttöä.

Edellytykset tulevaisuuden smart grid -ympäristön kehittymiselle ja sen mahdollitamille uusille toiminnoille on luotu Suomeen valtioneuvoston vuonna 2009 antamalla asetuksella sähkön toimitusten mittauksesta ja selvityksestä (Asetus 2009). Asetus velvoitti sähköverkkoyhtiöitä asentamaan etäluettavat energiamittarit vähintään 80 % sähkön loppukäyttäjistä vuoden 2014 alkuun mennessä. Käytännössä verkkoyhtiöt ovat asentaneet mittarit lähes kaikille loppukäyttäjille (Honkapuro et.al 2014). Lisäksi asetus edellyttää, että asennettujen mittareiden

täytyy mahdollistaa kuormanohjauskomentojen vastaanotto ja välittäminen. Lisäksi etäluettavat energiamittarit sisältävät monia muita uusia toiminnallisuuksia, jotka luovat perusedellytykset mm. kaksisuuntaiselle tehon- ja tiedonsiirrolle, kuorman ohjauksien toteuttamiselle, sekä penimuotoisen hajautetun tuotannon ja energiavarastojen hyödyntämiselle asiakasrajapinnassa.

Edellä mainittujen toiminnollisuuksien lisäksi smart grid -ympäristön kehittyminen mahdollistaa mm. loppukäyttäjän energiankäytön tehokkaan optimoinnin. Esimerkiksi ylijäämätuotantoa voidaan varastoida akkuihin ja käyttää silloin, kun tuotanto on vähäistä ja kulutus korkea. Vaihtoehtoisesti loppukäyttäjän sähkökuormia voidaan ohjata kulutuksen mukaan niin, että kulutusta vähennetään kun tuotanto on pientä ja lisätään myöhemmin kun tuotanto on korkea. Näin loppukäyttäjä voi itse hyödyntää tuottamansa energian sen sijaan, että syöttää sen verkkoon pientä korvausta vastaan, tai pahimmassa tapauksessa ilman korvausta.

Tulevaisuudessa myös sähköautojen lataaminen ylijäämätuotannolla on energia- ja kustannustehokas vaihtoehto. Toisaalta myös sähköauton akun energiaa voidaan käyttää esimerkiksi sähkökatkon aikana varavoiman lähteenä tai kattamaan tuotannon ja kulutuksen välistä vajetta, etenkin silloin kun ostettavan sähkön hinta on kallista (Valtonen et. al 2013).

7 Yhteenveto

Tässä työssä esitellään kahden aurinkosähköjärjestelmän asennus. Tavoitteena oli esitellä tärkeimmät järjestelmän asennuksessa huomioon otavat asiat, dokumentoida järjestelmän asennus sekä selvittää, miten järjestelmän tuottamaa energiaa voidaan hyödyntää tehokkaasti.

Opinnäytetyön loppupuolella tarkasteltiin aurinkosähkön tulevaisuuden näkymiä. Tämänhetkisen tietämyksen pohjalta voidaan päätellä, että öljyn ja muiden fossiilisten polttoaineiden mahdollinen ehtyminen tulee kasvattamaan aurinkosähkön merkitystä energian tuotannossa. Myös nykyinen hintakehitys aurinkosähköjärjestelmissä tukee uskoa niiden yleistymiseen. Epävarmuutta tuo vielä inverttereiden standardointi sekä turvallisuus. Suomeen ollaan ajamassa

Saksan mallia standardeissa, näin ollen Euroopasta tilattujen inverttereiden asetukset olisivat suoraan Suomen sähköverkkoihin sopivat.

Akkuteknologian kehitys tuo myös kiinnostavia mahdollisuuksia. Ylijäämätuotannon tehokas varastointi omaan käyttöön voi joissain tapauksissa tehdä kotitaloudesta sähköverkosta riippumattoman. Myöskin suuremmat, maanlaajuiset, energiavarastot voivat tuoda suotuisia vaikutuksia energian hintaan, omavaraisuuteen sekä tarpeeseen tuottaa energiaa ydinvoimalla.

Opinnäytetyön loppupuolen tarkastelut osoittavat, että aurinkojärjestelmien kehitys ja ennen kaikkea järjestelmien hinnan lasku on nopeaa. Lisäksi tarkastelut osoittavat, että uudet mahdollisuudet aurinkoenergian varastointiin ja entistä tehokkaampaan hyödyntämiseen tulevat kasvattamaan aurinkosähköjärjestelmien roolia tulevaisuudessa. Ennen kaikkea sähkön loppukäyttäjät voivat tehostaa energian loppukäyttöä smart grid ympäristön mahdollistamien uusien sovellusten kautta ja saavuttaa samalla säästöjä energian hankintakustannuksista.

Työn keskeisimmät tulokset olivat dokumentaatio esimerkkikohteiden järjestelmien asennuksesta, analyysi aurinkosähköjärjestelmien hinta- ja tuottokehityksestä sekä aurinkosähköjärjestelmien tulevaisuuden näkymien kartoitus. Yhteenvetona voidaan lopuksi todeta, että työn kaikki keskeiset tavoitteet saavutettiin.

Työn tulosten pohjalta voidaan päätellä, että yhteistilaus on varteenotettava vaihtoehto aurinkosähköjärjestelmän hankintaan. Työ myös osoitti, että aurinkoenergian rooli kasvaa kotitalouksien energianhankinnassa tulevaisuudessa, koska järjestelmien kustannukset laskevat, tehokkuus kasvaa ja takaisinmaksuaika lyhenee.

Kuvat

Kuva 1. Aurinkokennon toimintaperiaate., s.6

Kuva 2. Aurinkosähköjärjestelmän pääkomponentit ja liittäminen sähköverkkoon., s.11

Kuva 3. Järjestelmien purku., s.13

Kuva 4. Kiskojen ankkuripultti., s.14

Kuva 5. Vesieristeen pursotus., s.14

Kuva 6. Invertteri asennettuna., s.15

Kuva 7. Paneelien ankkuripultin levy., s.16

Kuva 8. Päällimmäisen kiskon profiili, korkeus 50 mm., s.16

Kuva 9. Alemman kiskon profiili, korkeus 50 mm., s.17

Kuva 10. Kaksi kerrosjärjestelmä., s.17

Kuva 11. Ylemmän kiskon kiinnitys puristimella., s.18

Kuva 12. Kiskoihin asennettava paneelin kiinnike., s.18

Kuva 13. Tiilikaton Mammut S-majavanhantäkiinnike., s.19

Kuva 14. Tiilikaton kiskojen kiinnikkeet, kiskot ja paneelin alatuki., s.20

Kuva 15. Johtimien veto invertteriltä paneeleille., s.20

Kuva 16. Paneelin johtimet., s.21

Kuva 17. Viimeisen paneelin asennus ja loppukytkennät., s.21

Kuva 18. Aurinkosähköjärjestelmien asennusten kasvukäyrä 2000-luvulla., s.23

Kuva 19. Lemminkäinen kokonaistuotto 27.5.2013–31.12.2014 ja tuotto-odotus., s.24

Lähteet

Aurinkopaneelin asennusohje 2015.

<http://suntekno.bonsait.fi/resources/public/tietopankki//Aurinkopaneelin%20asennusohje.pdf>. Luettu 28.1.2015

Aurinkosähköjärjestelmät jakeluverkon rinnalla 2015.

<http://www.slideshare.net/jeroahola/tero-kaipia-1892012> . Luettu 25.2.2015

Aurinkosähkön hyödyntäminen 2013.

<http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/53374/Aurinkos.pdf?sequence=1>.

Luettu 10.11.2013

Aurinkoteknillinen yhdistys ry 2015.

http://aurinkoteknillinenyhdistys.fi/liite/ATY8_2014.pdf. Luettu 8.1.2015

Aurinkovirta 2015.

<http://aurinkovirta.fi/aurinkosahko/aurinkosahkovoimala/verkkoinvertteri/>. Luettu 12.1.2015

Co2-raportti A 2014.

http://www.co2-raportti.fi/?page=ilmastouutisia&news_id=3755. Luettu 20.1.2014

Co2-raportti B 2014.

http://www.co2-raportti.fi/index.php?page=ilmastouutisia&news_id=4226. Luettu 20.1.2014

Energiakauppa 2015.

<http://www.energiakauppa.com/Aurinkosaehkoe>. Luettu 25.2.2015

Honkapuro S., Tuunanen J., Valtonen P., Partanen J., Järventausta P., Harsia P. 2014. Demand Response in Finland – Potential Obstacles in Practical Implementation. Nordac 2014

Installation manual IBIC TopFix 200 Mounting system 2012.

http://www.ibc-solar.nl/fileadmin/content/PDF-Vorlagen/EN-installation%2Bmanual-IBC%2BTopFix%2B200_9_2012.pdf. Luettu 22.7.2013

Motiva 2015.

http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/aurinkosahkotuotannon_taloudellinen_tukeminen. Luettu 11.12.2014

Rantala 2015.

[Rantala 48 @ sunnyportal.com](http://www.sunnyportal.com). Luettu 24.2.2015

Repes 2014.

<http://www.reps.fi/fi/frames-prod-panels-fi.htm>. Luettu 14.4.2014

Tekniikka ja talous 2015.

<http://www.tekniikkatalous.fi/energia/murskatuomio+aurinkopaneelien+vaihtosuuntaajille++91+prosenttia+oli+testeissa+vaatimusten+vastaisia/a1032350>. Luettu 16.1.2015

Tukes 2015.

<http://www.tukes.fi/fi/Ajankohtaista/Tiedotteet/Sahko-ja-hissit/Aurinkopaneelien-vaihtosuuntaajissa-paljon-puutteita/>. Luettu 15.1.2015

User Manual Webconnect Systems in SUNNY PORTAL 2015.

<http://files.sma.de/dl/18915/SPortalWebcon-BA-en-13.pdf>. Luettu 25.2.2015

Vainikka, J. 2011. Hajautetun tuotannon verkkoonliittäminen – verkkokoodit ja käytännön toimet. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Sähkötekniikka. DI

Valtonen P., Tuunanen J., Makkonen H., Belonogova N., Kaipia T. 2013. Functional Objectives and a Technical Realisation of Interactive Customer Getaway (INCA), Technical report of sgem (Smart Grids and Energy Markets) project.

http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0CDQQFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.cleen.fi%2Fen%2FSitePages%2Fpublicdeliverables.aspx%3FfileId%3D1688%26webpartid%3Dg_1449a1fa_9f05_4750_900e_6294262dcbd4&ei=wdztVIPwBI31aLylgoAL&usg=AFQjCNE6cWWPxIZICpPwnl16um-ZQ-jQAw&bvm=bv.86956481,d.d2s Luettu
25.2.2015

Valtioneuvoston asetus sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta (66/2009) 2015.

<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090066>. Luettu 25.2.2015

Vattenfall 2014.

<http://corporate.vattenfall.fi/tietoa-energiasta/sahkon-jalammontuotanto/tietoa-aurinkoenergiasta/aurinkoenergian-tulevaisuus/>. Luettu 2.4.2014

Worldometers 2015.

<http://www.worldometers.info/fi/>. Luettu 1.2.2015