



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Miko Rein

# Aurinkosähköjärjestelmän integrointi parvekekaiteisiin

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

27.4.2019

Tekijä Otsikko	Miko Rein Aurinkosähköjärjestelmän integrointi parvekekaiteisiin
Sivumäärä Aika	27 sivua + 2 liitettä 27.4.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	lehtori Tuomo Heikkinen tuoteryhmäpäällikkö Krista Jaatinen
<p>Tämän insinööryön aiheena on aurinkosähköjärjestelmän integrointi parvekekaiteisiin. Insinööryön tavoitteena oli kartoittaa Helen Oy:lle parvekekaiteisiin integroitujen aurinkopaneelien asennustapoja, vaikutusta tuottoon sekä tehdä kustannuslaskelmat eri asennustavoista.</p> <p>Työssä tutkittiin erilaisia asennustapoja ja asennustapojen vaikutusta tuotantoon. Kahdesta esimerkki asennuksesta tehtiin myös kustannuslaskelmat. Tuotantoa tutkittiin PVGIS-ohjelmalla. Asennustavasta ja parvekelasi tyypistä tehtiin suositus, jossa otettiin huomioon asennuksen helppous ja hinta.</p> <p>Laskelmia tehdessä huomattiin, että kiinteistösähköön kytketty aurinkosähköjärjestelmä tulee suhteessa halvimmaksi asentaa ja aurinkosähköjärjestelmän tuottama sähkö saadaan paremmin hyödynnettyä kiinteistössä.</p> <p>Työn tilaaja Helen Oy oli tyytyväinen lopputulokseen. Työstä saa hyvän käsityksen siitä kuinka paljon parvekelaseihin integroitu aurinkosähköjärjestelmä tuottaa sähköä ja kuinka paljon sellaisen asentaminen maksaa.</p>	
Avainsanat	aurinkosähkö, aurinkopaneeli, parvekekaiteet

Author Title	Miko Rein Integration of Photovoltaic System into Balcony Railings
Number of Pages Date	27 pages + 2 appendices 27 April 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and automation engineering
Professional Major	Electrical power engineering
Instructors	Tuomo Heikkinen, Senior Lecturer Krista Jaatinen, Product Group Manager
<p>The subject of the thesis work is integration of photovoltaic system into balcony railings. The aim was to clarify different ways to install an integrated photovoltaic system into balcony railings and to find out how this influences production. Calculations of costs were also done. This study was made for Helen Oy.</p> <p>The thesis examines different installation methods and the impact of the installation method on production. Two examples of installation were also made for cost calculations. Production was investigated with PVGIS -program. The ease of installation and the price of the balcony railing were also taken into account and after that a recommendation of the installation method and the balcony railing type were made.</p> <p>When making the calculations, it was found that the system connected to the property electricity is relatively inexpensive to install and that the electricity produced by the photovoltaic system is better utilized in the property.</p> <p>The client Helen Oy was satisfied with the result. This study gives a good idea about how much the integrated photovoltaic system into balcony railings produces electricity and how much it costs to install it.</p>	
Keywords	photovoltaic, solar panel, balcony railings

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Aurinkosähköjärjestelmää koskevat lait, standardit, määräykset ja ohjeet	2
3	Aurinkopaneelien rakenne	3
4	Aurinkopaneelien tuotanto	4
5	Aurinkopaneelien sähköasennukset	6
5.1	Aurinkosähköjärjestelmän osat	6
5.2	Integroidut asennukset	9
6	Asennustapojen vertailu	13
6.1	Paneelien ryhmittely ja asennuspaikka	13
6.2	Parvekelasielementin tyyppin vaikutus sähköasennuksiin	14
6.3	Asuntokohtainen tai kiinteistösähköön kytketty kaapelointi	14
6.3.1	Asuntokohtainen kaapelointi	15
6.3.2	Kiinteistösähköön kytketty kaapelointi	15
7	Kustannuslaskelmat	16
8	Yhteenveto	19
	Lähteet	21
	Liitteet	
	Liite 1. PVGIS-ohjelmalla arvioitu vuosituotto asuntokohtaisella kytkennällä	
	Liite 2. PVGIS-ohjelmalla arvioitu vuosituotto kiinteistökohtaisella kytkennällä	

## Lyhenteet

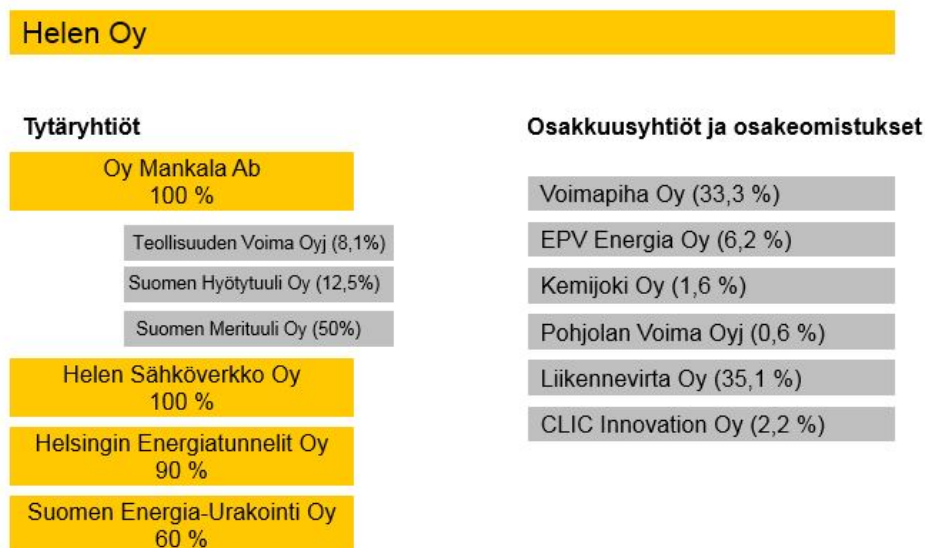
AC	Alternative current. Vaihtovirta.
DC	Direct current. Tasavirta.
I	Virta.
kWh/a	Kilowattituntia vuodessa.
MPPT	Maximum Power Point Tracking. Suurimman tehopisteen seuranta.
P	Teho.
PV	Photovoltaic. Aurinkosähkö.
PVGIS	Photovoltaic Geographical Information System. Aurinkosähkötietojärjestelmä.
SFS	Suomen Standarditoimisto SFS ry.
TUKES	Turvallisuus- ja kemikaalivirasto.
U	Jännite.
VDE	Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik. Sähkötekniikan ja tietotekniikan yhdistys.
$W_p$	Wattipiikki.
$W/m^2$	Wattia per neliometri.

## 1 Johdanto

Ilmaston muutoksen myötä tulevaisuudessa pyritään tuottamaan mahdollisimman suuri osa energiasta ilmastoneutraalisti. Muutos vie aikaa ja sen takia täytyy keittää uudenlaisia innovatiivisia energiantuotantoratkaisuja. Ilmastoneutraaleja tuotantolaitoksia ovat esimerkiksi aurinkovoimalat, tuulivoimalat sekä vesivoimalat.

Tässä insinööriyössä käsitellään integroituja aurinkojärjestelmiä, ja työ on rajattu koskemaan parvekelaseihin integroituja aurinkojärjestelmiä. Insinööriyön tavoitteena on kartoittaa Helen Oy:lle parvekelaseihin integroitujen aurinkopaneeleiden asennustapoja, tutkia asennustavan vaikutusta tuotantoon sekä tehdä kustannuslaskelma esimerkki asennuksesta.

Helen Oy on Helsingin kaupungin omistama yhtiö. Helen-konserni muodostuu emoyhtiö Helen Oy:stä sekä sen tytäryhtiöistä Helen Sähköverkko Oy, Oy Mankala Ab, Helsingin Energiatunnelit Oy sekä Suomen Energia-Urakointi Oy. Helenillä on laaja-alainen energia-alan osaaminen ja sen energiatuotantomalli on palkittu maailmalla. Helen myy asiakkailleen muun muassa sähköä, kaukolämpöä ja -jäähdytystä sekä tarjoaa ratkaisuja pientuotantoon, energian käyttöön ja sen tehostamiseen. Kuvassa 1 näkyy Helenin konsernirakenne kokonaisuudessaan. [1.]



Kuva 1. Helen Oy:n konsernirakenne 01.02.2019 [1].

Helen Oy tuottaa energiaa kolmessa voimalaitoksessa, yli kymmenessä lämpölaitoksessa, kahdessa jäähdytyskeskuksessa sekä maailman suurimmassa lämpöpumppulaitoksessa. Helen on myös yksi Suomen suurimmista aurinkosähkön tuottajista. Aurinkovoimaloissa on yhteensä jo yli 4 000 paneelia. Helen kehittää jatkuvasti uusia tapoja ja menetelmiä toimia vastuullisemmin ja paremmin. Yhtiön tavoite on tuottaa ilmastoneutraalia energiaa vuoteen 2050 mennessä [1].

## **2 Aurinkosähköjärjestelmää koskevat lait, standardit, määräykset ja ohjeet**

Aurinkosähköjärjestelmää rakentaessa tulee noudattaa sähköasennuksia koskevia lakeja, asetuksia, määräyksiä sekä ohjeita. Sitovin näistä on sähköturvallisuuslaki, jonka uusin versio on 1135/2016. Tämä laki vaatii, että asennukset tulee tehdä turvallisiksi. Sähköturvallisuusviranomainen TUKES on julkaissut luettelon standardeista ja muista ohjeista. Toimimalla näiden mukaisesti voidaan varmistua turvallisuudesta. [2, s. 31]

Aurinkosähköjärjestelmien kannalta tärkeimmät standardit löytyvät SFS 600-1-1 sekä 600-1-2 -käsikirjoista, SFS 607 -käsikirjasta sekä VDE-AR-N-4105 standardista. SFS 600-1-1 sekä 600-1-2 -käsikirjat sisältävät standardisarjan pienjänniteasennuksien tekkoon. Käsikirjasta SFS 600-1-2 löytyy myös valosähköisten tehonsyöttöjärjestelmien oma standardi SFS 6000-7-712. SFS 607 -käsikirja sisältää tarkemmat ehdot aurinkosähköjärjestelmän suunnittelusta, toteutuksesta, käyttöönotosta sekä käytöstä ja ylläpidosta. Käsikirja sisältää standardit:

- SFS 600-7-712, Pienjänniteasennukset, Valosähköiset tehonsyöttöjärjestelmät
- SFS-EN 62446, Sähköverkkoon kytketyt PV-järjestelmät
- SFS-EN 61724, Valosähköisen järjestelmän suorituskyvyn valvonta
- SFS-EN 50438, Tekniset vaatimukset yleisen pienjännitejakeluverkon kanssa rinnan toimiville mikrogeneraattoreille.

VDE-AR-N-4105 on saksalainen standardi ja on vastaava, kuin Suomessa tehty SFS-EN 50438. Suomessa aurinkosähköjärjestelmän saa liittää valtakunnan verkkoon, jos sen verkkoinvertteri täyttää standardin VDE-AR-N-4015 ja/tai SFS EN 50438 mukaiset vaatimukset. [2, s. 32.]

Sähkön pientuotantoa säännellään muun muassa sähkömarkkina- (588/2013), sähköverolaissa (30.12.1996/1260 ja 480/2016) sekä mittausta ja taseselvitystä koskevassa mittausasetuksessa (66/2009 ja 217/2016). Jos aurinkosähköjärjestelmä on alle 100 kVA, ei tarvita erillistä mittalaitetta. Se riittää, että kohteessa on sähköverkkoyhtiön toimittama etäluettava sähkömittari, joka kykenee mittaamaan erikseen verkosta otetun ja siihen syötetyn sähköenergian. Silloin, kun hankitaan aurinkosähköjärjestelmä, tulee sähköverkkoyhtiölle toimittaa mikrotuotannon yleistietolomake. Sillä varmistetaan siitä, että kohteessa on oikeanlainen mittari. [2, s. 33.]

Sähkömarkkinoille tuottajan on mahdollista päästä, jos tuotantolaitos täyttää sille asetetut tekniset vaatimukset. Jos vaatimukset on täytetty voidaan tuotantolaitos liittää verkkoon ja sähköä saa siirtää verkkoon, jos mittarin tekniset vaatimukset täyttyvät ja sähkölle on ostaja. Kaikki sähkön tuottajat ja sähköä jakelevat sähköverkkoyhtiöt ovat sähköverovelvollisia. Sähköntuottajan ei kuitenkaan tarvitse maksaa sähköveroa verkkoon siirretystä sähköstä, vaan tämän hoitaa sähköverkkoyhtiö laskuttamalla lopullista sähkön käyttäjää. Sähkön pientuottajan ei tarvitse maksaa sähköveroa, mikäli sähköä tuotetaan enintään 100 kVA:n laitteistolla tai yli 100 kVA:n laitteistolla, joka tuottaa vuodessa alle 800 000 kWh. [2, s. 35.]

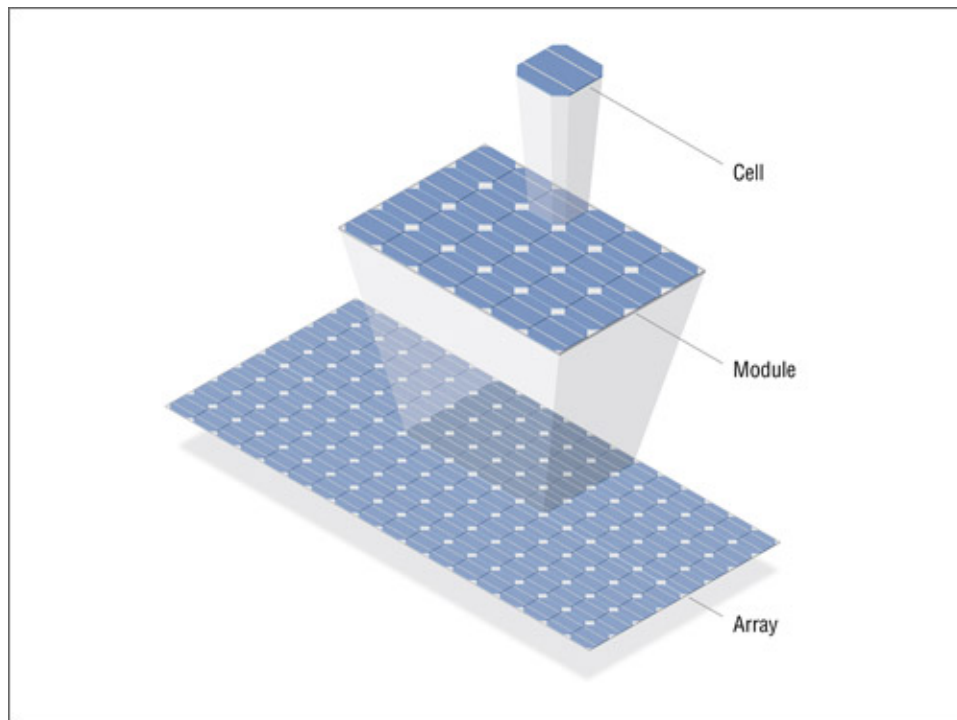
### 3 Aurinkopaneelien rakenne

Tavallisissa aurinkopaneeleissa on yksi- tai monikiteisiä piikennoja. Pii on maankuoren toiseksi yleisin alkuaine [3]. Yksikiteinen piikenno valmistetaan nimensä mukaisesti yksikiteisestä piistä sahatuista kiekkoista, joista leikataan palat pois. Näin saadaan aktiivinen pinta-ala suuremmaksi. Monikiteinen piikenno valmistetaan yleensä neliskulmaisesksi. Tällä tavalla saadaan katettua isompi alue kuin yksikiteisellä piikennolla. [4, s. 4.]

Kennoista valmistetaan sarjaan kytkemällä paneeleja. Sarjakytkennässä kennojen jännite nousee ja virta pysyy samalla tasolla. Tavanomaisen kennon koko on 156 mm x 156 mm ja jännite noin 0,6 voltia. Paneeleissa on parillinen määrä kennoja. Yleensä kennojen määrä per paneeli on 60, mutta on olemassa myös erikokoisia paneeleita. Kennojen määrä riippuu usein paneelin fyysisestä koosta. [4, s. 4.]



Paneelisto saadaan aikaiseksi kytkemällä aurinkopaneeleita sarjaan. Kuvasta 2 saa havainnollistettua miten kennoista muodostuu paneeli ja paneeleista lopulta paneelisto.



Kuva 2. Aurinkokennoja (Cell) kytketään sarjaan ja siitä tulee yksi aurinkopaneeli (Module). Jos paneeleita kytketään sarjaan niin saadaan aikaan paneelisto (Array) [5].

#### 4 Aurinkopaneelien tuotanto

Optimitilanteessa aurinkopaneelit suunnataan etelään eli kohti päiväntasaajaa. Paneelit voidaan myös suunnata kaakon ja lounaan välille, jolloin tuotto ei merkittävästi alene. Tällöin suuntaus vaikuttaa siihen, että mihin vuorokauden aikaan tuottoa tulee. [6, s. 18.]

Tilanteessa, jossa paneelit asennetaan itä- ja länsisuuntaisesti, laskee vuosituotto noin 30 prosenttia [7, s. 22]. Silloin voidaan kuitenkin optimoida paneelien tuottoa kuormitushuipun kohdalle. Jos kiinteistön kuormitushuippu on aamulla, paneelit kannattaa suunnata itään ja jos taas kuormitushuippu on illalla kannattaa paneelit suunnata länteen [6, s. 18].

Aurinkopaneeleista saadaan ulos paras teho silloin, kun auringon säteily tulee kohtisuoraan 0 asteen tulokulmassa. Paneelien sijainnin leveysaste eli latitudi vaikuttaa auringon

keskimääräiseen korkeuteen. Nyrkkisääntönä parhaalle kallistuskulmalle pätee yleensä vuositasolla noin kaksikymmentä astetta vähennettynä leveysasteesta [6, s. 18]. Suomessa optimaalinen kallistuskulma maantieteellisestä sijainnista riippuen osuu 40–50 asteen kohdille. [8, s. 120.]

Photovoltaic geographical information system eli PVGIS-laskentatyökalun mukaan paneelien pystyasennuksen tuotanto jää noin 26 prosenttia pienemmäksi kuin 40 asteen optimikulmaan asennetut paneelit. Molemmat paneelit ovat Helsingin leveysasteella ja ne on suunnattu kohti etelää [8, s. 169].

Aurinkopaneelin läpinäkyvyyden vaikutus tuotantoon on suoraan verrannollinen kennojen määrään. Kennojen määrä vaikuttaa taas paneelin tehoon ja sitä kautta hyötysuhteeseen.

Hyötysuhde voidaan laskea jakamalla paneelin nimellisteho sen pinta-alalla ja standardiolosuhteiden säteilymäärällä, joka on  $1000 \text{ W/m}^2$  [6, s. 142]. Esimerkiksi jos paneelin nimellisteho on 250 wattipiikkiä ja sen pinta-ala on 1,65 neliometriä, voidaan hyötysuhde laskea kaavalla 1.

$$250 \text{ W}_p \div \left(1,65 \text{ m}^2 \times 1\,000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}\right) \approx 15 \% \quad (1)$$

Jos aurinkopaneelin kennot vähenevät niin samalla vähenee sen tuottama nimellisteho. Hyödyntäen kaavaa 1 voidaan laskea esimerkkejä hyötysuhteen laskusta.

Taulukko 1. Aurinkopaneelin läpinäkyvyyden vaikutus hyötysuhteeseen. Paneeli on pinta-alaltaan  $1,65 \text{ m}^2$  ja siihen kohdistuu standardiolosuhteiden säteilymäärä ( $1\,000 \text{ W/m}^2$ ). [6, s. 142.]

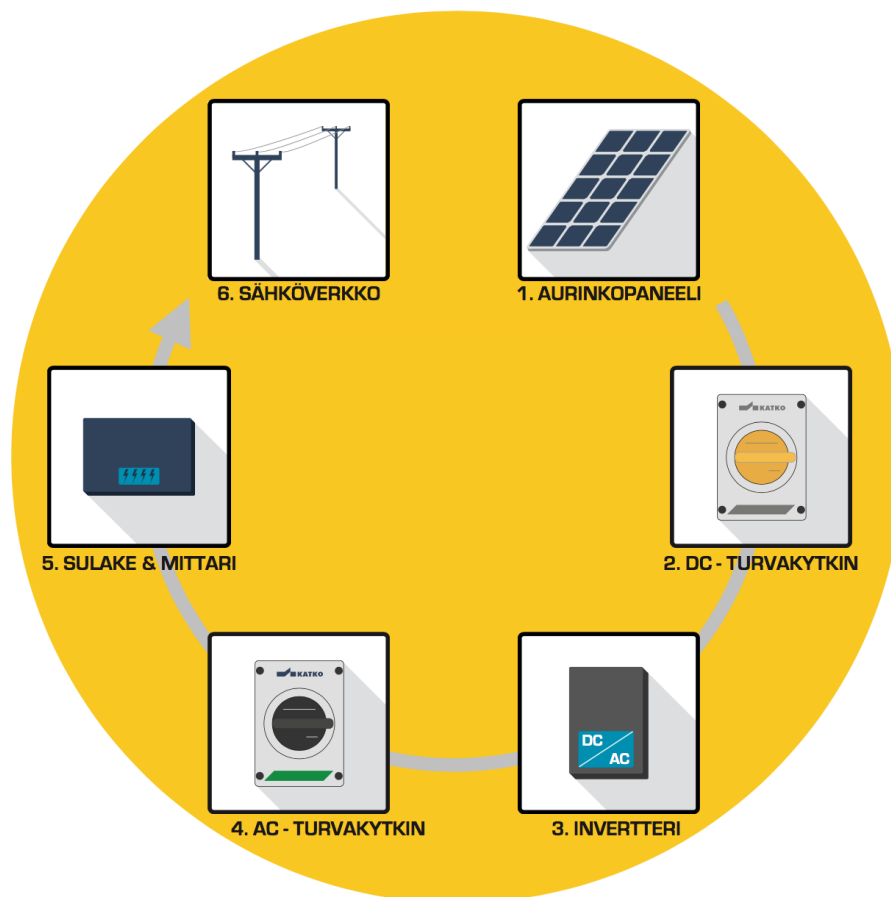
Nimellisteho	Hyötysuhde	Kennojen määrä
250 Wp	15 %	60 kpl
200 Wp	12 %	48 kpl
150 Wp	9 %	36 kpl
100 Wp	6 %	24 kpl

Tavanomaisessa 1,65 m<sup>2</sup>:n aurinkopaneelissa on 60 kennoa. Kennojen määrän lasku on suhteutettu nimellistehoon. Taulukosta 1 saa havainnollistettua tilanteen, jossa kennoja on vähemmän paneelia kohden.

## 5 Aurinkopaneelien sähköasennukset

### 5.1 Aurinkosähköjärjestelmän osat

Tyypilliset aurinkosähköjärjestelmän osat ovat aurinkopaneeli, verkkoinverterti, kaapelointi, turvakytkimet sekä sähkökeskukseen asennettavat sulakkeet. Kuvasta 3 näkee tyypillisen aurinkosähköjärjestelmän osien järjestyksen.



Kuva 3. Verkkoon kytketyn aurinkosähköjärjestelmän yleiskaavio [9].

## Aurinkopaneelit

Tyypillisesti kiinteistökäytössä käyttökelpoisena ratkaisuna on pidetty yksikide- ja monikidepaneeleita. Yksikidepaneelin hinta per watti on hieman korkeampi, kuin monikidepaneelilla. Sen hyötysuhde on myös parempi, kuin monikiteiselläpaneelilla. Yksikidepaneelit ovat kuitenkin herkempiä varjostukselle. Esimerkiksi lehdet tai lipputangon varjostus pudottavat paneelin tuotantotehoa huomattavasti enemmän kuin monikidepaneeleissa. [8, s. 57.]

## Verkkoinvertteri

Verkkoinvertterin tehtäviin kuuluu muuttaa aurinkopaneelien tuottaman tasajännitteen (DC) vaihtojännitteeksi (AC) sekä huolehtia suojauksesta. Se tyypillisesti asennetaan sähköpääkeskuksen tai alakeskuksen läheisyyteen ja kytketään kiinteistön syöttöpuolelle. [8, s. 140.]

Invertterejä valmistetaan yksivaiheisina sekä kolmevaiheisina. Jos järjestelmän kokonaishuipputeho on alle  $3 \text{ kW}_p$ , on yleensä käytettävä yksivaiheista invertteriä, sillä tällä hetkellä markkinoilla olevien kolmivaiheisten invertterien kokonaisteho on pienimmillään noin kolme kilowattia. Tämä tarkoittaa sitä, että vain kodin sähkölaitteet, jotka ovat kytkettynä samalle vaiheelle kuin invertteri, hyötyvät aurinkopaneelien sähköstä. Kuvassa 4 on kolmivaiheinen invertteri. [6, s. 144.]



Kuva 4. Kaco Blueplanet kolmivaiheinen invertteri [10].

Markkinoilla on myös mikroinvertterejä, jotka liitetään aurinkosähköjärjestelmään paneelikohtaisesti tai sen perään tulee muutama pienempi tehoinen paneeli. Yhden mikroinvertterin perään kytketään yleensä alle 0,5 kW<sub>p</sub>:n paneeleita. Silloin jos järjestelmä on toteutettu mikroinverttereillä, saadaan tehokkaammin tuotettua sähköä, vaikka osa paneeleista olisi varjossa tai suunnattu eri suuntaan kuin muut paneelit. Kuvassa 5 on 350 watin mikroinvertteri. [6, s. 147.]



Kuva 5. AE Conversion 350 W ja 60 V mikroinvertteri [11].

### Kaapelointi

Aurinkosähköjärjestelmän tasavirtapuolella käytetään tavanomaisesti 6:n tai 10 mm<sup>2</sup>:n suojattua aurinkopaneelikaapelia. Tämä osa on paneelistolta verkkoinvertterille. Järjestelmän vaihtovirtapuolella käytetään normaalia sisäasennuskaapelia esimerkiksi MMJ 5 x 2,5 S. Tämä osa on verkkoinvertterin ja turvakytkimen sekä sähkökeskuksen väli. [8, s. 141.] Kaapeloinnissa tulee ottaa huomioon asennus matka, paneeliston tuottama virta sekä suurin sallittu jännitehäviö. [7, s. 56.]

### Turvakytkimet

Silloin kun suunnitellaan on-grid-järjestelmiä, tulee varmistua siitä, että järjestelmän invertterin pystyy erottamaan DC- ja AC-puolelta. Tämä on mahdollista toteuttaa niin, että vaihtosuuntaajassa on DC-puolella erotuskytkin ja AC-puolella koko aurinkosähköjärjestelmän turvakytkin [2, s. 97]. Turvakytkin tulee asentaa esteettömään tilaan. Se on pakollinen osa järjestelmää ja se vaaditaan sähköturvallisuusmääräyksessä. [8, s. 141.]

## Sähkökeskukseen liittyminen

Kytkeä sähkökeskukseen tehdään sulakkeen kautta syöttöpuolelle. Sähkökeskukseen kytkentä tehdään vapaana olevaan sulakepaikkaan. Jos sellaista ei löydy voidaan kytkentä tehdä myös ulkoiseen sulakelaatikkoon [8, s. 143]. Vaikka tavanomaisesti sulakekoko määräytyy nimellistehon mukaan, aurinkojärjestelmissä valitaan yleensä noin kaksi kertaa suurempi sulake. Verkkoinvertteri manuaalissa on usein maininta tästä suosituksesta. [8, s. 144]

## 5.2 Integroidut asennukset

Integroiduissa asennuksissa aurinkopaneelit asennetaan korvaamaan jotain rakennetta, eikä jo valmiin rakenteen päälle. Aurinkopaneeleja voidaan integroida esimerkiksi rakennusten parvekekaiteisiin ja julkisivuihin.

### Esimerkkejä Suomesta

Vuonna 2011 valmistunut Viikin ympäristötalo on esimerkki parvekelaseihin integroiduista aurinkopaneeleista. Rakennuksen kaksoisjulkisivun ja katon aurinkopaneelien yhteistuotanto on 60 kW ja ne ovat pinta-alaltaan 572 m<sup>2</sup>. Se vastaa 20 % rakennuksen sähköntarpeesta. [12.]

Vuoden 2015 keväällä Viikin ympäristötalossa otettiin käyttöön sähkövarasto, jonne voidaan varastoida aurinkopaneelien tuottamaa sähköä. Tämä sähkö käytetään sähköautojen lataukseen rakennuksen parkkipaikalla. Kuvassa 6 on Viikin ympäristötalon julkisivu. [13.]



Kuva 6. Viikin ympäristötalon julkisivu [13].

Suomen ensimmäinen kerrostaloon integroitu aurinkosähköjärjestelmä rakennettiin Helsingin Viikkiin vuonna 2012. Kerrostalon aurinkosähköjärjestelmä koostuu 170 paneelistä. Jokainen paneeli on valmistettu räätälöitynä kyseistä rakennusta varten. Verkkoinvertterejä rakennuksessa on 12 kappaletta ja niitä on kolmea eri kokoa. Nykyisin samankokoinen järjestelmä pystyttäisiin toteuttamaan yhdellä tai kahdella verkkoinvertterillä. [14.]

Aurinkosähköjärjestelmän nimellisteho on  $24 \text{ kW}_p$ , ja sen vuotuinen energiantuotto on 11 000–13 000 kWh/a. Paneelit on suunnattu etelän ja lännen suuntaisesti. Sähköstä kaksi kolmasosaa pystytään hyödyntämään rakennuksessa. Kuvassa 7 on Viikissä sijaitsevan asunto-osakeyhtiö Salvian parvekkeet. [14.]



Kuva 7. Asunto-osakeyhtiö Salvia Helsingin Viikissä [14].

Esimerkkejä maailmalta

Viron Tarttoon on rakennettu projekti nimeltään Lombi Solar. Rakennuksen terassin kaitteisiin on integroitu aurinkopaneeleja. Järjestelmän on rakentanut Innore. Kuvassa 8 on projektissa käytettyjä aurinkopaneeleita [15].



Kuva 8. Lombi Solar -projektin terassikaiteeseen integroitu aurinkopaneeli [15].

Tanskassa Gaia Solar on valmistanut Green Solution Housesille parvekekaiteisiin integroituja aurinkopaneeleja. Ne on asennettu hotellihuoneiden etelän puoleisiin parvekkeisiin, ja ne tuottavat sähköenergiaa vuodessa 5 000 kWh/a. Kuvassa 9 on hotellin parvekekaiteet. [16.]





Kuva 9. Green Solution Housesin hotellin parvekekaiteet [16].

Taiwanilainen LOF SOLAR on toimittanut parvekekaiteisiin integroituja aurinkopaneeleja vuonna 2010 Itävallan Tyrolissa valmistuneeseen rakennukseen. Paneelien yhteisnimitelsteho on 1150 W<sub>p</sub>. Kuvassa 10 on Austria Gold House [17].



Kuva 10. Austria Gold Solar House [17].

Saksalainen yritys a2-solar valmistaa 2 x 10 mm:n panssarilasista valmistettuja parvekelaseja, joihin on integroitu aurinkokennoja. Lasit kiinnitetään parvekkeen lattiaan tai lattiaan kylkiin. Näin ollen ei tarvita normaaleja kaiteita tukemaan parvekelaseja. Kaapeloinnit viedään lattiatasossa kaapelikourussa. Kuvassa 11 on a2-solarin valmistama parvekekaide. [18.]



Kuva 11. a2-solarin valmistama parvekekaide [18].

## 6 Asennustapojen vertailu

### 6.1 Paneelien ryhmittely ja asennuspaikka

Paneelien ryhmittely on tärkeä osa suunnittelua. Sen avulla halutaan ehkäistä tilannetta, jossa paneeliston tai koko järjestelmän tuotto heikkenisi aamu- tai iltapäivän varjostuksista tai jos paneelit on suunnattu eri suuntiin. Ryhmittely tulee arvioida heti aluksi, että voidaan ottaa huomioon sen mahdolliset vaikutukset mitoituksessa.

Ryhmittelyyn vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi paneelien kokonaismäärä, paneelityypit, suuntaukset, varjostukset sekä vaihtosuuntaajan maximum power point tracking eli MPPT-säätimien ja tulojen määrät. Jos paneeliryhmät ovat eri ilmansuuntiin tai sijaitsevat samaan suuntaan, mutta kallistuskulmat ovat erilaiset tai ne varjostuvat eri aikaan eri

tavoin tai käytetään erilaisia paneeleita, on syytä käyttää invertteriä, jossa on useampi MPPT-säädin, tai useampaa invertteriä. [2 s. 73.]

Tarvittaessa kannattaa käyttää useampaa säädintä tai invertteriä, koska optimitilanteessa kaikilla eri olosuhteilla olevilla paneeliryhmillä on omat MPPT-säätimensä [2 s. 73].

## 6.2 Parvekelasielementin tyyppin vaikutus sähköasennuksiin

Parvekelasielementeillä on hieman vaikutusta sähköasennuksiin. Jos parvekelasielementti on suunniteltu niin, että ne yhdistetään pylväiden ja kaiteen avulla toisiinsa voi kaapelit viedä kaiteen sisällä näkymättömästi.

Parvekelasielementin kiinnitys menetelmä voi olla myös sellainen, että se kiinnitetään vain alaosasta parvekkeen lattiaan, eikä elementtejä varsinaisesti kiinnitetä toisiinsa ol- lenkaan. Tällöin kaapeloinnit joudutaan vetämään kaapelikourussa lattiatasossa.

## 6.3 Asuntokohtainen tai kiinteistösähköön kytketty kaapelointi

Seuraavassa esimerkissä on kyseessä kuusikerroksinen uudisrakennus, jonka kaikki parvekkeet ovat samalla puolella ja kiinni toisissaan. Kiinteistö sijaitsee Helsingin tasolla, ja parvekkeet ovat eteläisellä puolella taloa. Asuntoja on kerroksessa neljä ja asuinkerroksia on viisi. Pääkeskus sijaitsee alimassa kerroksessa. Asuntojen ryhmäkeskukset sijaitsevat alle 10 m:n päässä parvekekaiteesta.

Yhdelle parvekkeelle mahtuu noin 3 m<sup>2</sup> aurinkopaneelikaidetta, jonka yhteenlaskettu huipputeho on 300 wattipiikkiä. Parvekkeita on kaksikymmentä, joten järjestelmän yhteenlaskettu huipputeho on 6 000 wattipiikkiä.

### 6.3.1 Asuntokohtainen kaapelointi

DC-kaapelin valinta tehdään paneelin valmiiden liitoskaapeleiden mukaan ja tässä tapauksessa paneelissa on valmiiksi 6 mm<sup>2</sup>:n kaapelit MC4-liittimillä, joten kaapeliksi valitaan 6 mm<sup>2</sup>:n tasavirtakaapeli. AC-kaapeli ja sulake täytyy mitoittaa tapauskohtaisesti, ja mitoitus tehdään järjestelmän nimellistehon mukaan. Sulake voidaan mitoittaa hyödyntäen kaavaa 2.

$$I = \frac{P}{U} = \frac{300 \text{ W}}{230 \text{ V}} \approx 1,30 \text{ A} \quad (2)$$

Valitaan sulakkeeksi 6 A -johdonsuojakatkaisija. Tässä tapauksessa järjestelmän nimellisteho on 300 wattia, joten kaapeliksi valitaan MMJ 3 x 1,5 S.

Asuntokohtaisessa kaapeloinnissa voidaan invertterityypiksi valita mikroinvertteri, jonka perään kytketään parvekkeen kaikki kolme paneelia. Mikroinvertteri sijoitetaan parvekkeelle paneeliston toiseen reunaan tai seinään lähelle paneelistoa.

DC-kaapelointi tehdään 2 x 6 mm<sup>2</sup>:n aurinkopaneelikaapelilla kaiteen sisällä, josta se tuodaan DC-turvakytkimelle ja siitä mikroinvertterille. Kaapelien liitokset tehdään MC4-liittimillä. Mikroinvertteriltä AC-kaapelointia jatketaan MMJ 3 x 1,5 S -kaapelilla parvekkeen seinässä olevaan uppoasennettuun jakorasiaan. Rasian putkitus on tehty seinäelementin sisään ja se päättyy ryhmäkeskuksen läheisyyteen toiseen jakorasiaan. Jakorasiat on asennettu elementtitehtaalla valmiiksi molempiin päihin putkitusta ja putkitus on tehty elementtien noston aikaan rakennustyömaalla. Jakorasialta kaapelointia jatketaan AC turvakytkimelle. Turvakytkimeltä kaapelointia jatketaan ryhmäkeskukselle ja se kytketään yksivaiheisesti 6 A:n johdonsuojakatkaisijan taakse keskuksen syöttöpuolelle.

Vaiheeksi kannattaa valita sellainen, jolla on lähes koko ajan kuormaa, kuten esimerkiksi jääkaappi. Näin saadaan suurin osa aurinkosähköstä käytettyä itse. PVGIS-ohjelmalla arvioituna paneeliston vuosituotto on 197 kWh. Tarkemmat tiedot liitteessä 1.

### 6.3.2 Kiinteistösähköön kytketty kaapelointi

DC-kaapelointi AC-kaapelointi ja sulakkeet pitää mitoittaa jälleen tapauskohtaisesti. Sulakkeet voidaan mitoittaa käyttäen kaavaa 3.

$$I = \frac{P}{U} \div 3 = \frac{6\,000\text{ W}}{230\text{ V}} \div 3 \approx 8,70\text{ A} \quad (3)$$

Sulakkeeksi valitaan 16 A:n johdonsuojakatkaisija. Järjestelmän nimellisteho on 6 000 wattia, joka jakautuu kolmelle vaiheelle. Valitaan kaapeliksi MMJ 5 x 2,5 S.

KytKentä toteutetaan niin, että kaikki paneelit jaetaan kahteen ryhmään. Ryhmä jaottelu on tehty sen takia, että paneelien tuotto olisi parempi osa varjostuksellakin Ensimmäinen ryhmä koostuu kahdesta ensimmäisestä asuinkerroksesta ja toinen ryhmä koostuu kolmesta ylimmästä asuinkerroksesta. Molempien ryhmien paneelit kytketään sarjaan. Kaapeloinnit ja kytkennät tehdään parvekekaiteen sisällä. Paneeliston huipputeho on 6 000 wattipiikkiä. Kaapelina käytetään 2 x 6 mm<sup>2</sup>:n aurinkopaneelikaapelia.

Kerrosten väleissä kaapelit viedään JAPP-alumiinisuojauputkessa parvekkeen sisäpuolella seinää pitkin ja lattian läpi. Kunnes päästään alimpaan kerrokseen ja kaapeloinnit viedään ulkoseinää pitkin alimman kerroksen seinän läpi pääkeskushuoneeseen. Huoneen seinällä sijaitsee DC-turvakytkin, johon kaapelit kytketään. Tämän jälkeen kaapelointia jatketaan kolmivaiheiselle invertterille, jossa molemmat ryhmät kytketään oman MPPT:n taakse. Invertteriltä kaapelointia jatketaan MMJ 5 x 2,5 S -kaapelilla AC-turvakytkimelle ja siitä pääkeskukseen ja kytketään kolmevaiheisen 16 A:n johdonsuojakatkaisijan taakse keskuksen syöttöpuolelle.

Järjestelmän tuottama sähkö voidaan hyödyntää esimerkiksi rappukäytävän valaistuksessa tai kiinteistön ilmanvaihdossa. PVGIS-ohjelmalla arvioituna järjestelmän vuosituotto on 3940 kWh. Tarkemmat tiedot löytyvät liitteestä 2.

## 7 Kustannuslaskelmat

Aurinkosähköjärjestelmän kannattavuus koostuu monesta tekijästä. Komponenttien hinta on yleensä suurin osuus järjestelmän hinnasta, mutta työvoimakustannukset voivat olla jopa kolmasosan kustannuksista. [2, s. 60.]

Järjestelmän komponenttien kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä ovat parvekkeen koko, joka määrittää paneeliston koon. Keskusten etäisyydet ja järjestelmän nimellisteho, jotka

vaikuttavat kaapelien pituuteen ja paksuuteen. Kiinteistön koko vaikuttaa myös kustannuksiin, sillä sitä enemmän on parvekkeita, joihin paneelistoa voidaan asentaa. Invertterin koko ja tyyppi määräytyy asennustavan ja nimellistehon mukaan, ja se vaikuttaa myös kustannuksiin merkittävästi.

Kustannusten arvioinnissa ei ole otettu huomioon parvekelasielementtien asennuksen vaativaa työtä, vaan ainoastaan niiden kytkentä. Paneelin hinta on vain arvio, ja muut komponenttien hinnat ovat tukkuhintoja.

Taulukko 2. Asuntokohtaisen kytkennän kustannuslaskelma.

Asuntokohtainen		1-vaihe asennus		1 asunto	
Järjestelmän komponenttien hinta					
á hinta	kpl / m	Tuote	S-numero	Hinta	
100,00 €	3	Paneeli 100 Wp		300,00 €	
0,65 €	6	DC-kaapeli 6 mm2 musta		3,90 €	
4,55 €	4	Weidmuller MC4-pikaliitin		18,20 €	
28,50 €	1	KATKO PVM 216 DC-turvakytkin	36 003 03	28,50 €	
212,00 €	1	AE Conversion AE INV350-60EU		212,00 €	
2,80 €	2	ABB AK4 IP44 siirtokansi	11 525 75	5,60 €	
1,20 €	2	ABB AU3.2 irtonysärasia	11 523 64	2,40 €	
0,28 €	2	ABB AN20 nysä	11 527 57	0,56 €	
0,90 €	10	PipeLife JM20 asennusputki	11 010 21	9,00 €	
0,24 €	3	ABB AJ20 jatkomuhvi	11 301 20	0,72 €	
0,57 €	15	REKA MMJ 3x1.5S	04 569 12	8,55 €	
29,70 €	1	KATKO KSM 416U AC-turvakytkin	36 003 67	29,70 €	
16,10 €	1	ABB SH201-C6 johdonsuojakatkaisija	32 101 64	16,10 €	
50,00 €	1	Muut tarvikkeet		50,00 €	
			Summa	635,23 €	
Järjestelmän työvoimakustannukset					
á hinta	h / kpl	Työ	Hinta		
50,00 €	4	Asennus	200,00 €		
50,00 €	2	Kaapelointi	100,00 €		
50,00 €	2	KytKentä	100,00 €		
			Summa	400,00 €	
Asuntokohtaisen kytkennän kokonaishinta					
			Summa	1 035,23 €	

Taulukko 2 sisältää asuntokohtaisen kytkennän kustannusarvion, josta näkee suurin piirtein, mitä tarvikkeita asennuksessa tarvitaan ja kuinka paljon työtä asennus vaatii. Kokonaiskustannusarvioksi tulee noin 1.035 euroa.

Taulukko 3. Kiinteistökohtaisen kytkennän kustannuslaskelma.

Kiinteistökohtainen		3-vaihe asennus		20 asuntoa	
Järjestelmän komponenttien hinta					
á hinta	kpl / m	Tuote	S-numero	Hinta	
100,00 €	60	Paneeli 100 Wp		6 000,00 €	
0,65 €	50	DC-kaapeli 6 mm <sup>2</sup> musta		32,50 €	
4,55 €	14	Weidmuller MC4-pikaliitin		63,70 €	
1,45 €	20	Ensto JAPP 20 alumiiniputki	11 180 01	29,00 €	
0,19 €	30	OBO VBS M20 putkikiinnike	13 173 40	5,70 €	
0,12 €	30	Hekamuovi JAPP 20 pääte	11 118 01	3,60 €	
38,50 €	1	KATKO PVM 416 DC-turvakytkin	36 003 59	38,50 €	
1 181,00 €	1	Kaco Blueplanet 6.5 TL3		1 181,00 €	
2,38 €	5	REKA MMJ 5x2.5S	04 569 17	11,90 €	
29,70 €	1	KATKO KSM 416U AC-turvakytkin	36 003 67	29,70 €	
35,60 €	1	ABB SH203-C16 johdonsuojakatkaisija	32 101 69	35,60 €	
50,00 €	4	Muut tarvikkeet		200,00 €	
			Summa	7 431,20 €	
			Per asunto	371,56 €	
Järjestelmän työvoimakustannukset					
á hinta	h / kpl	Työ	Hinta		
50,00 €	6	Asennus	300,00 €		
50,00 €	16	Kaapelointi	800,00 €		
50,00 €	6	KytKentä	300,00 €		
200,00 €	8	Läpiviennin teko	1 600,00 €		
			Summa	3 000,00 €	
			Per asunto	150,00 €	
Kiinteistökohtaisen kytkennän kokonaishinta					
			Summa	10 431,20 €	
			Per asunto	521,56 €	

Taulukosta 3 näkee kiinteistökohtaisen kytkennän kustannusarvion. Komponentit hie-man eroavat asuntokohtaisesta kytkennästä ja työtä on enemmän. Kokonaiskustannus-arvio jää kumminkin noin puolet pienemmäksi asuntoa kohden. Kokonaiskustannusarvioksi tulee noin 10.431 euroa.

## 8 Yhteenveto

Parvekelasityyppinä asennuksen ja kytkennän kannalta helpoin vaihtoehto on sellainen, jossa parvekelasielementit on yhdistetty kaiderakenteeseen. Näin saadaan vietyä kaapelit piilossa ja tekemään kytkennät kaiderakenteen sisällä.

Asennustapana järkevämpi vaihtoehto on kiinteistökohtainen asennus. Näin saadaan paneelistolla isompi tuotanto kerralla. Tällä tavoin saadaan sähkö hyödynnettyä kiinteistön yleisissä tiloissa esimerkiksi valaistuksessa tai ilmanvaihdossa. Asuntokohtaisella kytkennällä järjestelmän nimellisteho jää niin pieneksi, että sen hyöty on aika merkityksetön järjestelmän hintaan nähden.

Asuntokohtainen kytkentä on kustannusarvion mukaan lähes kaksi kertaa kalliimpi järjestelmä kuin kiinteistön sähkөөn kytketty järjestelmä. Kiinteistökohtaisen kytkennän kustannusarviossa on laskettu, kuinka paljon järjestelmän hinnaksi tulee per asunto ja sitä on verrattu asuntokohtaisen kytkennän kustannusarvioon.

Asennuksesta tulee myös todennäköisesti siistimpi kiinteistökohtaisella kytkennällä, koska verkkoinverteriä eikä turvakytkimiä tarvitse sijoittaa asuintiloihin.

Uudiskohteissa voidaan ottaa rakennusvaiheessa huomioon järjestelmän tarvitsemia johtoreittejä, ja suurin osa kaapeleista pystytään uppoasentamaan. Esimerkiksi elementtitehtaalla voidaan tehdä valmiiksi rasioita seiniin ja rakennustyömaalla elementtien nosto vaiheessa voidaan putkittaa johtoreittejä.

Saneerauskohteessa pystytään paneelien kaapelit piilottamaan parvekekaiteen sisään, mutta yleensä muut johdotukset joudutaan tekemään pinta-asennuksena. Kaapelit voidaan toki suurimmaksi osin piilottaa johtokouruilla, -listoilla tai suojaputkella, mutta ne jäävät pintaan kumminkin. Kohteessa voi olla toki osittain laskettu alakatto ja kaapelit voidaan viedä sen yläpuolella piilossa.

Asuntokohtainen kytkennän kaapelointi voi olla haasteellinen tehdä siististi saneerauskohteessa, mutta kiinteistökohtaisen kytkennän kaapeloinnin voi saada tehtyä lähes yhtä siististi, kuin uudiskohteessa. Kaapelointi täytyy todennäköisesti tehdä suurimmaksi osin rakennuksen ulkoseinällä tai parvekkeilla.



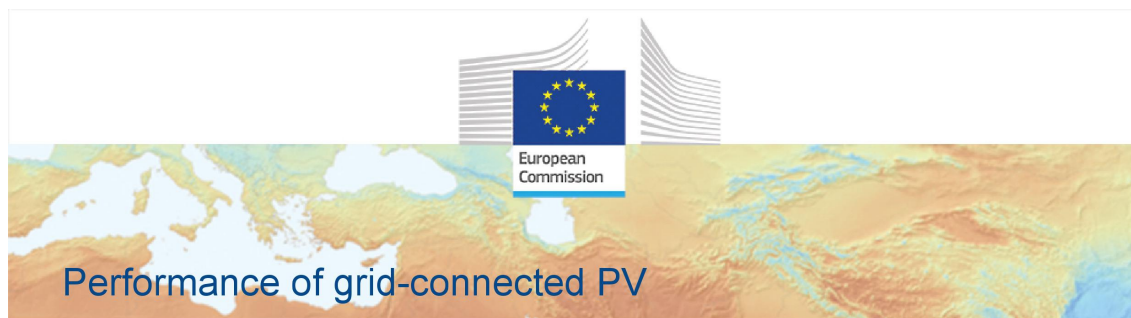
Työn tavoite toteutui ja Helen Oy sai alustavan kustannusarvion asennuksen ja tarvikkeiden kustannuksista sekä tietoa parvekaiteisiin integroiduista aurinkosähköjärjestelmistä.

## Lähteet

- 1 Maailman parasta kaupunkienergiaa – Tietoa meistä 2019. Verkkoaineisto. Helen Oy. <<https://www.helen.fi/yritys/helen-oy/tietoa-meista/>>. Luettu 6.3.2019.
- 2 Orrberg, Matti, 2017: ST-käsikirja 40, Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus. Espoo: Sähkötieto ry.
- 3 Ikonen, Timo, 2017: Maan kuoren toiseksi yleisin alkuaine pii soveltuu uuden sukupolven akkuteknologiaan. Verkkoaineisto. <<https://www.uef.fi/-/maankuoren-toiseksi-yleisin-alkuaine-pii-soveltuu-uuden-sukupolven-akkuteknologiaan>>. Luettu 4.3.2019.
- 4 Aurinkoenergiaopas 2013. Verkkoaineisto. Finnwind Oy. <<http://www.uusiutu-vaenergia.eu/aurinko/Aurinkoenergiaopas-Finnwind.pdf>>. Luettu 4.3.2019.
- 5 DOE-cell-module-array 2011. Verkkoaineisto. Solar tribune. <<https://solartribune.com/doe-cell-module-array/>>. Luettu 4.3.2019.
- 6 Tahkokorpi, Markku, 2016: Aurinkoenergia Suomessa. Helsinki: Into Kustannus Oy.
- 7 Käpylehto, Janne, 2014: Mökille sähköt auringosta & tuulesta. Helsinki: Into Kustannus Oy.
- 8 Käpylehto, Janne, 2016: Auringosta sähköt kotiin, kerrostaloon ja yritykseen. Helsinki: Into Kustannus Oy.
- 9 Yleiskaavio aurinkosähköjärjestelmä 2019. Verkkoaineisto. STK-liitto. <[http://www.stkliitto.fi/images/stories/jasentiedotteet/Katko/yleiskaavio\\_aurinkosahkojarjestelma.png](http://www.stkliitto.fi/images/stories/jasentiedotteet/Katko/yleiskaavio_aurinkosahkojarjestelma.png)>. Luettu 6.3.2019.
- 10 Blueplanet 3.0 TL3 – 10.0 TL3 2019. Verkkoaineisto. Kaco. <<https://kaco-newenergy.com/products/blueplanet-3.0-10.0-TL3/>>. Luettu 13.3.2019.
- 11 Micro-Inverter INV350-60 2019. Verkkoaineisto. AE Conversion. <<http://www.aeconversion.de/en/inv350-60.html>>. Luettu 12.3.2019.
- 12 Huuska, Petteri, 2011: Viikin ympäristötalo Viikinkaari 2, Helsinki. Verkkoaineisto. <<http://figbc.fi/tietopankki/viikin-ymparistotalo/>>. Luettu 15.2.2019.
- 13 Viikin ympäristötalon aurinkoenergiaa omaan sähkövarastoon 2015. Verkkoaineisto. Uutta Helsinkiä. <<https://www.uuttahelsinki.fi/fi/uutiset/2015-05-27/viikin-ymparistotalon-aurinkoenergia-omaan-sahkovarastoon>>. Luettu 15.2.2019.

- 14 Lampila, Jouko, 2017: Suomen ensimmäinen kerrostaloon integroitu aurinkovoimala 15.vuotiaankin moderni ratkaisu. Verkkoaineisto. <<https://napssolar.com/fi/suomen-ensimmainen-kerrostaloon-integroitu-aurinkosahkovoimala-15-vuotiaankin-moderni-ratkaisu>>. Luettu 5.3.2019.
- 15 Lombi solar 2019. Verkkoaineisto. Innore. <<http://www.innore.eu/references/lombi-solar>>Luettu 15.2.2019.
- 16 Solar Balconies 2019. Verkkoaineisto. Green Solution House. <<http://www.greensolutionhouse.dk/en/solar-balconies/>>. Luettu 15.2.2019.
- 17 Austria Gold Solar House 2010. Verkkoaineisto. LOF SOLAR <<http://www.lofsolar.com/LofsolarPerformance/austriagoldsolarhouse-57.html>>. Luettu 15.2.2019.
- 18 Solar railings 2019. Verkkoaineisto. a2-solar. <<https://a2-solar.com/en/solar-railings/>>. Luettu 25.2.2019.

## PVGIS-ohjelmalla arvioitu vuosituotto asuntokohtaisella kytkennällä



PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

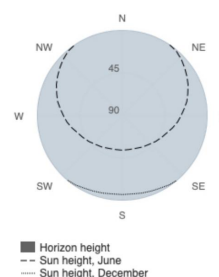
**Provided inputs:**

Latitude/Longitude: 60.171, 24.942  
 Horizon: Calculated  
 Database used: PVGIS-SARAH  
 PV technology: Crystalline silicon  
 PV installed: 0.3 kWp  
 System loss: 14 %

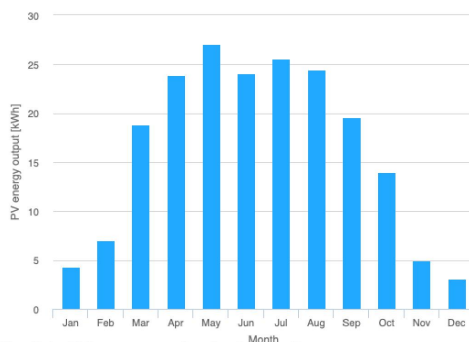
**Simulation outputs**

Slope angle: 90 °  
 Azimuth angle: 0 °  
 Yearly PV energy production: 197 kWh  
 Yearly in-plane irradiation: 836 kWh/m<sup>2</sup>  
 Year to year variability: 11.40 %  
 Changes in output due to:  
 Angle of incidence: -4.1 %  
 Spectral effects: ? (0) %  
 Temperature and low irradiance: -4.8 %  
 Total loss: -21.5 %

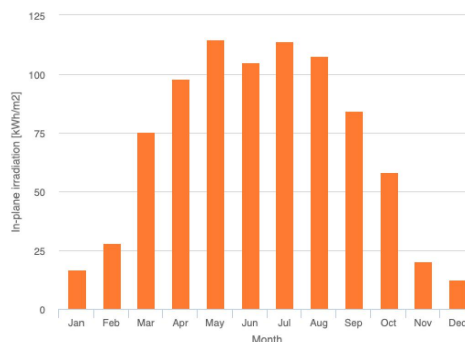
**Outline of horizon at chosen location:**



**Monthly energy output from fix-angle PV system:**



**Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:**



**Monthly PV energy and solar irradiation**

Month	Em	Hm	SDm
January	4.27	16.9	1.57
February	7.03	28.2	2.17
March	18.8	75.3	4.76
April	23.9	98.1	3.7
May	27.1	115	2.61
June	24.1	105	2.13
July	25.6	114	2.87
August	24.5	108	4.35
September	19.6	84.2	3.59
October	14	58.1	3.96
November	4.93	20.5	1.43
December	3.12	12.6	0.942

Em: Average monthly electricity production from the given system [kWh].  
 Hm: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system [kWh/m<sup>2</sup>].  
 SDm: Standard deviation of the monthly electricity production due to year-to-year variation [kWh].

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. Our goal is to keep this information timely and accurate. If errors are brought to our attention, we will try to correct them.  
 However the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.  
 This information is: (i) of a general nature only and is not intended to address the specific circumstances of any particular individual or entity; (ii) not necessarily comprehensive, complete, accurate or up to date; (iii) sometimes linked to external sites over which the Commission services have no control and for which the Commission assumes no responsibility, or not professional or legal advice (if you need specific advice, you should always consult a suitably qualified professional).  
 Some data or information on this site may have been created or structured in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.

PVGIS ©European Union, 2001-2017.  
 Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Report generated on 2019/02/22



## PVGIS-ohjelmalla arvioitu vuosituotto kiinteistökohtaisella kytkenällä



PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

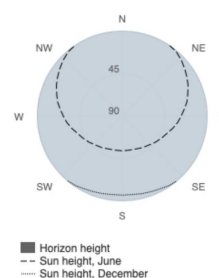
**Provided inputs:**

Latitude/Longitude: 60.171, 24.942  
 Horizon: Calculated  
 Database used: PVGIS-SARAH  
 PV technology: Crystalline silicon  
 PV installed: 6 kWp  
 System loss: 14 %

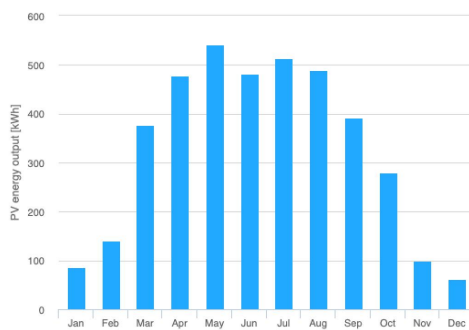
**Simulation outputs**

Slope angle: 90 °  
 Azimuth angle: 0 °  
 Yearly PV energy production: 3940 kWh  
 Yearly in-plane irradiation: 836 kWh/m<sup>2</sup>  
 Year to year variability: 229.00 %  
 Changes in output due to:  
 Angle of incidence: -4.1 %  
 Spectral effects: ? (0) %  
 Temperature and low irradiance: -4.8 %  
 Total loss: -21.5 %

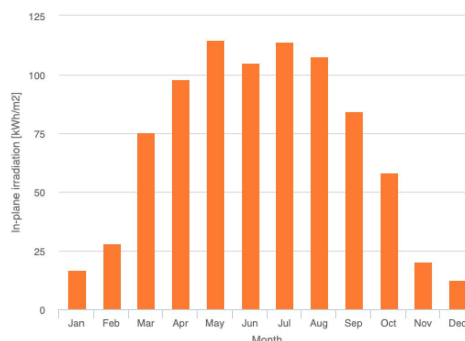
**Outline of horizon at chosen location:**



**Monthly energy output from fix-angle PV system:**



**Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:**



**Monthly PV energy and solar irradiation**

Month	Em	Hm	SDm
January	85.5	16.9	31.5
February	141	28.2	43.3
March	376	75.3	95.2
April	478	98.1	74.1
May	542	115	52.2
June	481	105	42.7
July	513	114	57.4
August	490	108	87
September	391	84.2	71.8
October	280	58.1	79.1
November	98.7	20.5	28.5
December	62.5	12.6	18.8

Em: Average monthly electricity production from the given system [kWh].  
 Hm: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system [kWh/m<sup>2</sup>].  
 SDm: Standard deviation of the monthly electricity production due to year-to-year variation [kWh].

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. Our goal is to keep this information timely and accurate. If errors are brought to our attention, we will try to correct them.  
 However, the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.  
 This information is: (i) of a general nature only and is not intended to address the specific circumstances of any particular individual or entity; (ii) not necessarily comprehensive, complete, accurate or up to date; (iii) sometimes linked to external sites over which the Commission services have no control and for which the Commission assumes no responsibility; (iv) not professional or legal advice (if you need specific advice, you should always consult a suitably qualified professional).  
 Some data or information on this site may have been created or structured in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.

PVGIS ©European Union, 2001-2017.  
 Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Report generated on 2019/02/22

