

Mika Kotalampi

# Aurinkoenergian hyödyntäminen päiväkodeissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

29.5.2017

Tekijä Otsikko	Mika Kotalampi Aurinkoenergian hyödyntäminen päiväkodeissa
Sivumäärä Aika	34 sivua + 3 liitettä 29.5.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	sähköinen talotekniikka
Ohjaajat	osastopäällikkö Jonne Järvinen lehtori Jarno Nurmio
<p>Insinööriyön tarkoitus oli perehtyä kansainvälisten vaatimusten muutoksiin lähitulevaisuudessa ja selvittää lähes nollaenergiarakentamisen periaatteet, aurinkoenergiaa hyödyntävien järjestelmien osalta.</p> <p>Tavoitteena oli myös selvittää nykypäivän aurinkosähköjärjestelmien kilpailukykyisyys osana tulevaisuuden älykkäitä sähköverkkoja ja lähes nollaenergiarakentamista sekä investointien kannattavuus päiväkotikohteiden näkökulmasta. Lopputuloksena syntyi yleiskattava selvitys lähivuosina muuttuvista EU-direktiiveistä, aurinkosähköjärjestelmien kustannuksiin ja investointien kannattavuuteen vaikuttavista tekijöistä, laskutavoista ja suunnittelun apuna hyödynnettävistä laskureista.</p> <p>Työtä voidaan hyödyntää erityisesti aurinkosähköjärjestelmien elinkaarikustannusten ja takaisinmaksuaikojen laskennassa sekä tukena nollaenergiarakentamiseen siirtyessä.</p>	
Avainsanat	aurinkosähkö, aurinkolämpö, päiväkotit, nzeb

Author Title	Mika Kotalampi Making use of solar energy in kindergartens
Number of Pages Date	34 pages + 3 appendices 29 May 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	Electrical Systems of Building Services Engineering
Instructors	Jonne Järvinen, Department Chief Jarno Nurmio, Senior Lecturer
<p>The main focus of this Bachelor's thesis was to define the suitability of solar energy systems to smart grids and nearly zero-energy buildings. The purpose was also to find out how solar energy systems could benefit kindergartens.</p> <p>The thesis was done by studying up-to-date internet sources and related standards. The payback periods of photovoltaic systems were analyzed and the energy production costs compared to the price of purchased electricity over the lifetime of the systems. It was found out that solar energy has already become a competitive energy source in public buildings when the energy production costs are compared with other energy sources, instead of only analyzing the length of payback periods.</p> <p>The thesis serves as a guide to calculate the energy production costs and the length of the payback periods of photovoltaic systems. It also serves as background information on further studies of nearly zero-energy buildings and more distributed energy generation as a part of smart grids.</p>	
Keywords	photovoltaics, solar heating, kindergarten, nzeb

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Kansainväliset vaatimukset	2
3	Uusiutuvien energialähteiden hyödyntäminen	3
3.1	Aurinkosähköjärjestelmät	5
3.2	Lämmitysjärjestelmät	8
4	MetroSol-aurinkoenergiaboratorio	11
4.1	Aurinkopaneelit	11
4.2	Aurinkokeräimet	13
4.3	Aurinkosähköjärjestelmän tulosten seuranta	14
5	Aurinkoenergian soveltuvuus päiväkotikäyttöön	16
5.1	Päiväkodeissa järjestettävä varhaiskasvatus	17
5.2	Aurinkoenergian rahoitus	18
5.3	Lähes nollaenergiapäiväkoti	19
6	Energialaskelmat ja -vertailu	20
6.1	Kuormituslaskelmat	21
6.2	Aurinkosähköjärjestelmä	23
6.3	Elinkaarikustannukset ja takaisinmaksuaika	24
7	Pohdinta	27
8	Yhteenveto	28
	Lähteet	30

### Liitteet

Liite 1. Solarworld Sunmodule Plus SW 270 270W Mono Silver, tekniset tiedot

Liite 2. Fronius 6kW Symo 3ph, tekniset tiedot

Liite 3. Esimerkkipäiväkodin aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuslaskelma

## Lyhenteet ja käsitteet

AC	<i>Alternating Current.</i> Sähkövirta, jonka suunta virtapiirissä vaihtelee ajan funktiona.
ALV	Arvonlisävero. Tuotteen tai palvelun myyntihintaan lisättävä verotettava vero. Suomessa yleinen arvonlisäveroprosentti vuodesta 2013 lähtien on 24 %.
atsimuutti	Atsimuuttikulmalla tarkoitetaan poikkeamaa etelän suunnasta.
COP	<i>Coefficient of Performance.</i> Lämpökerroin. Ilmalämpöpumpun hyötysuhde, joka kertoo, kuinka tehokkaasti sähköenergia saadaan muutettua lämpöenergiaksi.
DC	<i>Direct Current.</i> Sähkövirta, joka kulkee virtapiirissä samansuuntaisesti.
EED	<i>Energy Efficiency Directive.</i> Euroopan unionin energiatehokkuusdirektiivi.
E-Luku	E-luku on energiamuotojen kertoimilla painotettu rakennuksen laskennallinen vuotuinen ostoenergiankulutus rakennustyyppin standardikäytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden. E-luvun yksikkönä käytetään kWh/(m <sup>2</sup> a).
EPBD	<i>Energy Performance of Buildings Directive.</i> Euroopan unionin rakennusten energiatehokkuus direktiivi.
EU	Euroopan unioni.
FinZEB	Suomalaisen FinZEB-hankkeen tarkoitus on määritellä lähes nollaenergia rakentamisen tavoitteet ja käsitteet kansallisella tasolla.
invertteri	Vaihtosuuntaaja. Vaihtosuuntaaja muuttaa aurinkopaneeleiden tuottaman tasasähkön rakennuksen sähköverkkoon sopivaksi vaihtosähköksi. Optimoit myös paneelien napajännitettä maksimaalisen lähtötehon saamiseksi.

IRR	<i>Internal Rate of Return</i> . Sisäinen korko. Investoinnin sisäinen korko, jossa ei oteta huomioon ulkoisia vaikuttavia tekijöitä.
JRC	<i>The Joint Research Centre</i> . Euroopan komission tutkimuskeskus.
LCOE	<i>Levelized Cost of Energy</i> . Energian tuotantohinta, joka ottaa huomioon kaikki energianmuodon energiatuotannosta aiheutuvat kulut. Mahdollistaa vertailun eri tuotantomuotojen välillä.
leasing	Leasing on rahoitusmuoto, jossa vuokrataan käyttöomaisuutta pitkäaikaisesti.
LVI	Talotekniset lämpö-, vesi- ja ilmastointijärjestelmät.
NPV	<i>Net Present Value</i> . Nettonykyarvo. Investoinnin kokonaistuotto tarkastellulla ajanjaksolla, nykyrahassa mitattuna.
nZEB	<i>Nearly Zero-Energy Building</i> . Lähes nollaenergiarakennus. Rakennuksella on erittäin korkea energiatehokkuus, jonka vähäinen energiamäärä tuotetaan uusiutuvista energialähteistä paikan päällä tai lähellä rakennusta.
RES	<i>Renewable Energy Sources Directive</i> . Euroopan unionin uusiutuvan energian käytön edistämisdirektiivi.
SCOP	<i>Seasonal Coefficient of Performance</i> . Lämmityskauden lämpökerroin. Ilmalämpöpumpun hyötysuhde, joka kertoo kuinka tehokkaasti sähköenergia saadaan muutettua lämpöenergiaksi. Ottaa huomioon eri lämmityskaudet ja ilmastovyöhykkeet.
string	Aurinkopaneelisto. Sarjaankytkettyjen aurinkopaneelien muodostama ketju.
TEM	Työ- ja elinkeinoministeriö.
W	Watti. Sähkötehon yksikkö, yksi kilowatti (kW) on tuhat wattia.

Wp *Watt-peak*. Aurinkopaneelin nimellisteho, jonka paneeli tuottaa +25 °C:n lämpötilassa, 35°:n kulmassa, auringon säteilytehon ollessa 1000 W/m<sup>2</sup>. Määritellään laboratorio-olosuhteissa. Yksi kWp (kilowatt-peak) on tuhat Wp.

## 1 Johdanto

Suomen ja koko Euroopan sähköjärjestelmä on merkittävien muutosten edessä. Aurinkoenergia osana uusiutuvia energialähteitä hyödyntävää hajautetumpaa, sään mukaan vaihtelevaa energian kohdistettua pientuotantoa, tulee muuttamaan sähkömarkkinoiden ja koko sähköverkon toimintaperiaatetta. Sähkömarkkinoiden murros ja tulevaisuuden älykkäät sähköverkot tulevat vaatimaan usean eri toimijan yhteistyötä, laajaa tiedon lisäämistä, teknologian kehitystä ja oikeita poliittisia ratkaisuja, sillä muutokset tulevat vaikuttamaan laajasti koko yhteiskuntaan.

Aurinkoenergian yleistymisen esteenä ovat pitkään olleet järjestelmien suuret kustannukset ja kannattavuudeltaan liian pitkät takaisinmaksuajat. Teknologian ja uusiutuvan energian tukijärjestelmien kehittyessä on aurinkoenergiasta tullut kuitenkin huomattavasti kannattavampaa. Euroopan unionin muuttuvien direktiivien sekä Suomen kansallisten energia- ja ilmastostrategian tavoitteiden vuodelle 2030 myötä uusiutuvien energialähteiden osuus energiantuotannossa tulee väistämättä lisääntymään.

Insinööriyö tehtiin Insinööritoimisto Stacon Oy:lle, jonka päätoimialana on talonrakentamisen peruskorjaukseen ja uudistuotantoon liittyvät sähkö-, tele- ja turvatekniset konsultointi-, suunnittelu- ja valvontatehtävät rakennushankkeen eri vaiheissa. Päiväkodit ovat yksi iso osa julkista rakentamista ja siihen tehtävää suunnittelutyötä, joten työhön valittiin päiväkotinäkökulma.

Insinööriyön tavoitteena oli selvittää kansainvälisten vaatimusten lähes nollaenergiarakentamisen periaatteet muuttuvien direktiivien myötä. Tavoitteena oli myös selvittää nykypäivän aurinkosähköjärjestelmien kilpailukykyisyys osana tulevaisuuden älykkäitä sähköverkkoja ja lähes nollaenergiarakentamista sekä investointien kannattavuus päiväkotikohteiden näkökulmasta. Työssä käsiteltiin myös aurinkoenergiajärjestelmien toimintaperiaatteet, mutta ei syvällisemmin paneuduttu järjestelmien rakenteeseen ja teoreettisiin teholaskelmiin, koska näihin on paneuduttu paljon jo muissa opinnäytetöissä. Työssä tarkasteltiin aurinkolämpöjärjestelmiä pintapuolisesti, mutta työ kuitenkin painottuu aurinkosähköjärjestelmiin.



Lopputuloksena syntyi yleiskattava selvitys muuttuvista EU-direktiiveistä, aurinkosähköjärjestelmien kustannuksiin ja investointien kannattavuuteen vaikuttavista tekijöistä, laskutavoista ja suunnittelun apuna hyödynnettävistä laskureista. Työtä voidaan hyödyntää erityisesti aurinkosähköjärjestelmien elinkaarikustannusten ja takaisinmaksuaikojen laskennassa sekä tukena lähes nollaenergiarakentamiseen siirtyessä.

## **2 Kansainväliset vaatimukset**

Euroopan unioni on asettanut jäsenmailleen tavoitteita uusiutuvien energialähteiden hyödyntämisestä jo vuodesta 2001 asti. Näistä tavoitteista on laadittu toimintasuunnitelmat, joiden toteutumista seurataan jatkuvasti. Lisäksi EU on asettanut uusia direktiivejä täydentämään toimintasuunnitelmia, jotta tavoitteiden saavuttamisessa edistytään riittävän nopealla aikataululla. [1]

### **Uusiutuvan energian direktiivi (RES)**

EU otti vuonna 2009 käyttöön RES-direktiivin osana Eurooppa 2020 -kasvustrategiaa, jossa määritellään jäsenmaakohtaiset velvoitteet uusiutuvien energialähteiden käytön lisäämisestä maiden energiatuotannossa. Näiden velvoitteiden avulla on tarkoitus saavuttaa kokonaistavoite, jossa 20 % EU:n energiankulutuksesta olisi uusiutuvaa energiaa vuoteen 2020 mennessä. Suomen kohdalla tämä merkitsee velvoitetta nostaa uusiutuvan energian osuus loppukulutuksesta 38 %:iin vuoteen 2020 mennessä. [1; 2, s. 30; 3.]

### **Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi (EPBD)**

Vuonna 2010 tuli voimaan rakennusten energiatehokkuusdirektiivi, joka vaatii EU:n jäsenvaltioita varmistamaan, että vuoden 2019 alusta uudet rakennukset, jotka ovat viranomaisten käytössä ja omistuksessa, ovat lähes nollaenergiarakennuksia (nZEB, Nearly zero-energy building). Vuoden 2021 alusta lähtien määräys koskee kaikkia uudisrakennuksia. [4, s. 21.]

Tämän direktiivin seurauksena Suomessa toteutettiin vuosina 2013–2015 FinZEB-hanke määrittelemään lähes nollaenergiarakentamisen tavoitteet ja käsitteet kansallisella tasolla. Hankkeen selvitykset ja laskennat teetettiin alan johtavilla konsulteilla ja asiantun-

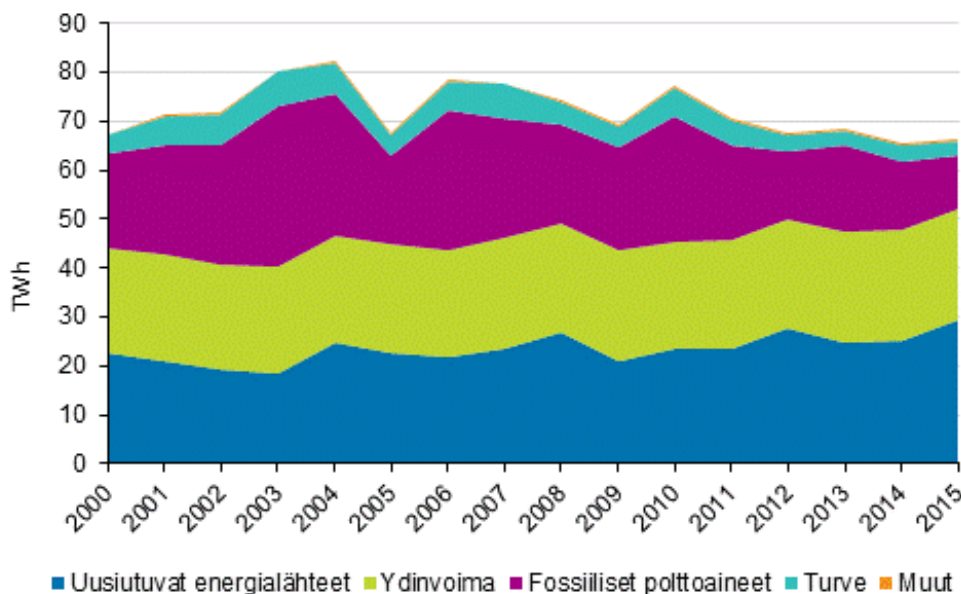
tijoilla. [5, s. 5.] Hankkeen perusteella toteutettu luonnos ympäristöministeriön asetukseksi uuden rakennuksen energiatehokkudesta julkaistiin vuoden 2017 alussa ja on vielä eduskunnan käsiteltävänä. Tavoitteena on, että asetusta sovellettaisiin 1.1.2018 lähtien. Lähes nollaenergiarakentamiseen on siis määrä siirtyä erittäin nopealla aikataululla. Vuoden 2017 aikana tullaan julkaisemaan noin 50 rakennusten energiatehokkuusdirektiiviin liittyvää standardia, jotka tulevat käsittelemään rakennusten energiatehokkuutta eri osa-alueissa. [5, s. 12; 6.]

### Energiatehokkuusdirektiivi (EED)

EU:n energiatehokkuusdirektiivi tuli voimaan vuonna 2012, sen tarkoituksena on täydentää Eurooppa 2020 -kasvustrategiaa ja varmistaa sen toteutuminen energian käytön osalta. Direktiivi vaatii erityisesti rakennusten perusparannuksien yhteydessä tehtävää energiatehokkuuden lisäämistä. [7]

## 3 Uusiutuvien energialähteiden hyödyntäminen

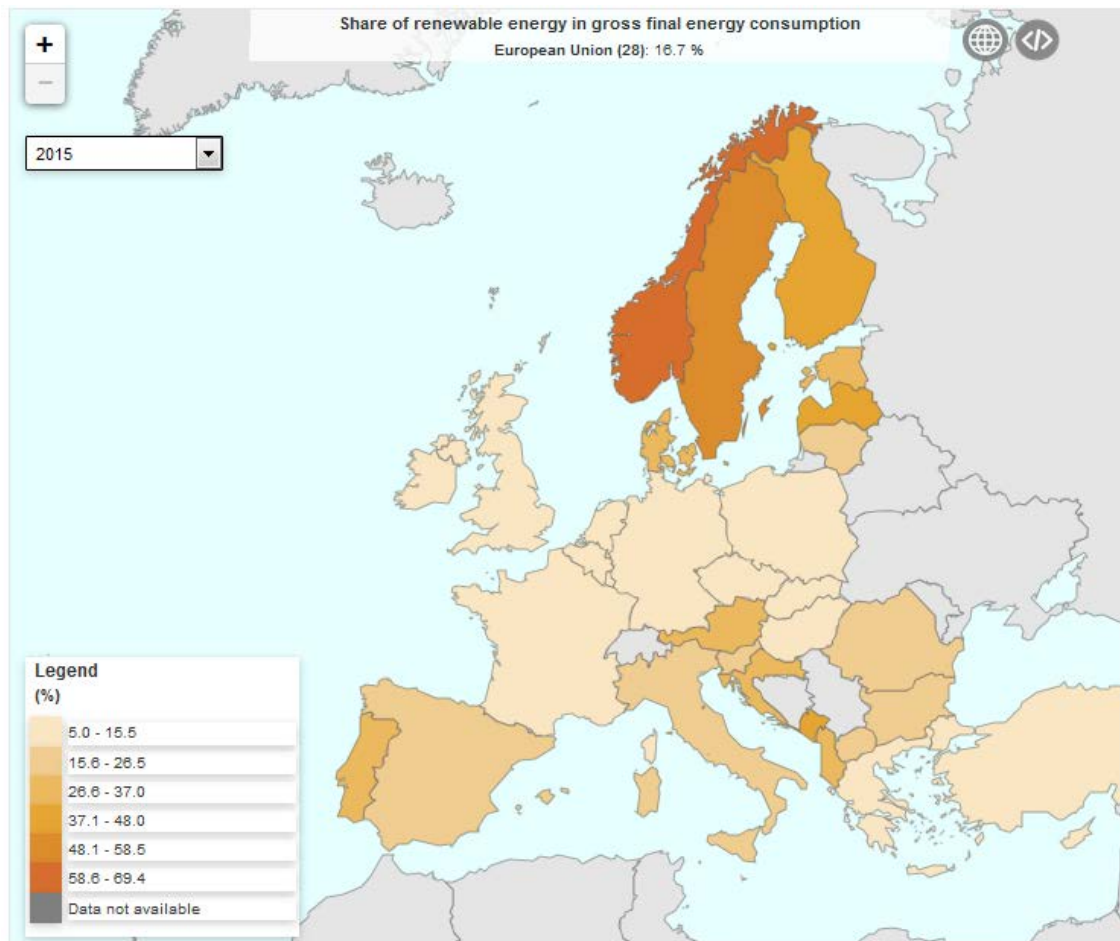
Uusiutuvaksi energiaksi kutsutaan energiamuotoja, jotka ovat inhimillisillä mittasuhteilla mitattuina loputtomia. Näistä tiedossa ja yleisimmin hyödynnettävissä olevat energiamuodot ovat aurinko-, vesi-, valtameri- ja bioenergia, tuulivoima ja maalämpö. [8]



Kuva 1. Sähkön tuotanto Suomessa energialähteittäin vuosina 2000–2015 [9].

Suomessa ja muualla Euroopassa uusiutuvien energialähteiden hyödyntäminen on koko ajan kasvussa. Suomessa vuonna 2015 uusiutuvista energialähteistä tuotetun sähkön määrä (kuva 1) oli suurinta koskaan siihen mennessä, 29,5 TWh, joka vastasi 45 %:a koko sähkön tuotannosta. Vuoden 2016 tiedot tullaan julkaisemaan 2.11.2017 tilastokeskuksen toimesta. [9]

Euroopan RES-direktiivissä uusiutuvan energian tavoitteet määritellään suhteessa energian loppukulutukseen, tällä tavoin laskettuna Suomessa saatiin vuonna 2015 tulokseksi 39,3 %:in osuus loppukulutuksesta. Suomi on siis ylittänyt EU:n vuoteen 2020 mennessä Suomelle asettaman 38 %:n tavoitteen huomattavassa etuajassa. [10] Kuvassa 2 on esitetty uusiutuvan energian osuus loppukulutuksessa kaikkien Euroopan unionin jäsenmaiden osalta vuonna 2015.



Kuva 2. Uusiutuvien energialähteiden osuus loppukulutuksesta Euroopan unionin alueella vuonna 2015 [11].

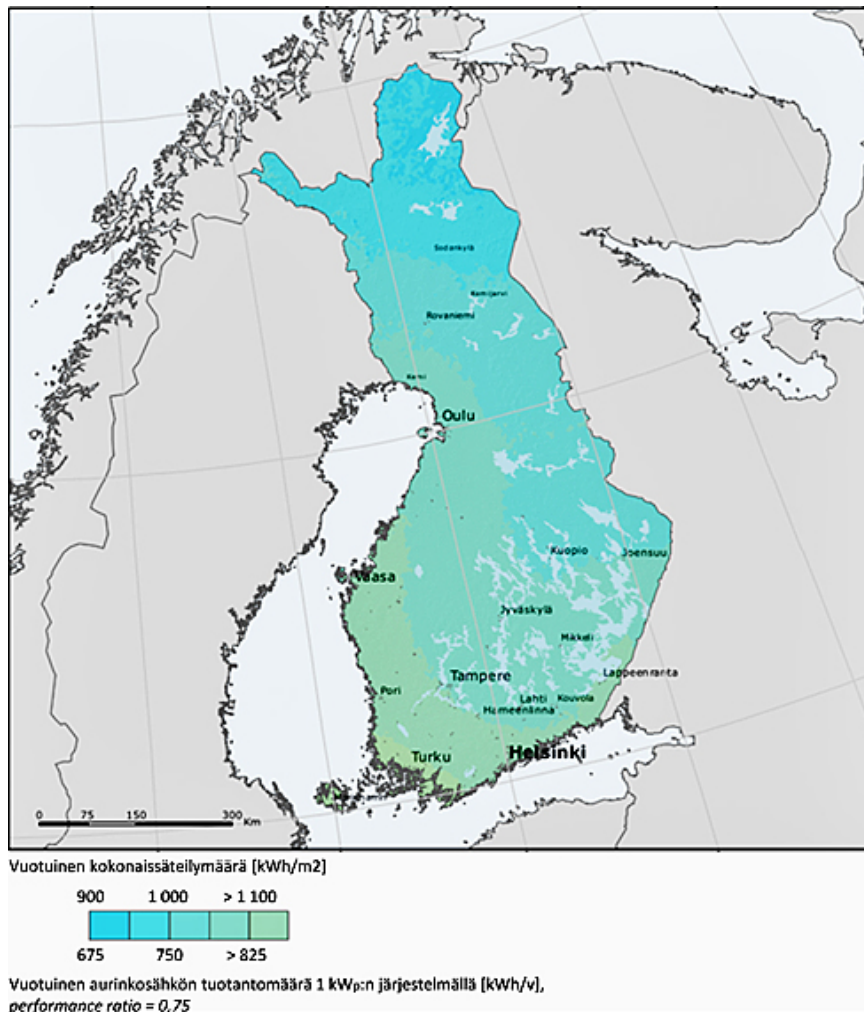
Suomi on kuvan 2 perusteella Euroopan kärkimaita uusiutuvien energialähteiden hyödyntämisessä, FinZEB-hankkeen mukaan merkittävää kasvua voidaan edelleen odottaa, sekä varsinkin rakennuksien yhteyteen integroitu pienimuotoinen sähköntuotanto esimerkiksi aurinkopaneelilla tulee lisääntymään. [5, s. 13.]

Bioenergian ansiosta Suomi on yksi Euroopan kärkimaita. Bioenergiaa käytetään ja tuotetaan laajasti, suurista metsäteollisuuden laitoksista pienen kokoluokan yksittäisten kiinteistöjen ja kotitalouksien tuotantoon. Työn aihealueen rajaamiseksi, bioenergian vertailukelpoisuuden ja kustannusten laajan vaihtelun vuoksi sen käyttömahdollisuutta ei tarkastella tässä työssä. Työssä tarkastellaan uusiutuvien energialähteiden osa-alueista vain aurinkoenergian käyttömahdollisuuksia ja niiden lisäämistä. [12]

### 3.1 Aurinkosähköjärjestelmät

Aurinkosähkön tuottaminen perustuu auringon säteilyenergian muuttamiseen sähköksi. Tämä tapahtuu aurinkokennoista muodostettujen aurinkopaneelien avulla. Säteilyenergian osuessa aurinkokennoihin tapahtuu elektronien liikehdintää, joka muodostaa sähkövirran aurinkokennojen virtajohtimiin. [13]

Aurinkopaneelien tuottamaa sähkötehoa mitataan niiden nimellistehon  $W_p$  avulla, tämä on laboratorio-olosuhteissa mitattu teho, jonka paneeli tuottaa  $+25\text{ °C}$ :n lämpötilassa,  $35^\circ$ :n kulmassa, auringon säteilytehon ollessa  $1\ 000\text{ W/m}^2$ . [14] Auringon säteilyä vuositasolla mitataan pinta-alan perusteella yksiköllä  $\text{kWh/m}^2$ . Kuvassa 3 on esitetty auringon säteilyn vuotuinen jakauma Suomen alueella sekä suuntaa antava arvio  $1\text{ kWp}$ :n aurinkosähköjärjestelmän vuotuisesta tuotosta,  $15\%$ :n järjestelmähäviöillä, yksikkönä  $\text{kWh/v}$ .



Kuva 3. Auringon vuotuinen kokonaissäteily määrä Suomessa [15]

Suomen pohjoisesta sijainnista huolimatta auringon säteilymäärät ovat hyvällä tasolla aurinkosähkön tuottamista varten. Etelä-Suomen vuotuinen säteily määrä on lähes yhtä suuri kuin aurinkosähkön edelläkävijä maassa Saksassa, vaikka Suomessa vuosittainen säteily määrä painottuu keväästä syksyyn. Suomessa etuna on myös matala ympäristön lämpötila, sillä aurinkopaneelien hyötysuhde kasvaa kylmässä. [16]

Suomen suurin sähkönsiirtoon keskittyvä yritys Caruna kertoo lehdistötiedotteessaan heidän sähkönsiirtoverkkoon liitettyjen aurinkosähkölaitteiden määrän kolminkertaistuneen vuoden 2016 aikana, mikä tarkoittaa käytännössä 709 uuden aurinkosähkölaitteiden liityntää ja 4,1 MW:n sähkötehon lisää verkkoon. Tämä osoittaa FinZEB-hankkeenkin mainitseman sähkön pientuotannon merkittävän kasvun odotuksen pitävän paikkansa. Aurinkosähkölaitteita liitetään jatkuvasti lisää Carunan verkkoon erityisesti Uudellamaalla ja Varsinais-Suomessa, mutta myös Lapissa. [17; 5, s. 13.]

Taulukossa 1 on esitetty Carunan sähkönsiirtoverkkoon liitettyjen aurinkosähköjärjestelmien lukumäärät ja tuotantotehot viime vuosina.

Taulukko 1. Aurinkosähkön tuotannon kehitys Carunan verkkoalueella [17].

	31.12.2016	31.12.2015	31.12.2014
Aurinkosähköjärjestelmien lukumäärä (kpl)	1123	414	198
Aurinkosähkön tuotantoteho (MW)	6,81	2,71	1,26

Aurinkosähkön tuotannon kehitys Carunan verkkoalueella

## Käyttökohteet

Aurinkopaneeleilla tuotettu sähkö on tasasähköä (DC), jota voidaan sellaisenaan varastoida akkuihin. Kiinteistön sähköverkkoon tuotettu sähkö pitää kuitenkin muuttaa vaihtosähköksi (AC), joka tapahtuu järjestelmään liitettävän aurinkosähköjärjestelmiin soveltuvan vaihtosuuntaajan, eli invertterin avulla. Muutettua sähköä voidaan hyödyntää sähköverkon vaihtosähköä käyttävissä laitteissa ja ylijäämänsähkö voidaan myydä sähköverkkoon. Lähtökohtaisesti järjestelmä tulisi kuitenkin vielä nykypäivänä mitoittaa niin, ettei ylijäämänsähköä synny, sillä se ei ole taloudellisesti kannattavaa. [13; 18, s. 36.] Kuvassa 4 on pääpiirteittäin esitettynä aurinkosähköjärjestelmän liittäminen rakennuksen sähköverkkoon.



Kuva 4. Sähköverkkoon liitetyn aurinkosähköjärjestelmän periaatekuva [19].

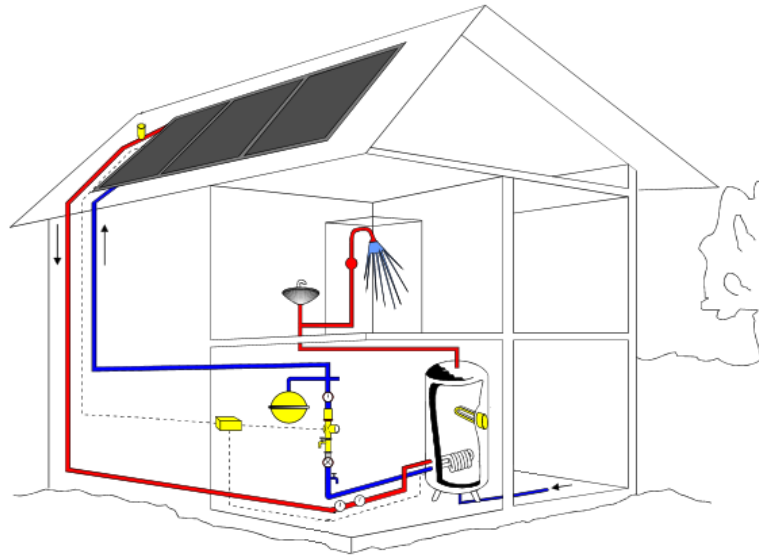
Aurinkosähkölle kannattavimmat käyttökohteet ovat tyypillisesti rakennuksia, joiden ilmanvaihto kuluttaa runsaasti sähköä kesäaikana, tällaisia kohteita ovat muun muassa toimitilarakennukset ja ympärivuoden käytössä olevat päiväkodit. Rakennusten ilmanvaihdon suurin sähköntarve ajoittuu useimmiten päiväsaikaan, jolloin aurinkopaneeleista saatava tuotto on myöskin korkeimmillaan. Aurinkopaneelien tuottama sähköenergia voidaan tällaisissa kohteissa hyödyntää ympärivuotisesti suoraan rakennusten ilmanvaihdossa, eikä ylijäämä sähköä näin ollen pääse syntymään. [18, s. 33; 20.]

Käyttämällä aurinkopaneelien tuottamaa sähköä esimerkiksi ilmalämpöpumpuissa saadaan energiasta moninkertainen hyöty. Ilmalämpöpumppujen toiminta perustuu energian siirtoon, jonka avulla saavutetaan positiivinen hyötysuhde. Ilmalämpöpumppujen vertailussa käytetään lämpökertoimia (COP ja SCOP). Osana Eurooppa 2020 -strategiaa lämpökerroin COP jää pois käytöstä ja tilalle tulee tarkempi SCOP, joka ottaa huomioon myös vuotuiset lämmityskaudet ja ilmastovyöhykkeet. Laadukkaimpien laitteiden kertoimet saavuttavat SCOP-arvon 5, mikä tarkoittaa, että 1 kW:n syöttöteholla saadaan laitteella tuotettua 5 kW lämmitystehoa. [21]

### 3.2 Lämmitysjärjestelmät

Auringon säteilyenergia pystytään muuttamaan myös lämpöenergiaksi, aurinkokeräimien avulla. Keräimet voidaan jakaa kahteen ryhmään, nestekiertoiset keräimet ja ilmakeräimet. Ilmakeräimet soveltuvat pääsääntöisesti pieniin vapaa-ajan asuntoihin, eikä näitä tästä syystä käsitellä tässä työssä. [22]

Antamalla auringon lämmittää keräimen tasopintaa, voidaan siitä kerätä lämpöenergiaa kierrättämällä lämmönsiirtonestettä tasopintaan asennetuissa jäähdytyskanavissa. Lämpöenergia siirtyy lämmönsiirtonesteen kautta pois keräimestä ja se voidaan varastoida esimerkiksi lämpövaraajaan tai käyttää suoraan kiinteistössä. Lämpövaraaja varastoi vettä ja lämmittää sitä kerätyllä energialla rakennuksen käyttövedeksi tai esimerkiksi pesutilojen vesikiertoiselle lattialämmitykselle. Nestekiertoisen aurinkolämpöjärjestelmän periaate on esitetty kuvassa 5. [23, s. 38; 18, s. 19.]

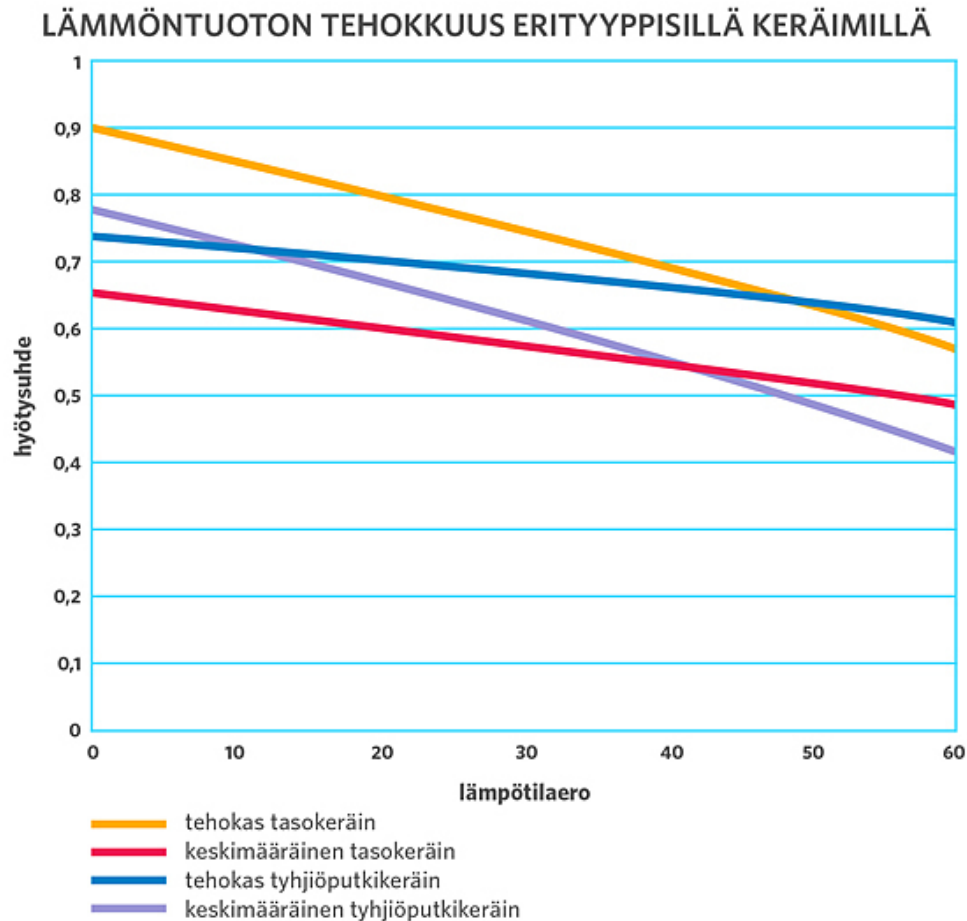


Kuva 5. Nestekiertoisen aurinkolämpöjärjestelmän periaatekuva [24].

Aurinkolämmön tuotantoon liittyy siis olennaisena osana myös lämmön varastointi. Pienissä kohteissa aurinkolämpö varastoidaan useimmiten lämminvesivaraajalla, suurissa kohteissa varastointissa hyödynnetään suuria altaita tai kallioluolia. Lämpöenergiaa voidaan myös varastoida rakennuksen alle maaperään tai käyttää kaukolämmön tuottamiseen. [18, s. 19; 25.]

Nestekiertoisten aurinkosähköjärjestelmien vuositasolla tuottama lämpöteho voidaan laskea työssä aiemmin esitetyn auringon vuotuisen kokonaissäteilyn (kuva 3) ja laitetointajien ilmoittamien hyötysuhteiden perusteella. Keräimen hyötysuhde ei kuitenkaan kerro kokojärjestelmän hyötysuhdetta, sillä siihen vaikuttaa monta eri tekijää, joista suurimpana ovat lämmönsiirtoputkien pituus ja näiden eristys. Kuvassa 6 on vertailtu erityyppisten keräimien hyötysuhteita. [26]





Kuva 6. Lämmöntuoton tehokkuus erityyppisillä keräimillä [26]

Aurinkokeräimien hyötysuhteeseen vaikuttaa olennaisesti ulkoilman lämpötilan ja järjestelmässä kiertävän nesteen keskimääräinen lämpötilaero, sekä keräintyyppi. Kuvan 6 perusteella voidaan todeta, että hyötysuhteet ovat tilanteesta ja keräimen tyypistä riippuen 0,5–0,85. Esimerkiksi hyötysuhteella 0,4 saadaan tuotettua 400 kWh/m<sup>2</sup> lämpötehoa, auringon säteilyn ollessa 1 000 kWh/m<sup>2</sup>. Parhaimmat hyötysuhteet saavutetaan tasokeräimillä, joissa absorptiopinta on mahdollisimman suuri, jolloin järjestelmän ja ympäristön lämpötilaero ei pääse kasvamaan niin suureksi. Absorptiopinnalla tarkoitetaan keräimen kokonaispinta-alasta sitä osaa, joka pystyy tuottamaan lämpötehoa auringonsäteilystä. Keräintyyppien hyötysuhteita keskiarvallisesti tarkastelemalla tyhjiöputkikeräimillä on parempi hyötysuhde. Koko järjestelmän energiatuotanto käyttöveden lämmitykseen on tyypillisesti 0,4 MWh/m<sup>2</sup> vuodessa ja tilojen lämmityksessä vähintään 0,5 MWh/m<sup>2</sup>. [26; 18, s. 42.]

Aurinkolämpöjärjestelmien yleistymistä Suomessa viime vuosina on haastavaa arvioida, sillä vakintuunutta järjestelmää vuositilastojen systemaattiseksi keräämiseksi ei ole,

vaan tilastot perustuvat arvioihin ja kasvuoletuksiin. FinSolar-hankkeen yhteydessä alan asiantuntijat ja laitetoimittajat arvioivat Suomessa olevan yli tuhat asennettua järjestelmää vuonna 2014. Aurinkolämmön hyödyntämisessä on kuitenkin jo tehtyjen selvitysten perusteella merkittävä kasvupotentiaali, tätä tukee myös järjestelmien kustannuksien huomattava laskusuunta kansainvälisellä tasolla. [18, s. 16, s. 18., s. 47.]

### **Käyttökohteet**

Suomessa aurinkolämpöjärjestelmät sopivat parhaiten kohteisiin, joissa lämmintä vettä tarvitaan kesälläkin ja rakennuksen tiloja joudutaan lämmittämään myös keväällä ja syksyllä. Aurinkokeräimien tuottamalla lämpöenergialla voidaan lämmittää myös teollisuuden prosessivettä tai uima-altaita. Suomen olosuhteissa aurinkolämpö sopii erinomaisesti myös osaksi hybridilämmitysjärjestelmiä, joissa lämpö tuotetaan toisiaan tukevilla energialähteillä. Aurinkolämmön yhdistäminen esimerkiksi maalämpöön voi jopa kaksinkertaistaa pumpun hyötysuhteen ja pidentää sen käyttöikä, kun käynnissäoloaika ja pumppujen käynnistysmäärät vähenevät. [18, s. 19–20.]

## **4 MetroSol-aurinkoenergiaboratorio**

Metropolia Ammattikorkeakoulun Espoon Leppävaaran toimipisteeseen rakennettiin vuonna 2013 aurinkoenergian tutkimus- ja mittaustutkimuslaboratorio. Rakennettu järjestelmä muodostuu aurinkopaneeleista ja -keräimistä, jotka tuottavat sähkö- ja lämpöenergiaa kiinteistön käytettäväksi. Laboratorion avulla Metropolian opiskelijat saavat reaaliaikaista tietoa aurinkosähkö- ja aurinkolämpöjärjestelmien hyödyistä Suomen sääolosuhteissa, ja laitteiston keräämien mittaustuloksien perusteella voidaan arvioida järjestelmän tuottoa pidemmälläkin ajanjaksolla.

### **4.1 Aurinkopaneelit**

MetroSol-järjestelmässä on neljä erillistä aurinkopaneelirivistöä, joissa jokaisessa on viisi sarjaan kytkettyä (string) aurinkopaneelia. Kaksi paneelistoa on rakennettu käyttäen Innotech Solar ITS-EcoPlus Poly 240 W -monikidepaneeleita ja toiset kaksi paneelistoa käyttäen SolarWATT M250-60 AC 250 W -yksikidepaneeleita.

Monikidepaneeleista muodostettujen paneelirivistöjen nimellisteho on 2,4 kWp ja yksiki-teisten 2,5 kWp. Järjestelmän kaikkien paneelien tehollinen yhteispinta-ala on 29,2 m<sup>2</sup> ja nimellisteho 4,9 kWp. Järjestelmän jokaisella neljällä paneelirivistöllä on oma invertte-rinsä, jotka ovat SMA Sunny Boy 1200 -mallia. Tutkimuskäytössä tällä ratkaisulla pysty-tään analysoimaan jokaista rivistöä erillään.

Euroopan komission yhteisen tutkimuskeskuksen (JRC) aurinkopaneelien tehontuottoon ja kallistuskulmiin erikoistuva verkkolaskentaohjelma antaa optimaaliseksi kallistuskul-maksi Leppävaaran toimipisteeseen 40° ja atsimuuttikulmaksi 0°. Tutkimuskäyttöä var-ten toimipisteen aurinkopaneelit ovat kuitenkin kaikki asennettuna eri kallistuskulmiin ku-van 7 mukaisesti, kaikkien paneelien atsimuuttikulma on 0°, eli ne on etelään suun-nattu. [27]



Kuva 7. MetroSol-järjestelmän aurinkopaneelit asennettuna Leppävaaran toimipisteen katolle eri kallistuskulmiin (5°, 40°, 60°, 90°).

## 4.2 Aurinkokeräimet

Järjestelmässä on yhteensä kuusi aurinkolämpökeräintä, jotka ovat kolmelta eri valmistajalta. Tasokeräimiä järjestelmässä on yhteensä neljä kappaletta, kaksi kappaletta WATT 2020 S -keräintä ja kaksi kappaletta SavoSolar SF 100-03 -keräintä. Tyhjiöputki-keräimiä on kaksi kappaletta, joiden malli on SunPur NN10.

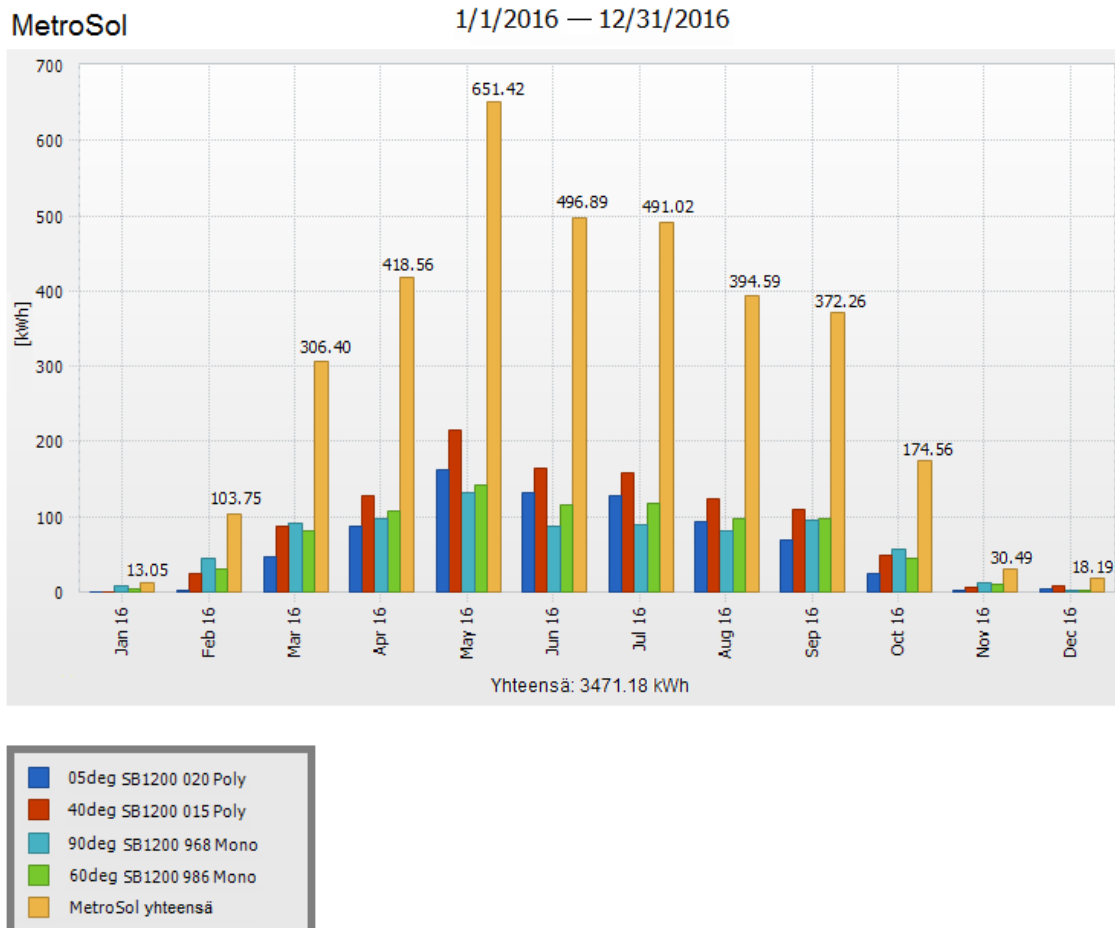
Aurinkolämpökeräimet sijaitsevat myös Leppävaaran toimipisteen katolla (kuva 8), ja ne on yhdistetty rakennuksen ilmanvaihtokonehuoneeseen sijaitsevaan lämpövaraajaan, joka tuottaa kerätyllä energialla lämmintä käyttövettä rakennuksen tarpeisiin.



Kuva 8. MetroSol-järjestelmän aurinkokeräimet asennettuna toimipisteen katolle eri kallistuskulmiin (30°, 60°).

### 4.3 Aurinkosähköjärjestelmän tulosten seuranta

MetroSol-järjestelmän invertterien keräämää tietoa voidaan tarkastella SMA-valmistajan SunnyPortal sivustolta.



Kuva 9. MetroSol-järjestelmän aurinkopaneelien tuottamat sähkötehot kuukausittain vuonna 2016 [28].

Kuvassa 9 on eriteltyä järjestelmän tehontuotot kuukausitasolla vuonna 2016. Tästä voidaan havaita vuoden 2016 toukokuun olleen kaikkein tuottoisin kuukausi. Järjestelmän tammikuun tuotto jäi talvikuukausille tyypillisesti hyvin pieneksi, mutta helmikuussa energiantuotantoa oli jo suhteellisen paljon, jolloin 90°:n kallistuskulmaan asennettu paneeli tuotti eniten. Tästä voidaan päätellä muiden paneelien olleen osan ajasta lumen peittämiä, joka toistui myös vielä maaliskuussa, lokakuussa ja marraskuussa. Kallistuskulmista johtuvat energiantuotannon erot ovat huomattavia vuositasolla tarkasteltuna, erityisesti 5°:n ja 40°:n kallistuskulmien väliset erot ovat merkittäviä ympärivuotisesti.

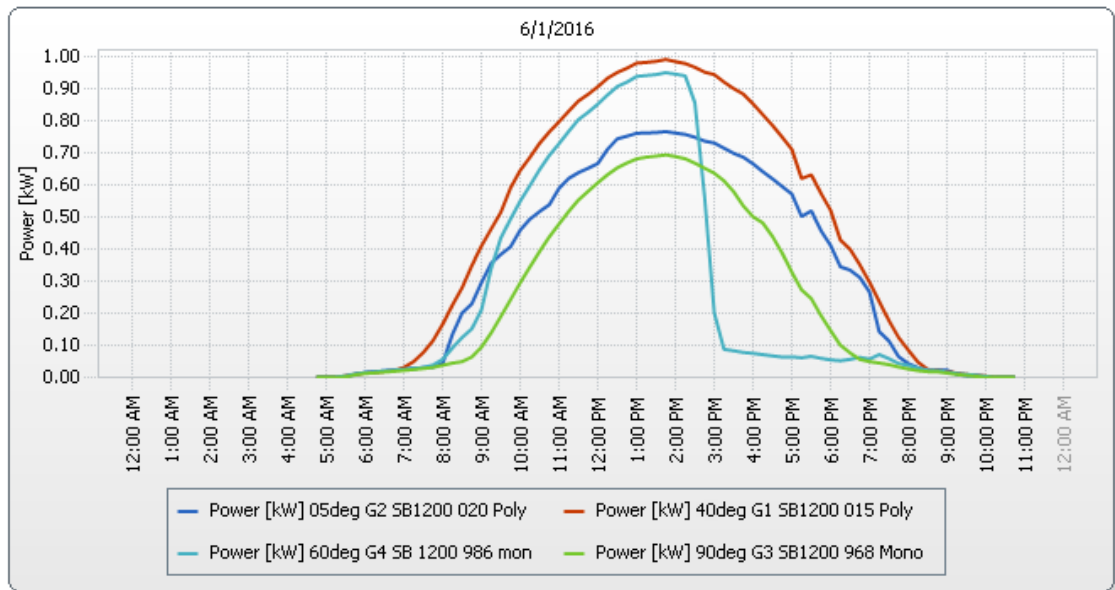




Kuva 10. Kallistuskulmaan  $90^\circ$  asennettu paneeli varjostaa viereistä  $60^\circ$ :n kallistuskulmaan asennettua paneelia, kun aurinko säteilee lännestä.

Euroopan komission verkkolaskentatyökalulla pystytään myös mallintamaan esimerkiksi aurinkosähköjärjestelmän ympärillä olevien puiden tai rakennusten aiheuttamaa varjostusta. Luontaisten esteiden, rakennustaiteellisten tai -teknisten ratkaisujen aiheuttamat varjostumat tulee aina huomioida aurinkopaneelien kohdistamista suunnitellessa. Paneelien kohdistamisessa saatetaan siis kohteesta riippuen joutua poikkeamaan tehontuotosta katsottuna optimaalisista suuntauskulmista. Paneelirivistöjen välitietäisyksissä tulee myös huomioida niiden aiheuttamat varjot viereisiin tai takana oleviin paneelisiin. Kuvassa 10 paneelien kallistuskulmista johtuva ero aiheuttaa varjostuman oikeanpuoleiselle  $60^\circ$ :n kallistuskulmassa olevalle paneelirivistölle.

Kuvassa 11 esitetään kyseisen varjostuman vaikutus paneelirivistön päivittäiseen tehontuottoon.



Kuva 11. Viereisen aurinkopaneelin aiheuttaman varjostuman vaikutus sähkötehon tuottoon [28].

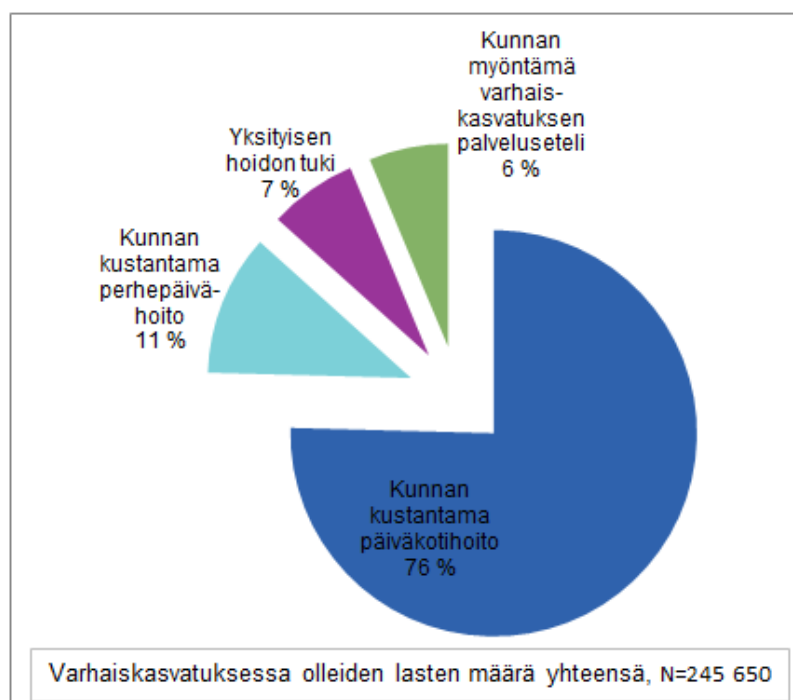
MetroSol-järjestelmässä aurinkopaneelit ja niiden jokainen kenno on sähköteknisesti kytetty sarjaan, näin ollen koko paneelirivistön tehon määrittää vähiten tuottava paneelin, vähiten tuottava kenno. Mikäli siis yksikin kenno on varjon peitossa, koko paneeliston tehontuotto saattaa pysähtyä lähes kokonaan. [29] Kuvassa 11 vaaleansininen trendi kuvastaa 60°:n kallistuskulmaan asennetun paneelin tehontuoton pysähtymistä toisen paneelin varjostuksen vuoksi.

## 5 Aurinkoenergian soveltuvuus päiväkotikäyttöön

Aurinkoenergiajärjestelmien asentaminen julkisiin rakennuksiin on tehokas tapa vaikuttaa alan tiedon ja osaamisen lisäämiseen, samalla edistäen järjestelmien hyödyntämistä muissakin kohteissa. Kiinnostusta on tällä hetkellä havaittavissa erityisesti päiväkoteihin ja koulurakennuksiin rakennettaville järjestelmille. Esimerkiksi Helsingin kaupungin varhaiskasvatusvirastolla on kiinnostusta tuoda uusiutuva energia myös osaksi toimintaansa. [30; 18, s. 62.]

## 5.1 Päiväkodeissa järjestettävä varhaiskasvatus

Suomessa kaikki alle kouluikäiset lapset ovat oikeutettuja kuntien järjestämään varhaiskasvatukseen äitiys- ja isyysloman päätyttyä. Kuntien velvollisuus on järjestää varhaiskasvatusta kokopäiväisesti, mikäli lapsen vanhempien tai muiden huoltajien työ- tai opiskeluolosuhteet sitä vaativat tai jos se on muutoin lapsen edun mukaista. Varhaiskasvatusta on pyrittävä järjestettämään myös iltaisin ja öisin, mikäli sille on tarvetta. Varhaiskasvatusta järjestetään suurimmaksi osaksi kuntien päiväkodeissa, kuvassa 12 on havaittavissa kuntien kustantaman päiväkotihoidon osuus varhaiskasvatuksesta vuonna 2015. [31; 32.]



Kuva 12. Varhaiskasvatuksen jakautuminen osa-alueittain Suomessa vuonna 2015 [32].

Kuntien kustantamassa päiväkotihoidossa vuonna 2015 oli kaikkiaan 185 273 lasta, joka vastaa 76 %:a koko varhaiskasvatustoiminnasta. Varhaiskasvatuksessa olleista lapsista 58 % oli päiväkodeissa kokopäivähoitossa. [32]

Varhaiskasvatustoimintaa järjestetään kuntien päiväkodeissa siis runsaasti, mutta nykyisellään aurinkoenergiaa ei juurikaan hyödynnetä päiväkotien energialähteinä, vaikka kasvupotentiaalia olisi selvästi. Osassa päiväkodeista varhaiskasvatus on ympärivuotista kellonajasta riippumatta, jolloin vuotuinen auringonsäteily saataisiin hyödynnettyä



suoraan sähköenergiana rakennusten ilmastoinnissa ja lämpöenergiana esimerkiksi ryhmä- ja pesutilojen lattialämmityksessä sekä käyttövedessä.

Päiväkodit muodostavat usein myös isompia kokonaisuuksia alakoulujen ja esikoulujen kanssa. Rakennusten tiloissa saatetaan järjestetää iltapäiväkerhoja ja muuta toimintaa, liikuntasaleja vuokrataan harrastustoimintaan urheiluseurojen käytettäväksi ja myös rakennusten muut kokoontumistilat saattavat olla yleisessä käytössä iltaisin ja viikonloppuisin. Lämpimän käyttöveden ja ilmastoinnin sähköntarve ei siis rajoitu tiettyihin päiviin tai kellonaikoihin tämänkään tyyppisissä kohteissa. [33]

## 5.2 Aurinkoenergian rahoitus

Aalto-yliopiston kauppakorkeakoulun aurinkoenergiajärjestelmien investointiin ja kannattavuuteen pohjautuvan FinSolar-hankkeen yhteydessä käsiteltiin kuntien ja kaupunkien keinoja edistää investointia aurinkoenergiaan. Kuntien suurimpina etuina on mahdollisuus saada hyvin edullista lainaa, esimerkiksi Kuntarahoitukselta, sekä leasing-rahoitusta, jotka molemmat rahoitusmuotoina soveltuvat erinomaisesti aurinkoenergiainvestointien pitkään käyttöikään ja tasaiseen vuosituottoon. Kunnat ovat myös oikeutettuja työ- ja elinkeinoministeriön tarjoamaan energiatukeen, joka kattaa 25 % aurinkosähköjärjestelmän ja 20 % aurinkolämpöjärjestelmän alkuinvestoinneista. [18, s. 60–62, s. 75, s. 77; 34.]

Suomen ympäristökeskus käynnisti vuonna 2016 leasing-rahoitteen yhteistilauksen aurinkovoimaloiden lisäämiseksi kuntien julkisissa rakennuksissa, puitesopimus kestää vuoteen 2020 asti, ja se on avoin kaikille suomalaisille kunnille. Leasing-maksu määritellään samaksi kuin voimalan tuottama sähkö verkosta ostettuna. Voimaloita asennetaan esimerkiksi koulujen, päiväkotien ja kaupungintalojen katoille. Tilattuja voimaloita on tällä hetkellä 82 kappaletta ja niiden yhteenlaskettu nimellisteho on 1,2 MWp. Määrä saattaa moninkertaistua vuoteen 2020 mennessä. Tällä tavalla hankitulle aurinkosähköjärjestelmälle saadaan kustannushinnaksi asennettuna noin 1 000 €/kWp (ALV 0 %), kun keskimääräiset markkinahintat vuonna 2016 olivat 1 300–2 000 €/kWp. Leasing-rahoitteisesti hankitussa aurinkovoimalassa TEM-energiatuki lyhentää maksukauden pituutta. [35; 36; 37; 38.]

### 5.3 Lähes nollaenergiapäiväkoti



Kuva 13. Auroran koulu, päiväkotia ja neuvola Espoon Lippajärvellä [39].

Rakennustaide tuo usein haasteita rakennuksen energiatehokkuuden säilyttämiseen, kuitenkin oikeilla menetelmillä, arkkitehtonisilla ja taloteknisillä yhteisratkaisuille saadaan aikaiseksi niin energiatehokas, kuin taiteellisesta näkökulmasta näyttävä rakennus. Espoon Lippajärvellä sijaitseva Auroran koulu, päiväkotia ja neuvola (kuva 13) on hyvä esimerkki tästä. Rakennus oli valmistuessaan vuoden 2016 kesällä Espoon energiatehokain rakennus E-luvun ollessa  $77 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ . [39; 40.]

Neuvola, päiväkotia ja alakoulu yhtenä rakennuskokonaisuutena luovat lapselle yhteisöllisen ja tutun kasvuympäristön varhaisteiniksi asti. Kokonaisuus palvelee 340 oppilasta, 126 lasta, sekä myös kaikkia muita kuntalaisia, sillä yhteiset tilat, liikuntasali ja kirjasto ovat julkisessa käytössä myös iltaisin ja viikonloppuisin. [33]

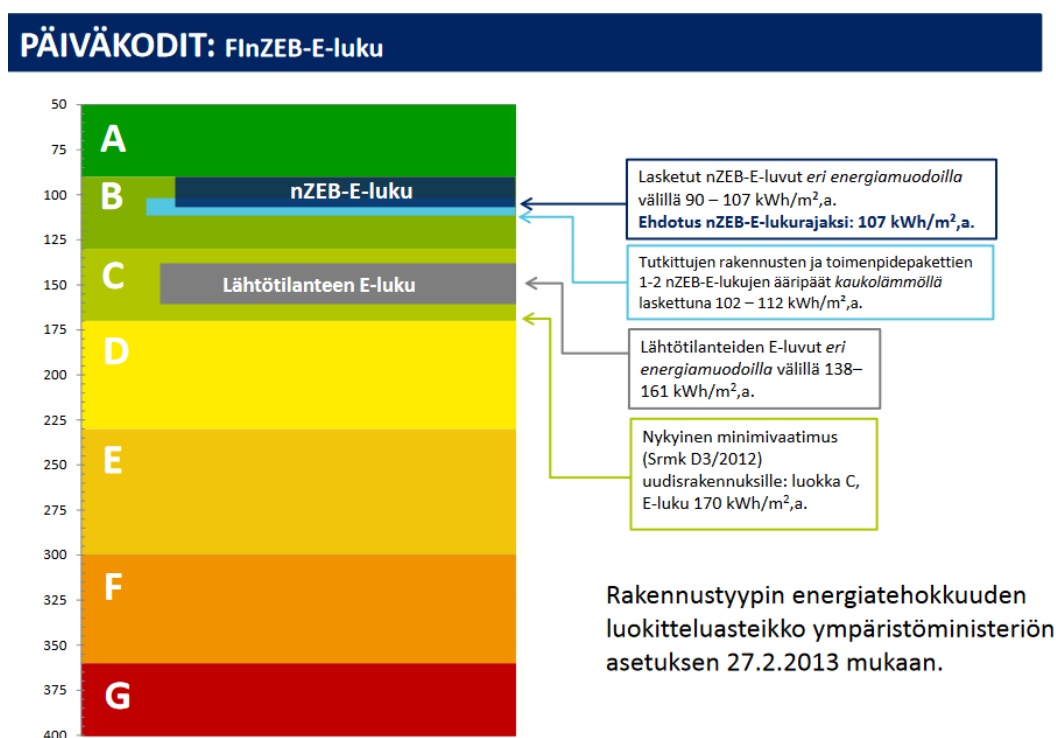
Rakennuksen voimakkaasti kallistuvalla alumiinihuopakatolle on sijoitettu noin  $70 \text{ m}^2$  yksikiteisiä aurinkopaneeleita etelän suuntaisesti, energiantuoton kannalta optimaaliseen  $45^\circ$ :n kallistuskulmaan. Paneelien 14 % hyötysuhteella simuloituna mahdollinen vuosituotto on noin 10,80 MWh. [39]

Rakennus hyödyntää aurinkoenergiaa myös passiivisesti. Eteläpuolen ikkunoiden räystäsratkaisu suojaa rakennusta yllämpenemiseltä kesällä, mutta talvella alemmaa pais-

tava auringonvalo pääsee ikkunoista sisään. Valaistusta ohjataan päivänvaloa hyödyntävissä tiloissa päivänvalo-ohjauksella ja ikkunat ovat valmistettu lasimateriaalista, jonka päivänvalo pystyy läpäisemään tavallista paremmin. [40]

## 6 Energialaskelmat ja -vertailu

Rakennusten energiatehokkuusvaatimusten tiukentuessa ja lähes nollaenergiarakentamiseen (nZEB) pyrkiessä taloteknisten järjestelmien energialaskelmien tarpeellisuus ja painoarvo lisääntyy entisestään. Rakennuksen energiatehokkuuden määrittely perustuu laskennalliseen vertailulukuun, jota kutsutaan E-luvuksi. E-luku on energiamuotojen kertoimilla painotettu rakennuksen laskennallinen vuotuinen ostoenergiankulutus rakennustyyppin standardikäytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden. E-luvun yksikkönä on kWh/(m<sup>2</sup>a). [41, s. 2; 42, s. 8–9]



Kuva 14. FinZEB-hankkeen esitys päiväkotien uudeksi E-luvuksi [5, liite 1].

Kuvassa 14 on esitetty FinZEB-hankkeen ehdottama uusi nZEB-E-luku päiväkodeille. Mikäli FinZEB-hankkeen perusteella tuotettu, eduskunnan käsittelyssä oleva ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta hyväksytään, aletaan sitä soveltamaan 1.1.2018 lähtien. Tämä tarkoittaisi uusien rakennuksien sähkötehojen ja

kokonaiskulutuksen tarkempaa tarkastelua erityisesti rakennuslupa- ja käyttöönottovaiheessa. [5, s. 28; 41, s. 13.]

FinZEB-hankkeen ehdotuksena tutkittujen rakennusten energiatehokkuuden parantamismahdollisuuksien perusteella E-luvuksi päiväkodeihin saatiin 107 kWh/(m<sup>2</sup>a), ympäristöministeriön asetusluonnoksen mukaan kuitenkin päiväkodeissa uusi E-luvun raja-arvo tulisi olemaan 100 kWh/(m<sup>2</sup>a), joka on 70 yksikköä pienempi kuin nykyinen vaatimus. [5, liite 1; 41, s. 3.]

Tämän työn energia- ja kustannuslaskelmissa vertailukohteena käytetään työhön valittua nykyisten energiavaatimusten perusteella toteutettua esimerkkipäiväkotia, jossa varhaiskasvatustoiminta on ympärivuotista.

Päiväkodin yleiset tiedot:

- Sijainti: pääkaupunkiseutu
- lämmitetty nettoala: 1 000 m<sup>2</sup>
- lämmitysmuoto: kaukolämpö (ostoenergiankulutusta ei määritelty)
- sähkön ostohinta: 9 snt/kWh

## 6.1 Kuormituslaskelmat

Kuormituslaskelmissa lasketaan rakennuksen kokonaissähkötehon tarve, laskelmissa tulee siis ottaa huomioon rakennuksen kaikkien sähkö- ja LVI-laitteiden sähkötehot. Tehon tarpeeseen vaikuttaa myös käyttäjän verkkoon kytkemät sähkölaitteet ja käyttötottumukset, joten tarkkaa arvoa laskemallakaan ei voida tavoittaa. Laskelmat perustuvat siis pitkälti arvioihin laitteiden käytön samanaikaisuudesta ja näiden käyttöajoista.

Päiväkodeissa suuritehoisimmat ja kuormitukseltaan rakennuskohtaisesti vaihtelevimmat laitteet ovat tyypillisesti LVI- ja keittiölaitteet, näiden sähkötehon tarve tulee siis olla

tiedossa laskelmia tehdessä. Tiedot ovat useimmiten saatavissa hankkeen LVI-suunnittelijalta ja keittiölaitesuunnittelijalta. Taulukossa 2 on esitetty esimerkkipäiväkodin kuormituslaskelmilla saadut sähkötehon tarpeet ja energiankulutus vuositasolla.

Taulukko 2. Esimerkkipäiväkodin kuormituslaskelmilla saatu arvio rakennuksen vuosittaisesta energiankulutuksesta.

Kuorma	Pätöteho huippu kWh	Huipun käyttöaika h	Energiankulutus vuodessa kWh	%
Valaistus	8,6	3500	30079	19
Pistorasiaryhmät	7,1	2000	14200	9
Keittiölaitteet	33,1	2000	66200	41
LVI-laitteet	8,4	6000	50472	31
<b>Yhteensä</b>	<b>57,2</b>	-	<b>160951</b>	<b>100</b>

Laskelmien perusteella LVI- ja keittiölaitteet kuluttavat huomattavan osan koko rakennuksen sähkötarpeesta. Vaikka LVI-laitteiden huipputeho on pieni verrattuna muihin laitteisiin, kasvaa vuosittainen energiankulutus suureksi käyttötuntien myötä. Rakennuksen ilmastointia säädetään hiilidioksidiantureiden avulla tilojen käyttäjämäärien perusteella, yöaikana ilmastoinnille on kuitenkin pienempi tarve. Päiväkodissa on kuumennuskeittiö, jossa lämmitetään muualla valmistettu ruoka aamuisin, mutta keittiölaitteet ovat kuitenkin suuritehoisia ja kuluttavat näin ollen reilun osan sähköenergiasta.

Kuvassa 15 näkyvät FinZEB hankkeessa esitetyt toimenpidepaketit päiväkotien valaistuksen energiatehokkuuden parantamiseen.

Perustapaus	Toimenpidepaketti 1	Toimenpidepaketti 2
<ul style="list-style-type: none"> <li>LTO-vuosihyötysuhde 60 %</li> <li>Valaistus 18 W/m<sup>2</sup></li> <li>Tuloilmavirta 3 dm<sup>3</sup>/s,m<sup>2</sup></li> <li>Tiiveys n<sub>50</sub> = 0,6 1/h</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>LTO-vuosihyötysuhde 85 %</li> <li>Valaistus 12 W/m<sup>2</sup> + tarpeenmukainen ohjaus</li> <li>Tarpeenmukainen ilmanvaihto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>LTO-vuosihyötysuhde 85 %</li> <li>Valaistus 8 W/m<sup>2</sup> + tarpeenmukainen ohjaus</li> <li>Tarpeenmukainen ilmanvaihto</li> </ul>

Kuva 15. FinZEB-hankkeen toimenpidepaketit päiväkodeille [5, liite 1].

FinZEB-toimenpidepakettien perusteella valaistuksen energiatehokkuuden tulisi olla 8–12 W/m<sup>2</sup>. Esimerkkipäiväkodissa käytetään valaistuksen toteutukseen keskihintaisia LED-valaisimia. Kuormituslaskelmien perusteella näillä valaisimilla kohteessa päästäisiin arvoon 8,6 W/m<sup>2</sup>, toimenpidepaketti 2:n ohjeistus on kuitenkin tavoitettavissa hyödyntämällä tästäkin energiatehokkaampia LED-valaisimia.

Esimerkkipäiväkodin kaukolämmön ostoenergiankulutusta ei ole määritelty, joten sitä ei huomioida laskelmissa.

Ympäristöministeriön asetusluonnoksen ja FinZEB-hankkeen ehdotusten perusteella myös päiväkotien energiatehokkuusvaatimukset kiristyvät huomattavasti. Rakennuksen energiatehokkuutta kuvastavaan E-lukuun voidaan suoraan vaikuttaa uusiutuvien energialähteiden pientuotannolla kohteessa, sillä E-luku lasketaan vain ostoenergiankulutuksesta. [5, liite 1; 41, s. 2–3.]

## 6.2 Aurinkosähköjärjestelmä

Esimerkkipäiväkodissa varhaiskasvatus on ympärivuotista, joten rakennuksen ilmastointi kuluttaa suuren osan koko vuoden tarvittavasta sähkötehosta. Ilmastoinnin huippukuormat sijoittuvat samaan ajankohtaan päivästä, kuin aurinkopaneeleista saatava suurin tehontuotto. Tästä syystä kohteessa olisi perusteltua käyttää aurinkosähköä ilmastointia varten vaadittavan ostoenergiankulutuksen pienentämiseksi. [18, s. 33.]

Järjestelmän mitoittamisessa on tärkeää huomioida tehontarve, sillä ylijäämänsähkön myyminen sähköverkkoon ei ole nykyisellään taloudellisesti kannattavaa [18, s. 39.] Esimerkkipäiväkodissa aurinkosähköllä halutaan korvata osa ilmanvaihtoon käytettävästä ostoenergiasta kesäaikana ja hyödyntää mahdollinen ylijäämänsähkö rakennuksen muissa laitteissa, tähän tarkoitukseen valitaan 5,4 kWp:n nimellistehon aurinkosähköjärjestelmä.

Järjestelmään valittiin Solarworldin yksikiteiset aurinkopaneelit, ja koska järjestelmä halutaan kytkeä sähköverkkoon, valittiin Froniuksen kolmivaiheinen invertteri. Paneeli- ja invertterityyppi ovat esitettyinä kuvassa 16. Laitteiden tekniset tiedot ovat tämän työn liitteissä 1 ja 2.

- 20 kpl Solarworld Sunmodule Plus SW 270 Mono Silver
- Fronius 6kW Symo 3ph



Kuva 16. Järjestelmään valitut aurinkopaneelit ja kolmivaiheinen invertteri [Liite 1 ja 2].

Laitetoimittajan antaman arvion perusteella järjestelmän verottomaksi (ALV 0 %) hinnaksi esimerkkikohteessa tulisi 5 000 € ja järjestelmän asennuksen hinnaksi 2 000 € FinSolar-hankkeen tekemän selvityksen perusteella vuonna 2016 hintataso verkkoon kytketyille alle 10 kWp järjestelmille asennukset mukaan lukien oli 1 300–2 000 €/kWp. Esimerkkikohteemme järjestelmä kustantaa 1 300 €/kWp ja vastaa näin ollen nykypäivän markkinoiden edullisimpia ratkaisuja. [43; 38.]

Paneelit asennetaan 40°:n kallistuskulmaan, atsimuuttikulman ollessa 0°, eli etelän suuntaisesti. Luontaisia esteitä ei oteta huomioon laskelmissa.

### 6.3 Elinkaarikustannukset ja takaisinmaksuaika

Taulukossa 3 esitetään esimerkkipäiväkotiin valitun aurinkosähköjärjestelmän takaisinmaksuaika valitulla laskentakorolla sekä investoinnin nettonykyarvo (NPV), eli kokonaistuotto nykyrahassa mitattuna. Investoinnin kannattavuutta tarkastellaan 20:n ja 30 vuoden käyttöjaksoina. Laskelmissa on käytetty pohjana FinSolar-hankkeen kannattavuus- ja mitoituslaskurin versiota 11/2015, laskuria on muokattu työhön sopivammaksi. Tarkemmat laskelmat on esitetty liitteessä 3. [44]

Laskelmissa on käytetty seuraavia oletuksia:

- Sähköenergian ostohinta yritys-/yhteisöasiakkaille: 9,0 snt/kWh
- Järjestelmän vuosittainen energiantuotto: 850 kWh/kWp [15]
- Ostosähkön hinnan nousu: 2 %/vuosi
- Investoinnin laskentakorko: 1 %/vuosi
- TEM-investointituki aurinkosähköhankkeille: 25 % [18, s. 27]
- Invertterin vaihto, % alkuinvestoinnista, 15 vuoden käyttöiällä: 10 %
- Vuotuiset ylläpitokulut, % alkuinvestoinnista: 1 %
- Vuosittainen energiantuoton vähenemä: 0,7 %. [Liite 2]

Taulukko 3. Esimerkkipäiväkodin aurinkosähköjärjestelmän investoinnin tuotto ja takaisinmaksuaika

Investoinnin nettonykyarvo (NPV) 20 vuoden käyttöiällä	<b>2 432 €</b>
Takaisinmaksuaika	<b>12 vuotta</b>
Investoinnin nettonykyarvo (NPV) 30 vuoden käyttöiällä	<b>6 732 €</b>
Takaisinmaksuaika	<b>12 vuotta</b>

Taulukon 3 perusteella, 20 ja 30 vuoden käyttöiällä tarkasteltuna esimerkkipäiväkodin aurinkosähköjärjestelmän takaisinmaksuaika olisi 12 vuotta, joka alkaa lähenemään yleistä käsitystä järkevästä takaisinmaksuajasta.

Takaisinmaksuaika ei kuitenkaan yksinään ole soveltuva menetelmä aurinkoenergiainvestoinnin kannattavuuden vertailuun johtuen aurinkopaneeleiden ja -keräimien pitkästä käyttöiästä ja toimintavarmuudesta. Yksittäisenä kannattavuuden mittarina takaisinmaksuaika soveltuu vain investointeihin, joiden vanhenemis- ja rikkoontumisriski on huomattava. Aurinkoenergiajärjestelmien laiteriskit takaisinmaksuaikavälillä ovat erittäin pienet,



sekä ylläpito- ja huoltokustannukset lähes olemattomia, sillä sadevesi puhdistaa niitä usein riittävästi. Myöskin invertterin 15 vuoden käyttöikä otetaan huomioon jo laskelmissa. [18, s. 32; 45.]

Aurinkoenergiainvestoinnin kannattavuuden arvioinnissa tulisi takaisinmaksuajan laskemisen lisäksi laskea LCOE-tuotantohinta (*levelized cost of energy*), joka on vertailukelpoinen muiden energialähteiden LCOE-tuotantohintoihin. Laajimmillaan laskettuna LCOE-tuotantohinnan tulisi kattaa energiamuodon kaikki sisäiset ja ulkoiset kustannukset, ulkoisia kustannuksia ovat muun muassa ympäristö- ja terveyshaitoista aiheutuneet kustannukset. Laskentamenetelmän avulla voidaan laskea keskenään vertailukelpoisia tuotantohintoja eri energiamuodoille. Suomessa ei tosin ole julkisia vertailutietoja eri energiamuotojen LCOE-tuotantohinnoista, kuten esimerkiksi muualla Euroopassa ja Yhdysvalloissa. [18, s. 101–102]

Taulukossa 4 on esitetty esimerkkipäiväkodille valitun aurinkosähköjärjestelmän vertailukelpoinen LCOE-omakustannustuotantohinta ja ostosähkön arvioitu keskimääräinen hinta 20 ja 30 vuoden pitoajoilla mitattuina.

Taulukko 4. Esimerkkipäiväkodin LCOE-omakustannustuotantohinta ja arvio ostosähkön keskimääräisestä hinnasta 20 ja 30 vuoden tarkasteluajana.

Aurinkosähkön LCOE-omakustannushinta 20 vuoden pitoajalla	<b>7,0 snt/kWh</b>
Arvioitu ostosähkön keskimääräinen hinta 20 vuoden aikana	<b>10,8 snt/kWh</b>
Aurinkosähkön LCOE-omakustannushinta 30 vuoden pitoajalla	<b>4,9 snt/kWh</b>
Arvioitu ostosähkön keskimääräinen hinta 30 vuoden aikana	<b>12,1 snt/kWh</b>

Vertailtaessa aurinkosähköjärjestelmien elinkaarikustannuksia ja tuotantohintoja pelkän takaisinmaksuajan sijaan, saavutetaan realistisempi kuva aurinkosähköinvestoinnin kannattavuudesta. Mikäli muiden energialähteiden LCOE-tuotantohinnat olisivat julkisia, voitaisiin tällä menetelmällä laskettua LCOE-omakustannustuotantohintaa vertailla suoraan myös muihin energialähteisiin. Tuotantohintojen vertailun tukena voidaan käyttää myös investoinnin sisäisen koron (IRR) tarkastelua kannattavuuden perustana. [18, s. 32, s. 101–102.] Tarkemmassa laskelmassa liitteessä 5 on myös esitetty esimerkkipäiväkodin aurinkosähköjärjestelmäinvestoinnin sisäiset korot.

## 7 Pohdinta

Euroopan unionin asettamien tavoitteiden lähes nollaenergiarakentamiseen siirtymisessä, uusiutuvien energialähteiden hyödyntäminen tulee lisääntymään runsaasti vaadittujen rakennusten energiatehokkuuksien saavuttamiseksi. [4, s. 21; 41, s. 3.]

Aurinkoenergiainvestointeihin saatavat tuet ja erilaiset rahoitusmuodot ovat jo mahdollistaneet varsinkin julkisen sektorin kilpailukykyisen aurinkoenergiatuotannon pidemmällä aikavälillä ja LCOE-tuotantohintojen pohjalta tarkasteltuina. Vaikka aurinkopaneelien hyötysuhteissa ei ole vielä tapahtunut merkittävää läpimurtoa, ovat paneelien hinnat silti laskeneet huomattavasti vuosien aikana. Aurinkolämpö voi olla kilpailukykyistä yritysten ja kuntien lämmitysjärjestelmissä, energiatukien ja investointien arvonlisäverottomuuden myötä. [18, s. 41, s. 77, s. 104–105; 38.]

Päiväkodeissa ja muissa rakennuksissa, joissa kuluu runsaasti sähköä ilmastointiin, pystytään hyödyntämään aurinkopaneelien tuottama vuotuinen sähköenergia suoraan ilmastoinnissa. Aurinkolämpö on yleensä kannattavaa osana hybridilämmitysjärjestelmiä, tai jos sillä pystytään korvaamaan kalliimpaa lämmityspolttoainetta. [18, s. 20, s. 33, s. 44–45.]

Aurinkoenergialla on myös nykypäivänä yritysten ja kuntien toiminnan imagoa parantava vaikutus, jonka lisäarvoa ei välttämättä huomioida kannattavuuslaskelmissa. Myös aurinkoenergiajärjestelmien ja muiden uusiutuvista energialähteistä tuotetun energian päästöttömyyden vuoksi, Suomessa tulisi olla saatavilla laajempaa julkista tietoa eri energiamuotojen todellisista elinkaarikustannuksista. [18, s. 77, s. 101–103.]

### Tulevaisuus

Euroopan unionissa on käynnissä suuret muutokset rakennusten energiatehokkuuden parantamiseksi, uusiutuvan energian tuotannon lisäämiseksi ja sähkömarkkinamallin muuttamiseksi [46].

Uuden sähkömarkkinamallin tavoitteena on tehdä sähkön käyttäjistä keskeisiä toimijoita sähkömarkkinoilla ja käyttäjät halutaan mukaan tehostamaan sähköjärjestelmän käyttöä älykkäänä sähköverkkona. Sähkömarkkinamallissa uusiutuvan energian tuottajien on jatkossa myytävä sähkönsä markkinoille ja vastattava omasta taseestaan [46].

Energiatehokkuuteen ja sitä koskeviin direktiiveihin on myös tulossa muutoksia. Rakennusten energiatehokkuusdirektiiviin (EPBD) muuttamisesta annettu Euroopan komission ehdotus on tällä hetkellä kansallisessa käsittelyssä. Muutosehdotuksen päätavoitteena on nopeuttaa rakennusten kustannustehokkaita peruskorjauksia, sisällyttämällä siihen rakennusten peruskorjausstrategiat pitkälle aikavälille sekä kannustaa lisäämään älykäästä teknologiaa rakennuksien toiminnan varmistamiseksi. Tämä tarkoittaisi siis sitä, että energiatehokkuusdirektiivin (EED) perusparannuksia koskevat kohdat sisällytettäisiin yhden direktiivin alle. Vuoden 2017 aikana tullaan myös julkaisemaan noin 50 rakennusten energiatehokkuusdirektiiviin liittyvää standardia. [47; 6.]

EU:n komissio valmistelee parhaillaan myös uudistettua RES-direktiiviä (REDII) vuosille 2020–2030, joka tulee todennäköisesti sisältämään jäsenmaakohtaiset veloitteet asettaa uusiutuvien energialähteiden käytön lisäämiselle uudet tavoitteet maiden energiantuotannossa vuoteen 2030 mennessä [48, s. 24]. Uusiutuvan energiantuotannon ja energiatehokkuuden muutosten tavoitteena on nostaa Euroopan Unioni maailmanlaajuiseen johtoasemaan alalla [47].

Pitkän aikavälin tavoitteena Suomessa on hiilineutraali yhteiskunta, keskeisenä tavoitteena on fossiilisten polttoaineiden käytön korvaaminen uusiutuvalla energialla, sekä energiatehokkuus. Uusiutuvan energian osuus loppukulutuksesta on tavoitteena lisätä yli 50 %:iin vuoteen 2030 mennessä. [48, s. 11, s. 13.]

## 8 Yhteenveto

Aurinkoenergian nouseminen osaksi laajempaa energiantuotantoa on kestänyt jo pitkään. Älykkäiden sähköverkkojen ja tiukentuvan ilmasto- ja energiapolitiikan vuoksi alkaa näyttämään siltä, että aurinkoenergian kasvu tulee olemaan räjähdysmäistä seuraavalla vuosikymmenellä. Järjestelmistä olisi siis hyvä kerätä lisää tietoa ja kokemusta pienessäkin mittakaavassa, ennen suurempien kokonaisuuksien tuloa.

Pientuotannon kilpailukyvyyn lisäämiseksi tulisi eri energiantuotantomuodoista saada enemmän julkista tietoa. Lisäksi asennettujen järjestelmien määrää tulisi jo älykkäitä sähköverkkojakin varten seurata ja tilastoida tarkemmin, sillä pientuotanto tulee kasvamaan merkittävästi suurempaan mittakaavaan, kuin se tällä hetkellä on. Osa tilastoista

perustuu tällä hetkellä vain asiantuntijoiden arvioihin ja kasvuoletuksiin, tai tietoa ei ole lainkaan saatavissa.

Aurinkoenergiajärjestelmät osana hajautettua sähköntuotantoa ja älykkäitä sähköverkoja ovat vielä niin sanotusti lapsenkengissä; teknologian kehittyessä järjestelmistä tulee entistäkin edullisempia ja kannattavampia investointeja. Uusiutuvan ja entistä hajautetumman, sään mukaan vaihtelevan energiantuotannon lisääntyminen aiheuttaa sen, että Suomen ja koko Euroopan sähköjärjestelmä on kokemassa merkittävän muutoksen – luultavasti suurin muutos vuosikymmeniin on aivan nurkan takana.

## Lähteet

- 1 Uusiutuvat energialähteet. 2016. Verkkoaineisto. Euroopan parlamentti. [http://www.europarl.europa.eu/atyourservice/fi/displayFtu.html?ftuld=FTU\\_5.7.4.html](http://www.europarl.europa.eu/atyourservice/fi/displayFtu.html?ftuld=FTU_5.7.4.html)> Luettu 28.3.2017.
- 2 Eurooppa 2020 -strategia, Suomen kansallinen uudistusohjelma, kevät 2016. Verkkojulkaisu. Valtiovarainministeriö. [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/74866/Eurooppa\\_2020-strategia\\_kevat\\_2016.pdf](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/74866/Eurooppa_2020-strategia_kevat_2016.pdf)> Luettu 28.3.2017.
- 3 RES-direktiivi. Verkkoaineisto. Energiavirasto. <https://www.energiavirasto.fi/res-direktiivi>> Luettu 28.3.2017.
- 4 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/31/EU. Verkkojulkaisu. EUR-Lex. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:fi:PDF>> Luettu 28.3.2017.
- 5 FinZEB Loppuraportti. 2015. Verkkojulkaisu. Granlund Oy. [http://tem.fi/documents/1410877/2735615/FInZEB\\_loppuraportti.pdf](http://tem.fi/documents/1410877/2735615/FInZEB_loppuraportti.pdf)> Luettu 28.3.2017.
- 6 Rakennusten energiatehokkuusdirektiivit uudistuvat – seminaari 26.4. 2017. Verkkotiedote. Ympäristöministeriö. [http://www.ymparisto.fi/FI/Ajankohtaista/Tapahdot/Rakennusten\\_energiatehokkuusstandardit\\_u\(42541\)](http://www.ymparisto.fi/FI/Ajankohtaista/Tapahdot/Rakennusten_energiatehokkuusstandardit_u(42541))> Luettu 4.4.2017.
- 7 Rakennusten energiatehokkuutta ohjaavat direktiivit. Verkkoaineisto. Rakennusteollisuus Ry. <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Ilmasto-ja-energiapolitiikka/Energiatehokkuus-suunnitteluvaiheessa>> Luettu 28.3.2017.
- 8 Uusiutuva energia Suomessa. Verkkoaineisto. Ilmasto-opas.fi. <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/0bd05ecc-8c68-4fb6-a6e9-2c4ad90d577d/uusiutuva-energia.html>> Luettu 27.3.2017.
- 9 Suomen virallinen tilasto (SVT): Sähkön ja lämmön tuotanto. 2016. Verkkojulkaisu. Tilastokeskus. [http://www.stat.fi/til/salatuo/2015/salatuo\\_2015\\_2016-11-02\\_tie\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/salatuo/2015/salatuo_2015_2016-11-02_tie_001_fi.html)> Luettu 27.3.2017.
- 10 Suomen virallinen tilasto (SVT): Energian hankinta ja kulutus. 2017. Verkkojulkaisu. Tilastokeskus. [http://www.stat.fi/til/ehk/2016/04/ehk\\_2016\\_04\\_2017-03-23\\_tie\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/ehk/2016/04/ehk_2016_04_2017-03-23_tie_001_fi.html)> Luettu 28.3.2017.
- 11 Statistics Illustrated. Verkkoaineisto. Eurostat. <http://ec.europa.eu/eurostat/web/europe-2020-indicators>> Luettu 28.3.2017.
- 12 Bioenergia. 2017. Verkkoaineisto. Motiva Oy. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/bioenergia](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia)> Luettu 27.3.2017

- 13 Auringosta sähköä. 2016. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <[https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon\\_perusteet/auringosta\\_sahkoa](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringosta_sahkoa)> Luettu 28.3.2017
- 14 Aurinkosähkö Usein kysyttyä. Verkkoaineisto. Finnwind Oy. <<http://www.finnwind.fi/aurinkovoima>> Luettu 28.3.2017
- 15 Auringonsäteilyn määrä Suomessa. 2016. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <[https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon\\_perusteet/auringonsateilyn\\_maara\\_suomessa](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringonsateilyn_maara_suomessa)> Luettu 28.3.2017
- 16 Aurinkoenergia ja aurinkosähkö Suomessa. 2014. Verkkoaineisto. Lappeenrantaan teknillinen yliopisto. <[http://www.lut.fi/uutiset/-/asset\\_publisher/h33vOeufOQWn/content/aurinkoenergia-ja-aurinkosahko-suomessa](http://www.lut.fi/uutiset/-/asset_publisher/h33vOeufOQWn/content/aurinkoenergia-ja-aurinkosahko-suomessa)> Luettu 29.3.2017
- 17 Aurinkosähkön pientuotanto liki kolminkertaistunut Carunan verkkoalueella. 2017. Lehdistöiedote. Caruna Oy. <<https://www.caruna.fi/ajankohtaista/aurinkosahkon-pientuotanto-liki-kolminkertaistunut-carunan-verkkoalueella>> Luettu 28.3.2017
- 18 Auvinen, Karoliina; Lovio, Raimo; Jalas, Mikko; Juntunen, Jouni; Liuksiala, Lotta; Nissilä, Heli; Müller, Julia. FinSolar: Aurinkoenergian markkinat kasvuun Suomessa. 2016. Helsinki: Unigrafia Oy. Luettu 31.3.2017
- 19 Verkkoon liitetty aurinkosähköjärjestelmä. 2016. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <[https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/jarjestelman\\_valinta/tarvittava\\_laitteisto/verkkoon\\_liitetty\\_aurinkosahkojarjestelma](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/tarvittava_laitteisto/verkkoon_liitetty_aurinkosahkojarjestelma)> Luettu 29.3.2017
- 20 Kivalonpuiston päiväkotikiinnitys kesä-heinäkuun. 2015. Verkkojulkaisu. Yleisradio Oy. <<http://yle.fi/uutiset/3-7897974>> Luettu 29.3.2017
- 21 Energian säästö ja lämpökertoimet. Verkkoaineisto. RefGroup Oy. <<http://www.ilmalampopumput.fi/fi/mika-ihmeen-lampopumppu/energian-saasto>> Luettu 29.3.2017
- 22 Aurinkokeräinten hyötysuhteet. 2017. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <[https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkolampo/aurinkolampo-jarjestelmat](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampo-jarjestelmat)> Luettu 29.3.2017
- 23 Hajautetun uusiutuvan energian mahdollisuudet ja rajoitteet. 2017. Verkkojulkaisu. Valtioneuvosto. <[http://valtioneuvosto.fi/documents/10616/3866814/35\\_hajautetun-uusiutuvan-energian-mahdollisuudet-ja-rajoitteet.pdf](http://valtioneuvosto.fi/documents/10616/3866814/35_hajautetun-uusiutuvan-energian-mahdollisuudet-ja-rajoitteet.pdf)> Luettu 3.4.2017.

- 24 Aurinkolämpöjärjestelmien perusteet, mitoitus ja käyttö. 2006. Verkkojulkaisu. SOLPROS. <http://www.kolumbus.fi/solpros/reports/OPAS.pdf> Luettu 29.3.2017
- 25 Aurinkolämmön perusteet. 2017. Verkkoaineisto. Motiva Oy. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkolampo/aurinkolammon\\_perusteet](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolammon_perusteet) Luettu 30.3.2017
- 26 Aurinkokeräinten hyötysuhteet. 2016. Verkkoaineisto. Motiva Oy. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkolampo/aurinkolampo-jarjestelmat/aurinkokerainten\\_hyotysuhteet](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampo-jarjestelmat/aurinkokerainten_hyotysuhteet) Luettu 29.3.2017
- 27 Photovoltaic Geographical Information System. 2012. Verkkolaskentaohjelma. Joint Research Centre. <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>. Luettu 3.4.2017
- 28 Sunnyportal. Verkko-ohjelma. SMA. <https://www.sunnyportal.com>. Luettu 3.4.2017
- 29 Pienten tuuli- ja aurinkojärjestelmien asentaminen. 2014. Luentokalvot. Oulun ammattikorkeakoulu. [http://www.oamk.fi/toolbox/fileuploads/esitys\\_asenn.pdf](http://www.oamk.fi/toolbox/fileuploads/esitys_asenn.pdf) Luettu 1.4.2017.
- 30 Kaupunki aurinkoenergian edistäjänä. 2016. Luentokalvot. Smart Energy Transition. <https://www.slideshare.net/SmartEnergyTransition/kaupunki-aurinkoenergian-edistajana-helsinkilisten-energiaknne-kuinka-energiankuluttajat-muuttuvat-energiapttjiksi-karoliina-auvinen-05102016-helsingin-kaupungintalo-smart-energy-transition-aaltoyliopisto-kauppakorkeakoulu> Luettu 3.4.2017
- 31 Varhaiskasvatuslaki. 19.1.1973/36. Verkkoaineisto. Finlex. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1973/19730036> Luettu. 3.4.2017
- 32 Varhaiskasvatus 2015. 2016. Verkkojulkaisu. Terveystieteiden tutkimuskeskus. [http://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/131666/Tr21\\_16.pdf](http://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/131666/Tr21_16.pdf) Luettu 4.4.2017.
- 33 Espoon Aurorasta kaupungin energiatehokkain rakennus. 2016. Verkkojulkaisu. Sanoma Tekniikkajulkaisut Oy. <http://www.rakennuslehti.fi/2016/03/espoo-aurorasta-kaupungin-energiatehokkain-rakennus/> Luettu 3.4.2017
- 34 Energia- ja investointituet. 2017. Verkkoaineisto. Työ- ja elinkeinoministeriö. <http://tem.fi/tuen-enimmaismaat> Luettu 3.4.2017
- 35 Yhteishankinnalla aurinkovoimaloita kaikkiin manner-Suomen kuntiin. 2016. Verkkotiedote. Suomen ympäristökeskus. [http://www.syke.fi/fi-FI/Ajankoh-taista/Tiedotteet/Yhteishankinnalla\\_aurinkovoimaloita\\_kaik\(38378\)](http://www.syke.fi/fi-FI/Ajankoh-taista/Tiedotteet/Yhteishankinnalla_aurinkovoimaloita_kaik(38378)) Luettu 3.4.2017

- 36 Lappeenrantalaisyritys sai ison aurinkovoimalatilauksen – paneeli tulossa myös Finlandia-talon katolle. 2016. Verkkojulkaisu. Yleisradio Oy. <http://yle.fi/uutiset/3-9291368>> Luettu 3.4.2017
- 37 HINKU-kunta hankki leasingrahoituksella aurinkopaneeleita. 2016. Luentokalvot. Suomen ympäristökeskus. <http://www.aurinkoteknillinenyhdistys.fi/wp-content/uploads/2016/10/1540-Aurinko-SYKE-FinnBuild-12.10.2016.pdf>> Luettu 3.4.2017.
- 38 Aurinkosähköjärjestelmien hintatasot ja kannattavuus. Verkkoaineisto. 2017. FinSolar. <http://www.finsolar.net/aurinkoenergian-hankintaohjeita/aurinkosahkon-hinnat-ja-kannattavuus>> Luettu 2.4.2017
- 39 Auroran koulu, päiväkotiki ja neuvola, Espoo. 2016. Verkkoaineisto. NCC Suomi Oy. <https://www.ncc.fi/projektit/auroran-koulu-paivakoti-ja-neuvola-espoo>> Luettu 3.4.2017
- 40 Auroran koulu, päiväkotiki ja neuvola. Energiakortti. 2016. Espoon kaupunki. <http://www.espoo.fi/download/noname/%7B26F905E9-BBE5-412C-A884-DDEC2C955DB6%7D/53662>> Luettu 3.4.2017
- 41 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. Luonnos 16.2.2017. Verkkojulkaisu. Ympäristöministeriö. <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B4C0E513E-7596-473A-BE75-04DA10181A23%7D/125734>> Luettu 31.3.2017.
- 42 Rakennusten energiatehokkuus. 2012 Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D3. Määräykset ja ohjeet. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- 43 Luukkanen, Jukka. Puhelinkeskustelu ja sähköpostikysely 24.3.2017. Rexel Finland Oy.
- 44 Aurinkosähkön kannattavuus- ja mitoituuslaskuri, versio 11/2015. Laskentaohjelma. FinSolar. <http://www.finsolar.net/wp-content/uploads/2015/11/Aurinkosahkon-kannattavuuslaskuri-v112015.xlsx>>. Luettu 20.3.2017
- 45 LUT:n oma 220 kilowatin aurinkovoimala. 2014. Verkkoaineisto. Lappeenranta teknillinen yliopisto. [http://www.lut.fi/uutiset/-/asset\\_publisher/h33vOeufOQWn/content/lut-n-oma-220-kilowatin-aurinkovoimala](http://www.lut.fi/uutiset/-/asset_publisher/h33vOeufOQWn/content/lut-n-oma-220-kilowatin-aurinkovoimala)> Luettu 3.4.2017
- 46 Komission talvipaketti: teknologia avainasemassa siirryttäessä vähähiiliseen yhteiskuntaan. 2016. Verkkojulkaisu. Teknologiateollisuus ry. <http://teknologiateollisuus.fi/fi/ajankohtaista/uutiset/komission-talvipaketti-teknologia-avainasemassa-siirryttaessa-vahahiiliseen>> Luettu 3.4.2017



- 47 Valtioneuvoston U-kirjelmä U 12/2017 vp. Verkkajulkaisu. Eduskunta. [https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Kirjelma/Sivut/U\\_12+2017.aspx](https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Kirjelma/Sivut/U_12+2017.aspx) Luettu 3.4.2017
- 48 Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030. 2017. Verkkajulkaisu. Valtioneuvosto. [http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79189/TEMjul\\_4\\_2017\\_verkkajulkaisu.pdf](http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79189/TEMjul_4_2017_verkkajulkaisu.pdf) Luettu 3.4.2017.

Esimerkkipäiväkodin aurinkopaneelin Solarworld Sunmodule Plus SW 270, tekniset tiedot

# Sunmodule<sup>+</sup> Plus SW 270 MONO (33mm frame)



TUV Power controlled:  
Lowest measuring tolerance in industry



Every component is tested to meet  
3 times IEC requirements



Designed to withstand heavy  
accumulations of snow and ice



Sunmodule Plus:  
Positive performance tolerance



25-year linear performance warranty  
and 10-year product warranty



Glass with anti-reflective coating



## World-class quality

Fully-automated production lines and seamless monitoring of the process and material ensure the quality that the company sets as its benchmark for its sites worldwide.

## SolarWorld Plus-Sorting

Plus-Sorting guarantees highest system efficiency. SolarWorld only delivers modules that have greater than or equal to the nameplate rated power.

## 25-year linear performance guarantee and extension of product warranty to 10 years

SolarWorld guarantees a maximum performance digression of 0.7% p.a. in the course of 25 years, a significant added value compared to the two-phase warranties common in the industry, along with our industry-first 10-year product warranty.\*

\*In accordance with the applicable SolarWorld Limited Warranty at purchase.  
[www.solarworld.com/warranty](http://www.solarworld.com/warranty)



- Qualified, IEC 61215
- Safety tested, IEC 61210
- Blowing sand resistance, IEC 60068-2-68
- Ammonia resistance, IEC 62716
- Salt mist corrosion, IEC 62711
- Periodic inspection



- Periodic inspection
- Power controlled



HomeInnovation  
BEAR POWER CHALLENGE



# Sunmodule Plus SW 270 MONO (33mm frame)



### PERFORMANCE UNDER STANDARD TEST CONDITIONS (STC)\*

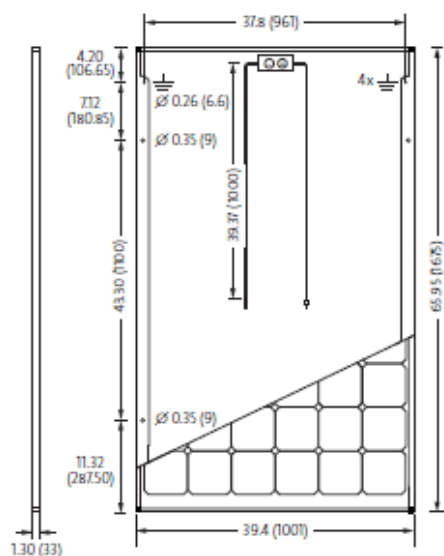
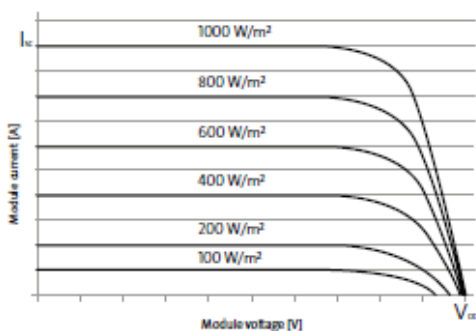
Maximum power	$P_{max}$	270 Wp
Open circuit voltage	$V_{oc}$	39.2 V
Maximum power point voltage	$V_{mpp}$	30.9 V
Short circuit current	$I_{sc}$	9.44 A
Maximum power point current	$I_{mpp}$	8.81 A
Module efficiency	$\eta_m$	16.10 %

\*STC: 1000 W/m<sup>2</sup>, 25°C, AM 1.5

†) Measuring tolerance ( $P_{max}$ ) traceable to TUV Rheinland: +/- 2% (TUV Power Controlled).

### THERMAL CHARACTERISTICS

NOCT	46 °C
TC $I_{sc}$	0.04 %/°C
TC $V_{oc}$	-0.30 %/°C
TC $P_{mpp}$	-0.41 %/°C
Operating temperature	-40°C to 85°C



All units provided are Imperial. SI units provided in parentheses.  
SolarWorld AG reserves the right to make specification changes without notice.

### PERFORMANCE AT 800 W/m<sup>2</sup>, NOCT, AM 1.5

Maximum power	$P_{max}$	201.3 Wp
Open circuit voltage	$V_{oc}$	35.9 V
Maximum power point voltage	$V_{mpp}$	28.3 V
Short circuit current	$I_{sc}$	7.63 A
Maximum power point current	$I_{mpp}$	7.12 A

Minor reduction in efficiency under partial load conditions at 25°C: at 200 W/m<sup>2</sup>, 100% (+/-2%) of the STC efficiency (1000 W/m<sup>2</sup>) is achieved.

### COMPONENT MATERIALS

Cells per module	60
Cell type	Mono crystalline
Cell dimensions	6.17 in x 6.17 in (156.75 x 156.75 mm)
Front	Tempered glass (EN 12150)
Frame	Clear anodized aluminum
Weight	39.7 lbs (18.0 kg)

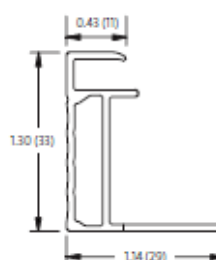
### SYSTEM INTEGRATION PARAMETERS

Maximum system voltage SC II / NEC	1000 V	
Maximum reverse current	25A	
Number of bypass diodes	3	
Design Loads*	Two rail system	113 psf downward 64 psf upward
Design Loads*	Three rail system	178 psf downward 64 psf upward
Design Loads*	Edge mounting	178 psf downward 41 psf upward

\* Please refer to the Sunmodule installation instructions for the details associated with these load cases.

### ADDITIONAL DATA

Power sorting†	-0 Wp / +5 Wp
J-Box	IP65
Module leads	PV wire per UL4703 with H4 connectors
Module type (UL 1703)	1
Glass	Low iron tempered with ARC



- Compatible with both "Top-Down" and "Bottom" mounting methods
- ⚡ Grounding Locations:  
- 4 locations along the length of the module in the extended flange.

## Esimerkkpäiväkodin invertterin Fronius 6kW Symo 3ph, tekniset tiedot

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging



SHIFTING THE LIMITS

## FRONIUS SYMO

/ Maximum flexibility for the applications of tomorrow.



/ PC board replacement process



/ Single Inverter technology



/ Integrated data communication



/ SuperFlex Design



/ Dynamic Peak Manager



/ Smart Grid Ready



/ Boasting power categories ranging from 3.0 to 20.0 kW, the transformerless Fronius Symo is the three-phase inverter for systems of every size. Owing to the SuperFlex Design, the Fronius Symo is the perfect answer to irregularly shaped or multi-oriented roofs. The standard interface to the internet via WLAN or Ethernet and the ease of integration of third-party components make the Fronius Symo one of the most communicative inverters on the market. Furthermore, the meter interface permits dynamic feed-in management and a clear visualisation of the consumption overview.

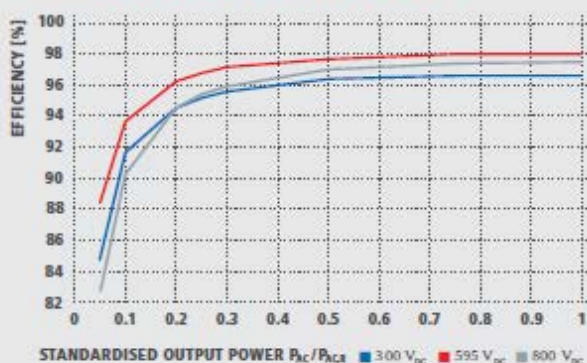
## TECHNICAL DATA FRONIUS SYMO (3.0-3-S, 3.7-3-S, 4.5-3-S, 3.0-3-M, 3.7-3-M, 4.5-3-M)

INPUT DATA	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Max. input current ( $I_{d, max1} / I_{d, max2}^{1)}$ )				16.0 A / 16.0 A		
Max. array short circuit current (MPP1/MPP2 <sup>1)</sup> )				24.0 A / 24.0 A		
Min. input voltage ( $U_{d, min}$ )				150 V		
Feed-in start voltage ( $U_{d, start}$ )				200 V		
Nominal input voltage ( $U_{d, N}$ )				595 V		
Max. input voltage ( $U_{d, max}$ )				1,000 V		
MPP voltage range ( $U_{dpp min} - U_{dpp max}$ )	200 - 800 V	250 - 800 V	300 - 800 V		150 - 800 V	
Number MPP trackers		1			2	
Number of DC connections		3			2+2	
OUTPUT DATA	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
AC nominal output ( $P_{ac,N}$ )	3,000 W	3,700 W	4,500 W	3,000 W	3,700 W	4,500 W
Max. output power	3,000 VA	3,700 VA	4,500 VA	3,000 VA	3,700 VA	4,500 VA
Max. output current ( $I_{ac, max}$ )	4.8 A	5.9 A	7.2 A	4.8 A	5.9 A	7.2 A
Grid connection (voltage range)	3-NPE 400 V / 230 V or 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)					
Frequency (Frequency range)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)					
Total harmonic distortion	+ 3 %					
Power factor ( $\cos \phi_{ac,N}$ )	0.70 - 1 ind. / cap.			0.85 - 1 ind. / cap.		
GENERAL DATA	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Dimensions (height x width x depth)				645 x 431 x 204 mm		
Weight	16.0 kg			19.9 kg		
Degree of protection	IP 65					
Protection class	1					
Overvoltage category (DC / AC) <sup>2)</sup>	2 / 3					
Night time consumption	+ 1 W					
Inverter design	Transformerless					
Cooling	Regulated air cooling					
Installation	Indoor and outdoor installation					
Ambient temperature range	-25 - +60 °C					
Permitted humidity	0 - 100 %					
Max. altitude	2,000 m / 3,400 m [unrestricted / restricted voltage range]					
DC connection technology	3x DC+ and 3x DC- screw terminals 2.5 - 16 mm <sup>2</sup>			4x DC+ and 4x DC- screw terminals 2.5 - 16mm <sup>2</sup> <sup>3)</sup>		
Mains connection technology	5-pole AC screw terminals 2.5 - 16 mm <sup>2</sup>			5-pole AC screw terminals 2.5 - 16mm <sup>2</sup> <sup>3)</sup>		
Certificates and compliance with standards	OVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G83/2, UNE 206007-1, SI 4777 <sup>3)</sup> , CEI 0-21 <sup>1)</sup>					

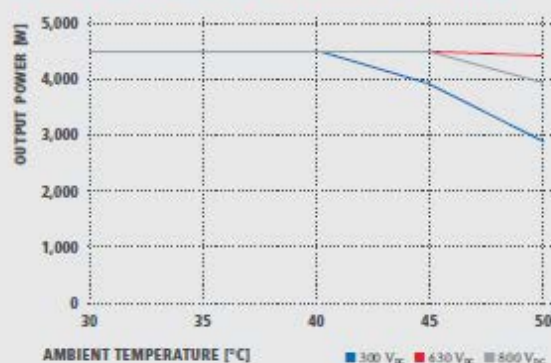
<sup>1)</sup> This applies to Fronius Symo 3.0-3-M, 3.7-3-M and 4.5-3-M.<sup>2)</sup> According to IEC 62109-1.<sup>3)</sup> 16 mm<sup>2</sup> without wire end ferrules. Further information regarding the availability of the inverters in your country can be found at [www.fronius.com](http://www.fronius.com).



### FRONIUS SYMO 4.5-3-S EFFICIENCY CURVE



### FRONIUS SYMO 4.5-3-S TEMPERATURE DERATING



### TECHNICAL DATA FRONIUS SYMO (3.0-3-S, 3.7-3-S, 4.5-3-S, 3.0-3-M, 3.7-3-M, 4.5-3-M)

EFFICIENCY	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Max. efficiency	98.0 %					
European efficiency ( $\eta_{EU}$ )	96.2 %	96.7 %	97.0 %	96.5 %	96.9 %	97.2 %
$\eta$ at 5 % $P_{dca}$ <sup>1)</sup>	80.3 / 83.6 / 79.1 %	83.4 / 86.4 / 80.6 %	84.8 / 88.5 / 82.8 %	79.8 / 85.1 / 80.8 %	81.6 / 87.8 / 82.8 %	83.4 / 90.3 / 85.0 %
$\eta$ at 10 % $P_{dca}$ <sup>1)</sup>	87.8 / 91.0 / 86.2 %	90.1 / 92.5 / 88.7 %	91.7 / 93.7 / 90.3 %	86.5 / 91.6 / 87.7 %	87.9 / 93.6 / 90.5 %	89.2 / 94.1 / 91.2 %
$\eta$ at 20 % $P_{dca}$ <sup>1)</sup>	92.6 / 95.0 / 92.6 %	93.7 / 95.7 / 93.6 %	94.6 / 96.3 / 94.5 %	90.8 / 95.3 / 93.0 %	91.9 / 96.0 / 94.1 %	92.8 / 96.5 / 95.1 %
$\eta$ at 25 % $P_{dca}$ <sup>1)</sup>	93.4 / 95.6 / 93.8 %	94.5 / 96.4 / 94.7 %	95.2 / 96.8 / 95.4 %	91.9 / 96.0 / 94.2 %	92.9 / 96.6 / 95.2 %	93.5 / 97.0 / 95.8 %
$\eta$ at 30 % $P_{dca}$ <sup>1)</sup>	94.0 / 96.3 / 94.5 %	95.0 / 96.7 / 95.4 %	95.6 / 97.2 / 95.9 %	92.8 / 96.5 / 95.1 %	93.5 / 97.0 / 95.8 %	94.2 / 97.3 / 96.3 %
$\eta$ at 50 % $P_{dca}$ <sup>1)</sup>	95.2 / 97.3 / 96.3 %	96.9 / 97.6 / 96.7 %	96.4 / 97.7 / 97.0 %	94.3 / 97.5 / 96.5 %	94.6 / 97.7 / 96.8 %	94.9 / 97.8 / 97.2 %
$\eta$ at 75 % $P_{dca}$ <sup>1)</sup>	95.6 / 97.7 / 97.0 %	96.2 / 97.8 / 97.3 %	96.6 / 98.0 / 97.4 %	94.9 / 97.8 / 97.2 %	95.0 / 97.9 / 97.4 %	95.1 / 98.0 / 97.5 %
$\eta$ at 100 % $P_{dca}$ <sup>1)</sup>	95.6 / 97.9 / 97.3 %	96.2 / 98.0 / 97.5 %	96.6 / 98.0 / 97.5 %	95.0 / 98.0 / 97.4 %	95.1 / 98.0 / 97.5 %	95.0 / 98.0 / 97.6 %
MPP adaptation efficiency	= 99.9 %					

<sup>1)</sup> And at  $U_{app min} / U_{dc} / U_{app max}$

PROTECTIVE DEVICES	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
DC insulation measurement	Yes					
Overload behaviour	Operating point shift, power limitation					
DC disconnect	Yes					

INTERFACES	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solarweb, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)					
5 inputs and 4 digital in/out	Interface to ripple control receiver					
USB (A socket) <sup>2)</sup>	Datalogging, inverter update via USB flash drive					
2x RS422 (RJ45 socket) <sup>2)</sup>	Fronius Solar Net, interface protocol					
Signalling output <sup>3)</sup>	Energy management (potential-free relay output)					
Datalogger and Webserver	Included					
External input	50-Meter Interface / Input for overvoltage protection					
RS485 <sup>2)</sup>	Modbus RTU SunSpec or meter connection					

<sup>2)</sup> Also available in the light version. <sup>3)</sup> Available from autumn 2014.

**TECHNICAL DATA FRONIUS SYMO (5.0-3-M, 6.0-3-M, 7.0-3-M, 8.2-3-M)**

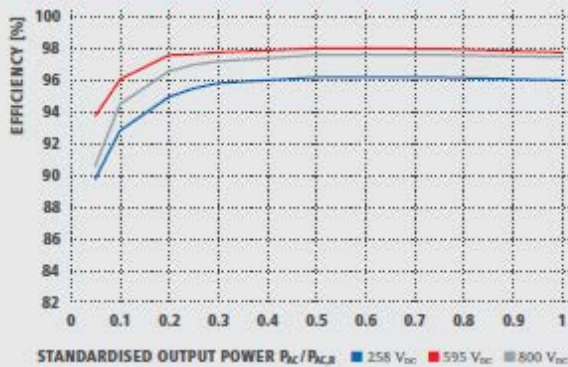
INPUT DATA	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Max. input current ( $I_{d1 \text{ max } 1} / I_{d1 \text{ max } 2}$ )			16.0 A / 16.0 A	
Max. array short circuit current (MPP <sub>1</sub> /MPP <sub>2</sub> )			24.0 A / 24.0 A	
Min. input voltage ( $U_{d1 \text{ min}}$ )			150 V	
Feed-in start voltage ( $U_{d1 \text{ start}}$ )			200 V	
Nominal input voltage ( $U_{d1 \text{ n}}$ )			595 V	
Max. input voltage ( $U_{d1 \text{ max}}$ )			1,000 V	
MPP voltage range ( $U_{\text{mpp min}} - U_{\text{mpp max}}$ )	163 - 800 V	195 - 800 V	228 - 800 V	267 - 800 V
Number MPP trackers			2	
Number of DC connections			2 + 2	
OUTPUT DATA	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
AC nominal output ( $P_{ac,n}$ )	5,000 W	6,000 W	7,000 W	8,200 W
Max. output power	5,000 VA	6,000 VA	7,000 VA	8,200 VA
Max. output current ( $I_{ac \text{ max}}$ )	8.0 A	9.6 A	11.2 A	13.1 A
Grid connection (voltage range)	3-NPE 400 V / 230 V or 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)			
Frequency (Frequency range)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)			
Total harmonic distortion	< 3 %			
Power factor (cos $\phi_{ac}$ )	0.85 - 1 load / cap.			
GENERAL DATA	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Dimensions (height x width x depth)	645 x 431 x 204 mm			
Weight	19.9 kg			21.9 kg
Degree of protection	IP 65			
Protection class	I			
Overvoltage category (DC / AC) <sup>1)</sup>	2 / 3			
Night time consumption	< 1 W			
Inverter design	Transformerless			
Cooling	Regulated air cooling			
Installation	Indoor and outdoor installation			
Ambient temperature range	-25 - +60 °C			
Permitted humidity	0 - 100 %			
Max. altitude	2,000 m / 3,400 m (unrestricted / restricted voltage range)			
DC connection technology	4x DC+ and 4x DC- Screw terminals 2.5 - 16mm <sup>2</sup> <sup>2)</sup>			
Main connection technology	5-pole AC Screw terminals 2.5 - 16mm <sup>2</sup> <sup>2)</sup>			
Certificates and compliance with standards	ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, GB3/2, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0-21			

<sup>1)</sup> According to IEC 62109-1.

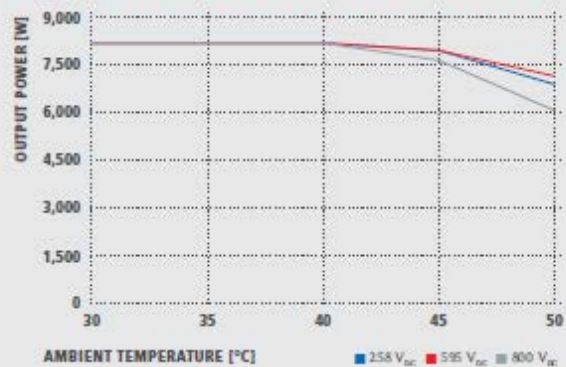
<sup>2)</sup> 16 mm<sup>2</sup> without wire end ferrules.

Further information regarding the availability of the inverters in your country can be found at [www.fronius.com](http://www.fronius.com).

**FRONIUS SYMO 8.2-3-M EFFICIENCY CURVE**



**FRONIUS SYMO 8.2-3-M TEMPERATURE DERATING**



**TECHNICAL DATA FRONIUS SYMO (5.0-3-M, 6.0-3-M, 7.0-3-M, 8.2-3-M)**

EFFICIENCY	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Max. efficiency	98.0 %			
European efficiency (ηEU)	97.3 %	97.5 %	97.6 %	97.7 %
η at 5 % P <sub>OC</sub> <sup>1)</sup>	84.9 / 91.2 / 85.9 %	87.8 / 92.6 / 87.8 %	88.7 / 93.1 / 89.0 %	89.8 / 93.8 / 90.6 %
η at 10 % P <sub>OC</sub> <sup>1)</sup>	89.9 / 94.6 / 91.7 %	91.3 / 95.6 / 93.0 %	92.0 / 95.9 / 94.7 %	92.8 / 96.1 / 94.5 %
η at 20 % P <sub>OC</sub> <sup>1)</sup>	93.2 / 96.7 / 95.4 %	94.1 / 97.1 / 95.9 %	94.5 / 97.3 / 96.3 %	95.0 / 97.6 / 96.6 %
η at 25 % P <sub>OC</sub> <sup>1)</sup>	93.9 / 97.2 / 96.0 %	94.7 / 97.5 / 96.5 %	95.1 / 97.6 / 96.7 %	95.5 / 97.7 / 97.0 %
η at 30 % P <sub>OC</sub> <sup>1)</sup>	94.5 / 97.4 / 96.5 %	95.1 / 97.7 / 96.8 %	95.4 / 97.7 / 97.0 %	95.8 / 97.8 / 97.2 %
η at 50 % P <sub>OC</sub> <sup>1)</sup>	95.2 / 97.9 / 97.3 %	95.7 / 98.0 / 97.5 %	95.9 / 98.0 / 97.5 %	96.2 / 98.0 / 97.6 %
η at 75 % P <sub>OC</sub> <sup>1)</sup>	95.3 / 98.0 / 97.5 %	95.7 / 98.0 / 97.6 %	95.9 / 98.0 / 97.6 %	96.2 / 98.0 / 97.6 %
η at 100 % P <sub>OC</sub> <sup>1)</sup>	95.2 / 98.0 / 97.6 %	95.7 / 97.9 / 97.6 %	95.8 / 97.9 / 97.5 %	96.0 / 97.8 / 97.5 %
MPP adaptation efficiency	+ 99.9 %			

<sup>1)</sup> And at U<sub>supp min</sub> / U<sub>dc,r</sub> / U<sub>supp max</sub>

PROTECTIVE DEVICES	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
DC insulation measurement	Yes			
Overload behaviour	Operating point shift, power limitation			
DC disconnect	Yes			

INTERFACES	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)			
6 inputs and 4 digital I/O	Interface to ripple control receiver			
USB (A socket) <sup>2)</sup>	Datalogging, inverter update via USB flash drive			
2x RS422 (RJ45 socket) <sup>3)</sup>	Fronius Solar Net, interface protocol			
Signalling output <sup>3)</sup>	Energy management (potential-free relay output)			
Datalogger and Webserver	Included			
External input	S0-Meter Interface / Input for overvoltage protection			
RS485 <sup>3)</sup>	Modbus RTU SunSpec or meter connection			

<sup>2)</sup> Also available in the light version. <sup>3)</sup> Available from autumn 2014.

**TECHNICAL DATA FRONIUS SYMO (10.0-3-M, 12.5-3-M, 15.0-3-M, 17.5-3-M, 20.0-3-M)**

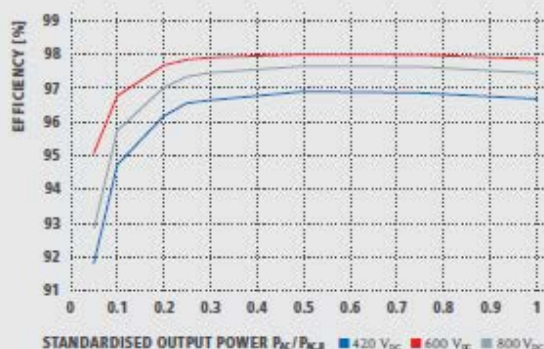
INPUT DATA	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Max. input current ( $I_{dc,max1} / I_{dc,max2}$ )	27.0 A / 16.5 A		33.0 A / 27.0 A		
Max. array short circuit current (MPP <sub>1</sub> /MPP <sub>2</sub> )	40.5 A / 24.8 A		49.5 A / 40.5 A		
Min. input voltage ( $U_{dc,min}$ )	200 V				
Feed-in start voltage ( $U_{dc,start}$ )	200 V				
Nominal input voltage ( $U_{dc,N}$ )	600 V				
Max. input voltage ( $U_{dc,max}$ )	1,000 V				
MPP voltage range ( $U_{mpp,min} - U_{mpp,max}$ )	270 - 800 V	320 - 800 V		370 - 800 V	420 - 800 V
Number MPP trackers	2				
Number of DC connections	3+3				
OUTPUT DATA	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
AC nominal output ( $P_{ac,N}$ )	10,000 W	12,500 W	15,000 W	17,500 W	20,000 W
Max. output power	10,000 VA	12,500 VA	15,000 VA	17,500 VA	20,000 VA
Max. output current ( $I_{ac,max}$ )	16.0 A	19.9 A	23.9 A	27.9 A	31.9 A
Grid connection (voltage range)	3-NPE 400 V / 230 V or 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)				
Frequency (Frequency range)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)				
Total harmonic distortion	< 2 %				
Power factor ( $\cos \phi_{ac,N}$ )	0 - 1 ind./cap.				
GENERAL DATA	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Dimensions (height x width x depth)			725 x 510 x 225 mm		
Weight	34.8 kg		43.4 kg		
Degree of protection	IP 66				
Protection class	1				
Overvoltage category (DC / AC) <sup>1)</sup>	2 / 3				
Night time consumption	< 1 W				
Inverter design	Transformerless				
Cooling	Regulated air cooling				
Installation	Indoor and outdoor installation				
Ambient temperature range	-25 - +60 °C				
Permitted humidity	0 - 100 %				
Max. altitude	2,000 m / 3,400 m (unrestricted / restricted voltage range)				
DC connection technology	6x DC+ and 6x DC- screw terminals 2.5 - 16 mm <sup>2</sup>				
Main connection technology	3-pole AC screw terminals 2.5 - 16 mm <sup>2</sup>				
Certificates and compliance with standards	ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G83/2, G59/3, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0-16, CEI 0-21				

<sup>1)</sup> According to IEC 62109-1, DIN rail for optional overvoltage protection (type 2) is included.

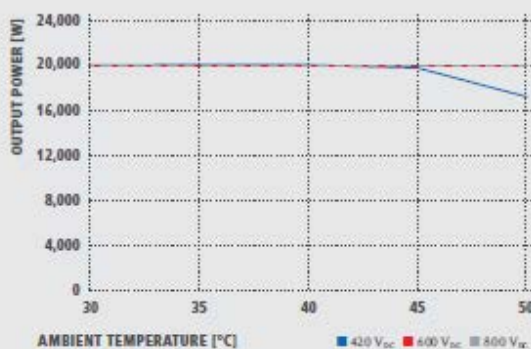
Further information regarding the availability of the inverters in your country can be found at [www.fronius.com](http://www.fronius.com).



### FRONIUS SYMO 20.0-3-M EFFICIENCY CURVE



### FRONIUS SYMO 20.0-3-M TEMPERATURE DERATING



### TECHNICAL DATA FRONIUS SYMO (10.0-3-M, 12.5-3-M, 15.0-3-M, 17.5-3-M, 20.0-3-M)

EFFICIENCY	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Max. efficiency	98.0 %			98.1 %	
European efficiency (η <sub>EU</sub> )	97.4%	97.6 %	97.8 %	97.8 %	97.9 %
η at 5 % P <sub>ac,r</sub> <sup>1)</sup>	87.9 / 92.5 / 89.2 %	88.7 / 93.1 / 90.1 %	91.2 / 94.8 / 92.3 %	91.6 / 95.0 / 92.7 %	91.9 / 95.2 / 93.0 %
η at 10 % P <sub>ac,r</sub> <sup>1)</sup>	91.2 / 94.9 / 92.8 %	92.9 / 96.1 / 94.6 %	93.4 / 96.0 / 94.4 %	94.0 / 96.4 / 95.0 %	94.8 / 96.9 / 95.8 %
η at 20 % P <sub>ac,r</sub> <sup>1)</sup>	94.6 / 97.1 / 96.1 %	95.4 / 97.3 / 96.6 %	95.9 / 97.4 / 96.7 %	96.1 / 97.6 / 96.9 %	96.3 / 97.8 / 97.1 %
η at 25 % P <sub>ac,r</sub> <sup>1)</sup>	95.4 / 97.3 / 96.6 %	95.6 / 97.6 / 97.0 %	96.2 / 97.6 / 97.0 %	96.4 / 97.8 / 97.2 %	96.7 / 97.9 / 97.4 %
η at 30 % P <sub>ac,r</sub> <sup>1)</sup>	95.6 / 97.5 / 96.9 %	95.9 / 97.7 / 97.2 %	96.5 / 97.8 / 97.3 %	96.6 / 97.9 / 97.4 %	96.8 / 98.0 / 97.6 %
η at 50 % P <sub>ac,r</sub> <sup>1)</sup>	96.3 / 97.9 / 97.4 %	96.4 / 98.0 / 97.5 %	96.9 / 98.1 / 97.7 %	97.0 / 98.1 / 97.7 %	97.0 / 98.1 / 97.8 %
η at 75 % P <sub>ac,r</sub> <sup>1)</sup>	96.5 / 98.0 / 97.6 %	96.5 / 98.0 / 97.6 %	97.0 / 98.1 / 97.8 %	97.0 / 98.1 / 97.8 %	97.0 / 98.1 / 97.7 %
η at 100 % P <sub>ac,r</sub> <sup>1)</sup>	96.5 / 98.0 / 97.6 %	96.5 / 97.8 / 97.6 %	97.0 / 98.1 / 97.7 %	96.9 / 98.1 / 97.6 %	96.8 / 98.0 / 97.6 %
MPP adaptation efficiency	+ 99.9 %				
<b>PROTECTIVE DEVICES</b>	<b>SYMO 10.0-3-M</b>	<b>SYMO 12.5-3-M</b>	<b>SYMO 15.0-3-M</b>	<b>SYMO 17.5-3-M</b>	<b>SYMO 20.0-3-M</b>
DC insulation measurement			Yes		
Overload behaviour	Operating point shift, power limitation				
DC disconnecter			Yes		
<b>INTERFACES</b>	<b>SYMO 10.0-3-M</b>	<b>SYMO 12.5-3-M</b>	<b>SYMO 15.0-3-M</b>	<b>SYMO 17.5-3-M</b>	<b>SYMO 20.0-3-M</b>
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solarweb, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)				
6 inputs and 4 digital inputs/outputs	Interface to ripple control receiver				
USB (A socket) <sup>2)</sup>	Datalogging, inverter update via USB flash drive				
2x RS422 (RJ45 socket) <sup>3)</sup>	Fronius Solar Net, interface protocol				
Signalling output <sup>4)</sup>	Energy management (potential-free relay output)				
Datalogger and Webserver	Included				
External Input	50-Meter Interface / Input for overvoltage protection				
RS485 <sup>4)</sup>	Modbus RTU SunSpec or meter connection				

<sup>1)</sup> And at  $U_{sup,inv} / U_{dc} / U_{sup,inv}$  <sup>2)</sup> Also available in the light version. <sup>3)</sup> Available from autumn 2014.

The actual images correspond to the current state of technology at the time of printing. Subject to modification.  
 All information is without guarantee in spite of careful editing. Liability excluded. Copyright © 2011 Fronius AG. All rights reserved.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

### WE HAVE THREE DIVISIONS AND ONE PASSION: SHIFTING THE LIMITS OF POSSIBILITY.

/ Whether welding technology, photovoltaics or battery charging technology – our goal is clearly defined: to be the innovation leader. With around 3,000 employees worldwide, we shift the limits of what's possible - our more than 850 active patents are testimony to this. While others progress step by step, we innovate in leaps and bounds. Just as we've always done. The responsible use of our resources forms the basis of our corporate policy.

Further information about all Fronius products and our global sales partners and representatives can be found at [www.fronius.com](http://www.fronius.com)

v02 Feb 2014 EN

Fronius India Private Limited  
 GAT no 312, Nanekarwadi  
 Chakan, Taluka - Khed District  
 Pune 410501  
 India  
 pv-sales-india@fronius.com  
 www.fronius.in

Fronius Australia Pty Ltd.  
 90-92 Lambeck Drive  
 Tullamarine VIC 3043  
 Australia  
 pv-sales-australia@fronius.com  
 www.fronius.com.au

Fronius UK Limited  
 Maidstone Road, Kingston  
 Milton Keynes, MK10 0BD  
 United Kingdom  
 pv-sales-uk@fronius.com  
 www.fronius.co.uk

Fronius International GmbH  
 Froniusplatz 1  
 4600 Wels  
 Austria  
 pv-sales@fronius.com  
 www.fronius.com

M.O.S.00192, EN-v11 Aug.2014 4/17

## Esimerkkipäiväkodin aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuslaskelma

## Esimerkkipäiväkodin aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuslaskuri (versio 4.4.2017)

Sähkön kuluttajahinta eli sähköenergian ja sähkön siirron ostohinta veroineen snt/kWh	9,0	snt/kWh
Kiinteistön sähkönkulutus vuodessa kWh/v	160951	kWh
Arvio ostosähkön hinnan noususta %/vuosi	2,0%	%/v
Aurinkosähköjärjestelmän koko tehosta Wp	5400	Wp
Järjestelmän investointikustannus € (laitteet ja asennus, myös mahdollinen ALV)	€ 7 000	euroa
Investointituki tai kotitalousvähennys alkuinvestoinnista, %	25 %	%
Oma kiinteistöarvo-, brändi- tai ympäristötuki investoinnille €	€ 0	euroa
Investoinnin laskentakorko	1,0%	%
Aurinkosähkön oman käytön osuus, %	100 %	%
Aurinkosähkön myyntihinta verkkoon snt/kWh	3,0	snt/kWh
Inverterin vaihdon kustannus, % alkuinvestoinnista. Oletettu tapahtuvan kerran aurinkosähköjärjestelmän elinaikana 15. vuotena.	10 %	%
Vuotuiset ylläpitokulut (vakuutukset, huolto tms. kulut) % alkuinvestoinnista	0,1 %	%
Aurinkosähkön vuosituotto 1 kWp:n järjestelmän sijainnin	850	kWh/kWpeak

## Oletuksia ja välituloksia:

Aurinkosähköjärjestelmän vuosituotto	4590	kWh
Aurinkovoimalan vuosittainen sähkötuoannon vähenemä	-0,7%	%
Järjestelmän koko paneelin pinta-alana m <sup>2</sup>	29	neliometriä
Järjestelmän käyttöikä vuotta	30	vuotta
Järjestelmän investointikustannus tukien jälkeen €	5 250 €	euroa
Järjestelmän vertailuhinta ilman tukia	1,3 €	euroa/W

## Aurinkosähkön tuotto- ja talouslaskelmat elinkaaren aikana:

Järjestelmän elinikä vuosina	Oman sähkötuoannon arvo ja myyntituotot €	Investointi- ja ylläpito-kustannukset €	Kassavirta €/v	Investoinnin sisäisiä korkokantoja % (IRR)	Investoinnin kumulatiivinen tuotto €/v (0% korko)	Investoinnin nettonykyarvo (NPV) valitulla laskentakorolla	Takaisinmaksu-aika valitulla investoinnin laskentakorolla	Ostosähkön hinta [eur/kWh]	Aurinkosähkön tuotanto kWh/v	Aurinkosähkön tuotantohinta LCOE [eur/kWh]
0	0,0 €	-5 250,0 €	-€5 250		-5 250 €			0,09 €	0	
1	413,1 €	-5,3 €	€408	-92,2%	-4 842 €	-4 798 €	1	0,09 €	4590	
2	418,4 €	-5,3 €	€413	-67,8%	-4 429 €	-4 397 €	1	0,09 €	4558	0,58 €
3	423,8 €	-5,3 €	€419	-47,8%	-4 010 €	-3 995 €	1	0,09 €	4526	0,39 €
4	429,2 €	-5,3 €	€424	-34,0%	-3 586 €	-3 592 €	1	0,10 €	4494	0,29 €
5	434,8 €	-5,3 €	€430	-24,3%	-3 157 €	-3 187 €	1	0,10 €	4463	0,23 €
6	440,4 €	-5,3 €	€435	-17,4%	-2 722 €	-2 781 €	1	0,10 €	4432	0,20 €
7	446,0 €	-5,3 €	€441	-12,4%	-2 281 €	-2 374 €	1	0,10 €	4401	0,17 €
8	451,8 €	-5,3 €	€447	-8,6%	-1 835 €	-1 966 €	1	0,10 €	4370	0,15 €
9	457,6 €	-5,3 €	€452	-5,6%	-1 382 €	-1 556 €	1	0,11 €	4339	0,13 €
10	463,4 €	-5,3 €	€458	-3,3%	-924 €	-1 146 €	1	0,11 €	4309	0,12 €
11	469,4 €	-5,3 €	€464	-1,5%	-460 €	-734 €	1	0,11 €	4279	0,11 €
12	475,4 €	-5,3 €	€470	0,0%	10 €	-321 €	1	0,11 €	4249	0,10 €
13	481,6 €	-5,3 €	€476	1,3%	487 €	94 €	0	0,11 €	4219	0,09 €
14	487,8 €	-5,3 €	€483	2,3%	969 €	509 €	0	0,12 €	4189	0,09 €
15	494,0 €	-705,3 €	-€211	1,9%	758 €	329 €	0	0,12 €	4160	0,09 €
16	500,4 €	-5,3 €	€495	2,8%	1 253 €	747 €	0	0,12 €	4131	0,09 €
17	506,8 €	-5,3 €	€502	3,5%	1 755 €	1 167 €	0	0,12 €	4102	0,08 €
18	513,3 €	-5,3 €	€508	4,1%	2 263 €	1 587 €	0	0,13 €	4073	0,08 €
19	519,9 €	-5,3 €	€515	4,7%	2 777 €	2 009 €	0	0,13 €	4045	0,07 €
20	526,6 €	-5,3 €	€521	5,1%	3 299 €	2 432 €	0	0,13 €	4017	0,07 €
21	533,4 €	-5,3 €	€528	5,5%	3 827 €	2 856 €	0	0,13 €	3988	0,07 €
22	540,2 €	-5,3 €	€535	5,9%	4 362 €	3 282 €	0	0,14 €	3960	0,06 €
23	547,2 €	-5,3 €	€542	6,2%	4 904 €	3 709 €	0	0,14 €	3933	0,06 €
24	554,2 €	-5,3 €	€549	6,4%	5 453 €	4 137 €	0	0,14 €	3905	0,06 €
25	561,4 €	-5,3 €	€556	6,7%	6 009 €	4 566 €	0	0,14 €	3878	0,06 €
26	568,6 €	-5,3 €	€563	6,9%	6 572 €	4 997 €	0	0,15 €	3851	0,06 €
27	575,9 €	-5,3 €	€571	7,0%	7 143 €	5 429 €	0	0,15 €	3824	0,05 €
28	583,3 €	-5,3 €	€578	7,2%	7 721 €	5 862 €	0	0,15 €	3797	0,05 €
29	590,8 €	-5,3 €	€586	7,3%	8 306 €	6 296 €	0	0,16 €	3770	0,05 €
30	598,4 €	-5,3 €	€593	7,5%	8 900 €	6 732 €	0	0,16 €	3744	0,05 €
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>12 661,1 €</b>	<b>-6 107,5 €</b>					<b>12</b>		<b>124595</b>	

## Yhteenveto: investoinnin tuotto- ja kannattavuuslaskelmat

Investoinnin nettonykyarvo (NPV) eli kokonaistuotto nykyrahassa mitattuna, 20 vuoden käyttöiällä	2 432 €
Takaisinmaksuaika	12 vuotta

Investoinnin nettonykyarvo (NPV) eli kokonaistuotto nykyrahassa mitattuna, 30 vuoden käyttöiällä	6 732 €
Takaisinmaksuaika	12 vuotta

## Vertailu:

Aurinkosähkön LCOE-omakustannushinta 20 vuoden pitäjällä	7,0 snt/kWh
Arvioitu ostosähkön keskimääräinen hinta 20 vuoden aikana	10,8 snt/kWh

Aurinkosähkön LCOE-omakustannushinta 30 vuoden pitäjällä	4,9 snt/kWh
Arvioitu ostosähkön keskimääräinen hinta 30 vuoden aikana	12,1 snt/kWh

Kannattavuuslaskurin tekijät: KTT Juntunen Jouni, KTT Jalas Mikko ja DI Auvinen Karoliina. 2015. FinSolar-hanke, Aalto-yliopisto. Lisätietoja: <http://www.finsolar.net>  
Muokannut työhön sopivaksi: Mika Kotilampi. 2017.