

Pekka Honkonen

# Aurinkosähköjärjestelmä osana omakotitalon energian hankintaa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka / sähkövoimatekniikka

Insinöörityö

13.12.2016

Tekijä Otsikko	Pekka Honkonen Aurinkosähköjärjestelmä osana omakotitalon energian hankintaa
Sivumäärä Aika	26 sivua + 1 liite 13.12.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja	Lehtori Osmo Massinen
<p>Tässä insinöörityössä perehdyttiin aurinkosähköjärjestelmiin. Aurinkosähköjärjestelmät ovat Suomessa aika harvinaisia verrattuna esimerkiksi Keski-Eurooppaan, mutta ne ovat yleistymässä.</p> <p>Teoriaosiossa perehdyttiin aurinkosähköjärjestelmän teoriaan, laitteistoon, viranomais määräyksiin ja tulevaisuuden näkymiin. Työssä tarkasteltiin aurinkosähköjärjestelmän kannattavuutta osana omakotitalon sähkönjakelujärjestelmänä Keski-Suomessa. Työn tarkoitus ei ollut suunnitella toteutettavaa valmista järjestelmää.</p> <p>Työn tuloksena saatiin kattava kuva aurinkosähköjärjestelmistä. Työssä tarkasteltavaan omakotitaloon aurinkosähköjärjestelmä ei taloudellisesti ole kannattava investointi, koska sähkönkulutus on vähäistä. Omakotitaloissa sähköä kuluu eniten lämmitykseen ja käyttöveden lämmittämiseen, mutta tarkasteltavassa kohteessa nämä on toteutettu eri järjestelmällä. Oikeanlaiseen kohteeseen ja mitoituksella järjestelmä on varteenotettava vaihtoehto osa sähkönjakelujärjestelmää.</p>	
Avainsanat	aurinkosähkö, aurinkosähköjärjestelmät, uusiutuva energia.

Author Title Number of Pages Date	Pekka Honkonen A Solar Power System as Part of a Detached House Energy Purchase 26 pages + 1 appendix 13 December 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructor	Osmo Massinen, Senior Lecturer
<p>In this work, solar power systems were studied. Solar power systems are rarer in Finland than in central Europe but the systems are becoming more common all the time.</p> <p>The theory section familiarizes with the solar power system theory, equipment, regulatory provisions and future prospect. The study examines the profitability of solar power system as part of a detached house electricity distribution system in central Finland. The purpose was not the implementation of the system.</p> <p>The result is information about solar power systems. For the detached house of this study, solar electrical systems are not economically worthwhile investment because the power consumption is low. In detached houses, electricity is used mostly for heating and hot water, but at the present, these have been implemented with different systems in the target house. With the right dimensioning for the right target, the system can be a viable option as part of the electricity distribution system.</p>	
Keywords	solar power, solar power system, renewable energy

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Aurinkosähköjärjestelmän toimintaperiaate	2
3	Aurinkosähköjärjestelmän valinta	4
4	Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu	6
5	Aurinkosähköjärjestelmän pääkomponentit	10
5.1	Aurinkopaneelit	10
5.2	Aurinkopaneelien sijoittaminen ja kiinnittäminen	12
5.3	Aurinkopaneelien kytkeminen	14
5.4	Verkkoinvertteri	15
5.5	Johtojärjestelmät ja kaapelointi	17
5.6	Aurinkopaneelijärjestelmän maadoitus	18
6	Aurinkosähköjärjestelmät tulevaisuudessa	21
7	Aurinkosähköjärjestelmä vaikutus omakotitalon energian hankintaan	23
8	Yhteenveto	25
	Lähteet	26

### Liitteet

Liite 1. Mikrotuotantolaitoksen verkkoon liittämislomake

## Lyhenteet ja termit

kWp	Aurinkosähköjärjestelmän yhteydessä käytetty tehon yksikkö (kilowattipeak). Kuvaa huipputehoa, joka saadaan optimaalisissa olosuhteissa tuotettua.
Mikrotuotanto	Sähköntuotanto pääasiallisesti omaan käyttöön.
Off-Grid	Off-grid-järjestelmät ovat yleisestä sähköjakelujärjestelmästä erotettuja järjestelmiä.
On-Grid	On-grid-järjestelmät toimivat yleisen sähköjakelujärjestelmän rinnalla.
Smart Grid	Älykäs sähköverkko, joka liittää yhteen ohjattavia sähkökuormia, ja tuotantoa sekä hetkellisiä kuormia ja vaihtelevaa tuotantoa.
Toiminnallinen maadoitus	Järjestelmän, laitteen tai jonkin kohdan maadoittaminen muussa kuin sähköturvallisuustarkoituksessa.

## 1 Johdanto

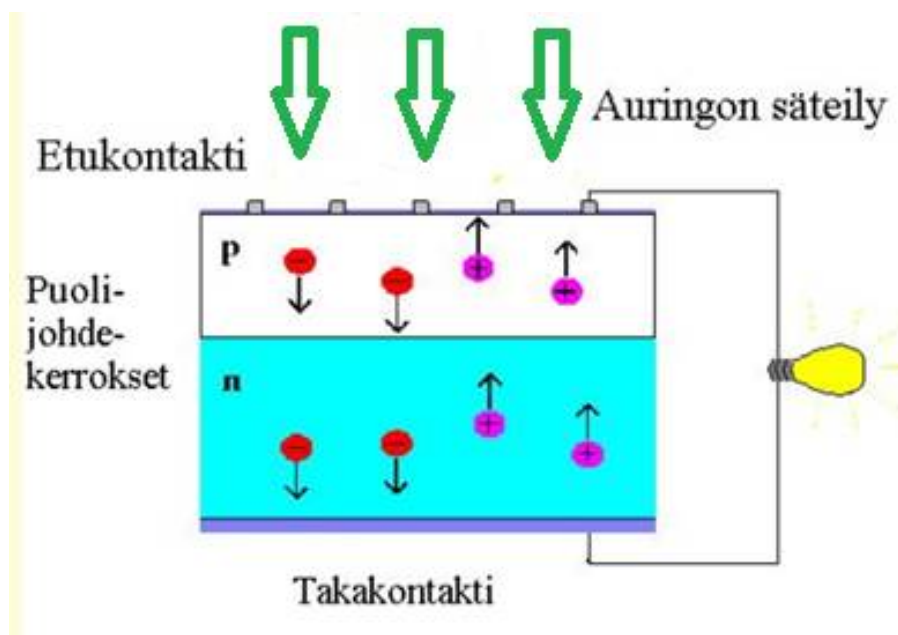
Insinööriyön aiheena on perehtyä aurinkosähköjärjestelmiin ja tarkastella aurinkosähköjärjestelmän hyödyllisyyttä ja kannattavuutta osana omakotitalon sähkönjakelujärjestelmää. Suomessa aurinkosähköjärjestelmät eivät ole kovin yleisiä verrattuna esimerkiksi Keski-Eurooppaan, mutta ne ovat yleistyneet ja tulevat yleistymään vuosi vuodelta.

Teoriaosiossa perehdytään aurinkosähköjärjestelmiin, ja tarkasteluosiossa tutkitaan järjestelmää keskikokoisessa omakotitalossa. Aiheen perimmäisenä tarkoituksena ei ole tehdä toteutettavaa suunnitelmaa. Saatujen tietojen ja tulosten pohjalta järjestelmä voidaan toteuttaa myöhemmin tai soveltaa sitä järjestelmien edelleen kehittyessä.

## 2 Aurinkosähköjärjestelmän toimintaperiaate

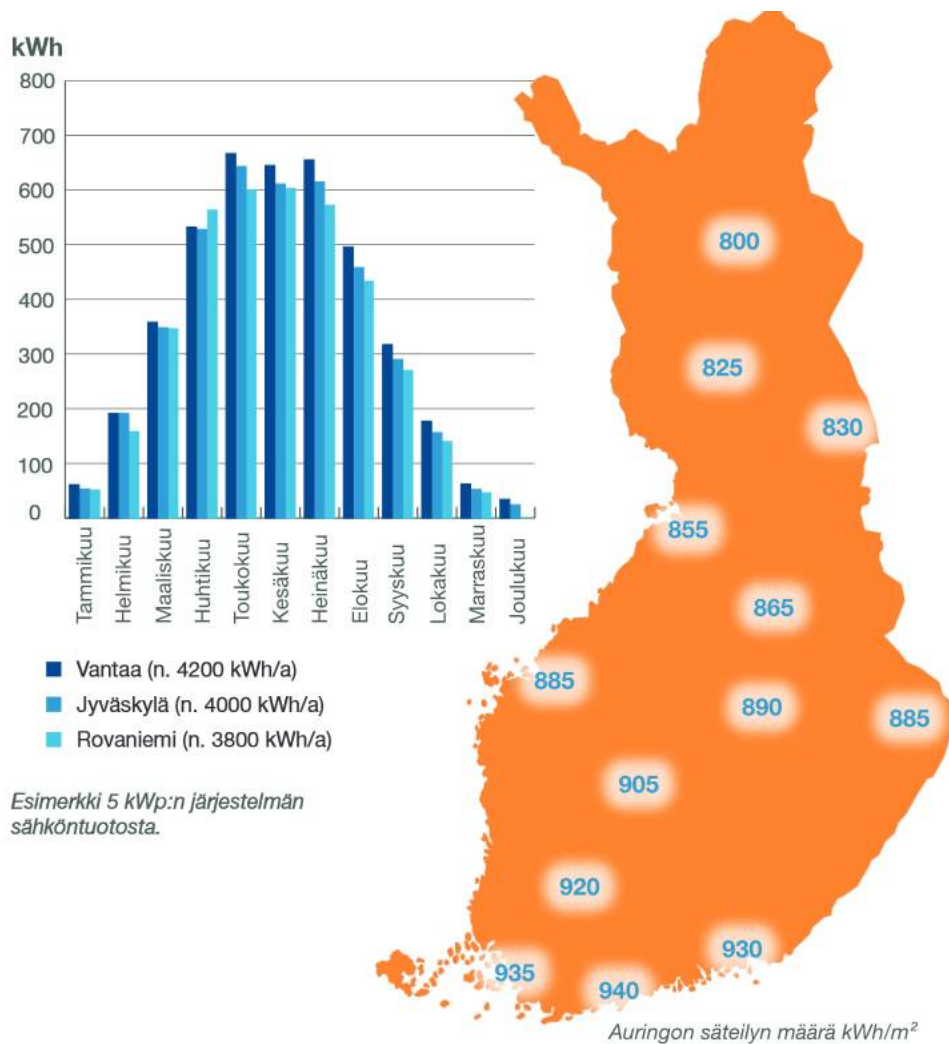
Aurinkojärjestelmän toiminta perustuu auringosta tulevaan kokonaissäteilyyn. Kokonaissäteily muodostuu auringosta suoraan tulevasta säteilystä ja hajasäteilystä. Hajasäteily on ilmakehän ja pilvien heijastamaa sekä maasta heijastuvaa säteilyä. Aurinkopaneelille ei ole väliä, onko säteily suoraa vai hajasäteilyä. Suomessa säteily jakaantuu suunnilleen puoliksi suoran ja hajasäteilyn suhteen. [1.]

Auringonsäteily koostuu fotoneista eli hiukkasista, jotka kuljettavat auringon säteilyenergiaa. Fotonien osuessa aurinkokennoihin, ne luovuttavat energiansa kennojen positiivisille ja negatiivisille varauksenkuljettajille. Varauksenkuljettavat pääsevät vapaasti liikkumaan kennossa. Aurinkokenno koostuu p- ja n-puolijohdemateriaalista, jotka eroavat toisistaan atomien varausjakaman suhteen. Eroavaisuuden johdosta kennon sisälle muodostuu sähkökenttä, joka vie auringonvalon vapauttamien negatiiviset ja positiiviset varauksenkuljettajat eri suuntiin kennossa. Varauksenkuljettajat kulkeutuvat ulkoiseen piiriin, jolloin piiriin syntyy virtapiiri. Paneeleista muodostuva sähkövirta on tasavirtaa. Kuvassa 1 on havainnollistettu toimintaa. [1.]



Kuva 1. Aurinkopaneelin toimintaperiaate [2].

Aurinkopaneeleiden sijainti ja kallistuskulma vaikuttavat kokonaissäteilyn määrään. Säteily määrä Etelä-Suomessa on samaa luokkaa kuin Pohjois-Saksassa, mutta se jakaantuu eri lailla vuodenaikojen mukaan. Suomessa jakaantuminen keskittyy enemmän kesäkaudelle, kun taas etelämmässä jakaantuminen tapahtuu tasaisemmin eri vuodenaikojelle. Kuvassa 2 on esimerkkinä 5 kWp:n järjestelmän sähköntuotto kolmella paikkakunnalla Suomessa. [3.]



Kuva 2. Auringon säteilyn määrä ja jakaantuminen [3].

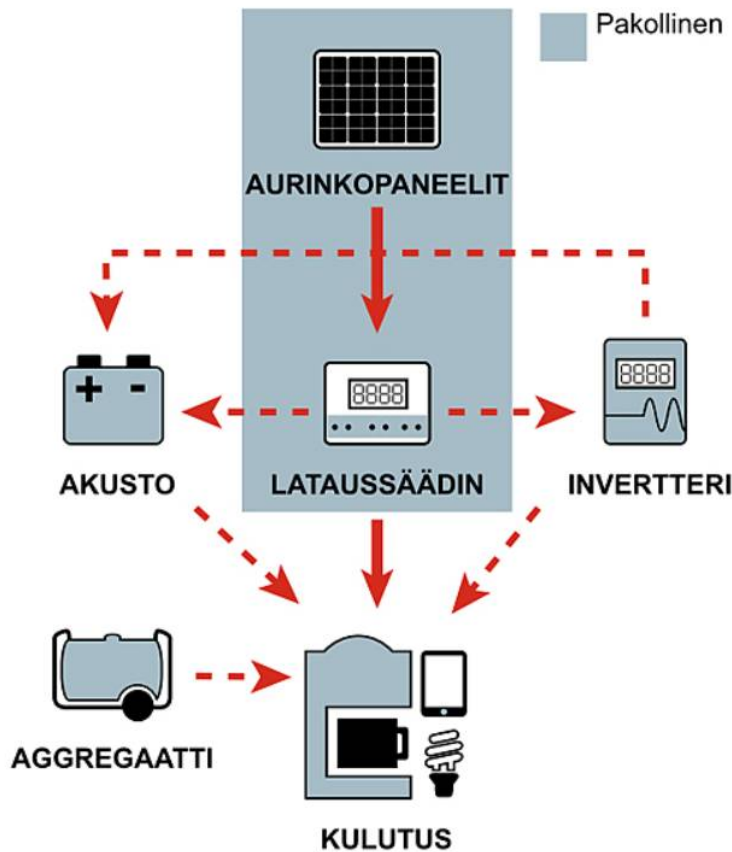


Kallistuskulmalla voidaan lisätä hyödynnettävän säteilyn määrää noin 20–30 prosenttia verrattuna vaakasuoraan asennukseen. Suomessa ilmatieteen tutkimuksien mukaan vaakasuoralle pinnalle tuleva säteily määrä on Helsingissä noin 980 kWh/m<sup>2</sup> ja Sodankylässä noin 790 kWh/m<sup>2</sup>. Optimaalinen kallistuskulma on 45 astetta kohtisuoraan etelään. [4.]

### **3 Aurinkosähköjärjestelmän valinta**

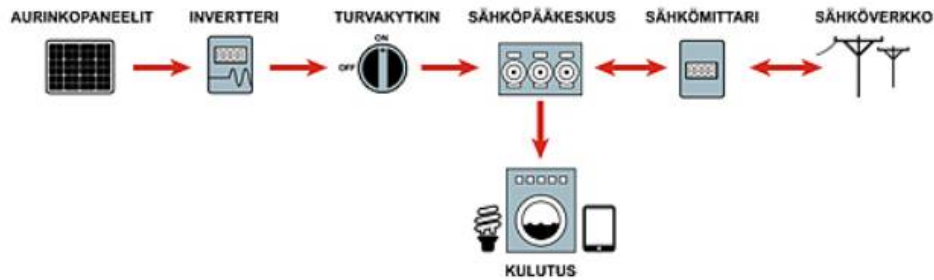
Aurinkosähköjärjestelmät ovat verkkoon liittämättömiä (Off-Grid) tai verkkoon kytkettyjä (On-grid) järjestelmiä.

Verkkoon kytkemättömät järjestelmät soveltuvat kohteisiin, joissa ei voi helposti liittyä sähkönjakeluverkostoon. Yleisimmät kohteet ovat kesäasuntoja saarissa ja muilla syrjäisimmillä alueilla. Verkkoon kytkemätön järjestelmä vaatii akuston, mikäli kulutus ja tuotanto eivät ole samanaikaista. Kuvassa 3 on esitetty verkkoon kytkemättömän aurinkosähköjärjestelmän laitteisto. Paneelien ja akuston väliin asennetaan lataussäädin, joka valvoo akuston latautumista optimaalisella tavalla. Akustolla voidaan ottaa suoraan virtaa tasavirtaa käyttäviin laitteisiin, mutta vaihtovirtaa käyttävien laitteiden ja akuston väliin tarvitaan invertteri, joka muuntaa tasavirran vaihtovirraksi. [4.]



Kuva 3. Verkkoon kytkemättömän järjestelmän kaaviokuva [4].

Verkkoon liitettyssä aurinkosähköjärjestelmässä mahdollinen ylimääräinen sähkö siirtyy valtakunnan sähköverkkoon, kun taas verkkoon liittämättömissä järjestelmissä ylimääräinen sähkö varastoidaan akustoihin. Invertterin avulla tasasähkövirta muutetaan sähköverkon vaatimuksien mukaiseksi. Mitoitukseltaan alle 3 kWp:n järjestelmät asennetaan yksivaiheiseksi ja yli 3 kWp:n kolmivaiheiseksi. Suurin hyöty saavutetaan kolmivaiheisella järjestelmällä, koska tällöin pystytään syöttämään kaikkia vaiheita. Suuret laitteet, kuten kiukaat, lämminvesivaraajat ja liedet ovat yleisesti kytketty kolmelle vaiheelle, jolloin kolmivaihejärjestelmää pystytään hyödyntämään tehokkaasti. Verkkoon liitettyssä järjestelmässä on pakollista turvakytkin invertterin ja sähkökeskuksen välillä. Turvakytkimen pitää olla paikassa, johon on esimerkiksi sähköyhtiöllä vapaa pääsy. Invertteri voi olla lukitussa paikassakin. Varjoinen, viileä, kuiva, ilmava ja suojaista paikka on hyvä invertterille. Tällainen paikka on esimerkiksi autotalli, tekninen tila tai jokin varasto. Invertteri pitää sisällään pientalojärjestelmissä vaadittavat suojauslaitteet. Kuvassa 4 on esitetty verkkoon kytketyn järjestelmän kaaviokuva. [4.]



Kuva 4. Verkkoon kytkemättömän järjestelmän kaaviokuva [4].

#### 4 Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu

Aurinkosähköjärjestelmän hankinta mielletään monimutkaiseksi prosessiksi, mutta todellisuudessa se on helppo toteuttaa. Joitakin asioita kannatta kuitenkin ottaa huomioon suunniteltaessa järjestelmän hankintaa. Markkinoilla on yrityksiä, jotka toteuttavat kohteensa lupasioista käyttöönottoon.

Omakotitalouksiin asennettavat järjestelmät kuuluvat mikrotuotannon piiriin, mikä tarkoittaa, että tuotanto on ensisijaisesti tarkoitettu omaan käyttöön. Mahdollinen ylijäämä-sähkö siirretään sähkömittarin kautta valtakunnan sähkönjakeluverkostoon. Mikrotuotantoa ovat siis lähinnä yksityisten kuluttajien tai yritysten hankkimat pienet sähköntuotantolaitokset, jotka liitetään kulutuskohteensa sähköjärjestelmään. Yleisimpiä tuotantolaitostyyppisiä ovat tällä hetkellä tuulivoimalat, aurinkovoimalat sekä hyvin pienet biopolttolaitokset. [5.]

Järjestelmää suunniteltaessa on hyvä ottaa ensimmäiseksi yhteyttä kunnan rakennusvalvontaan ja selvittää, millaisia lupia järjestelmä vaatii. Vaatimukset vaihtelevat kunnittain. Kaavamääräyksistä riippuen voidaan vaatia rakennuslupa tai toimenpidelupa. Kaava-alueen ulkopuolella yleisesti riittää pelkkä toimenpidelupa. [5.]

Rakennusvalvonnasta saadun luvan jälkeen seuraava toimenpide on olla yhteydessä alueen sähköverkonhaltijaan. Tämä kannattaa ehdottomasti suorittaa ennen järjestelmän hankintaa, koska tällöin pystytään varmistumaan järjestelmän soveltuvuudesta liittymispaikkaan. Käyttöönotto saattaa aiheuttaa muutostöitä sähköverkkojärjestelmään. [5.]

Tehtäessä järjestelmä osaksi valtakunnanverkkoon täytyy verkonhaltijan kanssa tehdä tuotantoa koskeva verkkopalvelussopimus. Tällä laajennetaan normaali kulutusta käytävä sopimus myös tuotantoa koskevaksi. [5.]

Järjestelmän pitää täyttää kaikki tekniset vaatimukset. Vaatimuksilla varmennetaan sähkön laadun soveltuvuus ja häiriöttömyys muiden laitteiden kannalta. Lisäksi järjestelmä ei saa vaarantaa sähköverkon yhteydessä työskentelevien ihmisten turvallisuutta. [5.]

Tuotantolaitoksen ollessa yli 100 kVA tulee järjestelmään varustaa erillisellä mittauksella. Alle 100 kVA:n järjestelmiin riittää kohteen etäluettava mittari, joka mittaa verkosta otetun ja verkkoon syötetyn energian. Vastuu verkosta otetun ja verkkoon syötetyn energian mittaamisesta on verkonhaltijalla. Mittari on verkonhaltijan omaisuutta, ja hän huolehtii sen luennasta. [5.]

Järjestelmän täyttäessä sille asetetut vaatimukset on tuottajalla oikeus liittää järjestelmä sähköverkkoon. Tuottajalla on myös oikeus siirtää sähköenergiaa verkkoon, kun liityntä ja mittaus täyttävät niille asetetut vaatimukset. Tämä vaatii ostajan, joka ostaa verkkoon syötetyn sähköenergian. [5.]

Aurinkosähköjärjestelmää liitettäessä sähkönjakeluverkkoon rinnan ja käytettäessä sitä osana sähkönjakelua pitää sen täyttää tietyntyyppiset tekniset vaatimukset. Tällä tavoin varmistetaan turvallinen ja häiriötön käyttö eikä rikota muiden sähkökäyttäjien sähkölaitteita.

Tuotantolaitos ei saa kytkeytyä yleiseen sähköverkkoon, ellei verkon jännite ja taajuus ole asetteluarvojen sisäpuolella. Jos järjestelmä kytketään ilman kaksoiskytkentämahdollisuutta, pitää sen mahdollisen jakeluverkon ollessa kaatunut katkaista syöttö myöskin. Tässä tapauksessa aurinkojärjestelmää ei voida hyödyntää varavoimajärjestelmänä, vaikka silloin siitä käytännössä saataisiin suuri apu. Jos järjestelmää halutaan käyttää mahdollisena varavoimajärjestelmänä, pitää järjestelmään asentaa kaksoiskytkentä-

mahdollisuus, jossa toisella kytkennällä tuotantolaitos toimii verkon kanssa rinnan ja toisella täysin omana järjestelmänä eli verkosta erotettuna saarekkeena. Hyödynnettäessä järjestelmää varavoimana on järjestelmänä pystyttävä ehdottomasti erottamaan sähkönjakeluverkosta, koska se olisi iso turvallisuusriski mahdollisten korjaus- ja huoltotöiden suorittajille. [5.]

Mikään sähköä tuottava laitteisto ei saa aiheuttaa häiriötä verkkoon eikä muihin sähköasennuksiin. Sähköntuotantolaitoksen haltija on vastuussa laitteistonsa tuottaman sähkön aiheuttamista vahingoista muille sähkönkäyttäjille ja verkonhaltijalla, mikäli sähkön laatu ei täytä standardeita ja muita vaatimuksia. Mikäli tuotantolaitoksessa ilmenee viikoja, sähköntuottaja vastaa järjestelmän kytkemisestä irti mahdollisimman nopeasti verkosta. [5.]

Sähköntuotantolaitos pitää varustaa soveltuvilla suojauslaitteilla. Suojauksen tarkoituksena on estää mahdollinen tuotantolaitoksen rikkoontuminen sähköverkon mahdollisissa häiriötilanteissa. Suojaus estää myös tuotantolaitoksen huonolaatuisen sähkönlaadun syöttämisen sähkönjakelujärjestelmään. Taulukossa 1 on esitetty suojauksen asettelu-arvot. [5.]

Taulukko 1. Tuotantolaitteiston suojauslaitteiden asettelu-arvot [5].

PARAMETRI	TOIMINTA-AIKA	ASETTELUARVO
Ylijännite	0,2 s	$U_n + 10 \%$
Alijännite	0,2 s	$U_n - 10 \%$
Ylitaajuus	0,2 s	51,5 Hz
Alitaajuus	0,2 s	47,5 Hz
Saarekekäyttö	enintään 5 s	

Laitteiston on pysyttävä verkossa vähintään 30 minuuttia taajuusalueilla 47,5–49,0 Hz ja 51,0–51,5 Hz. Jos tuotantolaitos irtoaa verkosta suojauslaitteiden toiminnan takia, saa se kytkeytyä takaisin verkkoon, kun verkon jännite- ja taajuus ovat palautuneet suojausasetteluarvojen sallimiin rajoihin ja ne ovat pysyneet rajojen sisäpuolella tietyn minimiajan. Minimiaika määritellään standardin SFS-EN- 50438 mukaisesti 60 sekuntiin. [5.]

Sähköverkonhaltijan tehtävä on toimittaa laadukasta sähköä asiakkailleen. Tästä syystä sähkön laadun hallinta on erittäin keskeistä myös sähkön pientuotantoon liittyvissä kysymyksissä. Sähkön laatua tulee katsoa sekä liityntäpisteen sähkön laadun että voimalaitoksen laatuvaikutusten näkökulmasta. Liittymään liitetty tuotantolaitos ei saa huonontaa sähkön laatua eikä merkittävästi vaikuttaa jännitteen laatuun liittämiskohdassa. Tuotantolaitosten tulee toteuttaa vähintään sitä koskeissa kansallisissa (SFS-) ja kansainvälisissä (IEC- ja CENELEC-) standardeissa asetetut sähkön laatua koskevat vaatimukset. [5.]

Sähköturvallisuusmääräykset vaativat järjestelmään erotuskytkimen, johon pitää olla verkkoyhtiönhaltijalla esteetön pääsy. Kytkimessä pitää olla asennusosoitus tai näkyvä avausväli. Lisäksi kytkimen täytyy olla lukittavissa. Näillä toimenpiteillä varmistetaan osaltaan sähkötyöturvallisuutta. Tarkempia määräyksiä löytyy standardeista SFS 6000-5-55 (kohta 551.7.6), SFS-EN 61140 + A1 (kohta 8.3.1) sekä SFS 6002 (kohdat 6.2.1 ja 6.2.2). [5.]

Ennen tuotantolaitoksen liittämistä verkkoon tulee verkonhaltijalle toimittaa keskeiset laitosta koskevat dokumentit ja tiedot. Verkonhaltija tarvitsee ainakin perustiedot laitteistosta (generaattori, tyyppi, nimellisteho, nimellisvirta) sekä tiedot liitälaitteena käytettävästä vaihtosuuntaajasta (suuntaajan tyyppitiedot ja asetteluarvot). Nämä tiedot kannattaa toimittaa verkonhaltijalle riittävän aikaisessa vaiheessa, mieluiten ennen tuotantolaitoksen hankkimista. [5.]

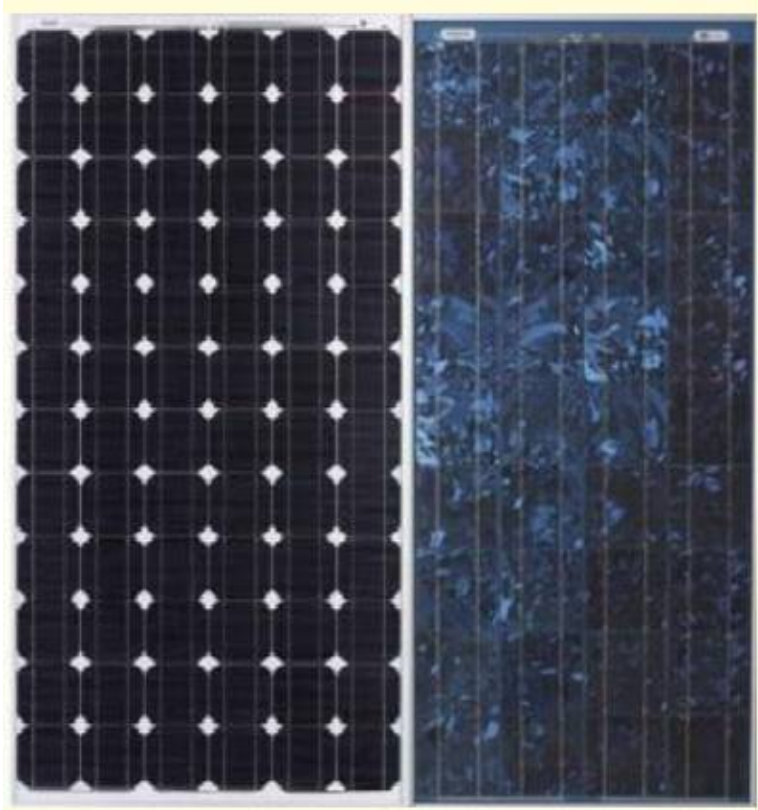
Tietojen toimittamiseen voidaan käyttää toimialan yhteistä mikrotuotannon yleistietolomaketta. Liitteessä 1 on esitetty energiateollisuuden mikrotuotantolaitteiston verkkoon liittämisen yleistietolomake. [5.]

Enintään 100 kVA:n suuruiset tuotantolaitokset on varustettava suojauslaitteilla, jotka kytkevät tuotantolaitoksen tai tuotantolaitoksen syöttämän saarekkeen irti yleisestä sähkönjakeluverkosta, jos verkkosyöttö katkeaa tai jännite tai taajuus laitteiston liitälaitteikohdassa poikkeaa sähköverkon normaaleista ilmoitetuista arvoista. [5.]

## 5 Aurinkosähköjärjestelmän pääkomponentit

### 5.1 Aurinkopaneelit

Yleisimmät aurinkopaneelit ovat yksi- tai monikide piikennoisia. Kuvassa 5 näkyy yksi- ja monikiteisen aurinkopaneelin näkyvä ero. Hyötysuhteeltaan yksikide paneelilla päästään parempaan hyötysuhteeseen, mutta se on kalliimpi valmistaa. Monikiteisen huonompi hyötysuhde johtuu eniten hilavirheistä, ja varsinkin niiden väliset rajapinnat heikentävät kennon toimintaa. On-grid-järjestelmiin asennettavat paneelit ovat teholtaan noin 250 Wp tai sitä hiukan suurempia. Paneelien teho ilmoitetaan piikkiwatteina (Wp). Piikkiwatti tarkoittaa aurinkopaneelin maksimi tehoa, jonka se voi tuottaa standardiolosuhteissa. Standard Test Conditionin (STC) mukaan nimellisteho on määritelty laboratorioolosuhteissa, joissa auringon säteily määrä on  $1000 \text{ W/m}^2$  ja kennon lämpötila on 25 celsius-astetta. Nykyiset paneelit vaativat noin 6–8 neliometriä pinta-alaa 1000 piikkiwatia kohden. Yhden piikkiwatin tehoisella aurinkosähköjärjestelmällä voidaan tuottaa vuodessa sähköä noin 850 kWh Etelä-Suomessa ja 750 kWh Pohjois-Suomessa. [2.]



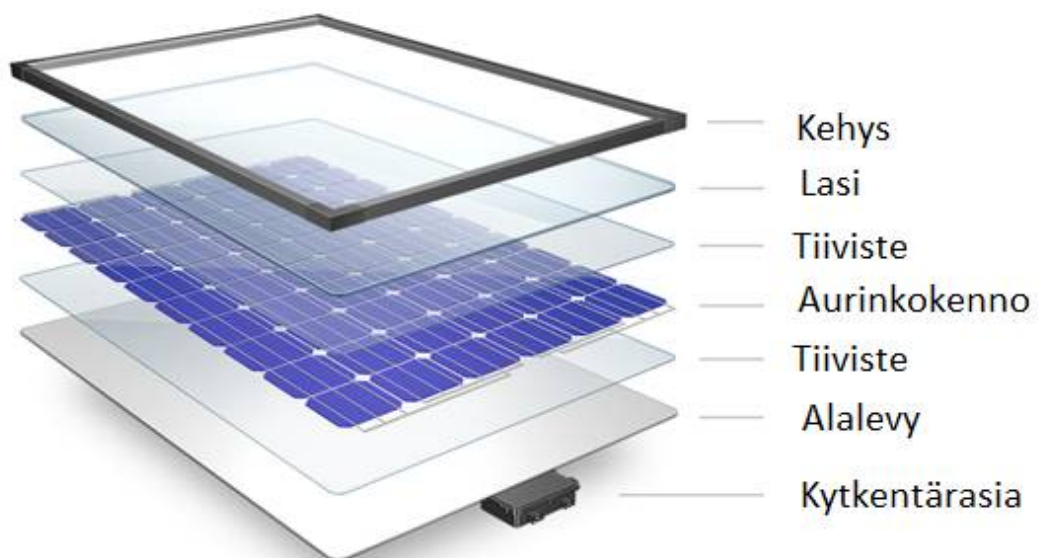
Kuva 5. Yksi- ja monikiteisen aurinkopaneelin eroavaisuus [2].

Paneelit kehittyvät kaiken aikaa, ja tulevaisuudessa tullaan näkemään uudella teknologialla toimivia paneeleita. Jo nyt on olemassa erilaisia, muun muassa ohutkalvopaneeleita ja nanoteknologialla toteutettuja, mutta ne ovat huomattavasti kalliimpia.

Aurinkopaneeleiden hyötysuhde määritellään jakamalla nimellisteho sen pinta-alalla kerrottuna standardiolosuhteiden säteily määrällä ( $1000\text{W} / \text{m}^2$ ). Nykyisien aurinkopaneeleiden hyötysuhde on noin 20 %. [4.]

Aurinkopaneeleiden tekninen elinikä on noin 30 vuotta tai jopa enemmän. Paneeleiden valmistajat lupaavat paneeleille tehontuottotakuuaikoja. Esimerkiksi valmistaja voi lupata, että paneeli tuottaa ensimmäisen 10 vuoden aikana vähintään tehoa 90 % ilmoitetusta nimellistehosta ja 25 vuoden aikana paneeli tuottaa vähintään 80 % ilmoitetusta nimellistehosta. [2.]

Aurinkopaneeli rakentuu aurinkokennoista, joka on tiivistetty ja suojattu lasilevyin sopivaan kehykseen. Paneelin alapuolella suojassa on kytkentärasia. Aurinkopaneelissa on useita kennoja, jotka ovat kytketty sarjaan yhteen paneeliin. Kuvassa 6 on esitetty yksikiteisen aurinkopaneelin rakenne. Kuvan paneeli muodostuu 60 kennosta. [6.]



Kuva 6. Aurinkopaneelin rakenne [6].



## 5.2 Aurinkopaneelien sijoittaminen ja kiinnittäminen

Aurinkosähköpaneeliston suorituskykyyn vaikuttavat useat tekijät:

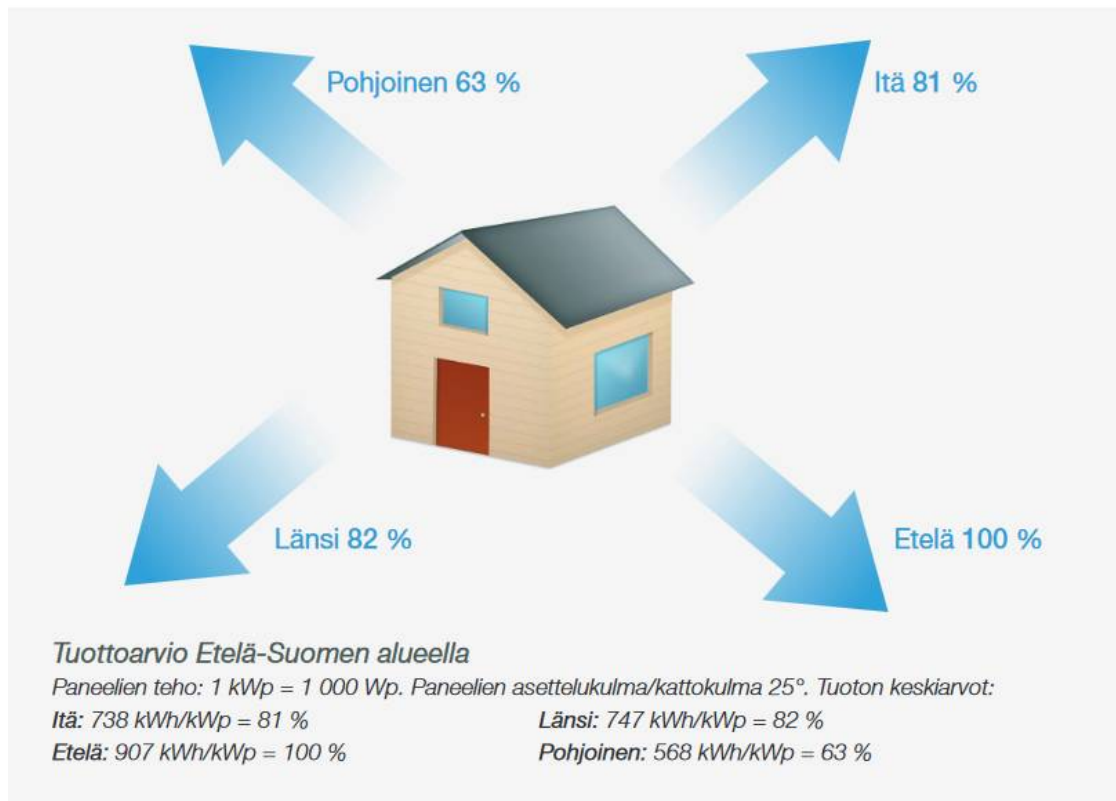
- varjostukset tai osittain varjostukset
- paneelin asento ja suuntaus
- lämpötila
- jännitteenaleneva kaapeleissa
- paneelin pinnan likaantuminen muun muassa pölystä, lintujen jätöksistä, lumesta, teollisuuden saasteista jne.
- paneelin huonontuminen ja ikääntyminen.

Varjostuksilla on suuri merkitys järjestelmän hyötysuhteeseen. Lähistöllä olevat puut ja rakennukset saattavat aiheuttaa varjoja paneelien pinnalle tiettyyn aikaan päivästä. Pienikin varjo paneelistossa voi alentaa koko järjestelmän hyötysuhdetta merkittävästi. Sarjaan kytketyssä paneelistossa tuotto määräytyy huonoimman paneelin tuoton mukaan. Lisäksi on huomattava, että yhden paneelin koostuessa esimerkiksi 60 kennosta riittää yhden kennonkin varjostuminen huonontamaan paneelin ja sitä kautta koko paneeliston tuottoa. Kuva 7 havainnollistaa varjostuksen vaikutusta tuottoon. [7.]



Kuva 7. Varjostuksen vaikutus järjestelmän tuottoon [7].

Kuvassa 8 esitetään tyypillisen omakotitalon sähköntuotto eri ilmansuuntiin.



Kuva 8. Sähköntuotto eri ilman suuntiin [3].

### 5.3 Aurinkopaneelien kytkeminen

Aurinkosähköpaneeliston kytkentä voidaan muodostaa erilaisilla paneelien kytkentöjen ryhmittelyillä. Keskenään samanlaisia paneeleita voidaan kytkeä sekä rinnan että sarjaan.

Sarjaan kytketyn paneeliketjun jännite on paneelijännitteiden summa, ja niiden läpi kulkee sama virta. Sarjaan kytketyssä paneelistossa tuotannon määrittää huonoiten tuottava paneeli. Sarjaan kytketyn paneeliston paneelien virta-arvojen pitää olla samat kaikissa paneeleissa. Jännitearvot voivat poiketa toisistaan. Sarjaan kytkennässä paneelien tulee olla samassa asennossa ja kulmassa. [7.]

Rinnan kytketyn paneeliston jännite on sama kuin yhden paneelin jännite ja virta paneelien yhteenlaskettu virtojen summa. Rinnakkain kytkeminen on perusteltua silloin, jos aurinkopaneeleja häiritsee ajoittainen osittaisvarjostus, koska yhteen paneeliin kohdistuva varjostus ei häiritse muiden paneelien tuotantoa. Rinnakkain kytkettyjen paneelien ei myöskään tarvitse olla samassa asennossa, vaan ne voivat jopa olla katon harjan eri puolilla. Esimerkiksi yksi paneeli itään aamuauringon suuntaan ja toinen paneeli länteen ilta-auringon suuntaan. [7.]

#### 5.4 Verkkoinvertteri

Verkkoinvertterin tehtävänä on muuntaa aurinkopaneeleilta tuleva tasasähkö vaihtosähköksi. Inverttereitä on olemassa yksi- tai kolmivaiheisia. Yli 3,15 kWp:n tehoiset pitää määräyksen mukaan kytkeä kolmivaihejärjestelmään. Inverttereiden valmistajia on useita ja niillä on eri kokoluokan laitteita. Järjestelmän mitoituksen ja suunnittelun kautta määräytyy invertterin kokoluokka. Kuvassa 9 on SMA:n Sunny tripower 5000TL-sarjan kolmivaiheinvertteri. Invertterin tyyppikilvessä ovat laitteen tekniset tiedot, jotka määräävät invertterin valintaa. Kuvassa 10 on esitetty saman invertterin tyyppikilpi, jossa on muun muassa seuraavat tiedot:

- $V_{DC \max}$  tasasähköpuolen (aurinkopaneelien) maksimijännite 1000 V.
- $V_{DCC \text{ MPP}}$ . Alue kertoo minimi- ja maksimijännitteen, jolla invertterin maksimitehopeseuranta (MPPT) toimii luotettavasti.
- $I_{DC \max}$ . Tasajännitepuolen maksimivirta.
- $V_{AC, r}$ . Vaihtojännitteen arvo
- $P_{AC, r}$ . Maksimiteho, jonka invertteri voi tuottaa
- $S_{\max}$ . Maksiminäennäisteho
- $f_{AC}$ . Taajuus, johon invertteri tahdistaa
- $I_{AC \max}$ . Maksimivaihtovirta.
- $\cos(\phi)$ . Hyötysuhde [8.]



Kuva 9. SMA:n Sunny tripower 5000TL sarjan kolmivaiheinvertteri [8].



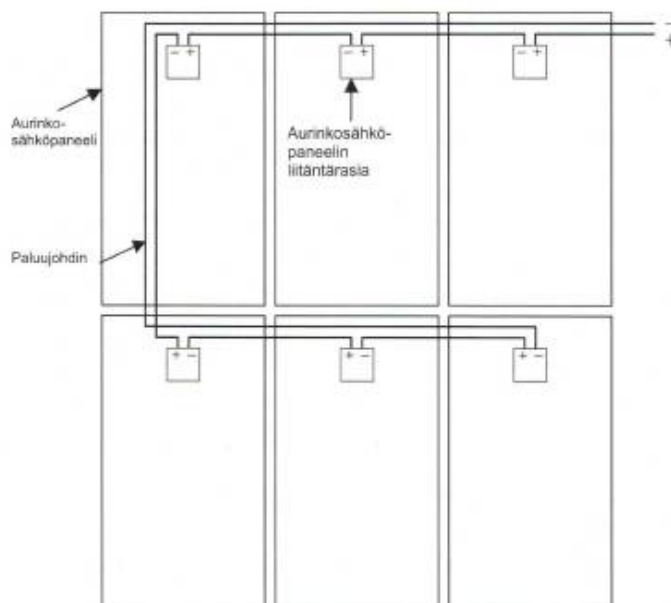
Kuva 10. SMA:n Sunny tripower 5000TL-sarjan kolmivaiheinvertterin tyypikilven tiedot [8].

SFS-käsikirja 607 määrittää aurinkosähköjärjestelmän suunnitteluun, asentamiseen, käyttöönottoon ja tarkastuksiin liittyviä ohjeita ja standardeja. Käsikirjan mukaan rakennuksiin asennettavien aurinkosähköjärjestelmien suurin tasajännite ei saa olla yli 1000 V. Jos muualle asennettavan aurinkosähköjärjestelmän tasajännite on yli 1000 V, pitää pääsy järjestelmään (paneeliston, kaapeloinnin, suojauslaitteiden) rajata vain sähköalan ammattihenkilöille. [9.]

### 5.5 Johtojärjestelmät ja kaapelointi

Aurinkosähköjärjestelmissä itse kaapeleihin ja johtoteihin on kiinnitettävä tarkkaa huomiota. Kaapelit altistuvat erilaisille rasituksille tuulessa, vesisateessa, auringonpaisteissa ja talvella lumessa. Valittujen kaapeleiden on kestävä koko aurinkosähköjärjestelmän oletetun käyttöiän. SFS-käsikirja 607 määrittää yksityiskohtaisesti kaapeleiden mitoitus- ja asennukseen vaadittavat kohdat. [9.]

Salamasta indusoituvien ylijännitteiden pienentämiseksi kaapelit tulee asentaa siten, että johtosilmukoiden pinta-alat pidetään mahdollisemman pieninä. Kuvassa 11 on esitetty havainnollistava reititys. [9.]



Kuva 11. Johtimien optimoitu reitti [9].

## 5.6 Aurinkopaneelijärjestelmän maadoitus

Aurinkosähköjärjestelmän maadoitukseen pitää kiinnittää huomiota eikä siihen ole ainoastaan yhtä oikeaa ratkaisua. Muun muassa järjestelmän koko, sijainti, kiinteistössä oleva maadoitusperiaate ja invertterin kytkentä maadoitukseen vaikuttavat toteutettavaan maadoitusjärjestelmään. Maadoitusjärjestelmää määriteltäessä on huomioitava paneelistoon kytkettyjen paneelien sekä invertterin valmistajan vaatimukset.

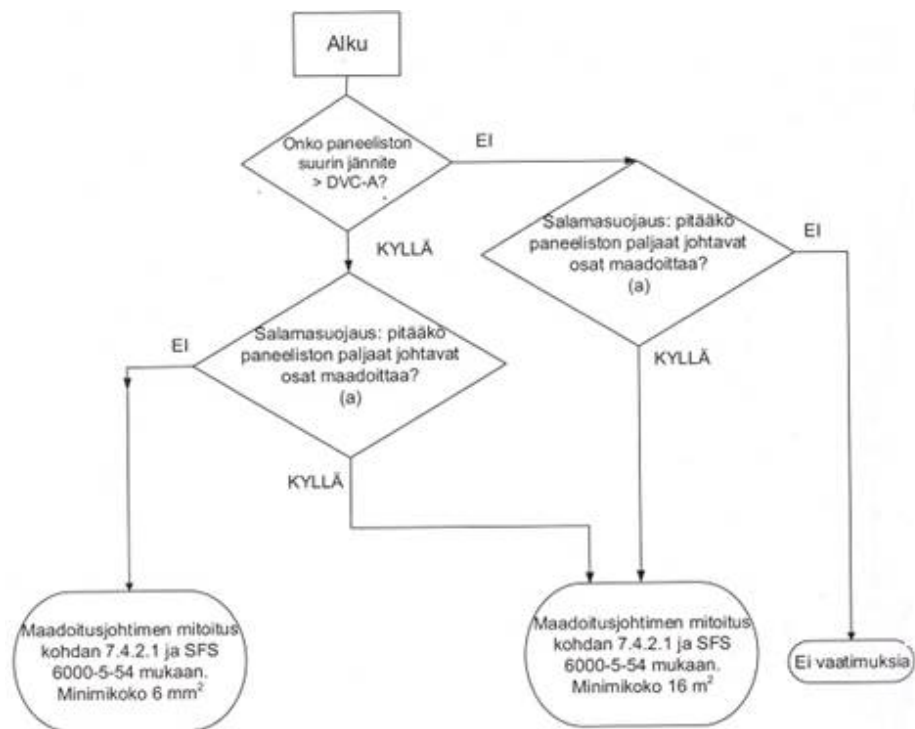
Vaikka useimmat pientuotanto aurinkosähköjärjestelmät asennetaan katoille, suoran salamankärsän iskun todennäköisyys on pieni. Jos rakennuksessa ei ole salamansuojajärjestelmää, sitä ei tarvitse määräyksien mukaan rakentaa aurinkopaneelijärjestelmälle. Vastaavasti salamansuojajärjestelmän löytyttyä rakennuksesta järjestelmä tulisi liittää siihen. Standardi IEC 62305-3 kuvaa yksityiskohtaisesti järjestelmän liittämisen salamansuojajärjestelmään. Mahdollisen salamankärsän aiheuttaman induktiojännitteiden alentamiseksi paneeliston potentiaali n-tasausjohtimen on sijaittava mahdollisemman lähellä paneeliston positiivisia ja negatiivisia johtimia. [9.]

Aurinkosähköpaneelijärjestelmän maadoitus ja potentiaalintasaus voidaan toteuttaa SFS-käsikirja 607 ja kohdan 7.4.2.1 mukaan seuraavilla vaihtoehdoilla.

- Muiden kuin virran siirtotienä käytettyjen johtavien osien toiminnallinen maadoittaminen.
- Maadoittaminen tehdään osana salamansuojajärjestelmää.
- Potentiaalintasaus tehdään potentiaalierojen välttämiseksi asennuksen sijainneissa.
- Paneelistossa tehdään yhden virran siirtotienä käytetyn navan toiminnallinen maadoittaminen.

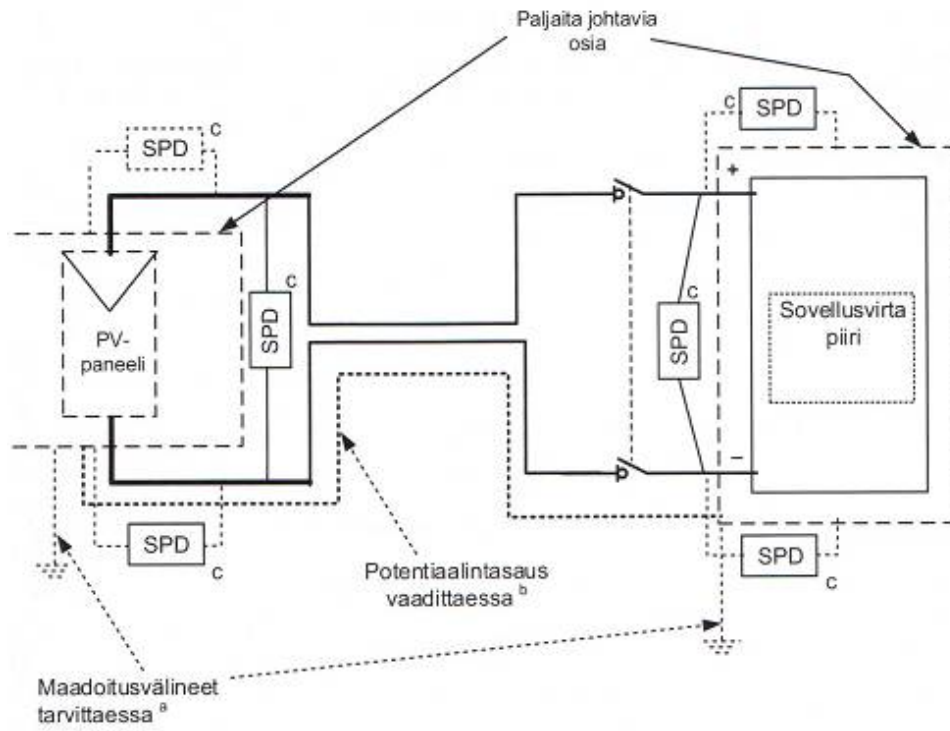
Aurinkopaneelijärjestelmän paljaiden johtavien osien maadoittaminen tai potentiaalintasaus tehdään kuvan 12 vaatimuksia noudattaen. Paljaiden johtavien osiin käytettävän johtimen on oltava vähintään 6 mm<sup>2</sup> kuparia tai muun materiaalin yhteydessä vastattava 6mm<sup>2</sup>:n arvoa. Kuvassa 13 esitetään aurinkosähköpaneeliston paljaiden johtavien osien esimerkkimaadoitus. [9.]

Potentiaalitasasta on kaksi tyyppiä, pääpotentiaalitasaus ja lisäpotentiaalitasaus. Pääpotentiaalitasauksessa paljaat johtavat osat liitetään päämaadoituskiskoon. Lisäpotentiaalitasauksessa paljaat johtavat osat liitetään toisiinsa ja (tai) ulkoihin johtaviin osiin. Paneelin kehysten potentiaalitasaus tehdään kuvan 12 kaavion mukaisesti. [9.]



Kuva 12. Kaavio toiminnalliseen maadoittamiseen ja potentiaalitasaukseen [9].





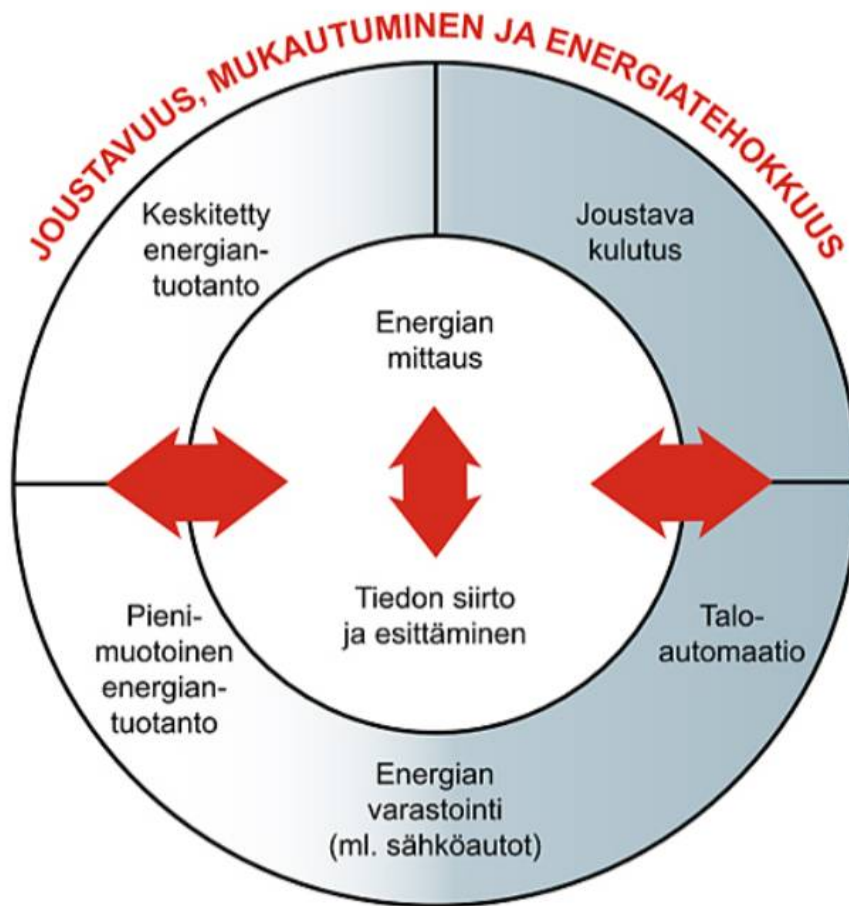
Kuva 13. Järjestelmän paljaiden johtavien osien maadoittaminen [9].

## 6 Aurinkosähköjärjestelmät tulevaisuudessa

Nykyisin omakotitalojen aurinkosähköjärjestelmät toimivat yleisesti valtakunnan sähkönjakeluverkon rinnalla. Jos aurinkojärjestelmä tuottaa enemmän kuin kohteessa on kulu- tusta, ylimääräinen siirtyy verkkoon.

Tulevaisuudessa tulee yleistymään aurinkosähköjärjestelmien alalla älykkäät sähköver- kot eli Smart Gridit. Älykkäässä sähköverkossa ohjataan tuotantoa ja kulutusta mahdol- lisimman hallitusti. Älykkäät sähköverkot eivät ole uusi toimintamalli, mutta ne eivät ole pientuotannon aurinkosähköjärjestelmissä yleistyneet. Hyvänä esimerkkinä omakotita- lon osalta on lämpöisen käyttöveden lämmittäminen kesäaikaan päivällä, jolloin aurin- kosähköjärjestelmä tuottaa parhaiten.

Älykäs sähköverkko vaatii tehokasta ja oikein suunniteltua ohjausautomaatiikkaa. Verk- koon kytketyssä järjestelmässä energian varastointi nykyisellään akustoihin ei ole kan- nattavaa. Akustojen kehittyessä se tulee olemaan kuitenkin varteenotettava vaihtoehto. Ilmasto- ja ympäristöasiat ovat entistä tärkeämmässä huomiossa tulevaisuudessa. Fos- siilisten polttoaineiden määrää pyritään jatkuvasti vähentämään. Liikenne on yksi isoin päästöjen aiheuttaja. Mahdollinen sähköautojen yleistyminen kansainvälisesti muuttaisi merkittävästi sähköntuotantoa ja jakelua. Aurinkosähköä voisi hyödyntää sähköautojen latauksessa merkittävästi ja autojen akkuja pystyttäisiin mahdollisesti käyttämään tuo- tannon ja kulutuksen tasapainottamiseen. Näin ollen akut toimisivat hajautetun tuotan- non sähkövarastoina. Kuvassa 14 on esitetty älykkään sähköverkon periaatekuva. [4.]



Kuva 14. Älykkään sähköverkon periaatekuva [4].

## 7 Aurinkosähköjärjestelmä vaikutus omakotitalon energian hankintaan

Tarkasteltava kohde sijaitsee Keski-Suomessa haja-asutusalueella. Kiinteistöllä on kaksikerroksinen omakotitalo ja erillinen autotalli, varasto/lämmönjakohuone. Omakotitalon kattolappeet asettuvat pohjois-etelä suuntaan. Erillinen rakennus vastaavasti itä-länsi suuntaan. Molemmat rakennukset ovat pohjapinta-alaltaan suunnilleen samankokoisia. Lähtökohtaisesti paneelit laitettaisiin talon eteläpuolella sijaitsevalle lappeelle tai erillisen rakennuksen itäpuolella sijaitsevalle lappeelle. Molempien rakennusten lappeelle mahdusi paneeleita 22 kappaletta paneelin koon ollessa noin 1 m x 1,7 m. Molemmissa rakennuksissa on samanlaiset peltikatot. Johdotukset katolta invertterille ja keskukselle olisivat molemmissa rakennuksissa helpot toteuttaa. Invertterille löytyisi myöskin tilaa molemmista rakennuksista. Talon kohdalla kytkennät tapahtuisivat ryhmäkeskukseen ja erillisen rakennuksen kohdalla sähköpääkeskukseen, joka sijaitsee rakennuksen seinustalla.

Molempien rakennuksien kattoja varjostaa tällä hetkellä muutama isompi puu tiettyyn aikaan päivästä. Jos järjestelmä toteutettaisiin, ne olisivat kiinteistön omistajien tontilla ja ne pystyttäisiin poistamaan.

Tarkasteltava kohde ei lähtökohtaisesti ole optimaalinen kohde, koska sähkön vuotuinen kulutus on melko maltillista. Yleisesti lämmittäminen ja lämpöisen käyttöveden osuus suorassa sähkölämmitteisessä omakotitalossa on melko iso osa sähkönkulutusta. Tarkasteltavassa kohteessa kyseiset energian hankinnat ovat toteutettu puupolttoisella kattilalla ja lämminvesivaraajalla. Eli sähköä ei juurikaan käytetä lämpöiseen käyttöveteen ja tilojen lämmittämiseen. Vuotuinen sähkönkulutus on asettunut 5000–6000 KWh välille. Kuukausittainen jakautuminen on melko tasaista, talviaikoina hieman korkeampi.

Lämpöinen käyttövesi ja lämmitys tullaan jatkossakin hoitamaan puupolttoisella kattilajärjestelmällä. Aurinkosähköjärjestelmää voitaisiin hyödyntää käyttöveden lämmittämiseen kesäisin, jolloin sen tuotto on parasta. Tämä vaatisi varaajaan lämmitysvastuksen asentamista, jolle on olemassa paikka valmiina varaajassa. Lisäksi vastus pitäisi ohjata päälle päivisin joko automaattisesti tai erillisen kytkennän kautta.

Tässä tarkastelussa ei lasketa kustannuksia nykyisen puupolttoisen kattilan raaka-aineen hankinnalle. Raaka-aine ei ole ilmaista, mutta sitä on saatavilla hyvin läheiseltä

puunjalostus teollisuuden ylijäämä tuotteena. Kuljetuksesta ja hankinnasta tulee vain minimaalisia kustannuksia. Puun kuljettaminen, katkominen ja varastointi vaativat työtä, mutta käytettyyn aikaan ei lasketa mitään tuntihintaa.

Nykyisten paneelien tehon ollessa noin 260 wattia järjestelmän huipputehoksi saataisiin noin 5,7 kW 22 paneelilla. Tutkimuksien ja mittauksien mukaan (kuva 1) Keski-Suomessa 5 kW:n järjestelmällä saadaan sähköenergiaa noin 4000 kWh vuodessa. 5,7 kW:n tehoisella aurinkosähköjärjestelmällä päästäisiin lähelle omavaraisuutta tarkasteltaessa vuotuista sähkönkulutusta. Todellisuudessa tuotanto ja kulutus eivät kuitenkaan osu samalle ajalle.

Alustavasti alan yrityksiltä tiedusteltaessa avaimet käteen-periaatteella suoritettun 20 paneelin asennuksen muiden laitteiden sisältyessä kokonaisurakkaan hinta olisi noin 10 000 €. Paneelit maksavat noin 1€/watti. Työn osuudesta on mahdollisuus saada kottalousvähennys, joka tulee huomioida tarkasteltaessa takaisin maksuaikaa ja kannattavuutta.

## 8 Yhteenveto

Opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä aurinkosähköjärjestelmiin ja saada niistä tietoa. Opinnoissani ei keskitytty aurinkosähköjärjestelmiin kovin syvällisesti. Itseäni ovat aurinkosähköjärjestelmät kiinnostaneet, joten päätin perehtyä niihin opinnäytetyön kautta. Tavoitteena oli perehtyä aurinkosähköjärjestelmiin teoriaosuudessa ja tarkastella asian soveltuvuutta todelliseen kohteeseen.

Paneelien ja laitteiden edelleen kehittyessä ja todennäköisesti halventuessa uskon, että aurinkosähköjärjestelmät tulevat yleistymään tulevaisuudessa. Itse uskon, että toimivan ja hintasuhteeltaan edullisen akuston puute on suurin hidaste järjestelmän suosiolle.

Kaikille ihmisille ei ole ainoastaan rahallinen hyöty sähkölaskussa päätettäessä aurinkosähköjärjestelmän hankintaa. Aurinkosähkö on uusiutuvaa energiaa ja se päästötöntä, jos tarkastellaan pelkkää sähköntuottoa. Ympäristöarvot ovat joillekin ihmisille rahallista hyötyä merkitsevämmät. Järjestelmä nostaa myös kiinteistön arvoa.

Yhteenvetona voin todeta, että taloudellisesti ajateltuna järjestelmät eivät sovellu kaikille. Takaisinmaksuaika venyy erittäin pitkäksi. Oikeanlaisella mitoituksella ja kulutuksella aurinkosähköjärjestelmät ovat hyödyllisiä osana energiajärjestelmää. Kohteissa, joissa on suuri sähkönkulutus kesällä päivisin, on järjestelmästä eniten hyötyä. Tällaisia kohteita ovat esimerkiksi kaupat, teollisuushallit, urheiluhallit ja maatilat.

## Lähteet

- 1 Aurinkopaneelit. Verkkodokumentti. 2015. Suntekno. <<http://www.suntekno.fi/resources/public/tietopankki/paneelit.pdf>>. Luettu 30.7.2016.
- 2 Aurinkosähköteknologiat. Verkkodokumentti. Helsinki university of technology. <<http://tfy.tkk.fi/aes/AES/projects/renew/pv/pv-tekno.html>>. Luettu 17.9.2016.
- 3 Aurinkosähköjärjestelmät. Verkkodokumentti. Rexel. <<http://www.rexel.fi/globalassets/palvelut/rexel-aurinkoenergia-low.pdf>>. Luettu 30.7.2016.
- 4 Lämpöä ja sähköä auringosta. 2016. Verkkodokumentti. Motiva. <[http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/aurinkoenergia](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia)>. Luettu 13.8.2016.
- 5 Tekninen liite 1 ohjeeseen sähköntuotantolaitoksen liittäminen jakeluverkkoon. 2016. Verkkodokumentti. Energiateollisuus. <[http://energia.fi/files/1248/Ohje\\_tuotannon\\_liittamisesta\\_jakeluverkkoon\\_PAIVI-TETTY\\_20160427.pdf](http://energia.fi/files/1248/Ohje_tuotannon_liittamisesta_jakeluverkkoon_PAIVI-TETTY_20160427.pdf)>. Luettu 27.8.2016.
- 6 What makes up a solar panel?. 2016. Verkkodokumentti. <<http://www.dupont.com/products-and-services/solar-photovoltaic-materials/what-makes-up-solar-panel.html>>. Luettu 27.8.2016.
- 7 Pienten tuuli ja aurinkosähköjärjestelmien asennusopas. 2015. Euroopan Unioni. <<http://www.oamk.fi/cdn/fileuploads/asennusopas.pdf>>. Luettu 13.8.2016.
- 8 Aurinkosähköä Suomeen. 2015. Verkkodokumentti. <<http://aurinkovirta.fi/aurinkosahko/aurinkosahkovoimala/aurinkopaneelit>>. Luettu 21.8.2016.
- 9 Aurinkosähköjärjestelmät. 2015. SFS-Käsikirja 607, 1. painos, toukokuu 2015. Luettu 8.10.2016.

## Mikrotuotantolaitoksen verkkoon liittämislomake

Energiateollisuus ry:n suosittelema yleistietolomake

### MIKROTUOTANTOLAITTEISTON LIITTÄMINEN VERKKOON

Tällä lomakkeella asiakas ilmoittaa verkkoyhtiölle tiedot nimellisteholtaan enintään 100 kVA tuotantolaitteiston sähköverkkoon liittämistä varten. Lomakkeen voi antaa täytettäväksi laitteiston toimittajalle ja/tai laitteiston kytkevälle sähköurakoitsijalle tai asiakas voi tarvittaessa täyttää lomakkeen myös itse. Sähköntuotannon aloittamiseen tulee tämän lomakkeen lähettämisen lisäksi saada erikseen lupa verkkoyhtiöltä.

#### 1. YHTEYSTIEDOT

Tuotantolaitoksen omistaja	Sähköposti	Puhelinnumero
Osoite	Postinumero	Postitoimipaikka
Liittymän osoite (tuotantolaitoksen sijaintipaikka)	Postinumero	Postitoimipaikka
Käyttöpaikan numero (löytyy sähkösiirtolaskulta)		
Yhteyshenkilö (jos muu kuin tuotantolaitoksen omistaja)	Sähköposti	Puhelinnumero

#### 2. TUOTANTOLAITTEISTON PERUSTIEDOT

Tuotantomuoto	<input type="checkbox"/> Aurinko	<input type="checkbox"/> Tuuli	<input type="checkbox"/> Biokaasu	<input type="checkbox"/> Diesel	<input type="checkbox"/> Muu, mikä?
Verkkoonliitännälaitteen (invertteri/vaihtosuuntaaja) valmistaja	Verkkoonliitännälaitteiden (invertteri/vaihtosuuntaaja) määrä ja malli				
Tuotantolaitteiston nimellisteho	kVA/kW	Tuotantolaitteiston enimmäisvikavirta			A
(laitoksen suurin mahdollinen virta)					
Laitteiston kytkentä	<input type="checkbox"/> Kolmivaiheinen	<input type="checkbox"/> Yksivaiheinen, merkitse vaihe	<input type="checkbox"/> L1	<input type="checkbox"/> L2	<input type="checkbox"/> L3

#### 3. TUOTANTOLAITTEISTON TEKNISET TIEDOT

##### 3.1. Tuotantolaitteiston suojaus (valitse YKSI seuraavista vaihtoehtoista)

Tuotantolaitteisto täyttää seuraavan teknisen standardin tai suosituksen vaatimukset, mukaan lukien verkkoonliitännälaitteen (invertteri/vaihtosuuntaaja) suojausasettelut ja irtikytketymisajat

<input type="checkbox"/> Mikrotuotantostandardi SFS-EN 50438, Suomen asetukset (sama kuin Energiateollisuus ry:n suositus 2016, tekninen liite 1)	
<input type="checkbox"/> Saksalainen vaatimuskirje VDE-AR-N 4105 2011-8 (suojaustekniset vaatimukset)	<input type="checkbox"/> Jokin muu
<i>HUOMI VDE V 0126 1-1 ei ole hyväksyttävä</i>	<i>HUOMI! Jos valitset tämän vaihtoehdon, täytyy myös lomakkeen kohta 7.</i>

##### 3.2. Tuotantolaitteiston erottaminen

<input type="checkbox"/> Vakuutan, että tuotantolaitteisto on erotettavissa erillisellä erotuskytkimellä, johon verkonhaltijalla on esteetön pääsy (esim. talon ulkoseinällä, ei lukitussa tilassa)
Erotuskytkimen sijainti (esim. talon ulkoseinällä pääoven vieressä)
<input type="checkbox"/> Liittymän sähkökeskuksilla on varoituskytlit takasyöttövaarasta ja opastus laitteiston irtikytkemiselle



**4. TUOTANTOLAITTEISTON ASENTAJAN/URAKOITSIJAN TIEDOT**

(tuotantolaitteiston sähköverkkoon kytkevä urakoitsija täyttää)

Sähköurakoitsija	TUKES-numero	
Osoite	Postinumero	Postitoimipaikka
Yhteyshenkilö	Puhelinnumero	Sähköposti

Urakoitsija toimittaa asiakkaalle laitteistoa koskevan käyttöönottotarkastuspöytäkirjan.

Käyttöönottotarkastuspöytäkirja on pyydettyessä toimitettava verkonhaltijalle.

**5. LISÄTIEDOT**

Lisätietoja
-------------

Verkkoyhtiöt voivat tämän lomakkeen lisäksi pyytää myös muita tarvitsemaansa tietoja tai lomakkeita laitteistosta ja sen liittämistä. Lisätietoja saat verkkoyhtiöltäsi.

**6. ALLEKIRJOITUS**

Vakuutan antamani tiedot oikeiksi	
Päivämäärä ja paikka	Allekirjoitus ja nimenselvennys

Lomakkeen voi allekirjoittaa tuotantolaitoksen omistaja tai hänen valtuuttamansa taho, kuten sähköurakoitsija

**7. Tuotantolaitteiston verkkoonliitäntälaitteen suojausasettelut ja irtikytketymsajat***HUOM! Täytä tämä osa vain, jos valitsit kohdassa 3. vaihtoehdon Jokin muu*

Verkkoonliitäntälaitteen suojausasettelu noudattaa standardia:					
Parametri	Asetteluarvo	Toiminta-aika	Parametri	Asetteluarvo	Toiminta-aika
Ylijännitesuojaus 1			Ylitaajuussuojaus 1		
Ylijännitesuojaus 2*			Ylitaajuussuojaus 2*		
Alijännitesuojaus 1			Alitaajuussuojaus 1		
Alijännitesuojaus 2*			Alitaajuussuojaus 2*		
* jos on					
Tuotantolaitteiston automaattinen tahdistumisaika verkkojännitteen palauduttua					s
Saarekekäytönestosuojauksen (Loss of Mains) toteutustapa ja toiminta-aika					
<input type="checkbox"/> Tuotantolaitteisto on CE-merkitty					