



Open your mind. LUT.

Lappeenranta University of Technology

**AURINKOVOIMALAITOKSEN MITOITTAMINEN
SUUNNITTEILLA OLEVAAN KERROSTALOON**
**Solar power plant dimensioning for the planned high-
rise building**

Timo Sallinen

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen yliopisto

LUT School of Energy Systems
Sähkötekniikka

Timo Sallinen

Aurinkovoimalaitoksen mitoittaminen suunnitteilla olevaan kerrostaloon

2015

Kandidaatintyö.

32 s.

Tarkastaja: TKT Tero Ahonen

Aurinkopaneelien ja inverttereiden hinnat ovat laskeneet viime vuosina, joten aurinkosähköstä on tullut kannattava sähköntuotantomuoto kiinteistöille. Tässä kandidaatintyössä kerrotaan, kuinka arvioida suunnitteilla olevan rakennuksen peruskuormaa aurinkopaneelien asennuksen näkökulmasta. Voimalaitoksen sijoituskohte sijaitsee Järvenpäässä. Kohteessa on 69 huoneistoa 8 kerroksessa ja yhteiset tilat 9. kerroksessa.

Voimalaitoksen kannattavuutta tutkitaan simuloimalla tuotantoja ja arvioimalla kuluista. Tuotantoja simuloidaan HOMER-ohjelmistolla. Rakennuksen kulutusta arvioidaan suunnittelijoilta saatujen tietojen perusteella, ja vanhempien samankaltaisten kohteiden kulutusten perusteella, jotka saadaan Nuuka-portaalista.

Saaduista tuloksista huomataan, että nykyisillä sähköhinnoilla aurinkopaneelit ovat kannattava investointi, vaikka sähköä tuotettaisiin hieman ylimääräistä, joten paneelit voidaan mitoittaa hieman kulutusta suuremmaksi. Takaisinmaksuaika on noin 20 vuotta. Tulokset ovat linjassa vanhempien tutkimusten kanssa. Tuloksista huomataan, myös että paneeleita jakamalla eri ilmansuuntiin saadaan tuotannon huipputeho pienemmäksi ja samalla tuotanto jakautumaan laajemmalle ajanjaksolle.

Paneelien hintojen laskettua on kannattavaa asentaa paneeleja epäedullisempiin suuntiin, täten saadaan tuotantoa ajoitettua mahdollisesti paremmin kulutusta vastaavaksi. Mitoituksen voi tarkistaa rakennuksen valmistuttua, sillä rakennuksesta tullaan mittaamaan paneelien tuottama sähkö ja kohteen kiinteistösähkönkulutus.

ABSTRACT

Lappeenranta University of Technology

LUT School of Energy Systems

Electrical Engineering

Timo Sallinen

Solar power plant dimensioning for the planned high-rise building

2015

Bachelor's Thesis.

32 p.

Examiner: D.Sc. Tero Ahonen

Prices of solar panels and inverters have decreased during the last years so solar electricity has become profitable for apartments. In this bachelor's thesis it is studied, how to estimate basic electricity consumption of planned high-rise. Because of solar panels installation. Power plant will be placed in Järvenpää Finland. There is 69 apartments at 8 floors and common rooms at 9th floor.

Investment of solar power plant is studied by simulating output of solar power plant and by estimating possible consumption. Production is studied by HOMER-software and consumption of building is estimated with information from other designers and two similar already built buildings that is available in Nuuka portal.

At result we can see that with today's electricity prices an investment to solar panels is profitable, even some electricity must be sold to grid, so panels can be oversized to electricity consumption. Repayment time is about 20 years. Results are similar with older studies. From results can also see that splitting solar panels different direction can cut maximum output of system and get larger timespan when product electricity.

Because price cut of solar panels it is profitable to install panels to bad directions this way is plausible to get production and consumption happen at same time. Dimensioning can checked when building is built because electricity of solar panels is measured like electricity used by geo-thermal pump.

SISÄLLYSLUETTELO

1.	Johdanto	6
1.1	Vaikutus E-lukuun	6
1.2	Tavoitteet	7
2.	Kerrostalon esittely.....	8
2.1	Kerrostalon peruskuorman selvittäminen	9
2.1.1	Saunaniityn maalämpöpumpun kuorma.....	9
2.1.2	Torpantien maalämpöpumpun kuorma	10
2.1.3	Yhteenveto kuormasta	11
3.	Aurinkopaneelien mitoittaminen, asentaminen ja sijoittaminen	13
3.1	Paneelien ja invertterin asentaminen	13
3.2	Paneelien sijoittaminen katolle.....	15
3.2.1	Sijoittaminen katolle yhteen suuntaan.....	17
3.2.2	Sijoittaminen katolle useampaan suuntaan.....	20
3.3	Tuotannot eri paneeli konfiguraatioilla.....	21
4.	Investointilaskelmat	24
4.1	Investointituki	25
4.2	Saadut tulokset	26
5.	Yhteenveto ja johtopäätökset	29
	Lähteet	30

Liitteet

1 München solar monikide aurinkopaneelin datalehti.

2 SMA tripower invertterin datalehti.

KÄYTETYT MERKINNÄT JA LYHENTEET

AC	Alternating Current, Vaihtovirta
a	Pinta-ala
D	Etäisyys
DC	Direct Current, Tasavirta
GSM	Global System for Mobile Communications
L	Pituus
MPPT	Maximum power point tracking
kk	Kuukausi
kW	Kilowatti
kWh	Kilowattitunti
snt	Euro sentti
v	Vuosi
α	Auringon kulma
β	Aurinkopaneelin asennuskulma

1. JOHDANTO

Aurinkopaneelien ja inverttereiden hintojen aleneminen on muuttanut aurinkosähkön kannattavaksi sähköntuotantomuodoksi kiinteistöille, mikäli tuotettu sähkö saadaan käytettyä kiinteistön omaan kulutukseen. (S Viljakainen 2015 s.34) Ennen investointia on kuitenkin syytä perehtyä kiinteistön sähkönkulutukseen. Kiinteistön sähkönkulutuksen arviointi on helpompaa, mikäli rakennus on jo olemassa, sillä sähköyhtiöiden nettisivuilta saa seurattua energiankulutusta tuntitasolla. Jos näin ei ole, täytyy kulutusta arvioida eri tavoin.

1.1 Vaikutus E-lukuun

Nykyään rakennettaviin rakennuksiin täytyy suunnitteluvaiheessa tehdä E-lukulaskelma. Tässä laskelmassa esitetään rakennuksen energiankulutus yksikössä $\frac{kWh}{m^2,v}$. Rajat eri energiatehokkuusluokille (A-G) kerrostaloissa on esitetty taulukossa 1.1.

Taulukko 1.1 Kerrostalojen energialuku luokitukset.

Energiatehokkuusluokka	E-luku [kWh/m ² ,v]
A	E-luku < 75
B	76 < E-luku < 100
C	101 < E-luku < 130
D	131 < E-luku < 160
E	161 < E-luku < 190
F	191 < E-luku < 240
G	241 < E-luku

Vuoden 2012 jälkeen rakennettujen rakennusten täytyy kuulua luokkiin A, B tai C. Laskennassa käytetään apuna rakenteiden lämmönläpäisylukuja sekä ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteita, rakennusvaipan ilmanvuotolukua sekä lämpimän käyttöveden tuottamia häviöitä. Rakennuksen E-luku määritetään summaamalla vuotuisen ostoenergianmäärät, jotka kerrotaan energialähteen ympäristöystävällisyyttä kuvaavilla kertoimilla. Kertoimet on esitetty taulukossa 1.2.

Taulukko 1.2 Eri energianlähteiden kertoimet.(E-luku,2013)

Sähkö	1,7
Kaukolämpö	0,7
Kaukojäähdytys	0,4
Fossiiliset polttoaineet	1
Uusiutuvat polttoaineet	0,5

Taulukosta voidaan huomata, että rakennuksessa tuotettu sähköenergia pienentää E-lukua eniten suhteessa tuotettuun energiaan, sillä sen kerroin on suurin. Tuottamalla osa kiinteistön tarvitsemasta sähköstä kiinteistössä voidaan muuttaa muita E-lukuun vaikuttavia tekijöitä mahdollisesti halvempiin ratkaisuihin. Tätä käytetään hyväksi nollaenergiataloissa.

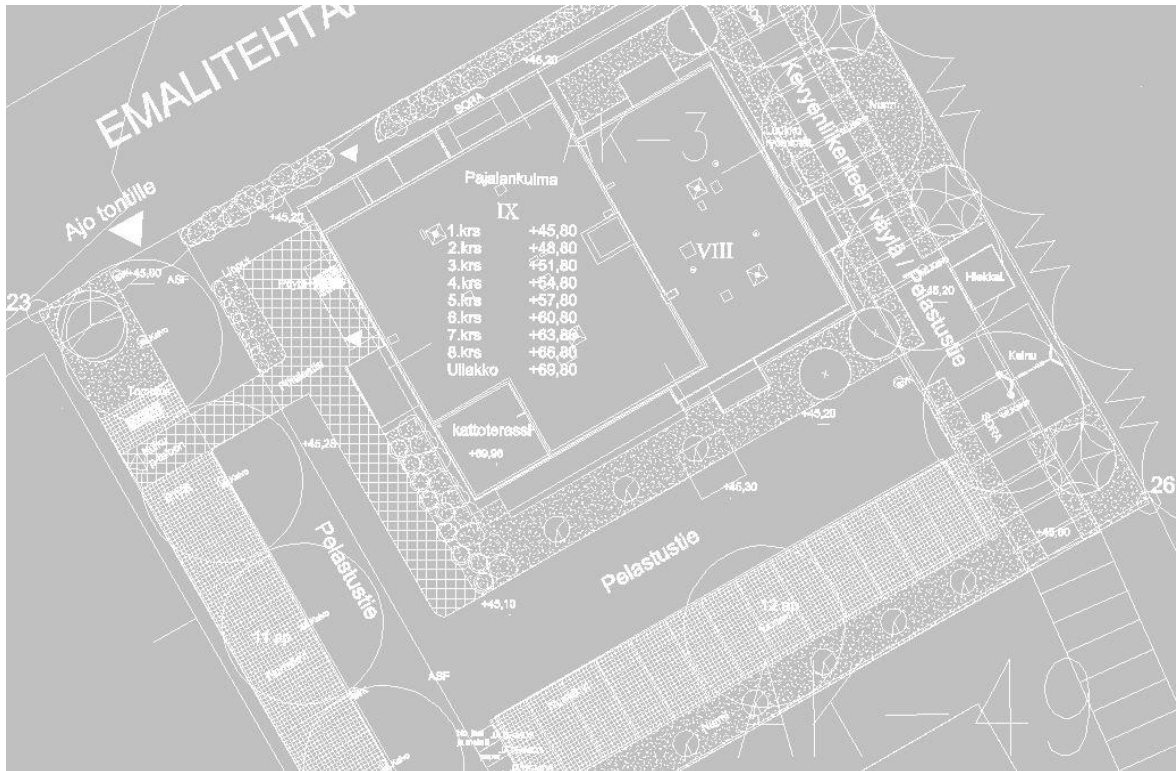
1.2 Tavoitteet

Työn tavoitteena on selvittää optimaalinen määrä ja optimaalinen asennustapa Järvenpäässä sijaitsevaan kerrostaloon asennettaville aurinkopaneeleille. Mitoittaminen on sinänsä hankalaa, sillä rakennuksen energiankulutusta joudutaan arvioimaan joko rakennettujen samankaltaisten kohteiden perusteella tai arvioimalla kuinka paljon mikäkin komponentti kuluttaa sähköä kerrostalossa sen valmistuttua.

Työssä käytetään hyväksi kahta aiemmin rakennettua kohdetta, joissa molemmissa on maalämpöpumppu vastaamassa tilojen lämmityksestä ja lämpimästä käyttövedestä. Työssä käytetään HOMER-ohjelmistoa aurinkopaneelien tuotannon simuloimiseen. Työssä esitetään mahdollisia aurinkopaneelien asennustapoja rakennuksen katolle. Lisäksi esitetään investointilaskelmat ilman investointitukea ja investointituen kanssa. Investointitukea myönnetään aurinkosähköinvestoinneille korkeintaan 30 %, mutta asunto-osakeyhtiöt ja vuokra-asuntoyhtiöt eivät voi saada tätä tukea. Lisäksi työssä käydään läpi aurinkovoimalaitoksen asentamista, sekä oikeita asennustapoja.

2. KERROSTALON ESITTELY

Työn kohteena on Pajalankulma niminen kerrostalo. Rakennus sijaitsee Järvenpäässä (60.48 N ja 25.09 E). Rakennuksessa on 69 huoneistoa kahdeksassa kerroksessa ja sauna sekä varastot yhdeksännessä kerroksessa. Rakennuksen asemapiirustus on esitetty kuvassa 2.1.



Kuva 2.1 Pajalankulman asemapiirustus, kuvassa pohjoinen ylhäällä.

Katto on kahdessa tasossa, isomman osan mitat ovat noin 16m x 18m ja pienemmän 9,5m x 17m. Sisäänkäynnin seinä osoittaa 60 astetta etelästä länteen ja kaakonpuolinen seinä 30 astetta etelästä itään. Rakennus ja lämmin käyttövesi lämmitetään maalämpöpumpulla. Lisäksi jokaisessa huoneistossa on oma ilmanvaihtokone lämmöntalteenotolla joka saa sähkönsä kiinteistökeskukselta. Muuten jokaisen huoneiston käyttämä sähkö mitataan erikseen sähkömarkkinalain mukaisesti (Sähkömarkkinalaki). Rakennuksen E-luku ilman aurinkopaneeleita olisi $92 \frac{kWh}{m^2,v}$. Sijoittamalla rakennukseen 16,5 kW paneeleita E-luku pienenee arvoon $84 \frac{kWh}{m^2,v}$, energiatehokkuusluokka säilyy kuitenkin B:ssä. Jos olisi haluttu rakennuksen E-luvun

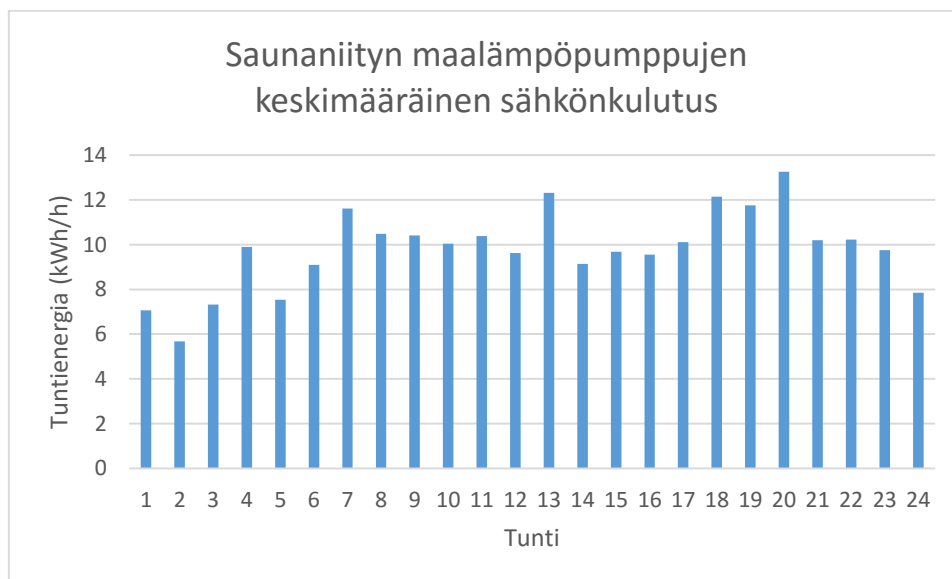
kuuluvan A-luokkaan, pitäisi kohteeseen sijoittaa 144 kappaletta 250W paneeleita. Järjestelmän teho olisi ollut 36 kW ja se olisi vienyt tilaa noin 240 neliometriä.

2.1 Kerrostalon peruskuorman selvittäminen

Kerrostalon peruskuorman muodostavat ilmanvaihtokoneet, lämmitysjärjestelmän pumpput, maalämpöpumppu, GSM-lähettimeiden jäähtytys ja muu kiinteistön kulutus. Tässä työssä paneudutaan tarkemmin ilmanvaihtokoneisiin, huippuimureihin, lämmitysjärjestelmän pumppuihin ja maalämpöön. Ilmanvaihtokoneiden ja lämmitysjärjestelmän pumppujen tehot saatiin LVI suunnittelijalta. Maalämmön kuluttamaa energiaa arvioidaan kahden valmiina olevan asuinkiinteistön Saunaniittyyn (40 huoneistoa) ja Torpantien (50 huoneistoa) kulutuksien perusteella. Kulutuksia tarkastellaan touko- ja elokuun väliseltä ajanjaksolta, sillä aurinkopaneelien suurin tuotanto ajoittuu tuolle ajanjaksolle, ja lämmitykseen käytettävä energia voidaan olettaa pieneksi kyseisellä ajanjaksolla.

2.1.1 Saunaniityn maalämpöpumpun kuorma

Saunaniitty on taloyhtiö, jossa on 14 kappaletta kahdesta neljään huoneistoa sisältävää asuinkiinteistöä. Asunnot ja lämmin käyttövesi lämmitetään maalämpöpumpulla, jonka keskimääräiset tuntitehot touko-elokuun ajalta on esitetty kuvassa 2.2.

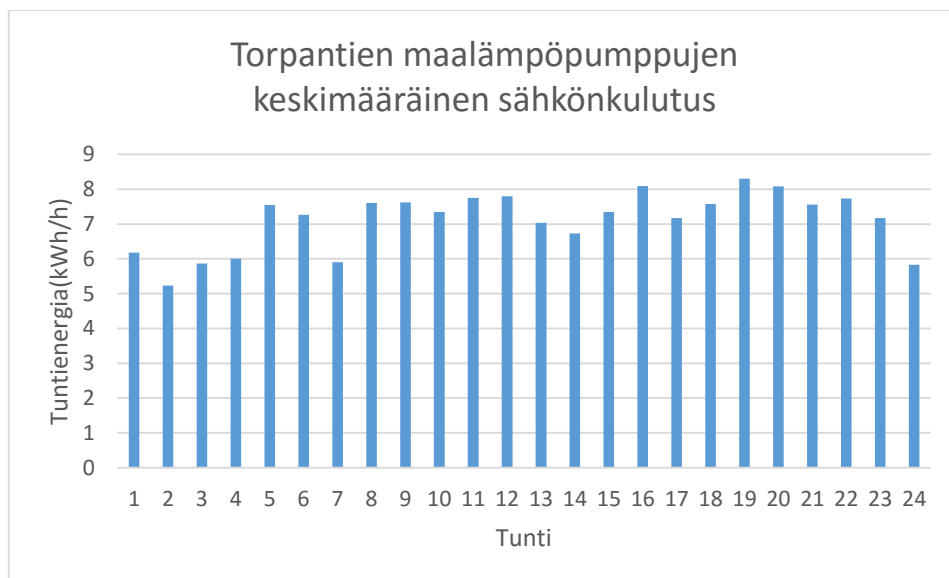


Kuva 2.2 Saunaniitty taloyhtiön maalämpöpumppujen ottama keskimääräinen teho vuorokauden tunneittain.

Kuvasta voidaan huomata, että aamuyöstä maalämpöpumppua ei ole kuormitettu kovinkaan paljoa, mutta päivällä ja illalla pumppu on kuluttanut sähköä noin 10 kW:n teholla. Iltakahdeksalta kulutus on noussut noin 12 kW, mutta kellonajasta johtuen tätä energiaa ei saada aurinkopaneeleilla kompensoitua. Lämmitykseen kuluva energia voidaan olettaa pieneksi kyseisellä ajanjaksolla, joten kaikki energia on käytetty lämpimän käyttöveden lämmittämiseen.

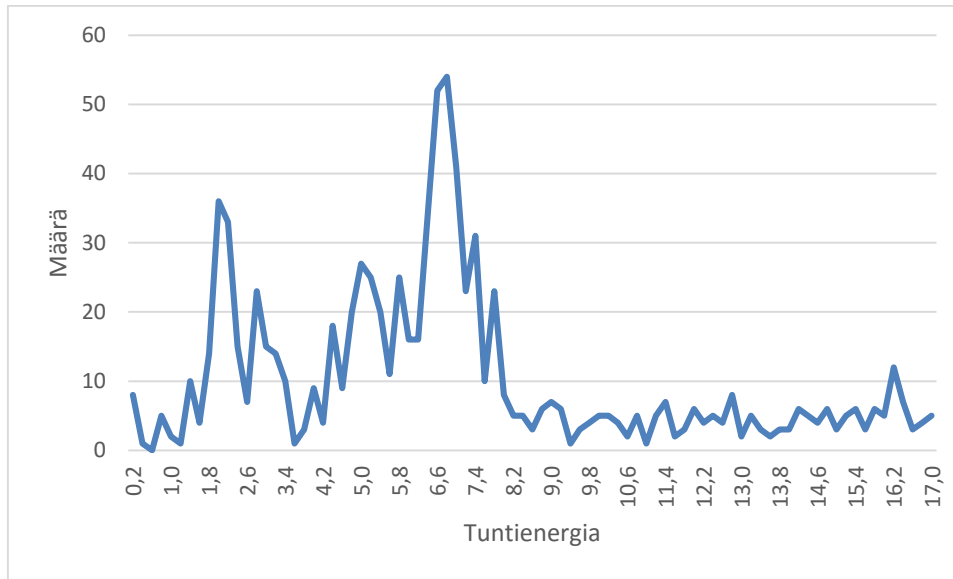
2.1.2 Torpantien maalämpöpumpun kuorma

Torpantie on kerrostalo, jossa on 50 kpl huoneistoja. Asunnot ja lämmin käyttövesi lämmitetään maalämpöpumpulla, jonka keskimääräiset tuntitehot touko-elokuun ajalta on esitetty kuvassa 2.3.



Kuva 2.3 Torpantie kerrostalon maalämpöpumppujen ottama keskimääräinen teho vuorokauden tunneittain touko-elokuun ajalta.

Kuvasta voidaan huomata, että kulutus on ollut keskiarvoltaan paljon tasaisempaa kuin Saunaniityssä. Kuvasta kuitenkin huomataan, että aamuyöllä pumppua on kuormitettu vähemmän ja aamulla, kello neljän jälkeen ja illalla kello 19 ja 20 esiintyy pieniä kuormituspiikkejä. Päivällä jolloin aurinkopaneelit tuottavat sähköä, kulutus on ollut noin 7 kW. Lämmitykseen kuluva energia voidaan olettaa pieneksi kyseisellä ajanjaksolla, joten kaikki energia on mennyt lämpimään käyttöveteen. Kuvassa 2.4 on esitetty histogrammi Torpantien tuntienergioista. Histogrammissa on kuvattu kunkin tuntienergian määrät tarkastellulla ajanjaksolla kello 8-18.



Kuva 2.4 Histogrammi Torpantien maalämpöpumpun tuntienergioista.

Kuvan 2.4 histogrammin perusteella voidaan päätellä, että sopiva arvio maalämpöpumpun ottamasta tuntienergiasta olisi noin 7 kWh/h. Toisaalta kuvasta 2.3 voidaan havaita, että analysoidessa tuntienergian avulla maalämpöpumpun tunnissa kuluttamaa energiaa ei saada täysin varmaa arviota, sillä histogrammista havaitaan tuntienergian vaihtelevan suuresti.

2.1.3 Yhteenveto kuormasta

Pajalankulman lämpimän käyttöveden lämmittämiseen kuluva keskimääräinen tuntienergia voidaan arvioida Saunaniityn ja Torpantien avulla olevan noin 10 kW, sillä kohteeseen tulee enemmän asuntoja ja täten enemmän veden käyttäjiä. Asunnon lopullisista asukkaista johtuen kulutus voi olla suurempi tai pienempi. Muita jatkuvasti sähköä kuluttavia laitteita on luetteloitu taulukossa 2.1.

Taulukko 2.1 Pajalankulman jatkuvasti päällä olevat laitteet ja niiden ottamat tehot.

IV-koneet	2760 W
Huippuimurit	900 W
GSM-jäähdytys	1000 W
Alapohjan kuivaus	200 W
Kiertovesipumput	500 W

Näiden tietojen perusteella voidaan arvioida kiinteistön sähkönkulutuksen olevan noin $5,1 \frac{kWh}{h} + 10 \frac{kWh}{h}$ eli noin 15 kW. Aurinkopaneeleita voidaan sijoittaa kiinteistöön huolelta jatkuvasti päällä olevan kulutuksen verran, sillä tällöin sähköä ei missään tilanteessa jouduta myymään verkkoon.

Maalämpöpumppuna kohteessa käytetään IVT:n GEO G280, joka on invertteriohjattu maalämpöpumppu suuriin kohteisiin. Pumpussa ei ole SMART-GRID ominaisuutta, joka pyrkisi tuottamaan lämpöä silloin kuin sähkö olisi halpaa tai sähköstä olisi liikatuotantoa kohteessa. Tämä parantaisi aurinkopaneeleista tulevan sähkön käyttämistä vedenlämmityksessä yhdessä suurien varaajien kanssa. Lisäksi maalämpöpumppu kävisi pidempiä käyntijaksoja, mikä olisi pumpulle hyväksi. SMART-GRID ominaisuudella varustettu maalämpöpumppu olisi esimerkiksi Alpha-innotecin SWC malli (Alpha-innotec).

3. AURINKOPANEELIEN MITOITTAMINEN, ASENTAMINEN JA SIJOITTAMINEN

Aurinkopaneelien mitoittamisessa on otettava huomioon, että tuotannolla pyritään kompensoimaan omaa kulutusta, sillä esimerkiksi Fortum ostaa ylimääräistä sähköä hetkittäisellä pörssihinnalla, mutta sähköä ostettaessa joudutaan maksamaan myös sähkönsiirtomaksu ja sähkövero. Aurinkopaneelien tuotantoja simuloidaan HOMER-ohjelmistolla ja saatuja tuloksia on analysoitu Excel-ohjelmiston avulla.

3.1 Paneelien ja invertterin asentaminen

Tässä kohteessa aurinkopaneelit asennetaan alumiiniprofiilista valmistettuihin kehikoihin, jotka kuuluvat aurinkopaneelien toimitusurakkaan. Kehikot kiinnitetään kattoon kiinnitettävään alustaan. Alusta kuuluu rakennusurakkaan, tällöin saadaan selkeä urakkaraja ja paneeleille kestävä alusta. Aurinkopaneeleita voidaan hyödyntää myös kattorakenteena esimerkiksi kuvan 3.1 mukaisesti.



Kuva 3.1 Aurinkopaneeleista voi tehdä esimerkiksi autokatoksen. (Yle)

Aurinkopaneelit kytketään toisiinsa kaapelilla, jonka virrankestoisuus on vähintään 1,25 kertaa paneelien maksimioikosulkuvirta. Paneelien väliset johdotukset täy-

tyy tehdä siten, että johdot muodostavat mahdollisimman pienen silmukan. Johdotus on kuitenkin tehtävä siten, että minimoidaan oikosulkujen riski, esimerkiksi hyödyntämällä suojaputkituksia.

Paneeleita voi kytkeä sarjaan korkeintaan niin monta, ettei paneelien avoimen piirin jännite nouse suuremmaksi kuin invertterin tai paneelin maksimijännite (avoimenpiirin jännitteellä tarkoitetaan paneelin jännitettä, kun sitä ei ole kuormitettu). Laskennassa on huomioitava, että talvella paneelien jännite nousee paneelien lämpötilan laskiessa. Jännitteen nousu lämpötilan funktiona on esitetty paneelin tiedoissa. Taulukossa 3.1 on esitetty paneelien määrä lämpötilan funktiona, kun järjestelmän mitoittava jännite on 1000V. (SFS 6000-7-712, 2013) Liitteessä 1 on esimerkki auringopaneelin datalehddestä.

Taulukko 3.1 Maksimi paneelien määrä, kun järjestelmän jännite ei saa ylittää 1000V rajaa. Laskelma on suoritettu ensimmäisen liitteen 250W paneelilla. Paneelin jännite +25°C on 36,99V.

Lämpötila[°C]	-30	-20	-10	0	10	20	30
Paneelin jännite[V]	43,70	42,48	41,26	40,04	38,82	37,60	36,38
Jännitteen muutos /paneeli[V]	6,71	5,49	4,27	3,05	1,83	0,61	-0,61
Määrä[kpl]	22	23	24	24	25	26	27

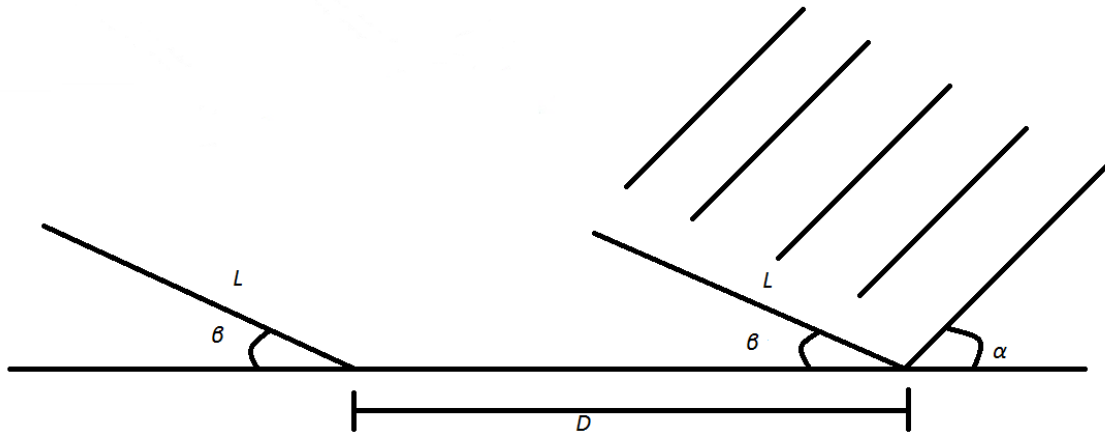
Osa inverttereistä voidaan asentaa ulos, tällöin laitteen IP-luokitus tulee olla vähintään IP-44, joten se on siis suojattu joka suunnasta tulevaa roiskevettä vastaan (Tuukes). Invertteri pitää saada erotettua sekä paneeleilta tulevasta DC-johdoista ja sähkökeskukselle lähtevistä AC-johtimista huollon takia. AC-puolelle täytyy laittaa turvakytin, joka voidaan lukita. DC-puolella riittää esimerkiksi SMA:n inverttereistä löytyvä oma erotuskytkin (Sma ESS), sillä erotuskytkin täyttää kansainvälisen standardin IEC 60364-7-712. Aivan kuten ABB:n tasajännitekuormaerotin joka täyttää kyseisen standardin, voidaan käyttää aina 1200 volttiin asti(ABB). AC-johtimet mitoitetaan aivan kuten normaalit johtimet, eli virran mukaisesti. Lisäksi AC-johtimet täytyy varustaa tyypin A vikavirtasuojakatkaisijalla (30mA) ja johdonsuojakatkaisijalla, joka mitoitetaan johdon ja invertterin mukaisesti. Laitteistosta täytyy maadoittaa paneelien kehikot ja invertteri. (SFS 6000-7-712 , 2013) Esimerkki invertterin data-lehdestä on liitteessä 2.

3.2 Paneelien sijoittaminen katolle

Pajalankulman kohteessa paneeleita on mahdollista asentaa katoille ja seinille. Katto on jaettu kahteen eri tasoon ja rakennuttajan toive on, että paneeleita olisi vain ylemmällä tasolla. Lisäksi on huomioitava, että paneelit eivät varjosta toisiaan, eli paneelit ovat riittävän kaukana toisistaan. Riittävä etäisyys kahden paneelirivistön välille saadaan laskettua seuraavalla yhtälöllä.

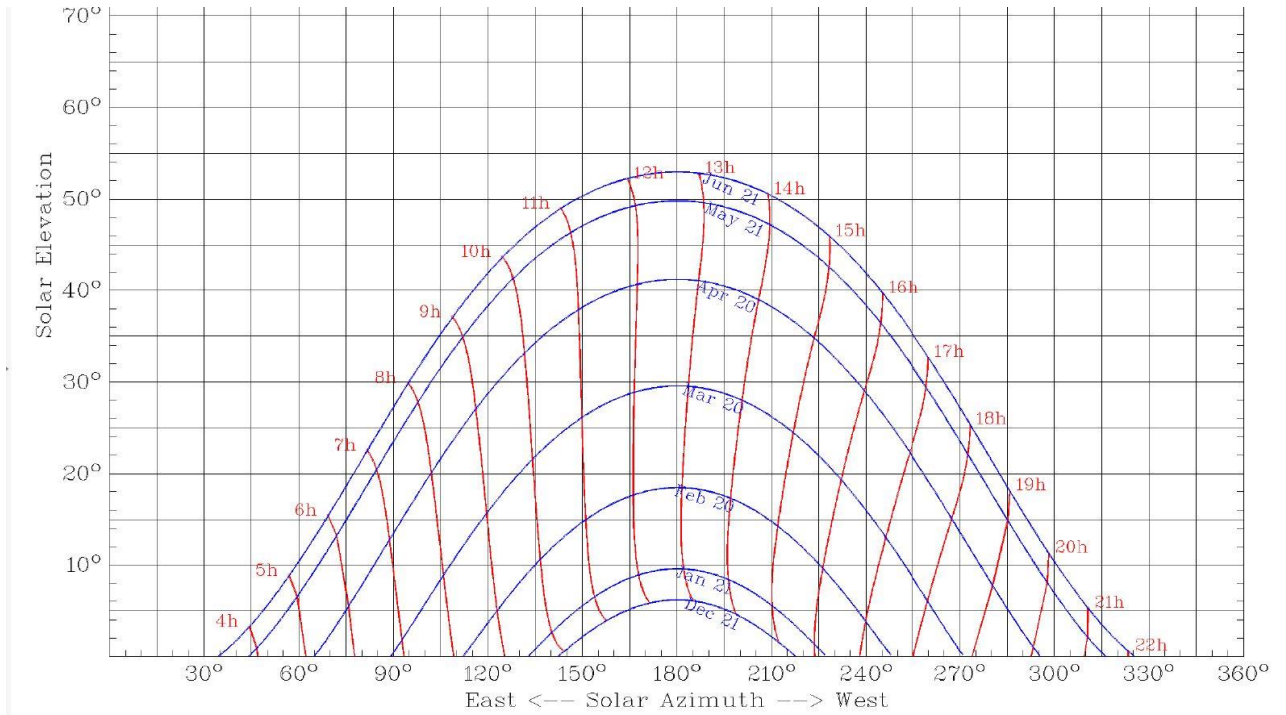
$$D = \frac{L \times \sin(\alpha + \beta)}{\sin(\alpha)}, \quad (3.1)$$

missä D on paneelirivien välinen etäisyys, L paneelin pituus, α auringonpaisteen kulma ja β aurinkopaneelin asennuskulma. Tämä on esitetty kuvassa 3.1.



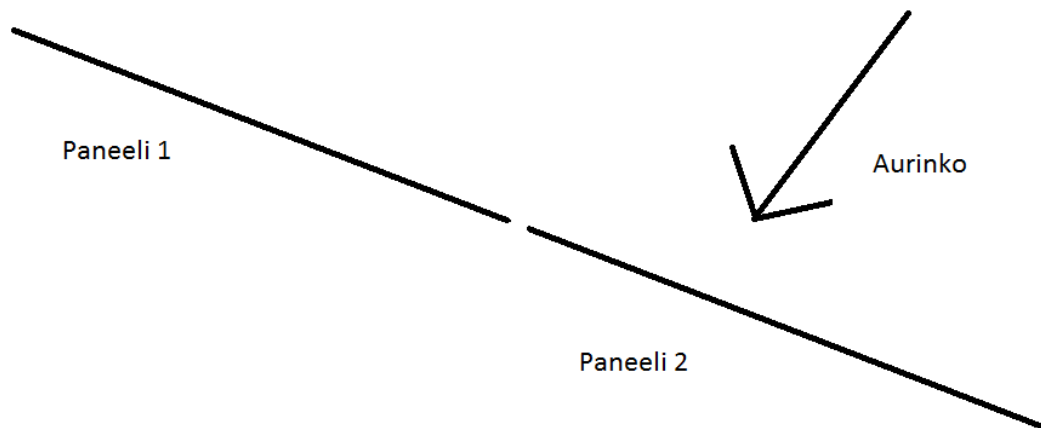
Kuva 3.1 Aurinkopaneelien etäisyys toisistaan, missä L paneelin pituus, α auringonpaisteen kulma ja β aurinkopaneelin asennuskulma ja D tarvittava etäisyys, että varjostumisia ei pääse tapahtumaan.

Auringonpaisteen kulma Järvenpäässä voidaan arvioida kuvasta 3.2. Kuvassa y-akselilla on auringonkorkeuden kulma ja x-akselilla horisontaalinen kulma. Punaisilla viivoilla on kuvattu paikallista kellonaikaa.



Kuva 3.2 Auringonpaisteen kulma joulukuusta kesäkuuhun Järvenpäässä. (University of Oregon)

Lisäksi Pajalankulman kattoa kiertää 1,2 m korkea seinä, joka luo varjostusta katonle. Tähän ratkaisuksi esitän paneelien korottamista 0,5 m katosta ylöspäin. Aurinkopaneeleita voidaan asentaa kaksi tai useampi riviä peräkkäin (kuva 3.3).



Kuva 3.3 Paneelien asennus peräkkäin sivulta katsottuna.

Tällöin varjostamista ei pääse muodostumaan näiden kahden rivin välille, vaikka kuvan 3.3 kaltainen asennus luokien taakseen kaksi kertaa niin pitkän varjon kuin yksi paneeli. Lisäksi paneelien kehikkojen rakenteissa säästetään hieman, sillä etummaisesta rivin taaimmisen ja takimmaisesta rivin etummaisesta tuki voi olla sama.

Myös kattoon tehtävien reikien määrä vähenee, mikä vähentää potentiaalisia vesivahinkojen paikkoja. Katolle asentamisessa on otettava huomioon mahdolliset tuulesta aiheutuvat kuormitukset paneelien rakenteisiin.

Seinille asentamisessa on otettava huomioon, että paneelit eivät jää nykyisten tai rakennettavien rakennusten varjoon. Myös paneelikohtainen tuotanto jää Suomessa pienemmäksi kuin katolle asennettaessa johtuen epäedullisesta 90 asteen kulmasta (S Viljakainen 2015 s.25-26). Tästä syystä johtuen tässä työssä ei käsitellä seinille sijoittamista ollenkaan.

3.2.1 Sijoittaminen katolle yhteen suuntaan

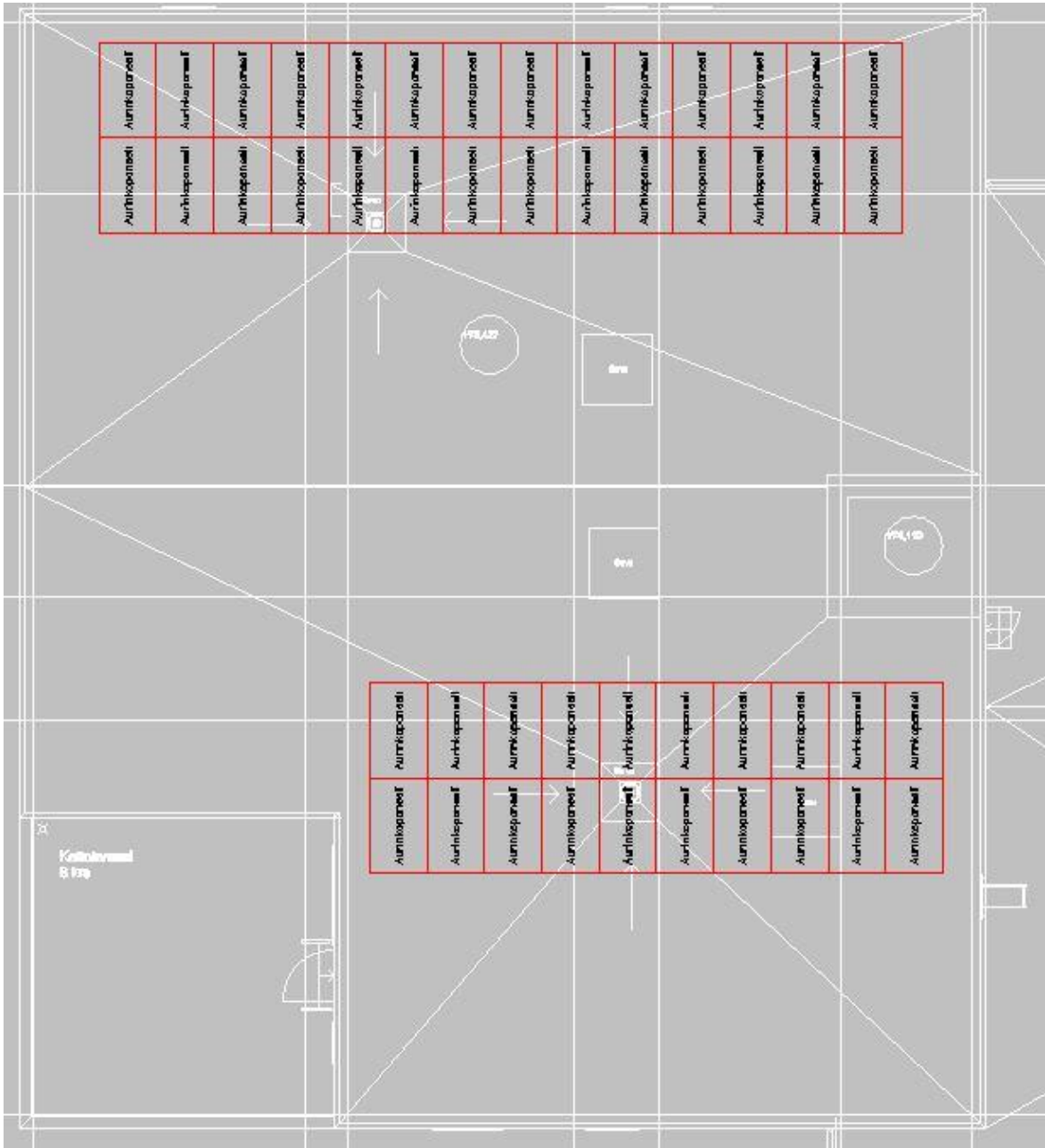
Yhteen suuntaan asennettaessa paneelien asennus tapahtuisi rakennuksen seinien suuntaisesti. Tällöin kulmat olisivat 30 astetta etelästä itään eli kaakkoon ja 60 astetta etelästä länteen eli lounaaseen. Kuvasta 3.2 voidaan arvioida, että auringonpaisteen kulmana voidaan käyttää 10 °, sillä tätä alempana aurinko ei ole niin kauaa, että sillä olisi tuotantoon suurempaa merkitystä. Esimerkiksi huhtikuussa aurinko on yli 10° kulmassa 7:30-19:30 välisenä aikana. Yhtälöä 3.1 käyttämällä saadaan laskettua riittävät etäisyydet paneelirivien välille, tulokset on esitetty taulukossa 3.2.

Taulukko 3.2 Etäisyydet paneelirivien välillä eri asennuskulmilla yhdelle tai kahdelle paneelille ja paneelin takareunan korkeudelle, kun auringon korkeus on 10 astetta.

Asennuskulma [astetta]	20	25	30	40
1 paneeli	4,71	5,41	6,06	7,22
2 paneelia	9,43	10,81	12,12	14,44
1 paneeli takareunan korkeus	0,56	0,69	0,82	1,05
2 paneelia takareunan korkeus	1,12	1,38	1,64	2,10

Tuulikuormien kannalta olisi parempi, jos paneelirivin takareuna ei nousisi kattoa kiertävän seinän yläpuolelle. Tämän perusteella voidaan jättää kulmat 30 ja 40 astetta tutkimuksen ulkopuolelle, sillä näillä kulmilla paneelisiin kohdistuisi suurempia tuulikuormituksia.

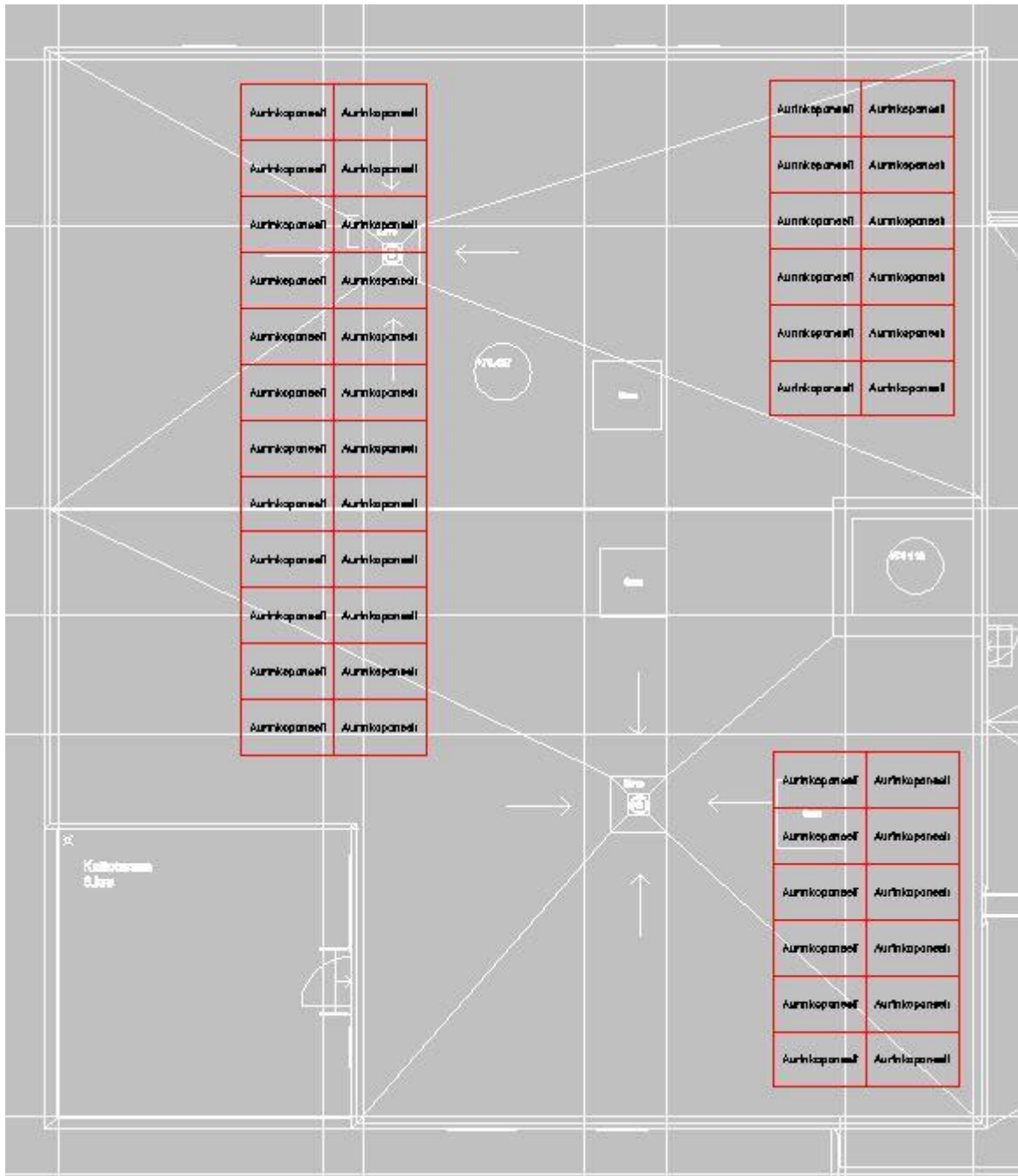
Katon mitat ovat 18m x 14m, joista kaakkoon osoittava sivu on 14m pitkä, syvyyttä olisi tällöin käytössä 18m. Esitys paneelille kaakkoon päin on esitetty kuvassa 3.4.



Kuva 3.4 Esitys aurinkopaneelien asentamiselle kaakon suuntaan 25 asteen kulmassa. Kuvassa 12 kWp paneeleita.

Kuvan paneelistolla ylempi ja alempi paneeliryhmä sijoitettaisiin invertterin eri MPPT-tuloihin. Paneelit kytketään rinnan ja sarjaan, sillä suuremmissa eli ylemmässä ryhmässä paneeleita on 28, joten jännite nousisi liian suureksi. Alempi ryhmä voidaan kytkeä suoraan sarjaan.

Lounaaseen asennettaessa katon sivu olisi 18m pitkä ja syvyyttä olisi käytettävissä 14m. Esitys paneeleille lounaaseen päin on esitetty kuvassa 3.5.



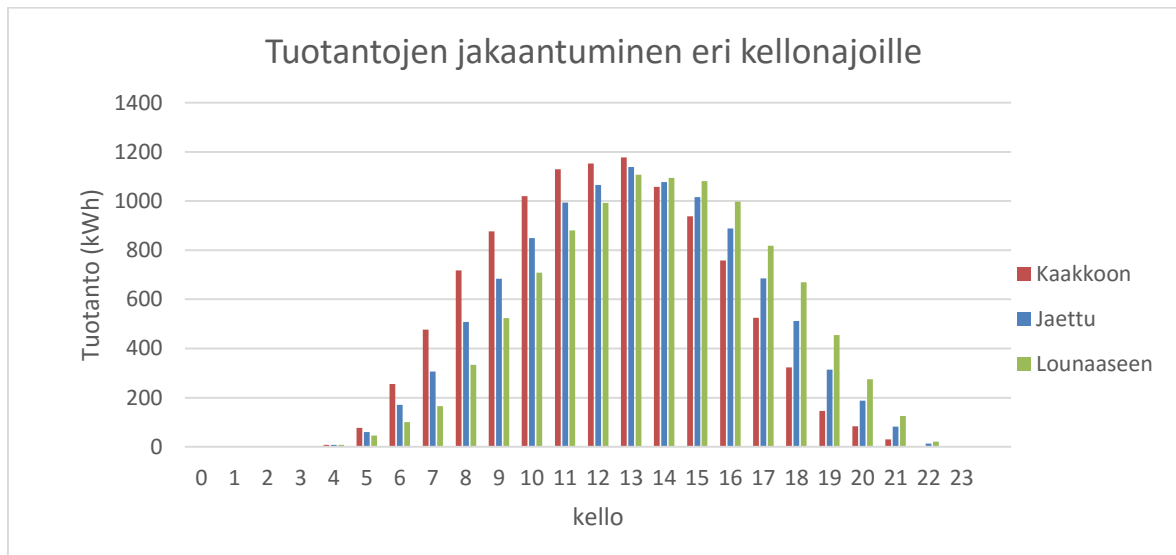
Kuva 3.5 Esitys aurinkopaneelien asentamiselle lounaan suuntaan 20 asteen kulmassa. Kuvassa 12 kWp paneeleita.

Lounaaseen päin asennettaessa paneelit täytyy olla korkeintaan 20 asteen kulmassa, jotta varjostumista ei pääse tapahtumaan. Paneelien sijoittamisessa katolle täytyy huomioida huippumurit ja savunpoistoluukut.

Kuvan paneelistolla molemmat paneeliryhmät, eli oikea ja vasen ryhmä sijoitettaisiin invertterin eri MPPT-tuloihin. Paneelit kytketään sarjaan, sillä molemmissa paneeliryhmissä on 24 paneelia.

3.2.2 Sijoittaminen katolle useampaan suuntaan

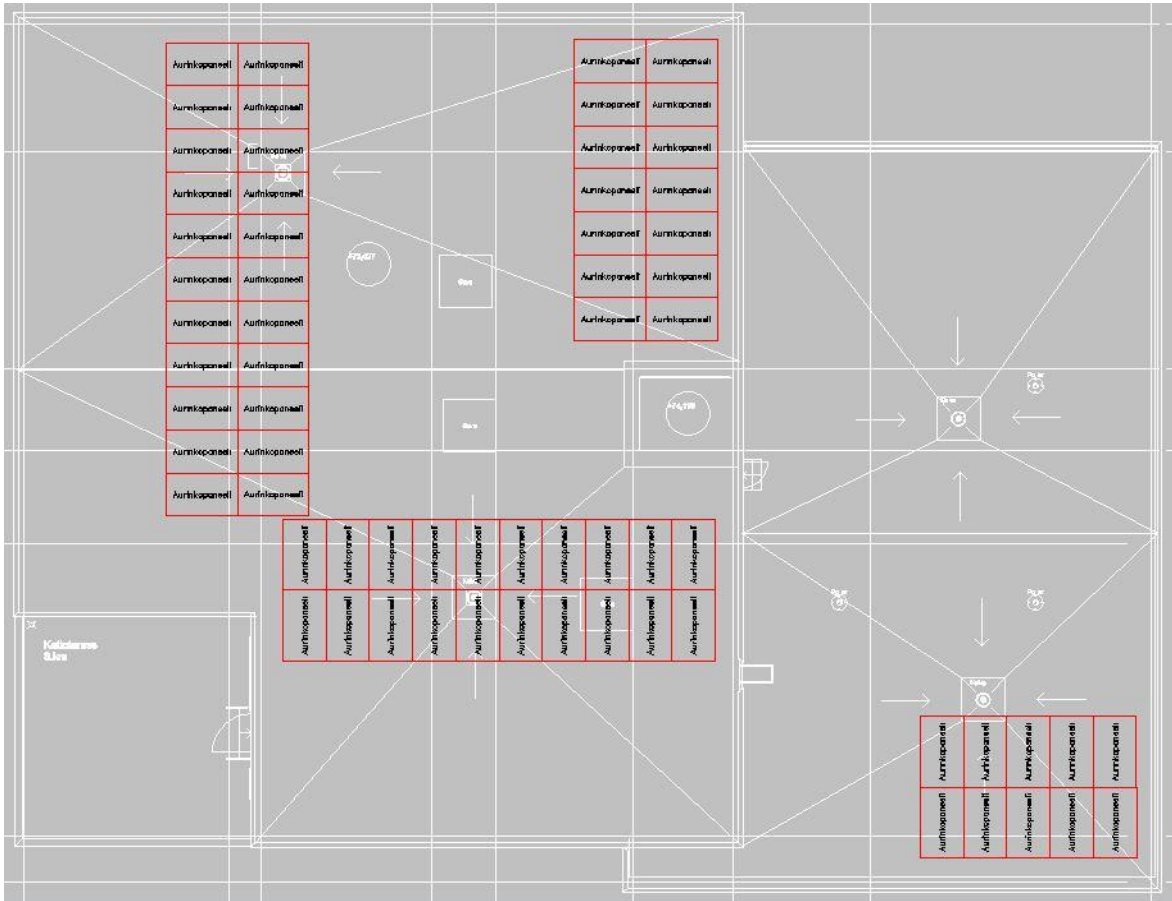
Moneen suuntaan asennettaessa paneeleita voidaan sijoittaa enemmän kuin rakennuksen peruskuorma on, sillä paneelien osoittaessa erisuuntiin jakautuu niiden tuotanto laajemmalle ajanjaksolle: tämä on esitetty kuvassa 3.6. Tällöin saadaan tuotettua suurempi osa kiinteistön sähköstä paikallisesti, mikä pienentää muun muassa E-lukua ja tuo mahdollisia säästöjä.



Kuva 3.6 Tuotantojen jakaantuminen eri kellonajoille.

Kuvasta huomataan, että jaettu järjestelmä tuottaa pienemmän huippuenergian, mutta tuottaa suuremman energian huipun ulkopuolella. Kuvasta huomataan myös, että mikäli kulutus painottuisi iltaan tai aamuun, kannattaa suosia kaakko/lounas asennusta.

Kuvassa 3.7 on esitetty 16,5 kWp paneelien sijoitus, mikäli haluttaisiin maksimoida aurinkosähkön tuotanto rakennuksessa, tällöin paneeleita sijoitettaisiin molemmille katon tasanteille. Paneelien kannalta olisi parempi, mikäli katon tasanteet olisi jaettu etelä/pohjois-suuntaisesti



Kuva 3.7 Esitys aurinkopaneelien asentamiselle kaakon ja lounaan suuntaan. Kuvassa 7,5 kWp paneeleita kaakkoon 25 asteen kulmassa ja 9 kWp paneeleita lounaaseen 20 asteen kulmassa.

Jaettaessa paneelit erisuuntiin on mahdollista käyttää pienempää invertteriä kuin paneelien nimellisteho on, mikä johtuu paneelien huipputuotannon ajoittumisista eri ajankohdille. Homer-ohjelmistolla tehty simulointi antoi suurimmaksi tehoksi 15,5 kW. Kuvan paneelistot asennettaisiin kahdelle eri invertterille, jossa on 2 erillistä MPPT-tuloa.

3.3 Tuotannot eri paneeli konfiguraatioilla

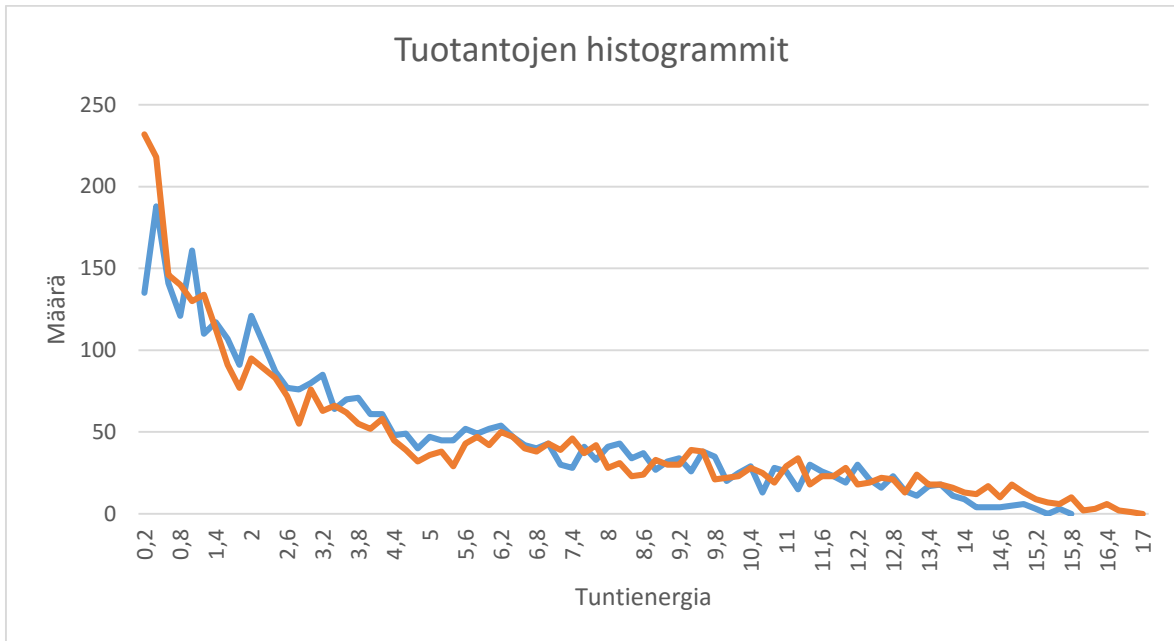
Eri paneelikonfiguraatioiden tuotannot on esitetty taulukossa 3.3. Taulukossa oleva kulutus ei ole todellinen kiinteistön kuluttama energia, sillä talvella kulutus on huomattavasti suurempaa. Kulutus kattaa ainoastaan kesän aikana kuluvan sähkön, mikä käytetään lämpimän käyttöveden tekemiseen.

Taulukko 3.3 Erikokoisten aurinkovoimalaitosten tuotannot Järvenpäässä.

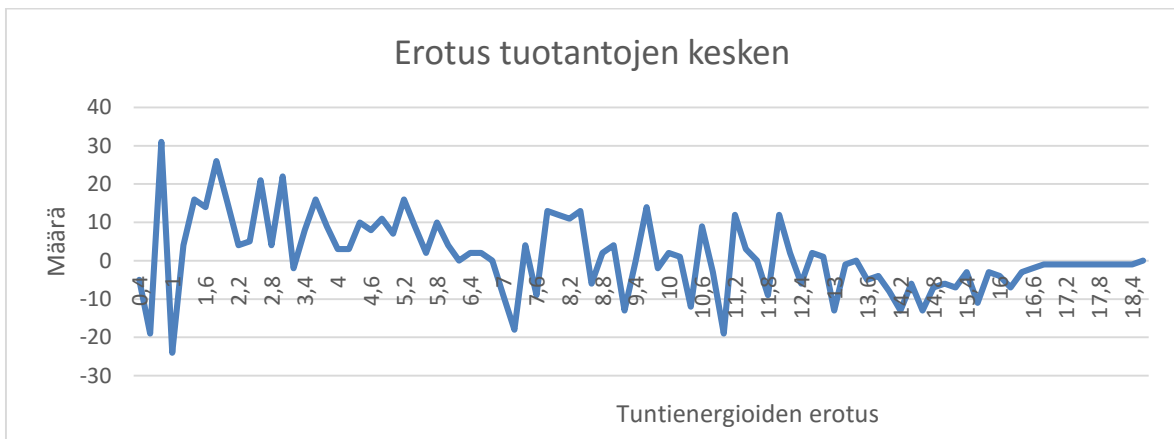
Asennustapa	Lounas 20°	Kaakko 25°	Lounas 20°	Kaakko 25°	Jaettu
Koko [kW]	12,00	12,00	16,50	16,50	16,50
Kulutus [kWh]	99791,08	99791,08	99791,08	99791,08	99791,08
Ostettava energia [kWh]	87639,06	86605,88	83503,63	82414,22	82846,14
Tuotanto [kWh]	12164,28	13206,24	16717,47	18144,09	17365,96
Myytävä energia [kWh]	12,26	21,04	430,02	767,23	421,02
Omaan käyttöön menevä energia [kWh]	12152,02	13185,20	16287,45	17376,86	16944,94
Myyntin osuus tuotetusta sähköstä [%]	0,10	0,16	2,57	4,23	2,42
Tuotannon osuus kulutuksesta [%]	12,18	13,21	16,32	17,41	16,98
Tuotto [kWh/Wp]	1,01	1,10	1,01	1,10	1,05

Taulukossa on HOMER-ohjelmiston simuloinnin perusteella koottu tärkeimmät tulokset. Taulukkoon on simuloitu kuvien 3.4, 3.5 ja 3.7 mukaiset asennuskonfiguraatioiden ensimmäisen vuoden tuotanto, sekä lisäksi kahteen suuntaan jaettu paneelimäärä asennettuna kaakon ja lounaan suuntaan vertailun vuoksi. Taulukossa oleva kulutus ei ole todellinen kiinteistön kuluttama energia, sillä talvella kulutus on huomattavasti suurempaa.

Tuloksista huomataan, että kaakon suuntaan sijoitetut järjestelmät tuottavat enemmän energiaa suhteessa paneelien kapasiteettiin. Tämä johtuu suotuisammasta kulmasta etelän suhteen ja 25 asteen asennuskulmasta. Kaakon ja lounaan kesken jaettu asennuskonfiguraatio tuottaa enemmän sähköä kuin lounaaseen sijoitettu samankokoinen, mutta vähemmän kuin kaakon suuntaan sijoitettu järjestelmä. Suurin hyöty mahdollisesta järjestelmästä saataisiin 16,5 kW jaetusta järjestelmästä. Jaetun järjestelmän etuna on myös laajempi sähkön tuotantoaika ja pienempi hetkellinen huipputeho. Tämä huomataan myyntin osuuksista ja histogrammista kuvassa 3.8, missä jaetun järjestelmän tuotannosta myyntiin menee vähemmän kuin lounaaseen asennetusta järjestelmästä, vaikka jaettu tuottaa enemmän. Kuvissa 3.8 ja 3.9 on esitetty jaetun ja kaakkoon suunnatun aurinkovoimalaitoksen tuotantojen määrät.



Kuva 3.8 Histogrammi jossa sinisellä on kuvattu kahteen ilmansuuntaan jaetun voimalaitoksen tuotannot ja niiden määrät ja oranssilla kaakon suuntaan sijoitettu yhtä suuri voimalaitos.



Kuva 3.9 Histogrammi jossa on kuvattu kuvan 3.7 sinisen ja oranssin käyrän erotus.

Kuvista voidaan havaita, että jaettu voimalaitos tuottaa vähemmän huipputehoja ja enemmän pienempiä tehoja, noin 20 %– 80 % nimellisestä tehosta. Tämä edesauttaa tuotetun sähkön menemistä kiinteistön omaan kulutukseen, joten suurempien aurinkovoimalaitosten paneelien jakamista eri ilmansuuntiin voidaan pitää perusteltuna, mikäli huipputeho on kulutusta suurempi, ja halutaan maksimoida voimalaitoksesta saatava sähkö koko vuorokauden ajalta.

4. INVESTOINTILASKELMAT

Investointilaskelmat on laskettu siten, että on tarkasteltu säästettyä ostettavaa energiaa. Laskelmat on tehty sillä oletuksella, että taloyhtiö ostaa sähkönsä pörssisopimuksella, eli sähkön hinta määräytyy Suomen aluehinnan perusteella. Tähän päälle lisätään sähköyhtiön myyntipalkkio, verkkoyhtiön siirtomaksu sekä sähkövero. Esimerkiksi Fortum tarkka-sopimus on pörssisähköön sidottu (Fortum tarkka). Fortumin tarkka sähkösopimuksessa yhtiö veloittaa $0.30 \frac{\text{snt}}{\text{kWh}}$ palkkiota. Rakennus sijaitsee Carunan verkon alueella. Caruna laskuttaa siirrosta taulukon 4.1 mukaan.

Taulukko 4.1 Carunan siirtohinnoista (Caruna)

Tehosiirto 0,4 kV toimitus	alv 0 %	alv 24 %
Perusmaksu €/kk	28,30	35,09
Tehomaksu €/kW, kk	2,98	3,58
Loistehomaksu€/kVar, kk	4,55	5,64
Päiväsiirto, talvi c/kWh	2,06	2,55
Yösiirto, talvi c/kWh	1,35	1,67
Päiväsiirto, kesä c/kWh	1,35	1,67
Yösiirto, kesä c/kWh	1,35	1,67
Päiväsiirto, talvi: ma-su, klo 7-22 ajalta 1.11.-31.1		

Taulukosta havaitaan, että ajalta jolloin aurinkopaneelit tuottavat sähköä siirto maksaa $1.67 \frac{\text{snt}}{\text{kWh}}$. Sähkövero on jaettu kahteen luokkaan, veroluokka 1: $2,7937 \frac{\text{snt}}{\text{kWh}}$, ja veroluokka 2: $0,8717 \frac{\text{snt}}{\text{kWh}}$ (Caruna). Kerrostaloyhtiö kuuluu veroluokkaan 1, joten sähkönsiirron kiinteiksi kustannuksiksi muodostuu $4.4637 \frac{\text{snt}}{\text{kWh}}$. Jokaisen tunnin lopullinen sähkön hinta saadaan laskemalla yhteen sähkönsiirron ja hetkellinen Suomen spot-hinta. Investointilaskelmissa on käytetty vuoden 2014 suomen spot-tuntihintoja. Laskelmissa ei ole huomioitu mahdollista sähkön hinnan nousua tai laskua tulevaisuudessa. Laskelmissa on oletettu aurinkovoimalan maksavan $1.3 \frac{\text{€}}{\text{kW}_p}$ (J Lasonen s.27). Tällä oletuksella on suuri merkitys investointilaskelman tuloksiin.

Aurinkovoimalaitosten tuottoja on analysoitu seuraavin oletuksin. Tehon pienentyminen 80 %:iin 25 v aikana, paneeleiden kestävän 30 v ja invertterin kestävän 15 v,

jonka jälkeen se uusitaan. Investointia on analysoitu diskonttaamalla tulevaisuudessa tulevat tulot tähän hetkeen. Korkona diskonttauksessa on käytetty 2%, sillä kohteeseen saadaan Asuntolainoitus Aralta lainoitusta ja Aralta saatavan lainan korko määräytyy esimerkiksi 6 tai 12 kuukauden euribor-koron ja korkomarginaalin mukaan (Ara). Tällä hetkellä (19.11.2015) 12 kk euribor-korko on 0,076 % ja 6 kk euribor-korko on -0,015 % (Suomen pankki korot). Korkomarginaalina investointilaskelmissa on käytetty keskimääräistä asuntolainojen korkomarginaalia, joka on 1,29 % (Suomenpankki asuntolainat). Korot voivat toki nousta, mutta sitä ei ole tässä työssä arvioitu, joten laskelmat eivät välttämättä ole oikeellisia. Tulokset on esitetty vuoden 2014 hinnoilla ja olettaen, että sähköenergian hinta nousisi tai laskisi $1 \frac{\text{sent}}{\text{kWh}}$. Täten saadaan selvitettyä, mitä investoinneille käy sähkönhinnan muuttuessa. Sähkön hinnan muutoksia on analysoitu ainoastaan ilman investointitukea investoitavilla laitoksilla.

4.1 Investointituki

Yritysten ja kuntien on mahdollista saada energiatukea sellaisiin ilmasto- ja ympäristömyönteisiin investointihankkeeseen, jotka edistävät uusiutuvan energian tuotantoa tai käyttöä (energiatuki). Aurinkopaneelien investointi lasketaan tähän kategoriaan, mutta tuen ulkopuolelle on jätetty ainakin maatalousyritykset, asunto-osakeyhtiöt ja asuin-kiinteistöt (Gronlund sähköpostiviesti 29.10.2015). Tuen määrä olisi 30 % investoinnin hinnasta. Laskelmat on esitetty ilman tukea ja tuen kanssa. Todellisuudessa tukea ei ole mahdollista saada tähän investointiin.

4.2 Saadut tulokset

Investointilaskelmien tulokset ilman investointitukea on esitetty taulukossa 4.2.

Taulukko 4.2 Investointilaskelmat eri asennuskonfiguraatioille ilman investointitukea.

Asennustapa	Lounas 20°	Kaakko 25°	Lounas 20°	Kaakko 25°	Jaettu
Koko [kW]	12,00	12,00	16,50	16,50	16,50
Laitteiston hinta [€]	15600,00	15600,00	21450,00	21450,00	21450,00
Tuotto [€]	1177,71	1290,03	1594,03	1727,86	1664,65
Myyty sähkö [€]	0,19	0,39	15,58	30,82	16,46
Ostettava energia [€]	8058,77	7948,68	7657,84	7541,28	7588,10
Koroton takaisinmaksuaika [v]	15,59	14,24	15,84	14,61	15,17
Tuotetun sähkön hinta korotta [snt/kWh]	5,55	5,11	5,55	5,12	5,35
Korollinen takaisinmaksuaika [v]	19,97	17,70	20,40	18,32	19,24
Nykyarvo 30 v päästä [€]	6538,42	8785,86	8448,90	11126,86	9862,03
Sisäinen korko [%]	4,97	5,90	4,80	5,62	5,23
Tuotetun sähkön hinta korolla [snt/kWh]	7,25	6,68	7,25	6,68	6,98
Ostetun sähkön hinta [snt/kWh]	9,20	9,18	9,17	9,15	9,16

Taulukosta huomataan, että investoinnit ovat kauttaaltaan kannattavia. Korottomat takaisinmaksuajat ovat noin 14 – 16 vuotta ja korolliset noin 18 – 20 vuotta, joten investoinnit maksavat itsensä takaisin ennen taloudellisen käyttönsä päättymistä. Investoinnin sisäinen korko on noin 5 – 6 % riippuen asennustavasta. Huomattavaa on kuitenkin että korko on suurempi kuin investointiin käytettävän lainankorko, joten investointi on kannattava. Tuotetun sähkön hinta on myös jokaisella laitoksella pienempi kuin ostetun sähkön hinta. Sisäisen koron, maksuajan ja tuotetun sähkön hinnan perusteella paras investointi olisi 12 kW laitos kaakkoon. Investoinnin nykyarvon perusteella paras investointi, jonka voisi fyysisesti tehdä olisi 16,5 kW jaettu laitos, suurempi laitos olisi myös mahdollisen sähkön hinnan nousun perusteella parempi. Ostetun ja myydyin sähkön hintojen erotukset laitosten kesken johtuvat sähkön pörssihinnan vaihteluista vuorokauden aikana, sillä laitoksilla tuotantohiippu ajoittuu eri ajankohdille. Investointilaskelmien tulokset investointituen kanssa on esitetty taulukossa 4.3.

Taulukko 4.3 Investointilaskelmat eri asennuskonfiguraatioille investointituen kanssa.

Asennustapa	Lounas 20°	Kaakko 25°	Lounas 20°	Kaakko 25°	Jaettu
Koko [kW]	12,00	12,00	16,50	16,50	16,50
Laitteiston hinta tuen kanssa [€]	10920,00	10920,00	15015,00	15015,00	15015,00
Tuotto [€]	1177,71	1290,03	1594,03	1727,86	1664,65
Myyty sähkö [€]	0,19	0,39	15,58	30,82	16,46
Ostettava energia [€]	8058,77	7948,68	7657,84	7541,28	7588,10
Koroton takaisinmaksuaika [v]	11,62	10,61	11,80	10,89	11,30
Tuotetun sähkön hinta korotta [snt/kWh]	4,14	3,81	4,14	3,81	3,98
Korollinen takaisinmaksuaika [v]	13,47	12,07	13,73	12,45	13,03
Nykyarvo 30 v päästä [€]	11126,65	13374,09	14757,72	17435,69	16170,85
Sisäinen korko [%]	8,72	9,92	8,51	9,56	9,07
Tuotetun sähkön hinta korolla [snt/kWh]	5,40	4,98	5,41	4,98	5,20
Ostetun sähkön hinta [snt/kWh]	9,20	9,18	9,17	9,15	9,16

Investointituki lyhentää takaisinmaksuaikoja ja alentaa tuotetun sähkön yksikköhintaa. Myös sisäiset korot suurenevat, joten investointien kannattavuus paranee, mikä on selitettävissä investoinnin hinnan pienentymisellä. Investointilaskelmat sähkön hinnan noustessa $1 \frac{\text{snt}}{\text{kWh}}$ vuodessa on esitetty taulukossa 4.4.

Taulukko 4.4 Investointilaskelmat eri asennuskonfiguraatioille sähköenergian hinnan noustessa 1snt/kWh.

Asennustapa	Lounas 20°	Kaakko 25°	Lounas 20°	Kaakko 25°	Jaettu
Koko [kW]	12,00	12,00	16,50	16,50	16,50
Laitteiston hinta [€]	15600,00	15600,00	21450,00	21450,00	21450,00
Tuotto [€]	1328,46	1453,63	1800,29	1951,00	1878,97
Myyty sähkö [€]	0,25	0,50	19,88	38,49	20,67
Ostettava energia [€]	9145,21	9022,59	8693,00	8563,21	8615,11
Koroton takaisinmaksuaika [v]	13,82	12,63	14,03	12,94	13,44
Tuotetun sähkön hinta korotta [snt/kWh]	5,55	5,11	5,55	5,12	5,35
Korollinen takaisinmaksuaika [v]	17,04	15,20	17,36	15,66	16,43
Nykyarvo 30 v päästä [€]	9554,92	12059,60	12576,34	15592,10	14150,81
Sisäinen korko [%]	6,21	7,20	6,04	6,92	6,50
Tuotetun sähkön hinta korolla [snt/kWh]	7,25	6,68	7,25	6,68	6,98
Ostetun sähkön hinta [snt/kWh]	10,44	10,42	10,41	10,39	10,40

Taulukosta huomataan, että sähköenergian hinnan noustessa investointi muuttuu kannattavammaksi. Korolliset takaisinmaksuajat ovat noin 15 – 17 vuotta ja investointien nykyarvot 30 v päästä ovat noin investoinnin suuruisia. Tuotetun sähkön hinta on huomattavasti pienempi kuin ostetun sähkön hinta. Tällä hinnalla sähkön verkkoon myymisestä ei koidu paljoakaan tappioita, sillä sähköenergian hinta on niin korkea. Investointilaskelmat sähkönhinnan laskiessa $1 \frac{\text{snt}}{\text{kWh}}$ vuodessa on esitetty taulukossa 4.5.

Taulukko 4.5 Investointilaskelmat eri asennuskonfiguraatioille sähköenergian hinnan laskiessa 1snt/kWh.

Asennustapa	Lounas 20°	Kaakko 25°	Lounas 20°	Kaakko 25°	Jaettu
Koko [kW]	12,00	12,00	16,50	16,50	16,50
Laitteiston hinta [€]	15600,00	15600,00	21450,00	21450,00	21450,00
Tuotto [€]	1026,97	1126,42	1387,76	1504,71	1450,32
Myyty sähkö [€]	0,13	0,29	11,28	23,14	12,25
Ostettava energia [€]	6972,33	6874,77	6622,68	6519,34	6561,09
Koroton takaisinmaksuaika [v]	17,88	16,30	18,19	16,78	17,41
Tuotetun sähkön hinta korotta [snt/kWh]	5,55	5,11	5,55	5,12	5,35
Korollinen takaisinmaksuaika [v]	24,17	21,22	24,78	22,08	23,26
Nykyarvo 30 v päästä [€]	3521,92	5512,12	4321,45	6661,63	5573,24
Sisäinen korko [%]	3,66	4,53	3,49	4,24	3,89
Tuotetun sähkön hinta korolla [snt/kWh]	7,25	6,68	7,25	6,68	6,98
Ostetun sähkön hinta [snt/kWh]	7,96	7,94	7,93	7,91	7,92

Taulukosta huomataan, että kyseisillä sähkön hinnoilla investoinnit eivät enää ole kovinkaan kannattavia, sillä korolliset takaisinmaksuajat ovat noin 21- 25 vuotta, tämän ajan jälkeen laitteistolla ei ole enää paljoakaan käyttöikää jäljellä, joten voitot jäävät pieniksi. Ostetun- ja tuotetun sähkön hinnalla ei ole suurta eroa, joten suuria säästöjä ei voida saavuttaa. Investointi ei siis olisi kannattava kyseisillä sähkön hinnoilla.

5. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Työssä tutkittiin aurinkovoimalaitoksen mitoittamista suunnitteilla olevaan kiinteistöön. Nykyisillä sähköenergian hinnoilla investointi on kannattava, mutta sähköenergian hinnan laskiessa $1\frac{\text{snt}}{\text{kWh}}$ investointi ei ole enää kannattava. Näin suurta sähköenergian hinnan pienenemistä en pidä todennäköisenä, sillä tällöin sähköenergia maksaisi keskimäärin vain $26\frac{\text{€}}{\text{MWh}}$. Sähkön hinnan nousu $1\frac{\text{snt}}{\text{kWh}}$ puolestaan lyhentää takaisinmaksuaikaa noin 3 vuotta. Täytyy huomata, että siirron kallistuminen vaikuttaa myös takaisinmaksuajan lyhentymiseen.

Laskelmista huomattiin, että kohteessa paneelit on kannattavinta sijoittaa kaakon suuntaan, johtuen paremmasta kulmasta etelän suhteen. Työssä myös havainnollistettiin, että suurempi aurinkopaneelimäärä on järkevää jakaa kahden ilmansuunnan kesken, mikäli tuotanto on kulutusta suurempaa. Tuloksista huomattiin, että aurinkosähkö on kilpailukykyistä verkosta ostettuun sähköön verrattuna ja investointi on kannattava. Aurinkopaneelilla saadaan myös vaikutettua positiivisesti rakennuksen E-lukuun ja täten jossain muussa E-lukuun vaikuttavassa asiassa voidaan mahdollisesti säästää. Aurinkopaneelit eivät kuitenkaan pienennä rakennuksen mitoittavaa sähkötehoa, sillä tuotanto ei ajoitu kulutuksen kanssa yhteen.

Maalämpöpumpussa olisi hyvä olla SMART-GRID ominaisuus, sillä tällöin tuotetusta sähköstä suurempi osa menisi omaan käyttöön. Rakennuksen valmistuttua on mahdollista selvittää onko mitoitus mennyt kohdalleen, sillä rakennuksen kiinteistökeskuksen sähköenergia mitataan.

LÄHTEET

ABB, ABB Aurinkosähköjärjestelmien (PV) pienjännitetuotteet – kytkentä [WWW-sivu]. [viitattu 13.1.2016]. Saatavissa

<http://www.abb.fi/industries/ap/db0003db002813/d8ee66bd1ca5e251c12579b4003e9a7c.aspx>

Alpha-innotec, Alpha-innotec maalämpöpumput [verkkodokumentti]. [viitattu 5.11.2015]. Saatavissa

<http://protalotekniikka.fi/talotekniikka-tuotteet/alpha-innotec-maalampopumput/>

Ara, Lainaehdot vuokra- ja asumisoikeustaloille [verkkodokumentti]. [viitattu 5.11.2015]. Saatavissa

http://www.ara.fi/fi-fi/rahoitus/Uudistuotannon_lainoitus/Korkotuki-laina_vuokra_ja_asumisoikeustaloille/Lainaehdot

Caruna, Caruna oy verkkopalveluhinnasto 1.1.2015 [verkkodokumentti]. [viitattu 18.9.2015]. Saatavissa

https://caruna-cms-prod.s3-eu-west-1.amazonaws.com/web_650304_caruna_fss_verkkopalveluhinnasto_6s_2015_fi6.pdf?qbRakVIL_ielbf6mjE-JEuAVDMarkw8pp

Energiatuki, Energiatuki [verkkodokumentti]. [viitattu 3.11.2015] Saatavissa

<https://www.tem.fi/energia/energiatuki>

E-luku 2013, energiatodistuksen kokonaisenergiankulutukset (E-luvun) määrittäminen [verkkodokumentti]. [viitattu 20.10.2015]. Saatavissa

<https://www.finlex.fi/data/sdliite/liite/6186.pdf>

Fortum tarkka, Fortum tarkka sähkö sopimus sivu [verkkodokumentti]. [viitattu 18.9.2015]. Saatavissa

<https://www.fortum.com/countries/fi/kampanjat/sahko/tarjous/tarkka-tarjous/pages/default.aspx?ad=etusivu>

Gronlund 29.10.2015, Pekka Gronlund TEM sähköpostiviesti 29.10.2015.

J Lasonen s.27 Juho Lasonen 2014, Aurinkovoimalan kannattavuusanalyysi kandidaatintyö Lappeenrannan teknillinen yliopisto. [Saatavissa]

http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/96796/kandi_versio_2.pdf?sequence=2

Photovoltaikshop, München Solar data-lehti [verkkodokumentti]. [viitattu 19.11.2015]. Saatavissa

http://www.photovoltaik-shop.com/downloads/dl/file/id/397/muenchen_solar_230_250p_156_60_ue_mspxxxas_30_de_pdf.pdf

S Viljakainen 2015, Kerrostalon kiinteistösähkönkulutuksen kompensointi aurinkosähköjärjestelmällä, kandidaatintyö, Lappeenrannan teknillinen yliopisto. [Saatavissa]

<http://www.doria.fi/handle/10024/103715>

SFS 6000-7-712 ,2013, Suomen standadisoimisliitto SFS pienjänniteasennukset, osa 7-712 erikoistilojen ja –asennusten vaatimukset. Valosähköiset tehonsyöttöjärjestelmät.

Sma ESS, Sma Electronic Solar Switch, [verkkodokumentti] [viitattu 13.1.2016]. Saatavissa

http://www.criticalpowersupplies.co.uk/filedata/0000/0168/SMA_Electronic_Solar_Switch_TECHES-13-AE3106.pdf

Sma tripower, Sma tripower data-lehti, [verkkodokumentti] [viitattu 19.11.2015]. Saatavissa

<http://files.sma.de/dl/8552/STP17000TL-DEN1514-V10web.pdf>

Suomen pankki asuntolainat, Suomen pankki, kuukausitiedote 30.10.2015, Asuntolainojen takaisinmaksuajat pidentyneet ja marginaalit kaventuneet, [verkkodokumentti]. [viitattu 19.11.2015] Saatavissa

http://www.suomenpankki.fi/fi/tilastot/tase_ja_korko/Pages/index_30_10_2015.aspx

Suomen pankki korot, Suomenpankki korot, [verkkodokumentti]. [viitattu 19.11.2015] Saatavissa

<http://www.suomenpankki.fi/fi/tilastot/korot/Pages/default.aspx>

Sähkömarkkinalaki, Sähkömarkkinalaki 588/2013. [viitattu 4.11.2015] Saatavissa

<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130588#Pidp4274560>

Tukes, Kylpyhuoneen sähköasennukset, [verkkodokumentti]. [viitattu 19.11.2015] Saatavissa

<http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Sahko-ja-hissit/Sahkolaitteistot/kylpyhuoneen-sahkoasennukset/>

University of Oregon, Sun path chart program, [verkkodokumentti]. [viitattu 4.11.2015] Saatavissa

<http://solardat.uoregon.edu/SunChartProgram.html>

Yle, myös autokatoksesi voi tuottaa sähköä, [viitattu 20.1.2016] Saatavissa

http://yle.fi/uutiset/myos_autokatoksesi_voi_tuottaa_sahkoa/6991736

LIITTEET

Liite 1

Ü Serie

Multikristallin MSPxxxAS-30

ELECTRICAL PERFORMANCE

Electrical parameters at Standard Test Conditions (STC)

Module Type	MSPxxxAS-30 (xxx=P _{max})						
Power output	P _{max}		230	235	240	245	250
Power output tolerances	ΔP _{max}	%	0 / +3				
Module efficiency	η _m	%	14.17	14.47	14.78	15.09	15.40
Voltage at P _{max}	V _{mpp}	V	30.36	30.60	30.72	30.85	31.02
Current at P _{max}	I _{mpp}	A	7.58	7.68	7.81	7.94	8.06
Open circuit voltage	V _{oc}	V	36.42	36.54	36.60	36.91	36.99
Short circuit current	I _{sc}	A	8.11	8.22	8.36	8.50	8.62

STC: 1000W/m² irradiance, 25°C cell temperature, AM1.5g spectrum according to EN 60904-3.
Average relative efficiency reduction of 5% at 200W/m² according to EN 60904-1.

THERMAL CHARACTERISTICS

Nominal operating cell temperature	NOCT	°C	47 +/-2
Temperature coefficient of P _{max}	γ	% / °C	-0.45
Temperature coefficient of V _{oc}	βV _{oc}	% / °C	-0.33
Temperature coefficient of I _{sc}	αI _{sc}	% / °C	+0.04
Temperature coefficient of V _{mpp}	βV _{mpp}	% / °C	-0.35

NOCT: open-circuit module operation temperature at 800W/m² irradiance, 20°C ambient temperature, 1m/s wind speed.

OPERATING CONDITIONS

Max. System Voltage	1000VDC
Max. series fuse rating	15A
Limiting reverse current	15A
Operating temperature range	-40°C to 85°C
Max. static load, front (e.g., snow and wind)	5400Pa
Max. static load, back (e.g., wind)	2400Pa
Max. hailstone impact (diameter / velocity)	25mm / 23m/s

MECHANICAL CHARACTERISTICS

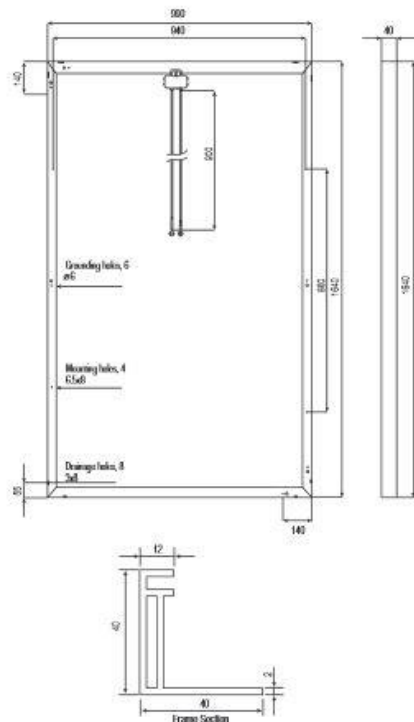
Front Cover (material / thickness)	low-iron tempered glass / 3.2mm
Cell (quantity / material / dimensions)	60 / multicrystalline silicon / 6" x 6"
Encapsulant (material)	EVA
Frame material	anodized aluminum alloy
Junction box (protection degree)	≥ IP65 with bypass-diode
Cable (length / cross sectional area)	900mm / 4mm ²
Plug connector (type / protection degree)	MC4 / IP67
Fire Safety Classification (IEC 61730)	Class C

Specifications are subject to change without notice.

GENERAL CHARACTERISTIC

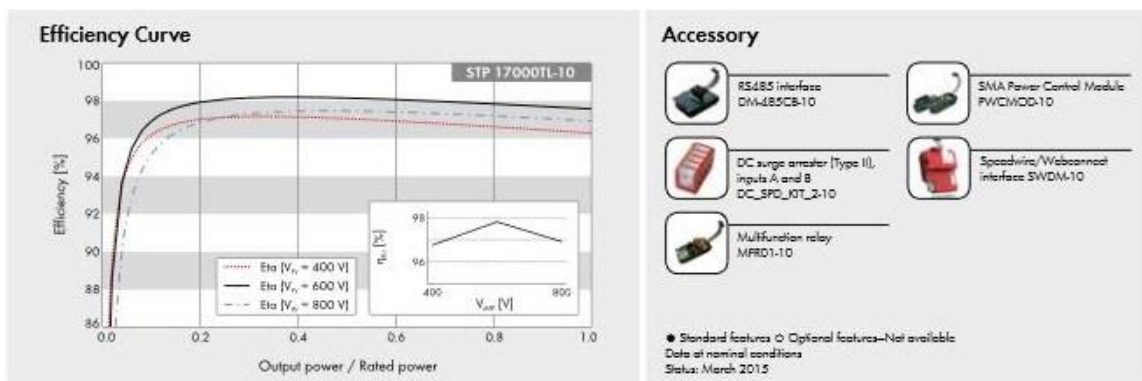
Dimensions	1640mm / 990mm / 40mm
Weight	18.6kg

Unit: mm



(photovoltaikshop)

Liite 2



Accessory

- RS485 interface DM485CB-10
- SMA Power Control Module PWC/MOD-10
- DC surge arrester (Type II), inputs A and B DC_SPD_KIT_2-10
- Speedwire/Webconnect interface SWDM-10
- Multifunction relay MFRD1-10

● Standard feature ○ Optional feature—Not available
Data at nominal conditions
Status: March 2015

Technical Data	Sunny Tripower 15000TL	Sunny Tripower 17000TL
Input (DC)		
Max. DC power (@ $\cos \varphi = 1$) / DC rated power	15,340 W / 15,340 W	17,410 W / 17,410 W
Max. input voltage	1,000 V	1,000 V
MPP Voltage range / rated input voltage	360 V to 800 V/600 V	400 V to 800 V/600 V
Min. input voltage / initial input voltage	150 V / 188 V	
Max. input current input A / input B	33 A / 11 A	
Max. input current per string input A1 / input B1	40 A / 12.5 A	
Max. DC short-circuit current input A / input B	50 A / 17 A	
Number of independent MPP inputs/strings per MPP input	2 / A:5; B:1	
Output (AC)		
Rated power [at 230 V, 50 Hz]	15,000 W	17,000 W
Max. AC apparent power	15,000 VA	17,000 VA
Nominal AC voltage	3 / N / PE: 220 / 380 V 3 / N / PE: 230 / 400 V 3 / N / PE: 240 / 415 V	160 V - 280 V
AC voltage range	50 Hz / 44 Hz ... 55 Hz 60 Hz / 54 Hz ... 65 Hz	50 Hz / 230 V
AC power frequency / range	50 Hz / 230 V	
Rated power frequency/rated grid voltage	24 A / 24 A	24.6 A / 24.6 A
Max. output current / Rated output current	1 / 0 lagging to 0 leading	
Power factor at rated power / Adjustable displacement power factor	$\leq 3\%$	$\leq 2,6\%$
THD	3 / 3	3 / 3
Feed-in phases/connection phases		
Efficiency		
Max. efficiency / European efficiency	98.2% / 97.8%	98.2% / 97.8%
Protective devices		
Input-side disconnection point	●	
Ground fault monitoring / grid monitoring	● / ●	
DC surge arrester SPD type III / SPD type II	● / ○	
DC reverse polarity protection / AC short-circuit current capability / galvanically isolated	● / ● / -	
All-pole sensitive residual-current monitoring unit / Electronic string current monitoring	● / ●	
Protection class (as per IEC 62109-1) / overvoltage category (as per IEC 62109-1)	I / AC: III; DC: II	
General Data		
Dimensions (W / H / D)	665 / 690 / 265 mm (26.2 / 27.2 / 10.4 inches)	
Weight	59 kg (130.07 lb)	
Operating temperature range	-25 °C to +60 °C (-13 °F to +140 °F)	
Noise emission, typical	51 dB(A)	
Self-consumption (at night)	1 W	
Topology / cooling concept	Transformerless / OptiCool	
Degree of protection (as per IEC 60529)	IP65	
Climatic category (according to IEC 60721-3-4)	4K4H	
Max. permissible value for relative humidity (non-condensing)	100%	
Features / function		
DC connection / AC connection	SUNCLIX / spring-cage terminal	SUNCLIX / spring-cage terminal
Display	Graphic	Graphic
Interface: RS485, Bluetooth®, Speedwire / Webconnect		○ / ● / ○
Data interface: SMA Modbus / SunSpec Modbus		○ / ○
Multifunction relay / Power Control Module		○ / ○
OptiTrack Global Peak/Integrated Plant Control/Q on Demand 24/7		● / ● / ●
Off-Grid capable/SMA Fuel Save Controller compatible		● / ●
Warranty: 5/10/15/20/25 years		● / ○ / ○ / ○ / ○
Certificates and approvals (others available upon request)		
Type designation	STP 15000TL-10	STP 17000TL-10