

# Aurinkosähköopas



## Aurinkosähköopas

Tämän oppaan tarkoituksena on antaa tietoa aurinkosähkön potentiaalista Raumalla sekä kertoa miten ryhtyä aurinkosähkötuottajaksi. Aurinkosähköä on pidetty kannattamattomana Suomen ilmasto-olosuhteiden sekä kalliiden järjestelmien vuoksi. Vuotuinen säteilyenergia optimipinnalle on kuitenkin Raumalla yhtä suurta kuin Pohjois-Saksassa, missä aurinkosähköä hyödynnetään laajasti.

Aurinkosähköjärjestelmien hinnat ovat laskeneet vuosittain noin 10 - 15 % samalla kun ostosähkön hinta on kasvanut noin 4 % vuodessa. Aurinkosähkö onkin oikein käytettynä kannattavaa myös Raumalla. Tässä oppaassa kerrotaan aurinkosähkön luonnontieteellisestä perustasta sekä annetaan käytännön vinkkejä asentamiseen.

ECO2 - Ekotehokas Tampere 2020 -hanke julkaisi oppaan Aurinkosähköopas tamperelaisille, jossa kerrotaan aurinkosähkön luonnontieteellisestä perustasta ja annetaan käytännön vinkkejä aurinkosähköjärjestelmien asentamiseen. Opas perustuu Minna Paavolan Tampereen teknilliselle yliopistolle tekemään diplomityöhön Verkkoon kytkettyjen aurinkosähköjärjestelmien potentiaali Tampereella. Tähän Aurinkosähköopas raumalaisille –oppaaseen on tehty muutoksia, jotka koskevat verkkoyhtiötä ja kaupungin lupakäytäntöjä. Muutokset teki Energianeuvonta Satakunnassa –hanke.

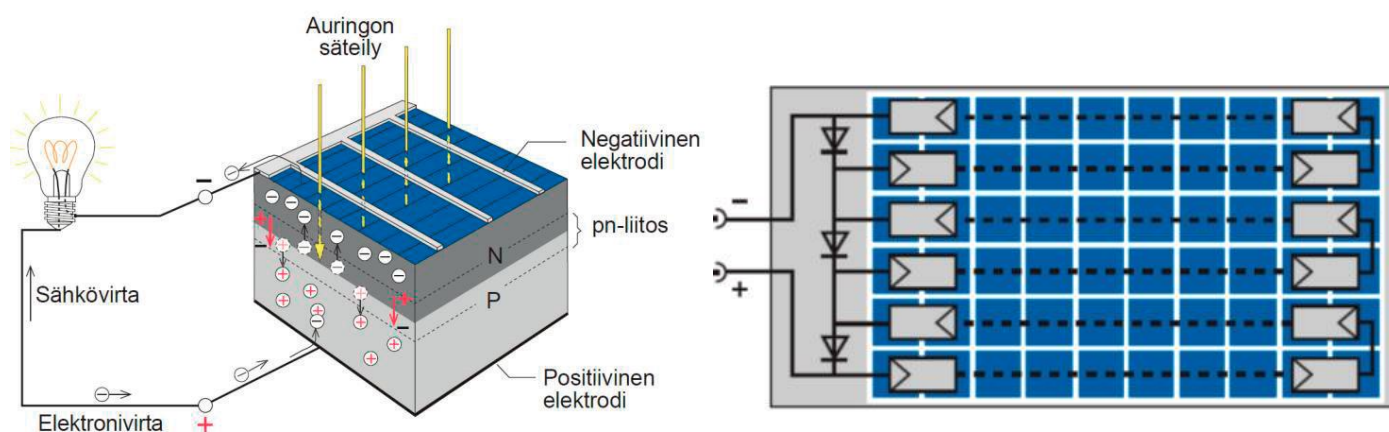
Oppaassa käsitellään vain enintään 50 kVA:n verkkoon kytkettyjä aurinkosähköjärjestelmiä eli järjestelmiä, jotka yleisen jakeluverkon rinnalla tuottavat sähköenergiaa pääasiassa kiinteistön omaan käyttöön. Järjestelmät eivät sisällä akkuja, joten sähköenergia on käytettävä samaan aikaan, kun se tuotetaan. Mikäli kiinteistössä on hetkellisesti vähemmän kulutusta kuin aurinkosähkötuotantoa, siirretään ylijäämänsähkö yleiseen sähköverkkoon.

## Sisältö

Auringosta sähköenergiaksi.....	4
Tuotanto-odotukset .....	5
Aurinkosähköjärjestelmän hankinta.....	8
Järjestelmän mitoittaminen .....	9
Verkkoon kytkentä .....	12
Investoinnin kannattavuus.....	14
Lisätietoja:.....	16

## Auringosta sähköenergiaksi

Auringon säteilyenergiaa saadaan muutettua sähköenergiaksi aurinkopaneelien avulla. Kaupalliset aurinkopaneelit ovat joko pii- tai ohutkalvokennoista koottuja. Pii on yleisin aurinkokennomateriaali ja piipaneelien hyötysuhteet ovat noin 11 - 20 %. Paneelin hyötysuhde kertoo, kuinka monta prosenttia paneelille saapuvasta auringon säteilyenergiasta saadaan muutettua sähköenergiaksi. Aurinkokennon toiminta perustuu valosähköiseen ilmiöön. Kennossa olevat elektronit saavat energiaa auringon säteilyn fotoneilta ja pn-liitoksen ansiosta ne jakaantuvat liitoksen toiselle puolelle positiivisten energia-aukkojen jäädessä liitoksen toiselle puolelle. Seuraavaksi elektronit kulkeutuvat ulkoiseen sähköpiiriin saaden aikaan sähkövirran. Sähköntuotantoprosessi on itsessään melko yksinkertainen, mikä tarkoittaa suurta käyttövarmuutta sekä vähäistä huoltotarvetta. Kuvassa 1 näkyvät vasemmalla aurinkokennon toimintaperiaate ja oikealla kennoista koottu aurinkopaneeli.



**Kuva 1.** Aurinkokennon toimintaperiaate sekä sarjaan kytkettyjen kennojen muodostama aurinkopaneeli. (Ahoranta, J.)

Aurinkopaneeli koostuu sarjaan kytketyistä aurinkokennoista sekä sarjojen rinnalla olevista ohitusdiodeista. Sarjaan kytkennässä yhden kennon varjostuessa tippuu teho koko kennosarjassa. Ohitusdiodin ansiosta kaikkien kennojen toiminta ei häiriinny, vaikka osa paneelista joutuisi varjostetuksi. Aurinkopaneeleita kytketään toisiinsa halutun ulostulotehon saamiseksi. Yhden paneelin ulostuloteho on tyypillisesti muutamia satoja watteja.

## Tuotanto-odotukset

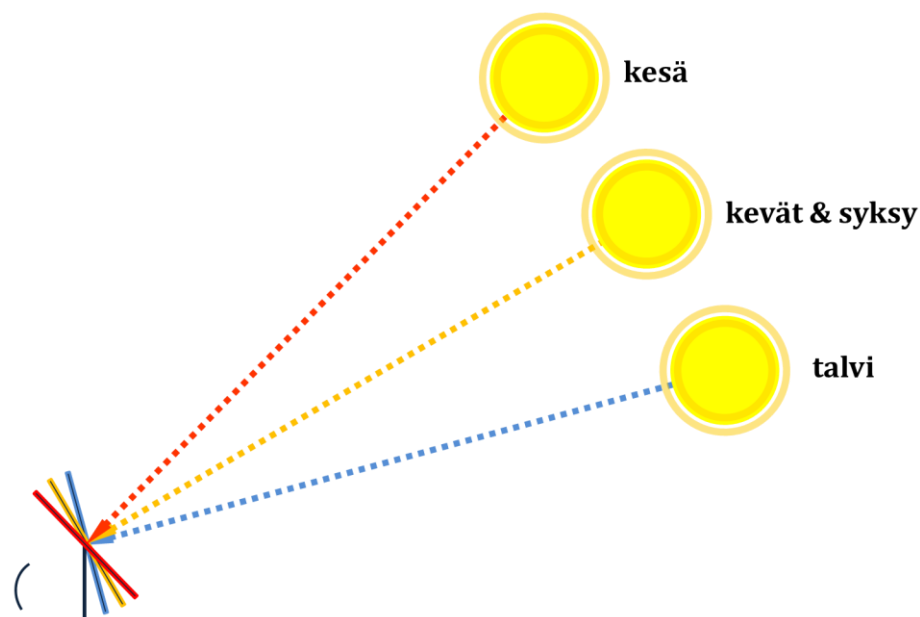
Aurinkopaneelista saatavaan ulostulotehoon vaikuttaa oleellisimmin auringon säteilyn intensiteetti eli teho pinta-alaa kohden. Myös paneelin kohtauskulma sekä paneelin lämpötila ovat tuotantoon vaikuttavia tekijöitä. Paneelin lämpötilan kasvu vaikuttaa epäedullisesti paneelin toimintaan, joten Suomen Etelä-Eurooppaa viileämmät olosuhteet ovat tältä kannalta suotuisat. Paneelit tuleekin asentaa siten, että ilma pääsee kiertämään niiden alitse huolehtien jäähdytyksestä.

Parhaimman vuosituotannon Raumalla saa asennettaessa paneelit etelän suuntaan 42° kulmassa vaakatasoon nähden. Optimaalinen toiminta edellyttää myös esteetöntä paikkaa, eikä kiinteistön lähellä tulisikaan olla puustoa tai rakennuksia, jotka pääsevät varjostamaan paneelistöä.

Aurinkopaneelien asennusta suunniteltaessa pätevät seuraavat nyrkkisäännöt:

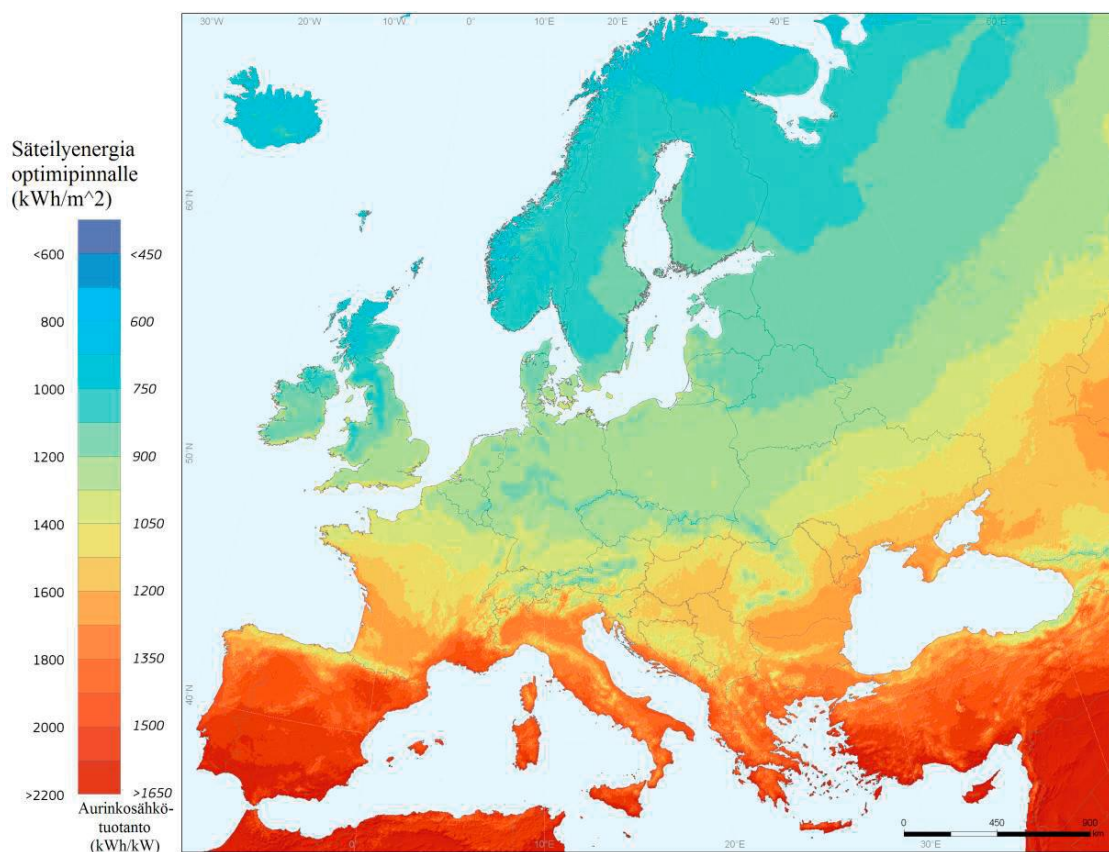
- Maksimi auringonsäteily vuositasolla saavutetaan kun, asennuskulma on kohteen sijainnin leveyspiirin kanssa sama. Korkeilla leveyspiireillä, kuten Suomessa optimaalinen asennuskulma on kuitenkin leveyspiiriä pienempi, sillä talvella on heikosti säteilyä.
- Kesäajan tuotannon maksimoimiseksi aurinkopaneelin asennuskulmaa tulee pienentää 10-15 astetta.
- Talviajan tuotannon maksimoimiseksi sen sijaan tulisi asennuskulmaa kasvattaa 10-15 astetta.
- Asennuskulma ei kuitenkaan ole erityisen kriittinen tuotannon kannalta, sillä +/-15 asteen heitto optimikulmasta laskee tuotantokykä n.5%.

Suurimman sähköntuotannon saavuttamiseksi aurinkopaneelit tulisi ensisijaisesti suunnata etelään. Rakennukset, puut sekä muut esteet tulee kuitenkin ottaa huomioon. Tärkeintä onkin suunnata paneelit siten, että niihin päivän aikana paistaa mahdollisimman pitkään aurinko. On hyvä muistaa, että suuntauksessa 10-20 asteen ero etelästä ei vaikuta juurikaan kokonaistuotannossa, mutta se mm. siirtää sähköntuotantoa suunnasta riippuen joko aiemmaksi tai myöhemmäks. Tämäkin on sinällään varsin tärkeä huomio mitoitettaessa järjestelmää ja tarkasteltaessa energiankulutuksen profiilia.



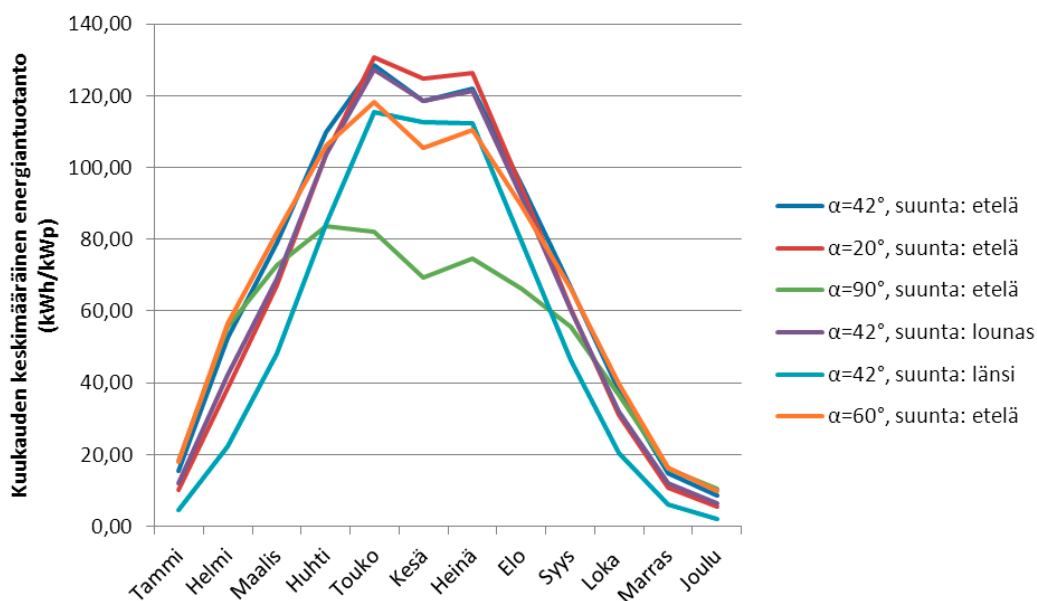
**Kuva 2.** Kuva havainnollistaa aurinkopaneelien optimaalisen asennuskulman vaihtelun eri vuodenaikoina.

Kuvasta 3 havaitaan, että optimaalisesti asennetun aurinkovoimalan vuosituotanto Etelä-Suomessa on noin 850 kWh/kWp. Energiämäärät perustuvat 10 vuoden säteilykeskiarvoon. Säteilyenergian määrät vaihtelevat vuosittain ja kuukausitasolla voi olla jopa kymmenien prosenttien eroja kuukausikeskiarvosta.

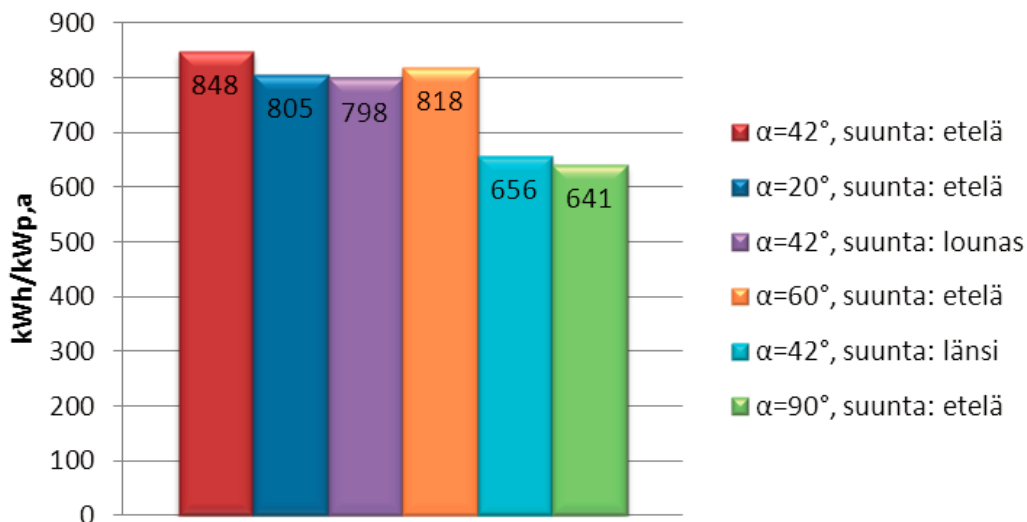


**Kuva 3.** Vuotuinen säteilyenergia ja aurinkosähkötuotanto eri puolilla Eurooppaa. (PVGIS)

Paneelit asennetaan yleensä joko katon tai seinän suuntaisesti. Tyypillinen kattokulma on noin 20-25° ja seinän suuntaisesti asennettaessa on asennuskulma 90°. Tasakatoille paneelit asennetaan yleensä telineisiin optimikulmaan. Optimaalisesta asennuskulmasta poikettaessa pienenee vuosituotanto. Tällöin tuotanto myös jakautuu eri lailla vuoden kuukausille. Kuten kuvasta 4 havaitaan, jyrkkenee tuotantoprofiili asennuskulman pienentyessä. nyrkkisääntöjä: Tästä syystä ylituotanto on tyypillisempää loivilla kattokulmilla. Kuvassa 5 nähdään vuotuinen energiantuotanto nimellisteholtaan 1 kWp:n järjestelmällä.



**Kuva 4.** Tuotantoprofiili eri asennussuunnilla ja -kulmilla.



**Kuva 5.** Alhaalla vuotuinen energiantuotanto nimellistehoa (kWp) kohden Tampereella ja ylhäällä sen jakaantuminen kuukausille eri asennuskulmilla ja -suunnilla.

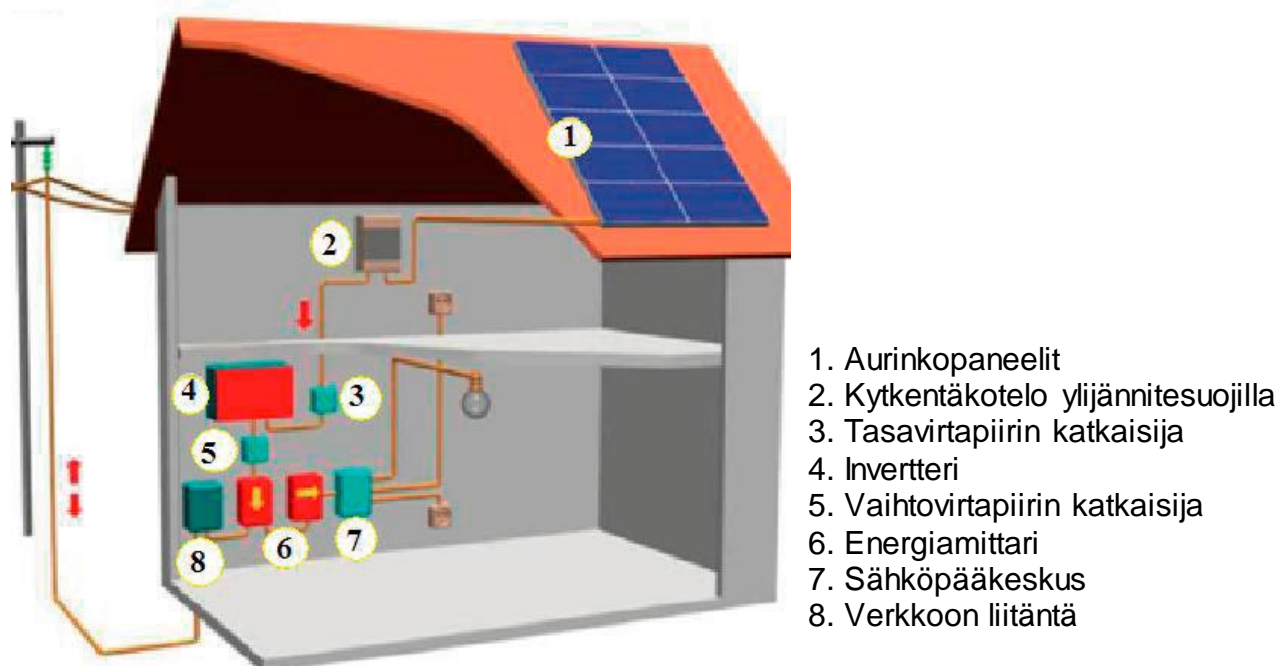
Kuten kuvasta 5 havaitaan, on loivillakin asennuskulmilla mahdollista saavuttaa 800 kWh/kWp vuosituotanto. Kuvissa 4 ja 5 esitetyissä tuotantoennusteissa on oletettu, että paneelit pidetään lumesta puhtaina. Mikäli paneeleita ei pidetä lumesta puhtaina, pienenee vuosituotanto noin 6 %. Seinäasennuksissa tuotanto nimellistehoa



kohden jää noin 650 kWh/kWp:iin. Pystysuuntaan asennettaessa etuna on kuitenkin se, että paneelit hyödyntävät talvisin säteilyn paremmin auringon paistaessa matalalta. Siten tuotanto jakaantuu tasaisemmin koko vuodelle. Paneelit eivät myöskään peity lumesta tai lehdistä.

## Aurinkosähköjärjestelmän hankinta

Aurinkosähköjärjestelmien pääkomponentit ovat aurinkopaneelit sekä vaihtosuuntaaja eli invertteri. Aurinkopaneelit asennetaan yleensä joko talon katolle tai seinälle. Aurinkopaneelit tuottavat tasajännitettä, mikä muutetaan invertterin avulla 230 V vaihtojännitteeksi eli samaksi kuin kiinteistön omassa sähköverkossa sekä jakeluverkossa oleva sähkö. Paneelien ja invertterin lisäksi tarvitaan mm. kaapeleita ja katkaisijoita.



**Kuva 6.** Aurinkosähköjärjestelmän pääkomponentit. (Naps Systems Oy)

Paneelit saadaan kiinnitettyä moniin eri kattomateriaaleihin, kuten kuvasta 7 havaitaan. Paneelien asennuksen voi tehdä myös itse, mutta usein turvallisin vaihtoehto on käyttää ammattiapua. Sähkötyöt saa tehdä vain pätevyyden omaava sähköasentaja. Suomessa on useita aurinkosähköjärjestelmätoimittajia, jotka myyvät valmiita paketteja sekä avaimet käteen -ratkaisuja. Järjestelmiä tai yksittäisiä komponentteja voi myös tilata esimerkiksi Saksasta, mutta tällöin tulee varmistaa verkkoyhtiöltä, että laitteet ovat hyväksytyjä. Omakotitaloon sopivat järjestelmät maksavat alle 3 €/W. Asennettuna hinnat ovat hieman yli 3 €/W, kun asennustyöstä saatava kotitalousvähenys otetaan huomioon.



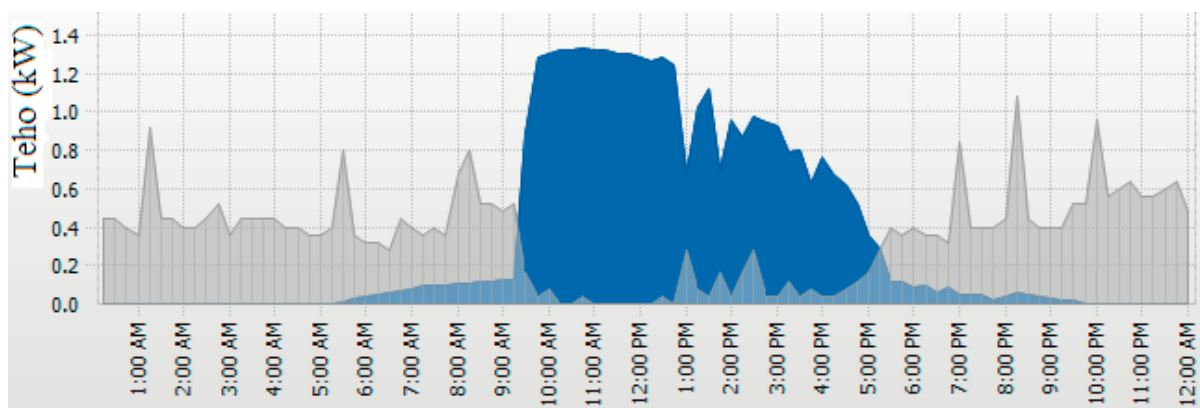


**Kuva 7.** Asennuskiskot kiinnitettynä erilaisiin kattomateriaaleihin. (Kuvat: Naps Systems Oy, Jyrki Jussila)

## Järjestelmän mitoittaminen

Järjestelmän mitoittaminen on erittäin tärkeää, jotta järjestelmästä saatava hyöty saadaan optimoitua. Tällä hetkellä suurin hyöty saadaan, kun aurinkosähköllä korvataan ostosähköä. Tällöin tarkoituksena on, että kaikki tuotettu sähköenergia hyödynnetään kiinteistössä, joten ylimitoittaminen ei kannata. Jos jokin ylijäämäsähkön tukimalli, esimerkiksi netotus, astuu voimaan, ei ylimitoittaminen ole niin kriittistä kuin tällä hetkellä. Tällä hetkellä ylimitoittaminen kasvattaa järjestelmän takaisinmaksuaikaa, kun ylijäämäsähkö joudutaan syöttämään verkkoon joko ilmaiseksi tai markkinahintaista korvausta vastaan. Markkinahintainen korvaus on yleensä noin kolmasosa ostosähkön kokonaishinnasta, sillä korvauksen saa vain sähköenergiasta. Ostosähkön hinta koostuu lisäksi sähkön siirrosta (noin 30 %) ja veroista (noin 30 %). Uudisrakennuksissa ylimitoittaminen saattaa tulla kyseeseen silloin, kun halutaan pienentää rakennuksen E-lukua.

Asuinkiinteistöissä aurinkosähköjärjestelmän mitoitus kannattaa tehdä pohjakuorman mukaan, jolloin verkkoon syöttöä ei juuri tapahdu. Pohjakuorma muodostuu asuinkiinteistöissä kesäaikaan pääasiassa kylmälaitteista ja eri laitteiden valmiustiloista. Yleisesti ylijäämäsähkötuotannon minimoimiseksi on omakotitaloon sopivan järjestelmä koko 1,2 - 2 kW kiinteistön pohjakuorman ollessa 200 - 500 W. Kuvassa 8 näkyy erään kiinteistön tuotanto ja verkosta otto eräänä kesäkuun päivänä.



**Kuva 8.** Erään 2 kW järjestelmän tuotanto ja kiinteistön verkosta ottama teho kesäkuisena maanantaina. (SMA)

Taulukossa 1 näkyy kolmen erikokoisen, optimaalisesti asennetun järjestelmän keskimääräinen tehontuotanto valoisaan aikana eri kuukausina. Taulukon avulla voi mittaata omaan kiinteistönsä aurinkosähköjärjestelmän. Kun kiinteistön pohjakuorma (W) on tiedossa, voi taulukosta katsoa kuinka paljon keskimäärin siitä saadaan kompensoitua minäkin kuukautena. On huomioitava, että asennuskulman ollessa pienempi kuin 42° keskittyy tuotanto enemmän kesäajalle, joten esimerkiksi 500 W pohjakuormaisessa talossa 2 kW järjestelmä 20° kulmassa saattaa tuottaa melko paljon ylijäämäsähköä.

Kuukausi	Päivän valoisan ajan pituus (h)	Tuotantoteho valoisaan aikaan (W)		
		1 kW:n järj.	1,5 kW:n järj.	2 kW:n järj.
Tammikuu	6,25	80	120	160
Helmikuu	9	194	291	390
Maaliskuu	11,75	217	326	435
Huhtikuu	14,75	248	372	496
Toukokuu	17,5	237	356	475
Kesäkuu	19,5	203	305	405
Heinäkuu	18,5	212	318	425
Elokuu	15,75	195	294	390
Syyskuu	13	171	257	342
Lokakuu	10	122	183	242
Marraskuu	7,25	68	102	135
Joulukuu	5,5	51	77	100

**Taulukko 1.** Pitkän aikavälin säteilytietoihin perustuva, optimaalisesti asennetun järjestelmän keskimääräinen tehontuotanto päivän valoisien tuntien aikana.

Kuten kuvasta 8 ja taulukosta 1 havaitaan, saattaa tuotannon huippukuukausina tehontuotanto poiketa suurestikin keskimääräisestä. 2 kW järjestelmän keskimääräinen

tuotantoteho valoisana aikana on kesäkuussa n. 400 W, kun kuvassa 8 se on ollut muutaman tunnin ajan noin 1300 W.

Järjestelmän nimellistehosta riippuu, kytketäänkö paneelit kiinteistön sähköverkkoon yksi- vai kolmivaiheisesti. Yksivaiheisen kytkennän maksimitehoraja on 3,68 kVA ja suurin sallittu etusulake on 16 A. Laitoksen nimellistehon suuruus on pienempi ja riippuu laitoksen ominaisuuksista. Yleensä 16 A pääsulakkeisiin yksivaiheisesti kytketyn aurinkosähköjärjestelmän maksimiteho saa olla noin 3 kW ja kolmivaiheisen noin 11 kW. Tietysti myös alle 3 kW järjestelmän voi kytkeä kolmivaiheisesti, mutta tällöin inverttereistä muodostuu melko suuri lisäkustannus. Pienimmät kolmivaiheinverterit ovat tyypillisesti n. 5 kW, joten haluttaessa tätä pienempi järjestelmä talon sähköverkkoon kolmivaiheisena, täytyy jokaiselle vaiheelle asentaa oma invertterinsä.

Yleensä omakotitalokokoluokassa kytketään paneelit yksivaiheisesti. Sähköasentajan kytkiessä paneelit verkkoon voidaan vaiheistus järjestellä siten, että pohjakuormaa on mahdollisimman paljon samalla vaiheella. Koska mittauskin hoidetaan usein vaiheittain, voidaan ajautua tilanteeseen, missä yksi vaihe syöttää ylijäämää verkkoon ja kaksi muuta ottaa sähköä verkosta. Tästä syystä pitäisi pohjakuormaa olla mahdollisimman paljon samalla vaiheella tuotantoyksikön kanssa. Yhden vaiheen kuorma ei kuitenkaan saa olla liian suuri verrattuna kahteen muuhun, sillä vaiheiden epäsymmetria aiheuttaa sähkön laadun heikentymistä. Virtakytkimen avulla on myös mahdollista tehdä automaattinen ohjaus ylijäämäsähkölle. Ylijäämäsähkö voidaan hyödyntää syöttämällä se esimerkiksi lämminvesivaraajan yhdelle vaiheelle. Veden lämmitys aurinkosähköllä ei ole kannattavaa sen huonon hyötysuhteen vuoksi, mutta on usein tuottajan kannalta parempi vaihtoehto kuin verkkoon syöttö ilman korvausta.

Suurissa kiinteistöissä kulutuksen suuruus ja ajallinen vaihtelu riippuvat kohteesta. Hankittavan järjestelmän kokoa ohjaavat yleensä muut tekijät kuin ylijäämäsähkön syntyminen. Järjestelmän nimellistehoalintaan vaikuttavat esimerkiksi imagolliset ja taloudelliset syyt tai potentiaalinen asennuspinta-ala. Asuinkerrostaloissa aurinkosähköllä olisi kannattavaa korvata ostettua kiinteistösähköä, jota kuluu muun muassa hisseihin ja ilmanvaihtoon. Toimistorakennuksissa kulutus on aurinkosähkön kannalta juuri oikeaan aikaan. Pitkästi ilmastoinnin takia se keskittyy päiväajalle ja kesähelteille aurinkosähkötuotannon ollessa huipussaan, jolloin jäähdytystarve on myös suurimmillaan. Tehdashalleissa, kauppakeskuksissa ja toimistorakennuksissa kulutus on yleensä niin suurta, ettei verkkoon syöttöä yleensä tapahdu.

## Verkkoon kytkentä

Raumalla on alueita ja yksittäisiä rakennuksia joihin ei sallita julkisivuun muutoksia. Ennen laitteiston hankkimista on syytä käydä keskustelemassa asiasta henkilökohtaisesti Rauman kaupungin rakennusvalvonnassa: Lyseokatu 2E, 2. krs, Rauma, puh (02) 834 5002. Tapauksesta riippuen Raumalla aurinkosähköjärjestelmän asentamiseen tarvitaan joko toimenpidelupa tai toimenpideilmoitus.

Ohjeen sähköä tuottavan laitteiston liittämiseksi jakeluverkkoon ja verkkopalvelun tekniset edellytykset löydät oman sähköverkkoyhtiön www-sivuilta:

Rauman Energia Oy:n sivuilta kohdasta: sähköverkko ja liittymät/hajautetun tuotannon liittäminen verkkoon/

- tai vaihtoehtoisesti seuraavasta linkistä:  
[http://www.raumanenergia.fi/sahkoverkko/fi\\_FL/tuotanto/](http://www.raumanenergia.fi/sahkoverkko/fi_FL/tuotanto/)

Vakka-Suomen Oy:n sivuilta kohdasta: sähköverkko ja liittymät/hajautetun tuotannon liittäminen verkkoon/

- tai vaihtoehtoisesti seuraavasta linkistä: [http://www.vsv.fi/sahkoverkot-ja-liittymat/hajautettu-tuotanto/fi\\_FL/hajautettu-tuotanto/](http://www.vsv.fi/sahkoverkot-ja-liittymat/hajautettu-tuotanto/fi_FL/hajautettu-tuotanto/)

Tuotantolaitosta ei tule koskaan kytkeä verkkoon ilman verkkoyhtiön lupaa, sillä verkkoyhtiön pitää olla tietoinen niin takasyöttöriskistä kuin siitä, että kytkettävät laitteistot ovat verkkoon sopivia. Ennen järjestelmän hankintaa onkin hyvä varmistaa verkkoyhtiöltä laitteiston sopivuus verkkoon. Verkkoon kytkennän tulee tehdä asianmukaiset pätevyudet omaava sähköasentaja. Aurinkosähköjärjestelmiä myydään usein avaimet käteen -paketteina, jolloin järjestelmän toimittaja vastaa myös verkkoon kytkennästä. Tuottajan on kuitenkin hyvä tietää verkkoon liittäminen periaatteet, sillä väärin käytettynä tuotantolaitteisto voi aiheuttaa vaaratilanteita.

Sähköntuotantolaitteiston valmistumisesta on ennen sen käyttöönottoa tehtävä jakeluverkon haltijalle ilmoitus, johon liitetään mukaan tuotantolaitteiston perustietolomake sekä käyttöönoton testauspöytäkirja tai todistus tyyppitestatusta laitteesta. Käyttöönoton testauksessa varmistetaan, että tuotantolaitteiston suojaus toimii asetettujen määräysten mukaisesti eikä siten aiheuta vaaratilanteita tai sähköön laadun heikentymistä. Mikrotootantolaitoksen saa kytkeä jakeluverkkoon vasta, kun jakeluverkonhaltija on antanut siihen luvan.

Sähköturvallisuusstandardien mukaan sähköntuotantolaitos tulee olla erotettavissa verkosta. Erotuslaitteessa on oltava näkyvä ilmajäli tai selkeä asennonosoitus. Erotin pitää olla selkeästi merkitty ja sen käyttömekanismi tulee olla lukittavissa auki asentoon. Lisäksi jakeluverkon haltijalla on oltava esteetön pääsy erottimelle tai kaukokytkentämahdollisuus. Suositeltavaa on käyttää lukittavaa turvakytintä. Erotuskytkin voi

sijaita kiinteistön ulkoseinässä tai erillisessä teknisessä tilassa, johon verkkoyhtiöllä on esteetön pääsy.

Verkon kanssa rinnan toimiva tuotantolaitos ei saa aiheuttaa häiriötä verkkoon eikä muihin sähköasennuksiin. Jännitteen laadun tulee säilyä liittämiskohdassa standardin SFS-EN 50160 Yleisen jakelujännitteen ominaisuudet mukaisena. Aurinkosähköjärjestelmän suojauslaitteiston on kyettävä erottamaan laitos verkosta, mikäli verkkosyöttö katkeaa. Erottamisen on tapahduttava myös silloin, kun verkon jännite tai taajuus ei pysy annetuissa rajoissa. Tuotantolaitos ei myöskään saa koskaan kytkeytyä takaisin verkkoon, kun verkon jännite tai taajuus ei ole annetuissa rajoissa. Aurinkosähköjärjestelmän suojauksen on sisällettävä ainakin yli- ja alijännitesuojaus, yli- ja alitaajuussuojaus sekä ylivirtasuojauks. Lisäksi käytännössä aina tarvitaan maasulku- ja yksinsyötön estävä suoja. Yleensä invertteri sisältää nämä suojausominaisuudet.

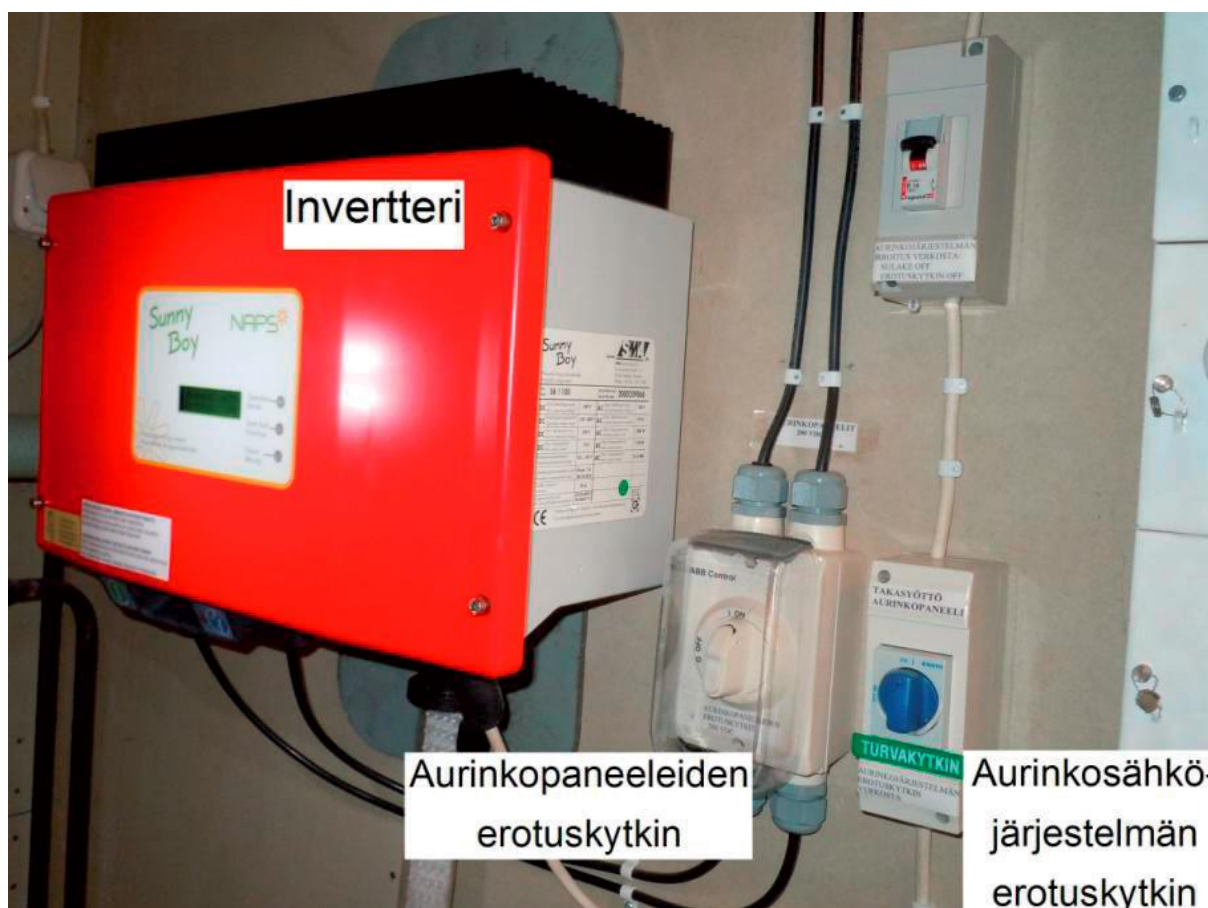
Tyypillisessä vikatilanteessa invertterin sisäinen suojaus katkaisee vikavirran nopeasti. Käytettäessä esimerkiksi mikroinverttereitä tai invertterin suojauksen ollessa riittämätön täytyy suojalaitteet asentaa erikseen. Taulukossa 2 näkyvät Energiateollisuus ry:n (ET) asettamat irtikytketymsisarvot, jotka ovat yhtenäiset standardin SFS-EN-50438 kanssa, mutta on laajennettu koskemaan kaikkia enintään 50 kVA:n laitoksia. Taulukossa näkyy myös Saksan standardin VDE-AR-N 4105 irtikytketymsisarvot.

**Taulukko 2.** Enintään 50 kVA:n tuotantolaitteiston irtikytketymsivaatimukset

<i>Parametri</i>	<i>Toiminta-aika</i>	<i>Asetteluarvo</i>	
		<i>Suomi</i>	<i>Saksa</i>
<i>Ylijännite</i>	$\leq 0,2 s$	$U_n + 10 \%$	$U_n + 10 \%$
<i>Alijännite</i>	$\leq 0,2 s$	$U_n - 15 \%$	$U_n - 20 \%$
<i>Ylitaajuus</i>	$\leq 0,2 s$	51 Hz	51,5 Hz*
<i>Alitaajuus</i>	$\leq 0,2 s$	48 Hz	47,5 Hz
<i>Saareke-esto (LoM)</i>		$\leq 5 s$	$\leq 5 s$

\* 50,2 Hz alkaen päätötehon vähennys 40 %/Hz.

Kiinteistön verkosta ottaman ja sinne syöttämän sähkön mittaaminen hoidetaan etäluettavalla energiamittarilla, jonka verkkoyhtiö omistaa. Mittarit ohjelmoidaan verkkoyhtiön toimesta mittaamaan kahdensuuntaista siirtoa. Verkonhaltija lukee verkosta otetun ja verkkoon syötetyn sähköenergian. Yli 50 kVA tehoisille laitteistoille ja yli 3x63 A liittymille on omat ohjeensa. Mikrotuottajan tulee ilmoittaa jakeluverkon haltijalle, mille vaiheelle yksivaiheinen tuotanto kytetään. Jakeluverkon haltijalla tulee olla mahdollisuus vaikuttaa, mihin vaiheeseen tuotantolaitos kytetään



**Kuva 9.** Erään aurinkosähkökohteen verkkoon liitännälaitteet. Tekniseen tilaan on verkkoyhtiöllä esteetön päästy. (Kuva: Minna Paavola)

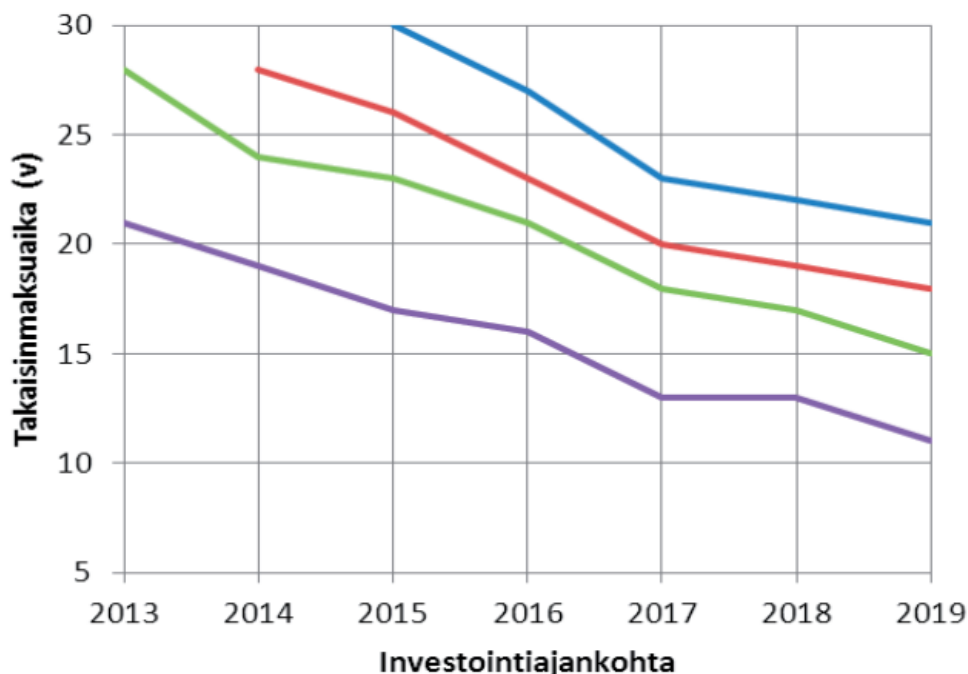
## Investoinnin kannattavuus

Kannattavuuteen vaikuttavat eniten tuotetun sähkön määrä sekä korvattavan ostosähkön hinta ja sen kehittyminen järjestelmän elinkaaren aikana. Mikäli kiinteistössä syntyy paljon ylijäämäsähköä, alentaa se järjestelmän kannattavuutta. Tästä syystä järjestelmän mitoittaminen on tärkeää. Korvattavan ostosähkön hintaan ja sen kehittymiseen ei voi vaikuttaa, mutta tuotetun energian määrään voi vaikuttaa asennuspaikan valinnalla sekä esimerkiksi harjaamalla paneelit lumettomiksi.

Omakotitalokokoluokassa aurinkosähköjärjestelmien takaisinmaksuaikoja laskettaessa oletetaan järjestelmän elinkaareksi 30 vuotta, siten että invertteri uusitaan kerran elinkaaren aikana, eikä muita käyttökustannuksia ole. Järjestelmän maksimitehon oletetaan laskevan elinkaaren aikana siten, että paneelit tuottavat sähköä ensimmäiset 5 vuotta nimellistehollaan, jonka jälkeen 5 vuotta 90 %, siitä seuraavat 15 vuotta 80 % ja loput 5 vuotta 70 % nimellistehostaan. Vuonna 2012 1,2 kW:n järjestelmän hinta oli 3,1 €/W. Kun oletetaan, että ostosähkön hinta nousee tasaisesti 2 % vuodessa, on takaisinmaksuaika 28 v. Järjestelmän hinta suhteessa tehoon pienenee



järjestelmän koon kasvaessa. 2 kW järjestelmän hinnan ollessa 2,7 €/W on takaisinmaksuaika 25 vuotta. Kuten kuvasta 10 havaitaan, voidaan järjestelmähintojen laskiessa ennustaa pienimpienkin järjestelmien takaisinmaksuaikojen laskevat alle 20 vuoteen vielä tällä vuosikymmenellä. Laskelmassa on oletus järjestelmähintojen vuotuisesta 10 % laskusta.



**Kuva 10.** 1,2 kW:n järjestelmän takaisinmaksuajan kehittyminen lähivuosina eri skenaarioilla ostosähkön hinnan kehitymisestä.

<b>Skenaario 1</b>	Sähkön hinta pysyy nykyisellään
<b>Skenaario 2</b>	Sähkön hinta nousee 1 % vuodessa
<b>Skenaario 3</b>	Sähkön hinta nousee 2 % vuodessa
<b>Skenaario 4</b>	Sähkön hinta jatkaa vuotuista 5 % kasvua



## Lisätietoja:

- Verkkoon kytkettyjen aurinkosähköjärjestelmien potentiaali Tampereella – diplomityö: tekn.kand. Minna Paavola, TTY (2013).
- Aurinkoteknillinen yhdistys ry: [www.aurinkoteknillinenyhdistys.fi](http://www.aurinkoteknillinenyhdistys.fi)
- Motiva, Auringosta sähköä ja lämpöä:  
[http://www.motiva.fi/julkaisut/uusiutuva\\_energia/](http://www.motiva.fi/julkaisut/uusiutuva_energia/)
- [auringosta\\_lampoa\\_ja\\_sahkoa.1027.shtml](http://www.motiva.fi/julkaisut/uusiutuva_energia/auringosta_lampoa_ja_sahkoa.1027.shtml)
- PVGIS, ilmainen verkkotyökalu tuotantomäärien arviointiin eri asennussuunnilla ja -kulmilla:  
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=en&map=europe>
- Energiateollisuus ry, Hajautettu pientuotanto:  
<http://energia.fi/sahkomarkkinat/sahkoverkko/pientuotanto>
- Rauman Energian toimiston aurinkovoimalan tuotannon seuranta:  
<http://aurinko.raumanenergia.net/>