



Joonas Lahtinen

# Aurinkosähköjärjestelmän selvitys taloyhtiöön

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

01.12.2023

# Tiivistelmä

Tekijä: Joonas Lahtinen  
Otsikko: Aurinkosähköjärjestelmän selvitys taloyhtiöön  
Sivumäärä: 30 sivua + 3 liitettä  
Aika: 01.12.2023

Tutkinto: Insinööri (AMK)  
Tutkinto-ohjelma: Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Ammatillinen pääaine: Sähkövoimatekniikka  
Ohjaajat: Lehtori Vesa Sippola

---

Insinöörityössä perehdyttiin Asunto Oy Kotikalevan mahdollisuuteen hankkia kiinteistön katolle aurinkopaneelijärjestelmä. Taloyhtiö on 1976–1977 valmistunut kerrostaloyhtiö. Yhtiössä on kolme erillistä rakennusta, ja tässä työssä kohteeksi otettiin taloyhtiön korkein rakennus, jossa on kuusi kerrosta.

Työssä selvitettiin aurinkoenergian perusteita ja esimerkki valinnoilla hahmotettiin mahdollista tulevaa järjestelmää. Tavoitteena oli perehtyä aurinkoenergiajärjestelmän vaatimiin asioihin taloyhtiössä, kuten taloyhtiön sähköjärjestelmän kartoittaminen ja johtoreittien selvitys. Järjestelmän kannattavuutta arvioitiin Finsolar-hankkeen laskurilla.

Tuloksista voidaan päätellä taloyhtiön voivan tulevaisuudessa hyötyä aurinkoenergiasta merkittävästi. Rakennuksen alkuperäinen kattorakenne täytyisi tutkia ja selvittää sen uusimisen tarve. Näin ollen päästäisiin rakentamaan aurinkoenergiajärjestelmä nykyaikaiselle pohjalle ilman vanhan kattorakenteen rajoituksia. Rakennusten kattopinta-ala tarjoaisi laajan aurinkopaneelikentän rakentamismahdollisuuden ilman puiden tai muiden rakennusten varjostuksia. Saatuja tuloksia voidaan käyttää apuna esiteltäessä hanketta taloyhtiön yhtiökokouksessa.

Avainsanat: aurinkoenergia, aurinkopaneeli, taloyhtiö, invertteri

---

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

## Abstract

Author: Joonas Lahtinen  
Title: Report on Solar Power System Acquisition for the Condominium Kotikaleva  
Number of Pages: 30 pages + 3 appendices  
Date: 01 December 2023

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Electrical and automation engineering  
Professional Major: Electrical power engineering  
Supervisors: Vesa Sippola, Senior Lecturer

---

This engineering thesis study concerns acquisition of a solar panel system on the property's roof for the condominium Kotikaleva. The property was built in 1976-1977 and consists of three separate buildings. In this study, the focus was on the tallest building within the property, which is six stories high.

The work involved investigating the basic principles of solar energy and example choices for a potential future system. The goal was to learn about the matters required by the solar energy system in the condominium. Report includes mapping the condominium's electrical system and requirements of wiring routes. The profitability of the system was evaluated with the Finsolar project calculator.

The results suggest that the condominium could benefit significantly from solar energy in the future. The building's original roof structure would have to be examined and it needs to be renewed if necessary. The renewed roof would allow to build a solar energy system on a modern basis without the limitations of the old roof structure. Because of the height of the building, planning does not need to concern about shading tress or other buildings. The obtained results can be used as support when presenting the project at the condominium's general meeting.

Keywords: solar energy, solar panel, construction company, inverter

# Sisällys

1	Johdanto	1
2	Aurinkoenergia	1
3	Aurinkosähköjärjestelmät	5
3.1	Aurinkopaneeleiden puolijohteet	5
3.2	Aurinkokennotyypit	6
3.3	Invertterit	8
3.4	Järjestelmätyypit	9
3.5	Taloyhtiöiden aurinkosähköjärjestelmät	10
4	Aurinkosähköjärjestelmä taloyhtiössä	13
4.1	Rakennusmääräykset	14
4.2	Aurinkosähköjärjestelmien paloturvallisuus taloyhtiössä	15
4.3	Järjestelmän mitoitus	17
4.4	Paneeleiden ja invertterin valinta	18
4.5	Järjestelmän kaapelointi	21
4.6	Vaihtosuuntaaja	24
4.7	Aurinkopaneelijärjestelmän kytkeminen ja erottaminen	26
4.8	Järjestelmän kannattavuus	27
5	Yhteenveto	28
	Lähteet	30
	Liitteet	
	Liite 1: Taloyhtiön liittymän tehotietoraportti	
	Liite 2: Prysmian Group -aurinkokaapeli	
	Liite 3: 27 kWp -järjestelmän takaisinmaksuaika	

## 1 Johdanto

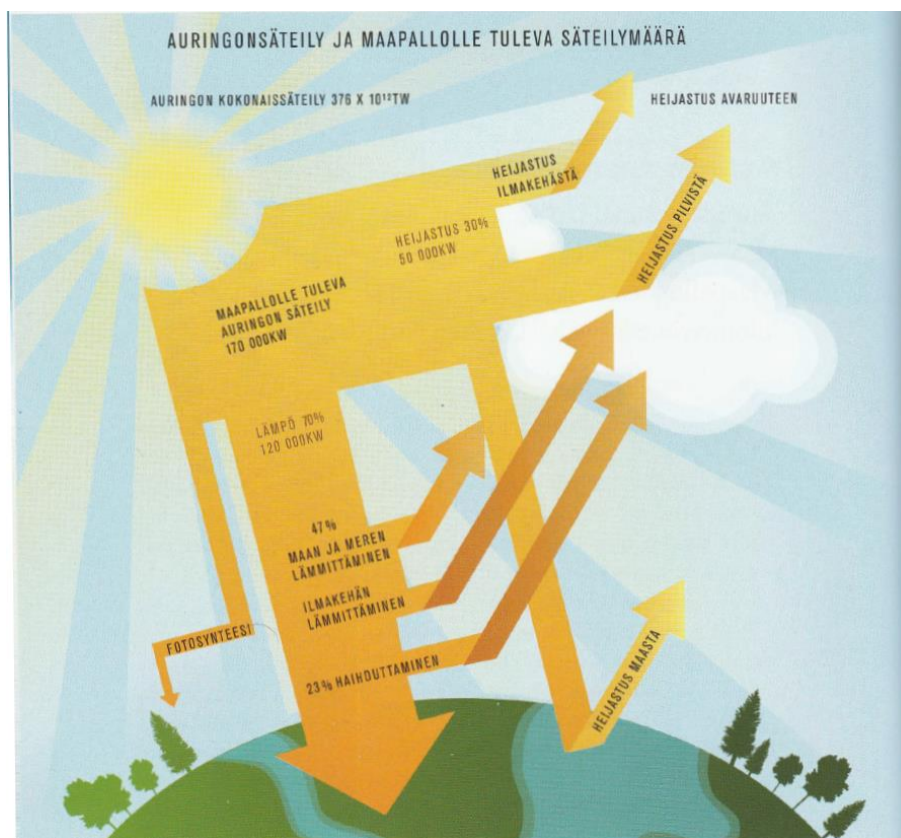
Nykyisin sähkömarkkinoiden epävarman tilanteen vuoksi monessa taloudessa on aloitettu miettimään keinoja sähkön kulutuksen ja hinnan alentamiseen. Sähkön hinnan vaihtelut puhuttavat ihmisiä ja aiheuttavat huolta. Aurinkoenergialla tuotetulla sähköllä voidaan merkittävästi vähentää riippuvuutta markkinoiden heilunnasta ja tuoda ympäristöystävällisesti tuotettua energiaa kotitalouksille. Sähkömarkkinaudistuksen tuomat muutokset ovat tuoneet aurinkopaneeleilla tuotetun energian paremmin soveltuvaksi taloyhtiöihin ja tehneet siitä kannattavaa. Aurinkopaneelien tekninen kehitys ja niiden kilpailukykyinen hinta ovat tehneet niistä kiinnostavia investointeja taloyhtiön kannalta. Energiayhteisöt ja taloyhtiöiden mahdollisuus hankkia isompiakin aurinkoenergiajärjestelmiä mahdollistavat järjestelmän takaisinmaksuajan kohtuullisuuden.

Tässä insinööriyössä käsitellään aurinkoenergiajärjestelmän hankkimista As. oy Kotikalevaan. Taloyhtiö sijaitsee Keravalla ja käsittää kolme erillistä asuinrakennusta. Taloyhtiön rakennusten katolla on paljon käytettävää tilaa aurinkoenergiajärjestelmälle. Työssä käydään läpi aurinkoenergian perusteita ja teknisiä kysymyksiä. Malliesimerkkien avulla voidaan saada laaja kuva järjestelmän hankkimisesta ja sen tuomista näkökulmista kerrostaloyhtiön kannalta.

## 2 Aurinkoenergia

Auringon tuottaman energian varassa on kehittynyt maapallon kaikki elämä. Ilman aurinkoa elämä maapallolla ei olisi mahdollista. Maa kiertää Aurinkoa noin 150 miljoonan kilometrin etäisyydellä. Aurinko säteilee energiaa, joka syntyy fuusioreaktiosta. Fuusioreaktiossa tapahtuu kahden vetyatomin yhdistyminen heliumatomiksi. Reaktiossa yhden heliumkilon vapauttaminen synnyttää 180 miljoonaa kW eli 180 000 MW tehoa. Reaktio tarvitsee toimiakseen noin 10 miljoonan asteen lämpötilan. [1, s. 11.]

Fuusioreaktion aiheuttamasta massamuutoksesta vapautuu energiaa  $3,8 \times 10^{23}$  kW:n kokonaisteho. Kaikki teho ei kuitenkaan tule kohti maapalloa, vaan tänne saapuu  $1,7 \times 10^{14}$  kilowatin teho. Mikäli ihmiskunta käyttäisi tämän kaiken tehon hyödykseen, riittäisi se 10 000 kertaa vuoden 2008 kulutustietojen perusteella. Tarkastellessa maapallon ilmakehän ulkopuolella Auringon kohtisuoraa säteilyä neliömetrin kokoiselle pinnalle on säteilyteho 1,35–1,39 kilowattia, ja tätä arvoa kutsutaan aurinkovakioksi. Maapallon kiertäessä Aurinkoa keskinäinen etäisyys vaihtelee  $\pm 3,5$  prosenttia. Kuvassa 1 auringonsäteiden matkattua ilmakehän halki kohti maanpintaa saadaan maan pinnalle parhaimmillaan noin yhden kilowatin teho neliometriä kohti. [1, s. 13.]

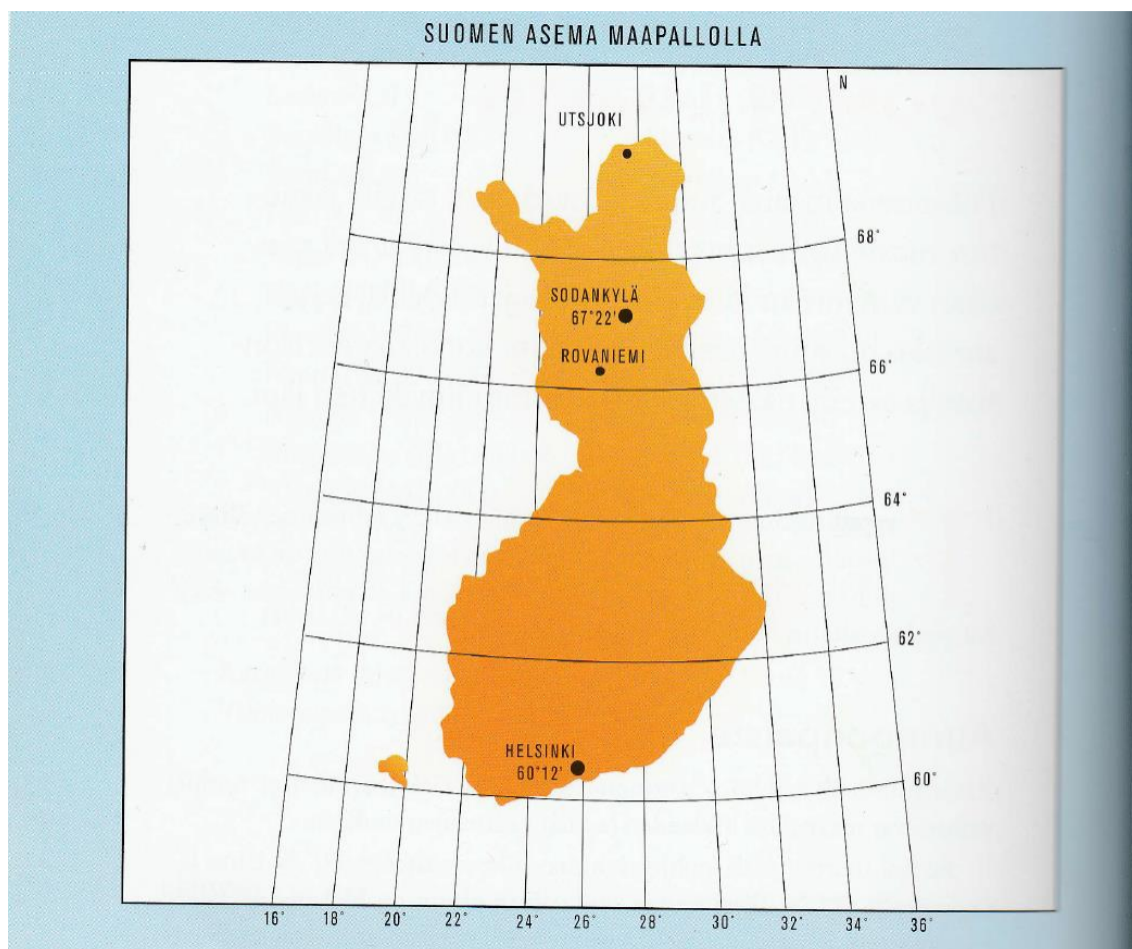


Kuva 1. Auringonsäteily ja maapallolle tuleva säteily määrä [1, s. 12].

Maapallon eri osissa säteilyenergiaa kertyy erilaisia määriä. Keskellä maapalloa päiväntasaajalla Aurinko paistaa kohtisuorasti ja näin ollen siellä aurinkoenergiaa kertyy eniten maapallolla. Napoja lähentyessä Auringon kulma suhteessa maahan loivenee ja energian kertymä vähenee. Myös säteen joutuessa

kulkemaan pidemmän matkan ilmakehässä lähempänä napoja energiaa häviää matkalla. Mikäli Auringon esteenä on pilviä ja sateita, vaikuttavat ne suuresti energian kertymään. Paras paikka aurinkoenergian keräämiseen on hieman päiväntasaajan molemmilla puolilla, koska keskellä päiväntasaajaa on paljon sateita ja ne heikentävät aurinkoenergian kertymistä. Euroopassa parhaimpia paikkoja kerätä energiaa on Espanjassa, Italiassa ja Kreikassa. Etelä-Suomen energiakertymä on hyvin samanlainen kuin Pohjois-Saksassa, koska ilmasto on pilvien ja sateiden osalta otollisempi. [2, s. 18.]

Etelä-Suomessa optimiasentoon asennetusta aurinkopaneelista voidaan saada vuodessa kerättyä neliömetrille noin 1100 ja Keski-Suomessa noin 1000 kilowattituntia energiaa. Suomi sijoittuu etelä-pohjoissuunnassa leveysasteelta 60°N lähes leveysasteelle 70°N, kuten kuvasta 2 nähdään. Helsingissä talvipäivänseisauksen aikaan aurinko paistaa seitsemän asteen kulmassa vain kuusi tuntia päivässä. Napapiirillä Rovaniemen yläpuolella ei keskitalvella aurinko nouse horisontin yläpuolelle lainkaan. [1, s. 14, 23.]



Kuva 2. Suomen asema maapallolla [1, s. 24].

Auringonsäteily ja siihen vaikuttava sää on suuressa osassa Auringosta kertyvää tehoa. Ilmakehän ulkorajalla saadaan teholumerkiksi 1353 wattia neliömetrille, joka on aurinkovakio. Kirkkaana päivänä voidaan maahan saada 70 prosenttia suoraa säteilyä ja hajasäteily voi nostaa arvon jopa 80 prosenttiin. Pilvillä on suuri vaikutus säteilyn vähentymiseen. Yläpilvet vähentävät suoraa säteilyä paljon, keskipilvet päästävät auringon säteilyä jonkin verran lävitseen ja alapilvet estävät käytännössä auringon säteilyn kokonaan. Kesäisin syntyy konvektiopilviä ja niitä syntyy maan sisäosissa keskipäivän aikoihin. Tästä syystä auringon säteilyä kertyy enemmän aamupäivällä ja itäinen seinusta kerää enemmän säteilyä. [1, s. 27–28.]

### 3 Aurinkosähköjärjestelmät

#### 3.1 Aurinkopaneeleiden puolijohteet

Aurinkopaneelin kyky tuottaa sähköä perustuu auringon tuottamaan säteilyyn, valosähköiseen ilmiöön ja aurinkokennossa käytettäviin puolijohdemateriaaleihin. Puolijohdemateriaali pii (Si) on aurinkopaneeleiden yleisemmin käytetty materiaali. Puolijohdeella tarkoitetaan ainetta, joka sijoittuu johteen ja eristeen väliin. Puolijohde johtaa eristettä paremmin sähköä mutta ei niin hyvin kuin johde. Puolijohteita seostetaan niiden ominaisuuksien parantamiseksi. Lisäämällä puolijohteeseen fosforia syntyy aineeseen ylimääräisiä varauksenkuljettajia ja näin aineen johtavuus paranee. Tällaisessa tapauksessa ainetta kutsutaan N-aineeksi sen negatiivisen varauksen vuoksi. Sekoitettaessa puolijohteeseen alumiinia aineeseen syntyy aukkoja, jotka ovat positiivisia varauksia. Positiivisen aineen varautunutta ainetta kutsutaan P-aineeksi. [3, s. 9–10.]

Asetettaessa nämä kaksi ainetta vierekkäin syntyy P-N-liitos. Elektroni pystyy kulkemaan näiden aineiden välillä, ja kohdatessaan aukon elektronit voivat yhdistyä. Myös aukot voivat kulkea aineesta toiseen ja yhdistyä varauksenkuljettajien kanssa. P-aineen puolelle muodostuu negatiivinen ja N-aineen puolelle taas positiivinen varaus. Liitoksien väliin jäävää aluetta kutsutaan tyhjennysalueeksi, jossa ei varauksenkuljettajia enää esiinny. [3, s. 10–11.]

Auringon säteessä saapuva fotoni saa puolijohde- ja elektrodin liikkeelle ja näin syntyy elektrodiaukkopari. Elektrodi pyrkii kohti positiivista ja aukko kohti negatiivista ainetta sisäisen sähkökentän takia. Sisäinen sähkökenttä vastustaa elektrodin ja aukon yhdistymistä, ja näin syntyy sähkövirta. Mikäli elektrodin viritäminen tapahtuu liian kaukana keskellä sijaitsevasta tyhjennysalueesta, pääsevät elektrodi ja aukko yhdistymään uudelleen. Säteily täytyykin saada aurinkokennossa tähän tyhjennysalueeseen, jotta saavutettaisiin paras lopputulos. Lisäämällä kennoihin kontaktipinta saadaan hyödynnettyä liikkuvat elektronit ja mahdollistettua sähkövirran kulkeminen. [3, s. 11.]

### 3.2 Aurinkokennotyypit

Yksi- ja monikiteisistä piikkennoista koostuvat aurinkopaneelit ovat yleisemmin käytettyjä aurinkopaneeleita markkinoilla. Näiden kahden lisäksi on olemassa ohutkalvoisia paneeleita, joissa käytetään yleisesti amorfista piitä, kupari-indium-gallium-selenidiä (CIGS) ja kadmiumtelluridia (CdTe). Orgaaniset materiaalit ovat tulossa myös aurinkokennoihin, ja ne yleistyvät vauhdilla. [3, s. 12.]

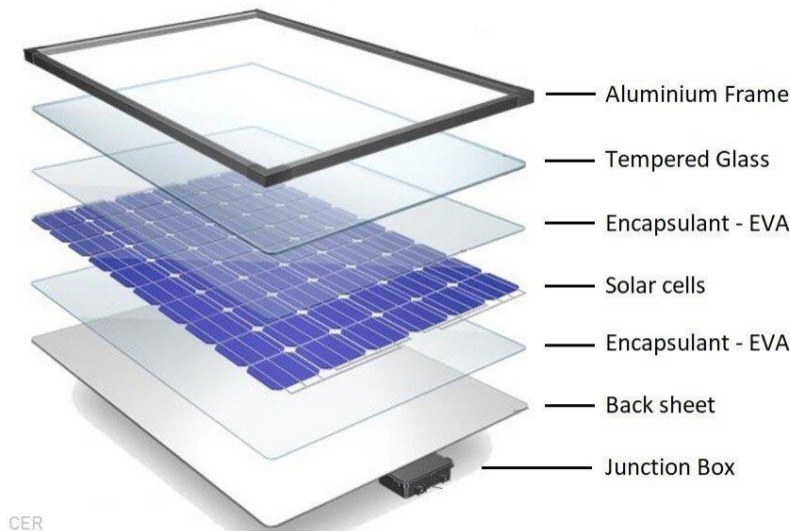
Yksikiteisellä aurinkokennolla voidaan saavuttaa jopa 31 %:n hyötysuhde. Kennojen välinen hyötypinta ja kennoon kiinnitettävät johtimet alentavat paneelin hyötysuhteen, joten todellisuudessa päästään vain 17–21 %:n hyötysuhteeseen. [2, s. 43.]

Monikiteinen aurinkokenno koostuu nimensä mukaisesti monista pienistä kiteistä. Monikiteisillä kennoilla päästään samaan jännitteeseen kuin yksikiteiselläkin eli noin 0,6 voltin jännitteeseen per kenno. Monikiteinen aurinkokenno häviää hyötysuhteessa kuitenkin yksikiteiselle, ja sillä voidaan saavuttaa 16–19 %:n hyötysuhde. Taulukosta 1 nähdään paneelien eroavaisuuksia. Hyötysuhteen eroavaisuudet yksikiteiseen kennoon johtuvat pienistä kidevirheistä, joista syntyy rekombinaatiota, ja virtaa hävitetään tästä syystä. Monikiteinen kenno ei ole yhtä arka varjostuksille kuin yksikiteinen kenno. Edullisempi hinta houkuttaa käyttämään monikiteisiä paneeleita yksikiteisten sijaan. [2, s. 44.]

Taulukko 1. Aurinkokennojen tyypit [3, s. 12].

Ominaisuudet	Kiteinen pii		Ohutkalvo			Orgaaninen
	Monikiteinen	Yksikiteinen	Amorfinen pii	CIS/CIGS	CdTe	
Hyötysuhde (%)	13–16 %	15–20 %	5–10 %	7–16 %	7–16 %	3–5 %
Lämpötilan vaikutus (STC) tehoon (% / +1 C	-0.42	-0.40	-0.1...-0.3	-0.35...-0.40	-0.25...-0.36	...
Mekaaninen kestävyys	Hauras	Hauras	Joustava	Joustava	Joustava	Joustava
Varjostus	Herkkä	Herkkä	Sietää	Sietää	Sietää	Sietää
Käyttöikä (vuotta)	Yli 30	Yli 30	Yli 30	Yli 30	Yli 30	0.5–3
Hinta	€€	€€€	€€€	€€€	€€€	€

Aurinkopaneeli koostuu sarjaan kytketyistä kennoista, jotka sijoitetaan pohjalevyille, joka yleisemmin koostuu komposiittimateriaalista. Ylimmän kerroksen suojaksi asennetaan 3–6 mm paksu lasilevy, kuten kuvassa 3. Lasi on karkaista ja kestää säälmiöitä eikä siksi vaadi erillistä huoltoa. Lasi on tarkoitettu juuri aurinkopaneelikäyttöön, eikä se heijasta auringon valoa takaisin. Kennot päällystetään tiiviiksi paketiksi etyyli-vinyyli-asettaattikalvolla, jolla saadaan suojaus UV-säteilyltä ja vedeltä. Lopuksi kokonaisuus suojataan alumiinisella kehyksellä. [2, s. 44.]



Kuva 3. Aurinkopaneelin rakenne [4].

Yksi- ja monikiteiset kennot eivät kestä taivuttamista. Markkinoilla on kuitenkin olemassa ohutkalvopaneeleita, joita voidaan taivuttaa. Amorfisesta piistä valmistettu paneeli voidaan asentaa kulmikkaisiin kohteisiin. Tällaisia paneeleita voidaan kantaa myös mukana matkaillessa. Amorfisesta piistä valmistetut paneelit omaavat huonomman hyötysuhteen kuin yksi- ja monikiteiset kennot. Sillä voidaankin saavuttaa vain 9–13 %:n hyötysuhde. Ohutkalvopaneelien käyttöikä on lyhempi, mutta ne ovat hämärässä kiteisiä paneeleita tehokkaampia. [2, s. 45.]

### 3.3 Invertterit

Aurinkosähköjärjestelmillä voidaan tuottaa ainoastaan tasasähköä. Tasasähkö voidaan invertterin avulla muuttaa vaihtosähköksi ja näin pyörittää kodin sähkölaitteita. Invertterillä saadaan vaihtosähköä katkomalla tasajännitettä, vaihtamalla sen suuntaa ja kasvattamalla sen jännitettä. Inverttereitä on modifioitua siniaaltoja ja aitoa siniaaltoja tuottavia. Edullisemmat ja mökkikäytössä paljon käytetyt invertterit tuottavat modifioitua sinijännitettä. Modifioitu siniaalto poikkeaa sähköverkon omasta sinimuotoisesta jännitteestä. Tämän muotoista jännitettä voidaan siltikin käyttää suurimmassa osassa sähkölaitteita. Herkimmät laitteet kuten, tietokoneet voivat saada häiriötä heikommasta muotoisesta

jännitteestä. Aitoa siniaaltoa tuottavat invertterit ovat kalliimpia, mutta niiden tuottama sähkö vastaa sähköverkosta saatua. Suurimpana erona halvempiin inverttereihin on siniaallon muoto. Paremmissa inverttereissä siniaaltoa katkotaan puoliaaltojenkin aikana useita kertoja. [2, s. 75–77.]

Mikäli invertteri liitetään sähköjakeluverkkoon, täytyy sen täyttää paikallisen sähköverkkoyhtiön vaatimukset. Invertterin on tahdistuttava sähköverkon tahtiin ja tuotettava tarpeeksi laadukasta siniaaltoista vaihtojännitettä. Verkkoon liitettävät invertterit ovat yksi- tai kolmevaiheisia. Kolmivaiheisen invertterin kautta tuotettu sähkö on helpommin käytettävissä omassa käytössä, koska kuorma on helpommin jaettavissa vaiheiden kesken. Aurinkopaneeleiden tuottama sähkö kannattaakin kuluttaa kohteessa paikallisesti, koska sähköyhtiöt maksavat myyntiin tuotetusta sähköstä vain pörssin markkinahinnan. Alle 3 kWp:n aurinkopaneelipaketteihin ei yleensä saa kolmivaiheista invertteriä, vaan on ostettava yksivaiheinen malli. Katkoksen tullessa sähköverkkoon tulee verkkoon syöttävän invertterin sammua, jotta sähköverkon korjaajat eivät joudu vaaraan. Tämä varmistetaan asentamalla turvakytkin invertterin ja sähkökeskuksen väliin, jolloin verkkoon päin syöttö voidaan estää. [2, s. 78–80.]

### 3.4 Järjestelmätyypit

Aurinkosähköjärjestelmiä löytyy markkinoilta monenlaisilla kokoonpanoilla. Järjestelmät voidaan jakaa karkeasti kahteen pääryhmään. On olemassa on-grid- ja off-grid-järjestelmät. On-grid-järjestelmällä tarkoitetaan sähköverkkoon liitettyä aurinkosähköjärjestelmää ja off-grid-järjestelmällä tarkoitetaan pääsääntöisesti akullista järjestelmää, jota ei ole liitetty sähköverkkoon. Järjestelmiä ei voida suoraan vaihtaa keskenään, koska järjestelmien sisällä olevat laitteet eroavat selkeästi toisistaan. [3, s. 49.]

On-grid-järjestelmä on liitetty yleiseen sähköverkkoon. Sähköverkkoa voidaan kuvitella akustona järjestelmän rinnalla. Yksinkertaisuudessaan on-grid-järjestelmään kuuluu katolla sijaitsevat aurinkopaneelit ja invertteri. Invertterillä tehdään aurinkopaneeleiden tasasähköstä vaihtosähköä. Tässä järjestelmässä

päästään yksinkertaisilla suojauksilla, ja järjestelmä toimii vain sähköverkon rinnalla. Verkkoinverttereitä on 1- tai 3-vaiheisia. Järjestelmät voidaan jakaa yleisesti kahteen osaan. Yli 3 kW:n järjestelmät ovat 3-vaiheisia ja alle 3 kW:n järjestelmät lähtökohtaisesti 1-vaiheisia. On olemassa varavoimajärjestelmiä, joissa sähköverkon vikatilanteissa aurinkosähköllä voidaan tuottaa varavoimaa, mutta nämä järjestelmät ovat erikoisjärjestelmiä eikä niitä käytetä perinteisissä aurinkosähköjärjestelmissä. [3, s. 49–50.]

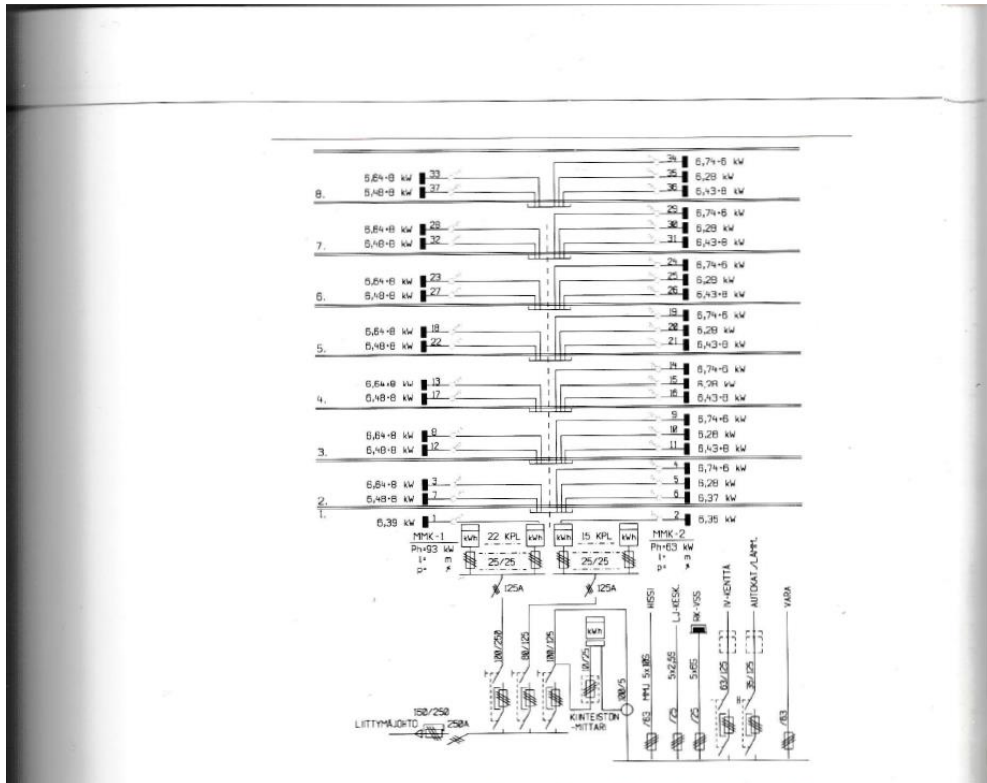
Off-grid-järjestelmä, jota myös mökkijärjestelmäksi kutsutaan, on oma erillinen sähköverkkonsa. Järjestelmä koostuu aurinkopaneeleista, aurinkopaneelisäätimestä, akustosta ja mahdollisesta vaihtosähköinvertteristä. Järjestelmiä on olemassa 12, 24 ja 48 VDC:n tasajännitteellä toimivia, ja näistä saadaan vielä invertterillä muunneltua 230 VAC:n vaihtosähköä. Off-grid-järjestelmät ovat yleisiä paikoissa, joissa sähköverkkoon liittyminen on kohtuuttoman kallista tai jopa mahdotonta. Myös veneissä ja matkailuautoissa hyödynnetään off-grid-järjestelmiä. [3, s. 50–51.]

### 3.5 Taloyhtiöiden aurinkosähköjärjestelmät

Suomessa otettiin käyttöön netotusmenetelmä viimeistään 1.1.2023 alkaen. Tämä tarkoittaa, että tasejakson sisällä sähköntuotanto ja sähköpaikan kulutus netotetaan tunnin ja tulevaisuudessa vartin jaksoissa. Netotuksella mahdollistetaan mitattuun tietoon ja laskentaan perustuva yksi luku. Muutoksella hyödytettiin piensähkötuottajaa. Jotkin sähköyhtiöt mahdollistivat netotusmenetelmän käytön jo ennen kyseistä määräaikaa. Valtioneuvoston asetuksen (66/2009) muutosten (22.12.2020/1133) mukaisesti tasejakson sisäinen netotus toteutetaan datahubissa (sähkökaupan keskitetyn tiedonvaihdon yksikkö). Verkkoyhtiö voi myös toteuttaa kyseisen taselaskelman, joten sillä ei ole vaikutusta kuluttajien omiin sähkömittareihin. [3, s. 76.]

Taloyhtiöissä sähkön kulutus voidaan jakaa kahteen osaan. Ensimmäinen osa on taloyhtiön oma sähkönkulutus, joka syntyy yleisten tilojen valaistuksesta, rakennusten lämmitysjärjestelmästä, ilmanvaihdosta, saunoista, hisseistä ja

autojen lämmityksistä. Toinen osa on asukkaiden huoneistot, joissa jokaisella on oma sähkömittari, ja sen kautta laskutetaan asukkain käyttämä sähköenergia. Kuvassa 4 on esitetty esimerkki taloyhtiön sähköenergiamittareista. Taloyhtiöltä löytyy myös oma kiinteistösähkön kulutuksen mittaava mittari. [3, s. 76.] Sähkömarkkinalaki [5, 72. §] mahdollistaa jokaiselle taloyhtiön osakkaalle oikeuden valita ja kilpailuttaa oma sähkönmyyjänsä [5].



Kuva 4. Yleinen tapa taloyhtiöiden mittaroinnissa [3].

Taloyhtiöissä on kolme tapaa, kuinka aurinkosähköjärjestelmää voidaan hyödyntää. Nämä tavat ovat kiinteistön oman sähkönkulutuksen hallinta, takamittarointi menetelmän hyödyntäminen ja hyvityslaskentamallin käyttö. Taloyhtiö voi mahdollisuuksien mukaan hyödyntää yhtä tai useampaa menetelmää.

#### Kiinteistön sähkönkulutus

Mikäli valitaan aurinkosähköjärjestelmä kytkettäväksi vain kiinteistön mittaroinnin taakse, eivät osakkaat pysty hyödyntämään aurinkovoimalan tuottamaa

sähköä. Tällaisessa vaihtoehdossa aurinkopaneeleita ei kannata mitoitaa kovinkaan suuriksi, koska suurin hyöty paneelien tuottamasta sähköstä kannattaa hyödyntää tuotetussa kohteessa. Järjestelmän hinta pysyy korkeana, koska isommalla järjestelmällä voidaan vaikuttaa alentavasti kWp:n hintaan. Aurinkopaneelien nimellisteholla tarkoitetaan paneelin optimaalisessa tilanteessa tuottamaa sähkötehoa. [3, s. 78.]

### Takamittarointimenetelmä

Taloyhtiön osakkailla ja kiinteistöllä on yksi yhteinen sähkömittari sähkönjakeluverkonhaltijan suuntaan. Tässä tapauksessa taloyhtiö kilpailuttaa vain yhden sähkön osto- ja myyntisopimuksen. Taloyhtiö selvittää sisäisesti sähkön kulutukset ja laskuttaa osakkaat heidän kulutuksensa mukaisesti. Tällaisissa tapauksissa huoneistoilla on omat taloyhtiön omistamat sähkömittarit. Sähkömittareilta kerätään kulutustiedot taloyhtiön ostamaan palveluun ja näin hallinnoidaan taloyhtiön sisäistä sähkönkulutusta. Tämän kaltaisen järjestelmän hyötynä voidaan pitää hyvää neuvotteluvaihtoehtoa sähköstapalvelusta tehdessä. Yhdellä isolla sähkön ostajalla on parempi mahdollisuus neuvotella edullinen sähköstapalvelus koko taloyhtiöön. [3, s. 79–80.]

Aurinkojärjestelmän asennus takamittarointikohteeseen on yksinkertaista, koska asunnot ja taloyhtiön kuluttama sähköenergia on yhden mittarin takana. Kaikkea järjestelmän tuottamaa energiaa voidaan näin suoraan hyödyntää kyseisessä kohteessa. Ongelmia takamittarointi tuottaa, koska sähkömarkkinalaki antaa jokaiselle kuluttajalle mahdollisuuden itse päättää sähkön tarjoajansa. Mikäli järjestelmää ei ole taloyhtiössä valmiina, on sen rakentaminen kallista ja se vaatii taloyhtiön yksimielisen päätöksen. Mikäli yhtiössä on valmiiksi takamittarointi, antaa lainsäädäntö mahdollisuuden yhdellekin osakkaalle irtaantua järjestelmästä ja kilpailuttaa oma henkilökohtainen sähköstapalvelusensa. Takamittarointijärjestely tulee olla kuvattuna yhtiöjärjestyksessä. Takamittaroinnista eron haluavan osakkaan on kuitenkin maksettava muutoksesta koituvat kulut itse. [3, s. 80.]

## Hyvityslaskentamalli

Hyvityslaskentamallilla tarkoitetaan taloyhtiöiden hyvityslaskentapalvelua, joka perustuu päivitettyyn Valtioneuvoston asetukseen (22.12.2020/1133). Päivitetty asetus otettiin käyttöön 1.1.2023. [6.] Palvelua on voinut tarjota paikallinen verkko-yhtiö jo aikaisemminkin, mutta sähkömarkkinoiden keskitetyn tiedonvaihdon yksikkö (Datahub) tarjoaa sen 2023 vuoden alusta lähtien. Älykkäitä sähkömittareita hyödynnetään sähköenergian mittauksessa tasejaksoittain. Kokonaisuudessa mitataan taloyhtiön aurinkosähköjärjestelmän tuotto, kiinteistön kulutus ja asukkaiden kuluttama sähkö. Kiinteistön kulutus vähennetään aurinkovoimalan tuotosta ja jaetaan loput tuotetusta sähköstä osakkaiden kesken sovitun sopimuksen mukaisesti. Mikäli aurinkovoimala tuottaa ylituotantoa kiinteistön ja osakkaiden tarpeisiin, myydään ylijäämä verkkoon ja tuotto jaetaan kiinteistön ja osakkaiden kesken sovitusti. [3, s. 82.]

## 4 Aurinkosähköjärjestelmä taloyhtiössä

Kohteen taloyhtiö Asunto Oy Kotikaleva on vuonna 1976–77 valmistunut kerrostaloyhtiö Keravan Kalevassa. Taloyhtiössä on 68 asuinhuoneistoa kolmessa erillisessä rakennuksessa. Yksi rakennuksista on kuusikerroksinen ja loput kaksi rakennusta kolmekerroksisia. Taloyhtiön lämmitys tapahtuu kaukolämmöllä, ja ilmanvaihtona toimii koneellinen poisto. Muuta sähkönkulutusta syntyy rakennusten valaistuksesta, saunoista, pyykkituvasta ja hissistä. Kaikissa kolmessa rakennuksessa on tasakatto. Tässä tapauksessa lähdettiin suunnittelemaan aurinkopaneeleiden asentamista korkeimman rakennuksen katolle, jolloin on helpointa välttää puiden ja korkeimman talon varjostus.

## 4.1 Rakennusmääräykset

Keravan kaupungin internetsivuilta löytyy kaupungin rakennusjärjestys [7], jossa käsitellään lupajärjestelmiä. Lupajärjestelmiä käsittelevästä kohdasta löytyy ohjeistus toimenpideluvan hakemiseen liittyvistä vapautuksista. Ohjeistuksen mukaan toimenpidelupaa aurinkopaneelin tai -keräimen asentamiseen tai rakentamiseen ei tarvita, silloin kun rakennusta ei ole asemakaavassa tai rakennussuojelulain nojalla suojeltu. Lisäksi aurinkopaneelit tai -keräimet eivät saa merkittävästi vaikuttaa kaupunkikuvaan tai -ympäristöön. [7, s. 35.]

Aurinkopaneeleista kysyttiin tarkentavaa tietoa Keravan kaupungin rakennusvalvonnasta ja vahvistus tasakattoiseen rakennukseen asennettavasta aurinkopaneelijärjestelmästä saatiin. Erillistä toimenpidelupaa ei tarvita, mikäli järjestelmä asennetaan vähintään kahden metrin etäisyydelle räystään reunasta. Keravan kaupunki on syksyllä ottamassa käyttöön Topten-tulkinnat, jotka saattavat tarkentaa myöhemmässä vaiheessa kaupungin tulkintoja aurinkopaneeliasennusten suhteen. Vaikka rakennusvalvonta ei edellytä lupaa aurinkovoimaloille, on suosituksena yli 50 kVA:n järjestelmistä ilmoittaa paikalliselle pelastuslaitokselle ja varata pelastusviranomaisen tarkastus ennen aurinkosähköjärjestelmän käyttöönottoa. [8.]

Paikallisen sähköverkkoyhtiön Keravan energian sivuilta [9] löytyy ohjeet mikrotuotantolaitoksen liittämiseen sähköyhtiön verkkoon. Yhtiön verkkosivuilla ohjeet alkavat tarvittavien lupien varmistamisesta kunnan rakennusvalvonnasta. Yhtiön sivuilla täytetään tarvittavat kaavakkeet, joista selviää järjestelmän laitteet ja niiden sopivuudet verkkoon liitettäväksi. Tärkeimpänä asiana on mainittu virran syötön esto jännitteettömään verkkoon. Yhtiölle ilmoitetaan myös järjestelmän rakentaja ja valmistumisen jälkeen tarvittavat käyttöönottopöytäkirjat. Viimeisenä kohtana tarvitaan vielä mikrotuotannon ostosopimus, jota ilman ei järjestelmää saa kytkeä sähköverkkoon. [9.]

## 4.2 Aurinkosähköjärjestelmien paloturvallisuus taloyhtiössä

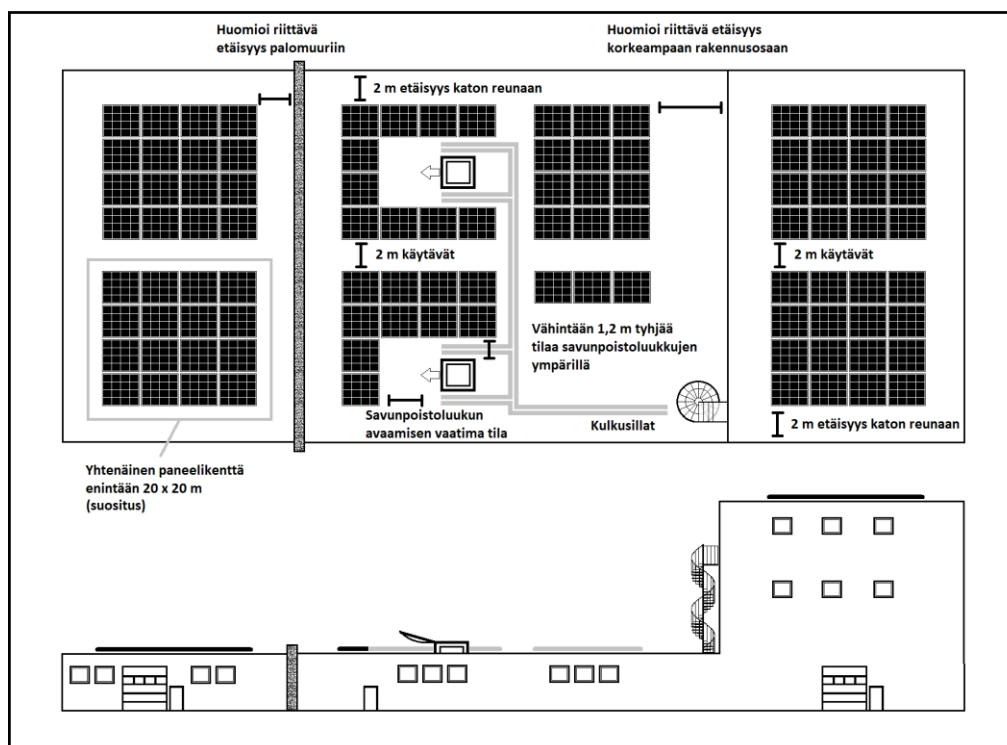
Pelastuslaitoksen aurinkosähköjärjestelmien paloturvallisuus -työryhmä on laatinut pelastusalan näkökulmasta ja paloturvallisuuteen keskittyvän paloturvallisuusohjeen [10]. Tähän ohjeeseen on kerätty tärkeitä ohjeita aurinkosähköjärjestelmien omistajille ja niiden suunnittelemista harkitseville. Aurinkosähköjärjestelmän vaihtosähköosan turvakytkin sijoitetaan kiinteistön ulkopuolelle tai sähköpääkeskuksen välittömään läheisyyteen. Näin vaihtosuuntaajan jälkeen erottaminen on mahdollisimman helppoa sähköverkkoyhtiölle ja pelastuslaitokselle. Tasasähkö tulee voida erottaa vaihtosuuntaajan omalla integroidulla kytkimellä tai järjestelmän erillisellä kytkimellä. [10, s. 3, 26.]

Järjestelmän tasasähköosan kaapeleita ei tulisi sijoittaa pitkiä matkoja palaviin rakenteisiin. Turvakytkimien taustalle ja alle tulisi asentaa palamatonta materiaalia, jollei asennusalusta itsessään ole palamatonta materiaalia. Kytkinten sijaintipaikat tulisi merkitä heijastavilla kilvillä ja niiden tulisi löytyä kiinteistön aurinkosähköjärjestelmän kohdekortista. Aurinkosähköjärjestelmän omaavissa kohteissa opasteiden ja merkintöjen tulisi olla näkyvissä pelastuslaitoksen saapumissuuntaan. Kiinteistön opastetauluun suositellaan lisäämään aurinkosähköjärjestelmän tiedot. Aurinkosähköjärjestelmän ollessa katolla tulisi varoitusmerkinnät sijoittaa tikkaiden alapäähän ja kaikille kulkuväylille, jotka johtavat katolle. [10, s. 28.]

Tilanteessa, jossa tulipalo leviää aurinkopaneeleihin, voivat paneelien alumiiniset kehykset sulaa, mutta itse paneeli tuottaa vielä tässä tilanteessa sähköä. Aurinkopaneeli tulisi asentaa palamattomalle alustalle tai estää muuten pisaromalla leviävä palaminen. Paneelien kiinnitystä suunniteltaessa on otettava huomioon lumesta aiheutuvat suuret kuormat ja poikkeuksellinen tuuli. Mikäli paneelit ovat palavatarvikkeisia, niiden tulisi olla vähintään 4 metrin etäisyydellä ulko-ovista, porrashuoneista ja ulkoportaista. Paneeleita ei tulisi asentaa myöskään parvekkeille niiden toimiessa varateinä. [10, s. 29.]

Suuria paneelikenttiä suunniteltaessa tulisi ottaa huomioon pelastuslaitoksen näkökulmasta sammutustyön mahdollistaminen. Yhteneväisten paneelikenttien kokonaisala katolla suositellaan olevan korkeintaan 20 x 20 metriä, ja näiden kenttien välissä tulisi olla vähintään 2 metriä leveä käytävä. Rakennuksen ollessa useammassa tasossa ja aurinkosähköjärjestelmien asennuksien tullessa alemmalle tasolle tulisi rakennuksen ja paneelien väliin jättää 4 metriä tyhjää tilaa. Lisäksi paneelien ja katon reunan väliin tulisi jäädä 2 metriä tyhjää tilaa. Aurinkopaneelijärjestelmiä asennettaessa tasakatoille tulisi pelastushenkilöstön sähköiskun vaaran takia asentaa kulkusillat niin katolla sijaitseville kytkimille kuin muihinkin kriittisiin kohteisiin. Siltojen tulisi olla vähintään 900 mm leveitä ja olla irroitettuna kattopinnasta 300 mm [10, s. 32–33.]

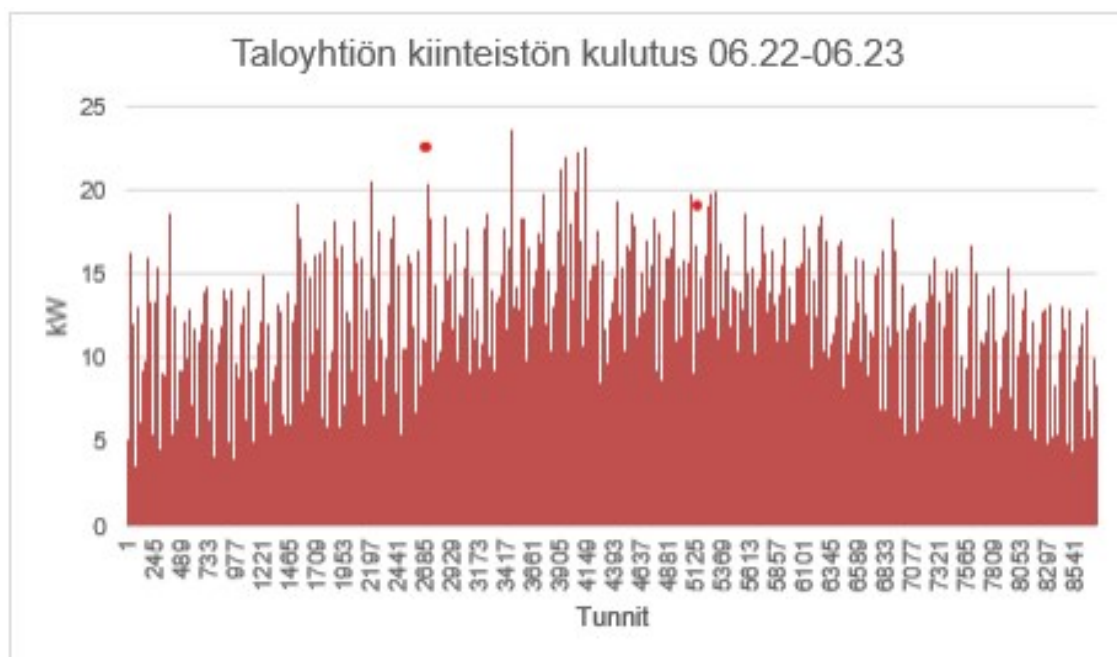
Savunpoistoluukkuihin ja muihin aukkoihin suositellaan pitämään vähintään 1,2 m:n etäisyys paneeleista, jotta niitä on mahdollista määräysten mukaisesti käyttää. Mikäli katolla on katolta käsin avattavia vanhemman mallisia luukkuja, tulisi niille jättää 2 m vapaata tilaa ympärilleen. Kuvassa 5 nämä etäisyydet on esitetty havainnollistamiseksi. [10, s. 39.]



Kuva 5. Aurinkopaneelien suositusetäisyydet katolla [10].

### 4.3 Järjestelmän mitoitus

Taloyhtiön kiinteistökeskuksen sähkömittarilta saadaan kuvan 6 mukainen kulu-  
tustieto. Taloyhtiö käyttää ilman asuntojen kulutusta noin 5–25 kW sähkötehoa.  
Korkeimmat lukemat osuvat talvelle, jolloin saatavilla olevaa aurinkoenergiaa on  
tarjolla vähän. Näin ollen voidaan ajatella olevan järkevämpi ottaa huomioon  
sähkötehon pohjakulutus, joka on 5 kW luokkaa, ja lähteä siitä liikkeelle. Paikal-  
liselta verkkoyhtiöltä Keravan energialta saadun liittymän tehotietoraportin pe-  
rusteella (liite 1) nähdään koko taloyhtiön kuluttama sähköteho. Suurimmillaan  
sähkötehoa on kulunut 46,7 kW ja tämä osuus talviaikaan autojen sisälämmitti-  
mien ollessa päällä. Tehotietoraportin mukaan taloyhtiön liittymän keskitunteho  
on ollut keskimääräisesti noin 25 kilowattia.



Kuva 6. Taloyhtiön kiinteistökeskuksen keskitehon kulutus.

Nykyinen hyvityslaskentamalli mahdollistaa taloyhtiön perustaa energiayhteisö.  
Näin järjestelmä kannattaa mitoittaa huomattavasti pelkkää kiinteistösähkön ku-  
lutusta suuremmaksi. Ennen vuoden 2021 lainsäädännön muutosta taloyhtiö ei  
olisi voinut hyödyntää aurinkoenergiajärjestelmän tuottamaa sähköenergiaa  
kuin kiinteistön omassa sähkönkulutuksessa. Nykyinen malli mahdollistaa

sähköenergian hyvittämisen huoneistojen sähkönkulutukseen. Kiinteistön sähkönkulutuksen jälkeen ylimääräistä sähköä ei myydäkään sähköverkkoon vaan energia jaetaan huoneistojen kesken. Mikäli sähköenergiaa jää myytäväksi sähköverkkoon, maksetaan energiayhteisölle korvaus sähkönostosopimuksen mukaisesti. Energiayhteisö perustetaan yhtiökokouksessa samalla kun aurinkovoimalan investoinnista päätetään. [11.]

#### 4.4 Paneeleiden ja invertterin valinta

Esimerkkinä valittiin kotimaisen Salo solarin valmistamat aurinkopaneelit. SALO 390-400 W Monon tarkemmat tiedot löytyvät taulukosta 2.

Taulukko 2. Salo solar 400 W aurinkopaneelin tiedot [12].

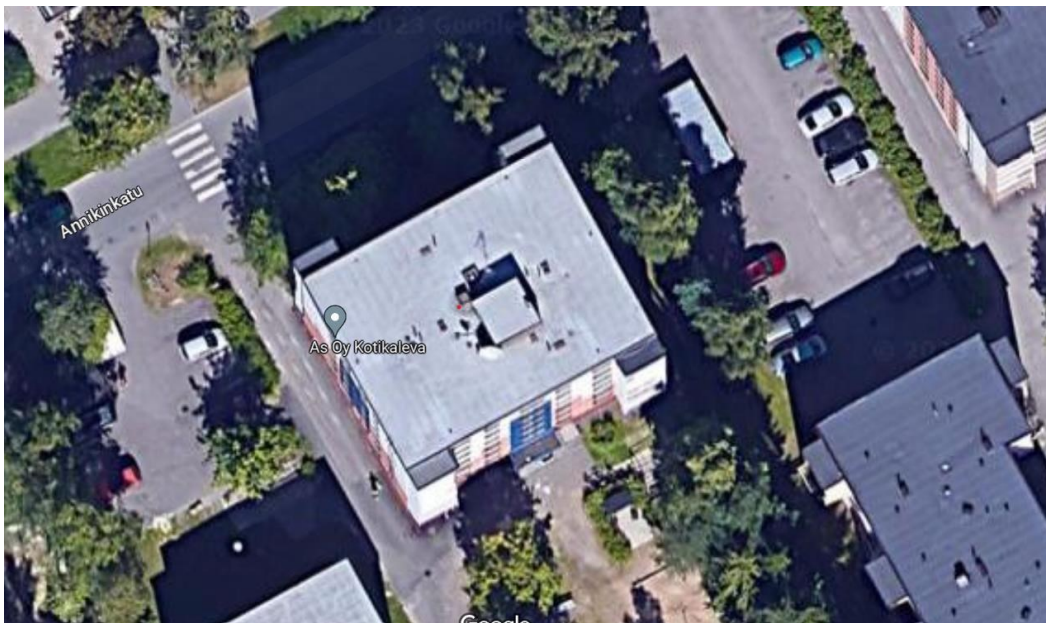
<b>SALO 390-400 W MONO</b>	
Maksimiteho Pmax	400 W
Maksimijännite	37,45 V
Avoimen piirin jännite	45,65 V
Maksimivirta	10,69 A
Oikosulkuvirta	11,25 A
Suurin järjestelmäjännite	1000 V
Suurin sulakeluokitus	15 A
IP-luokitus	67

Yhdessä paneelisarjassa valmistajan ohjeiden mukaan saisi olla varmuuskerroin huomioiden  $1000 V / (1,25 \times V_{oc})$ . Näin ollen voidaan yhteen piiriin asentaa 17 paneelia kerrallaan, jotta pysytään turvallisella tasolla jännitteen ollessa 776 VDC. Yhdellä sarjaan kytketyllä piirillä on tehoa 6800 Wp. Yhden paneelin mitat ovat 1894x1043mm, ja paneelit voidaan asentaa niin vaakaan kuin pystyyn. Yhden paneelin pinta-ala 1,975 m<sup>2</sup>, ja niitä asennetaan 17 sarjaan, joten kattopinta-alaa tarvitaan 33,575 m<sup>2</sup>. Taloyhtiön katto on tasakattoinen PVC-kate. Kuvassa 7 on kuva taloyhtiön A-rakennuksen katolta. Katolla on tilaa suuremmallekin aurinkopaneelijärjestelmälle. Katon kokonaispinta-ala on noin 330 m<sup>2</sup>.



Kuva 7. Taloyhtiön A-rakennuksen katto.

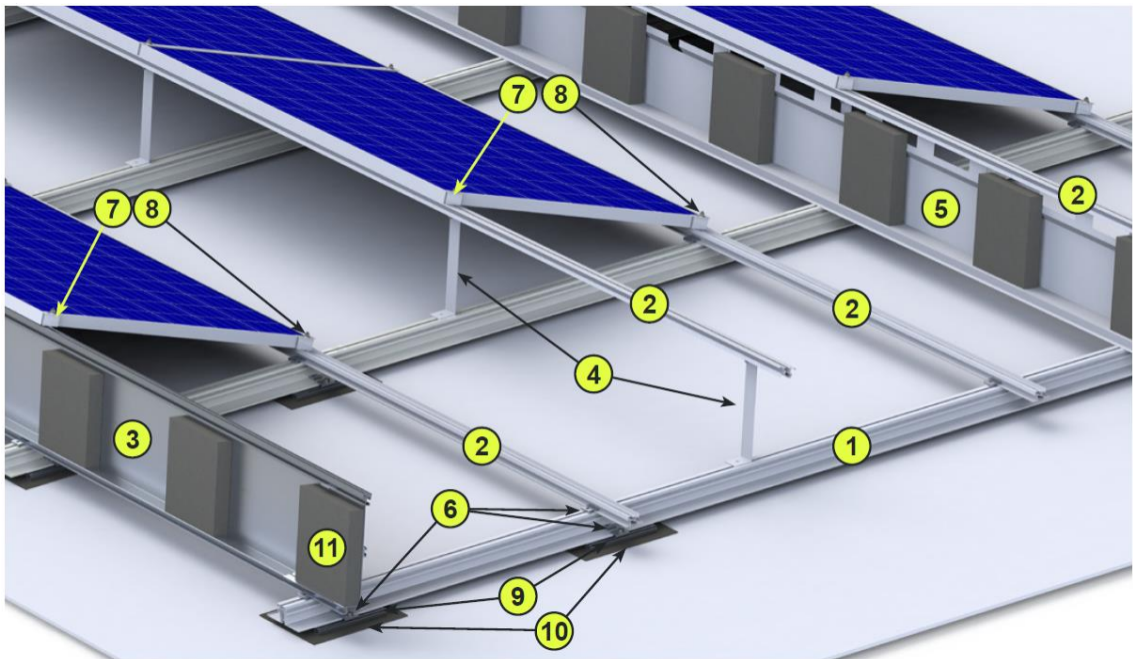
Katolla on talotekniikkaan liittyviä ilmanvaihtoputkia, tarkistusluukkuja, poistopuhallin ja savunpoistoluukku. Nämä on otettava huomioon sijoiteltaessa paneeleja katolle ja jätettävä näiden tarvitsemat vähimmäisetäisyydet. Satelliittikuvasta 8 näkee rakennuksen katon kokonaisuudessaan. Rakennuksen hissikonehuone sijaitsee katon keskellä, ja se on otettava huomioon paneeleja sijoiteltaessa. Hissikonehuone aiheuttaa varjon ja voi heikentää paneeleiden tuottoa merkittävästi.



Kuva 8. Satelliittikuva taloyhtiön A-rakennuksen katosta.

Aurinkopaneeleiden telineet koostuvat alumiiniprofiileista, jotka asennetaan tasaiselle katolle. Katon ja telineiden väliin asennetaan katon materiaalista valmistetut palat, jotta telineet eivät pääse hankaamaan katetta ja aiheuttamaan kulumaa. Kuvassa 9 on esitetty kulumissuojat, jotka on merkitty kuvaan numeroilla 9 ja 10. Alumiiniprofiileihin on valmistajilla eri kulmiin olevia asennustuotteita, joilla pystytään valitsemaan haluttu asennuskulma. Suosituksena on asentaa paneelit yli 10° kulmaan, jotta paneelit pysyvät luontaisesti veden ja lumen avulla puhtaana. Asennettaessa tasakatolle telineitä käytetään kivi- tai betonipainoja. Painot pitävät aurinkopaneelit tasaisesti paikoillaan. Kun painoja mitoitetään on otettava huomioon paikalliset tuulikuormat ja lumen aiheuttamat rasitukset. Aurinkopaneelijärjestelmän tuulikuormat voivat muodostua isoilla paneeleilla hyvinkin

suuriksi, ja tämän vuoksi niistä teetetään rakennesuunnittelijalla laskelmat. Näin taloyhtiö saa tarkat tiedot nykyisestä vesikattorakenteesta ja sen kuormitettavuudesta. Kuvassa 9 näkyy alumiiniprofiilitelineihin asennetut painot kohdassa numero 11. Painot sijoitetaan alumiiniprofiilin sisään ja näin vältetään painoa hankaamasta rakennuksen vesikattomateriaalia vasten.



Kuva 9. Aurinkopaneelien asennus tasakattoiselle katolle [13].

#### 4.5 Järjestelmän kaapelointi

Aurinkopaneelijärjestelmä voidaan jakaa kahteen osaan. Ensimmäisenä osana on aurinkopaneelien ja vaihtosuuntaajaan välinen tasasähköosa. Aurinkopaneelien kytkennöissä on käytettävä standardin IEC 62548:2016 mukaisia kaapeleita. Kaapelin on oltava mitoitusjännitteeltään yhtä suuri tai suurempi kuin paneelien jännite mutta kestettävä vähintään 1000 VDC. Kaapeli on tarkoitettu tasasähkökäyttöön, ja se on lämpötilankestoltaan sopiva aurinkopaneelikäyttöön. Kaapelin täytyy kestää myös UV-säteilyä. [14, s. 43.]

Kaapelointi sijoitetaan taloyhtiön katolle, ja tästä syystä on otettava huomioon kaapeleiden mekaaninen suojaus. Kaapelit eivät saa estää tai haitata katon

huoltotöitä. Kaapeleita ei saa asentaa suoraan katon pintaan vaan on käytettävä johtoreittejä. Johtoreitteinä käytetään normaaleja kouruja, hyllyjä tai putkia. Alumiinia suositellaan käyttämään johtoreittien materiaalina sen keveyden ja korroosiokestävyyden vuoksi. Aurinkopaneelijärjestelmän telineitä voidaan hyödyntää myös järjestelmän kaapeloinnissa. Kaapeleiden kiinnikkeissä tulee ottaa huomioon UV-säteily, ja kestävyys aurinkopaneelien elinkaaren verran. Aurinkopaneelijärjestelmän liittimien tulee täyttää SFS-EN 62852 -standardin mukaiset vaatimukset. Järjestelmän liittimistä käytetään termiä MC-4. Järjestelmää rakentaessa tulee varmistaa liittimien yhteensopivuus, ja näin voidaan varmistua niiden kestävydestä vaativissa olosuhteissa. [3, s. 152–153.]

Esimerkkinä taloyhtiön tapauksessa käytetään Prysmian Groupin lämmönkestävää TECSUN 1kV LSZH -kaapelia (liite 2). Valmistajalla on tarjolla kaapelia kolmena värinä, musta, punainen ja sininen. Kaapelia on saatavilla 2,5 mm<sup>2</sup>:stä aina 95 mm<sup>2</sup>:iin asti. Paneeleihin on tehty valmiiksi johdot ja liittimet MC-4 -standardin mukaisesti 4 mm<sup>2</sup>:n kokoisilla kaapeleilla. SFS 6000-5-52:2022 -standardin taulukon B52.3 [15] mukaan asennustavalla B2 kaapeleita voidaan kuormittaa 40 A:n virralla. Aurinkopaneeleita asennetaan sarjaan 17kpl, ja niitä on rinnakkain kaksi sarjaa. Paneelin oikosulkuvirta on 11,25 A. Kahden rinnakkain kytketyn paneelisarjan yhteenlaskettu virta on 22,5 A. Standardin IEC 62548:2016 [14] mukaan on lisäksi laskettava paneeliketjulle toleranssi 1,25 x ISC MOD.

Paneelien oikosulkuvirrat lasketaan yhteen ja kerrotaan 1,25, josta saadaan 28,125 A. Näin ollen voidaan todeta 4 mm<sup>2</sup>:n johtimen riittävän tasajännitepuolen mitoituskeinoon. Kaapelointi saadaan tuotua katolta taloyhtiön sähkötilaan linjasaneerauksen yhteydessä kerrokseen asennettujen koteloiden avulla. Ylivirtasuojasta ei tässä tapauksessa vaadita tasasähköpiiriin, koska yhden MPPT-säätimen perään on tarkoitus asentaa vain kaksi paneeliketjua.

IEC standardin 62548 [14] mukaan aurinkopaneelit vaativat potentiaalintasauksen, kun paneeliston jännite ylittää 60VDC. Metallikehysten maadoittamiseen vaadittavan johtimen on oltava vähintään 6 mm<sup>2</sup>:n kuparikaapeli tai sitä

vastaava. Potentiaalintasauksella kaikki osat, jotka, johtavat kytketään yhteen ja saadaan yhteys maadoitukseen. Näin saadaan poissuljettua indusoitumisesta syntyvät jännitteet ja vähennetään sähköiskun vaaraa. Potentiaalitasausjohtimet täytyy kuljettaa mahdollisimman lähellä muita sähkökaapeleita, jotta induktiovirtojen ja ylijännitteiden syntyä pystytään tehokkaasti ehkäisemään. [14, s. 49]

Salor solar paneelien valmistaja suosittelee maadoittamaan negatiivisen johdinten, jotta voidaan ehkäistä maapotentiaalista ja vuotovirroista syntyvää vanhenemista. Tekniikkaa kutsutaan toiminnalliseksi potentiaalintasaukseksi. Järjestelmän tasajännitepiirin toinen johdin yhdistetään potentiaalintasaukseen ja siitä jatkojohdella maan potentiaaliin. Taloyhtiön päämaadoituskisko on sijoitettu sähkötilaan, ja tänne potentiaalintasauskaapelikin on kaapeloitava. Vaihtosähköinvertteri sijoitetaan myös sähkötilaan, joten potentiaalintasauksen kaapelointi saadaan tehtyä samaa reittiä pitkin tasajännitekaapeloinnin kanssa. Kuvassa 10 nähdään taloyhtiön linjasaneerauksessa lisätyt kaapelikanavat taloyhtiön rappukäytävässä. Näitä lisättyjä kaapelireittejä voidaan hyödyntää kaapeloidessa aurinkosähköjärjestelmän kaapeleita katolta sähköpääkeskukseen.



Kuva 10. Taloyhtiön rappukäytävän kaapelikanavat.

Vaihtosähkökaapelointi invertterille tehdään SFS 6000-5-52:22 -standardin mukaisesti [15]. Kaapeliksi valitaan konsentrisella suojajohtimella varustettu kaapeli. Läpivienneissä tulee ottaa huomioon EMC-häiriöt ja sen vuoksi käyttää siihen sopivia vetoholkkeja. [3, s. 131.] Vaihtosähkökaapelina käytetään esimerkiksi tyyppin mcmk tai mccmk voimakaapelia. Taloyhtiön tapauksessa voidaan valita esimerkiksi Prysmianin mcmk 4 x 10/10 1 kV:n voimakaapeli. SFS 6000-5-52:22 -standardin taulukon B.52.11 [15, s. 45] mukaan asennustavalla E voidaan 10 mm<sup>2</sup>:n voimakaapelia kuormittaa 46 A:n jatkuvalla virralla ja se riittää valittavaa vaihtosuuntaajaa mitoittaessa.

#### 4.6 Vaihtosuuntaaja

Vaihtosuuntaajalla muutetaan aurinkopaneelien tuottama tasasähkö sähköverkkoon sopivaksi vaihtosähköksi. Vaihtosuuntaaja sijoitetaan taloyhtiön sähkötilaan, josta löytyy myös kiinteistökeskus, johon vaihtosähköpuolen kaapelointi kytketään. Vaihtosuuntaaja tuottaa 400 V:n vaihtojännitettä ja osaa tahdistaa itsensä automaattisesti sähköverkon taajuuteen. Kuvassa 11 on esitetty malliesimerkki vaihtosuuntaajan ulkonäöstä. Vaihtosuuntaaja tarvitsee paljon tilaa ympärilleen jäähdytyksen takia.



Kuva 11. Vaihtosuuntaaja [16].

Esimerkiksi valittiin Growatt MID 20KTL3-X -vaihtosuuntaaja. Vaihtosuuntaajan tarkemmat tiedot löytyvät alla olevasta taulukosta 3. Vaihtosuuntaajaan voidaan kytkeä kaksi aurinkopaneelipiiriä jokaista MPPT-säädintä kohti. Tässä tapauksessa yksi paneelipiiri tuottaa 6800 Wp:n tehon ja kokonaisteho on 27 200 Wp neljällä aurinkopaneelipiirillä. Vaihtosuuntaaja voidaan liittää sovellukseen ja sitä voidaan seurata näin puhelimella. Laitteeseen on sisäänrakennettu oikosulku, maasulku ja valokaarisuojaus. Vaihtosuuntaajasta löytyy sisäänrakennettu tasasähköpuolen katkaisija. Valmistajan ohjeiden mukaisesti asennetaan vaihtosuuntaajan ja sähköverkon väliin 40 A:n sulakkeet. Suositeltu kaapeloinnin pituus 10 mm<sup>2</sup>:n kaapelilla on 30 m.

Taulukko 3. Growatt MID 20KTL3-X -vaihtosuuntaajan tiedot [16].

<b>Growatt MID 20KTL3-X</b>	
Suurin DC-ottoteho	30 000 W
Suurin DC-jännite	1 100 V
Starttijännite	250 V
MPPT-säätimien määrä	2
Suurin ottovirta	25 A
Suurin oikosulkuvirta	32 A
Suurin AC-nimellisteho	20 000 W
Suurin AC-virta	31,9A
IP-Luokitus	65

#### 4.7 Aurinkopaneelijärjestelmän kytkeminen ja erottaminen

Verkkoon kytkettävissä aurinkopaneelijärjestelmissä on pystyttävä erottamaan vaihtosuuntaaja molemmin puolin. Vaihtosuuntaajassa on itsessään sisäänrakennettu DC-kytkin, mutta paneelit on hyvä saada kytkettyä erikseen omalla DC-käyttöön suunnitellulla turvakytkimellä. Tämä kytkin asennetaan katolle, jotta paneelit saadaan rajattua kokonaan pois kytkennästä. DC-kytkimelle asennetaan sääsuojaus ja varmistetaan kytkimen tarvittava IP-luokitus.

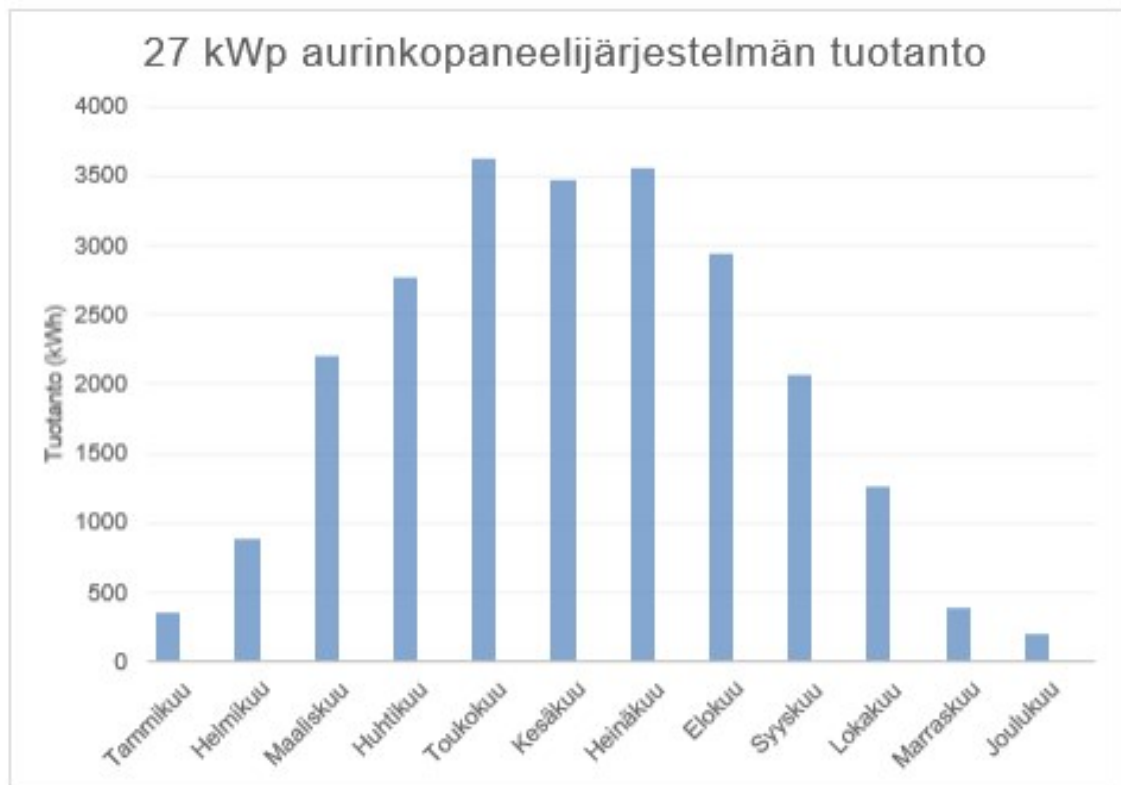
Sähköverkon ja vaihtosuuntaajan välinen turvakytkin asennetaan taloyhtiön sähkötilaan samaan paikkaan vaihtosuuntaajan kanssa. Kuvassa 12 on esitetty sähkötilan vapaa seinätila. Tähän käyttöön käy perinteinen turvakytkin, kunhan huomioidaan sen tehonkesto. Sähköverkko-yhtiön on tarvittaessa päästävä käyttämään verkkoon päin olevaa turvakytkintä, ja taloyhtiön sähkötilaan paikallisella verkkoyhtiöllä on pääsy.



Kuva 12. Sähkötilan mahdollinen vaihtosuuntaajan paikka.

#### 4.8 Järjestelmän kannattavuus

Kun järjestelmää mitoitetaan käytetään järjestelmän kokona 27 kWp:n kokoista aurinkopaneelijärjestelmää. Järjestelmän mitoitamiseen ja sen tuotannon arviointiin on käytetty apuna Euroopan komission ylläpitämää PVGIS-laskuria [17]. Laskuri antaa kallistuskulmaksi 43 asteen kulman horisonttiin nähden. Atsi-muuttikulmaksi laskuri antaa 1 asteen. Kuvassa 13 on esitetty PVGIS-laskurin mukaan aurinkosähköjärjestelmän tuotanto pylväsdiagrammina.



Kuva 13. Aurinkopaneelien tuotanto-olettama.

Finsolar-hankkeessa on laadittu laskureita [18], joita voidaan käyttää apuna laskettaessa hankkeiden kannattavuuksia. Laskuria apuna käyttäen on laskettu järjestelmän kustannukset ja takaisinmaksuaika (liite 3). Laskelmassa käytettiin taloyhtiön tämänhetkistä sähköenergian ostohintaa 10,3 snt/kWh. Tämän lisäksi hintaan on lisätty sähkön siirtohintaa 1,7 snt/kWh ja sähkövero 2,253 snt/kWh. Kokonaisuudessaan taloyhtiön sähkönhinta on nykyisellä kiinteähintaisella

sopimuksella 17,7 snt/kWh, alv.24 %. Laskuriin syötetään järjestelmän rahoituskustannukset, ja ne on laskettu 4 %:n korolla ja kokonaan ilman omaa rahoituspohjaa. 54 000 euron investoinnille kertyy siis 4751,8 euron korkokulut. Laskelmassa on otettu huomioon mahdollinen energiatuki 10 %, joka voidaan saada Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskukselta. Laskuri ottaa huomioon aurinkovoimalan vuosittaisen sähkötuotannon vähenemän –0,5 %. Laskelma on laskettu kokonaan nykyisellä sähköenergian hinnalla 17,7 snt/kWh. Taulukossa 4 on avattu Finsolar-hankkeen laskuriin täytettyjen tietojen tärkeimmät tiedot.

Taulukko 4. Järjestelmän kannattavuuslaskelma.

Järjestelmän koko kWp	27,2
Vuosituotanto kWh	23 940
Sähkön hinta snt / kWh	18,4
Investointikustannus €/kWp	2 000
Investointikustannus	54 000
Takaisinmaksuaika vuosissa	17

## 5 Yhteenveto

Insinööriyössä perehdyttiin aurinkosähköjärjestelmän hankkimiseen taloyhtiöön. Tarkoituksena oli selvittää aurinkosähköjärjestelmän soveltuvuus taloyhtiöön ja perehtyä laajemmin aurinkoenergian tuotantoon. Taloyhtiön katoille on mahdollista asentaa suuriakin aurinkopaneelijärjestelmiä pinta-alan puolesta. Taloyhtiön A-rakennuksen katon pinta-ala noin 330 m<sup>2</sup>, ja järkevästi sijoittamalla on mahdollista rakentaa suurempikin aurinkopaneelijärjestelmä.

Työssä laskettiin kannattavuuslaskenta 68 aurinkopaneelilla, joiden yhteenlaskettu teho olisi 27,2 kWp. Paneelien sijoituessa korkealle katolle on otettu laskelmissa huomioon mahdollinen nosturin tarve asennusvaiheessa. Taloyhtiön katolle pääsee vain hissikonehuoneen kautta pienestä luukusta. Näin ollen

suurien paneeleiden vienti katolle tapahtuisi nosturin avustuksella. Liitteen 3 laskelmissa on käytetty hintaa 2000 € /kWp, ja näin ollen järjestelmän hinnaksi tulisi noin 60 000 €. Taloyhtiön lähtiessä rakentamaan järjestelmää aloitettaisiin kilpailutus asennuksesta ja tarvikkeista, joten hintaan saataisiin varmasti tarkennuksia. Nykyisen laskelman on tarkoitus antaa suuntaa, jotta voidaan antaa yhtiökokoukselle näkemystä aurinkoenergiajärjestelmän hinnoista.

Ennen suurempien aurinkopaneelijärjestelmien asentamista täytyisi varmistaa katon kantavuus järjestelmälle ja harkita alkuperäisen katon uusimista ennen asennuksia. Mikäli päädyttäisiin asentamaan järjestelmä nykyiselle katteelle, otettaisiin yhteys esimerkiksi insinööritoimistoon, josta saataisiin lujuuslaskelmat nykyiselle kattorakenteelle ja näin varmistus katon kestävyydestä suunnitellulle järjestelmälle. Nykyinen katto on rakennettu vuosina 1976–1977, ja järkevintä olisi lähteä kysymään tarjousta katon uusimisesta samassa remontissa. Tämän remontin yhteydessä olisi järkevää mitoittaa uusi katto tulevaa aurinkoenergiajärjestelmää varten. Näin vältyttäisiin muutaman vuoden sisällä paneeleiden purkamiselta ja uudelleen asentamiselta ja säästettäisiin rahaa.

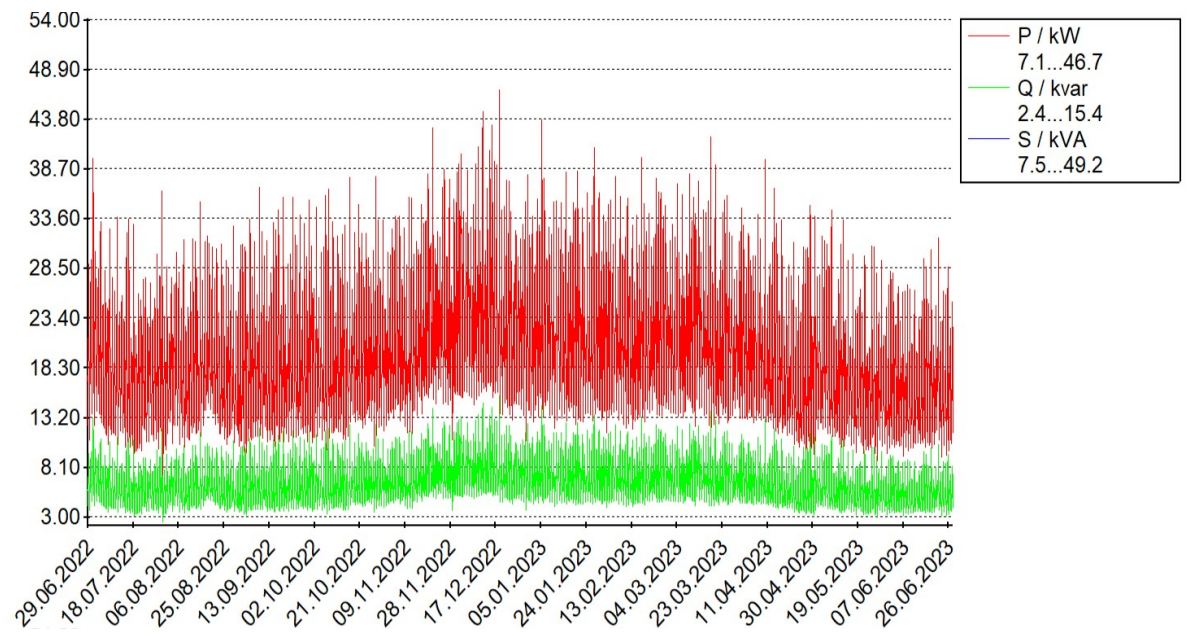
Asumisen rahoitus ja kehittämiskeskus myöntää taloyhtiöille tukea aurinkoenergiajärjestelmä hankintoihin. Vesikattoremontin yhteydessä lisätyssä aurinkoenergiajärjestelmästä on mahdollista saada 10 % avustus kokonaissummasta. Aurinkoenergiajärjestelmän takaisinmaksuaika on nykyisellä laskelmalla 17 vuotta. Taloyhtiön kannattaisikin miettiä rahoituksen keräämistä järjestelmää varten ilman ulkopuolista lainaa tai yhdistää laina vesikattoremontin yhteyteen. Suuremmalla omarahoitus osuudella lainan rahoituskorko kuluja saataisiin pienennettyä ja investoinnin takaisinmaksuaika olisi lyhempi.

## Lähteet

- 1 Tahkokorpi, Markku; Erat, Bruno; Hänninen, Pekka; Nyman, Christer; Räsinkoski, Asko & Wiljander, Mats. 2016. Aurinkoenergia Suomessa. Helsinki: Into kustannus.
- 2 Perälä, Rae. 2017. Aurinkosähköä. Helsinki: Alfamer / Karisto Oy.
- 3 Ylinen, Marko; Olenius, Meri; Lähde, Petri; Lehto, Iina; Orrberg, Matti & Liuksiala, Lotta. 2021. Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus. ST-käsikirja 40. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 4 Aurinkopaneelin rakenne. Verkkoaineisto. Aurinkopaneeli.fi <http://aurinkopaneeli.fi/rakenne/>. Luettu 6.7.2023.
- 5 Sähkömarkkinalaki. 2013. 9.8.2013/553.
- 6 Valtioneuvoston asetus sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta annetun valtioneuvoston asetuksen muuttamisesta. 2020. 1133/22.12.2020.
- 7 Kaupungin rakennusjärjestys. 2021. Verkkoaineisto. Keravan kaupungin rakennusjärjestys. <[https://assets.ctfassets.net/ksssf3t869cm/1yLPofEqhQpbEEbWnfPSBz/bedf7fb95973b01cfd125d98e1d27aac/Keravan\\_kaupungin\\_rakennusj\\_rjestys\\_2021.pdf](https://assets.ctfassets.net/ksssf3t869cm/1yLPofEqhQpbEEbWnfPSBz/bedf7fb95973b01cfd125d98e1d27aac/Keravan_kaupungin_rakennusj_rjestys_2021.pdf)>. Päivitetty 1.8.2021. Luettu 22.7.2023.
- 8 Raukko, Jari. 2023. Rakennustarkastaja, Keravan kaupunki, Kerava. Sähköpostikeskustelu 26.7.2023.
- 9 Mikrotuotanto. Verkkoaineisto. Keravan energia. <<https://www.keravanenergia.fi/aurinkosahko/mikrotuotanto>>. Luettu 10.9.2023.
- 10 Aurinkosähköjärjestelmien paloturvallisuusohje. 2023. Verkkoaineisto. Pelastuslaitosten kumppanuusverkosto. <[https://pelastuslaitokset.fi/sites/default/files/2023-01/Aurinkos%C3%A4hk%C3%B6j%C3%A4rjestelmien\\_paloturvallisuusohje\\_S\\_18012023.pdf](https://pelastuslaitokset.fi/sites/default/files/2023-01/Aurinkos%C3%A4hk%C3%B6j%C3%A4rjestelmien_paloturvallisuusohje_S_18012023.pdf)>. Päivitetty 18.1.2023. Luettu 15.7.2023.
- 11 Aurinkopaneelit taloyhtiöön Keravan energia. Verkkoaineisto. Keravan energia.fi <<https://www.keravanenergia.fi/yrityksille/aurinkopaneelit/aurinkopaneelit-taloyhtioon/>>. Luettu 10.09.2023.

- 12 Aurinkopaneeli. Verkkoaineisto. Salotech. < <https://salotech.fi/wp-content/uploads/Datalehti-SALO-390-400-W-Mono-2022-FI.pdf>>. Päivitetty 1.2.2022. Luettu 24.7.2023.
- 13 Aurinkopaneelien kiinnitysteline. 2022. Verkkoaineisto. Salotelineet. <<https://www.salotelineet.fi/wp-content/uploads/2022/03/SALO-telineet-tasakatto-2022.pdf>>. Päivitetty 2.1.2022. Luettu 24.7.2023.
- 14 IEC 62548:2016. Aurinkosähköpaneelistot. Suunnitteluvaatimukset. Suomen Standardoimisliitto.
- 15 SFS-6000-5-52:2022. Pienjännitesähköasennukset. Osa 5–52: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Johtojärjestelmät. Suomen Standardoimisliitto.
- 16 Verkkoinvertteri. Verkkoaineisto. Sonepar verkkokauppa. <<https://verkkokauppa.sonepar.fi/fi/invertteri-growatt-mid-20ktl3-x-v007036>>. Luettu 12.8.2023.
- 17 EU Joint Research Center PVGIS -laskentatyökalu. 2022. Verkkoaineisto. European Union, 1995-2023, European Commission. <[https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en)>. Päivitetty 3.1.2022. Luettu 28.7.2023.
- 18 Finsolar-hanke kannattavuuslaskuri. 2020. Verkkoaineisto. Finsolar. <<https://finsolar.net/kannattavuus/kannattavuuslaskurit/>>. Päivitetty 4.2020. Luettu 28.7.2023.

## Taloyhtiön liittymän tehotietoraportti



# Prysmian Group -aurinkokaapeli

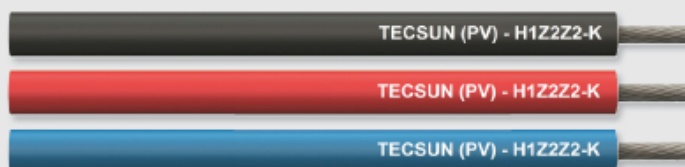
**Prysmian**  
Group



**Afumex®**

## TECSUN 1 kV LSZH (H1Z2Z2-K)

Lämmönkestävä halogeeniton aurinkokennojärjestelmien kaapeli



### NIMELLISJÄNNITE

$U_0/U = 1,0/1,0(1,2)$  kV AC

$U_0/U = 1,5/1,5(1,8)$  kV DC

### KÄYTTÖ

Kaapeli on pääsääntöisesti tarkoitettu aurinkokennojärjestelmiin ja erityisesti järjestelmien tasavirtapuolelle (DC). Kaapelit soveltuvat sisä- ja ulkokäyttöön sekä käytettäväksi Protecting Class II -suojaustason laitteistoissa. Kaapelin vaippa ei ole erotettavissa erityksestä.

Johtimen suurin sallittu lämpötila:

- jatkuvassa käytössä 90 °C
- erityiskäytössä 120 °C
- vikatilanteessa (kesto enintään 5 s) 250 °C

Alin suositeltu käsittelylämpötila (3) -25 °C

Pienin suositeltu taivutussäde:

- normaalissa käytössä 6xD
- lopullisessa, kiinteässä asennuksessa kertataivutuksena 4xD

Suurin sallittu asennusvetovoima (johtimista) on 50x A N/mm<sup>2</sup>

Suurin sallittu käytön aikainen vetovoima (johtimista) on 15x A N/mm<sup>2</sup>

### RAKENNE

**Johtin** Hienolankainen tinattu kuparijohtin

**Eristys** Halogeeniton kumi

**Vaippa** Halogeeniton kumi

### VAIHETUNNISTUS

Musta (MU), sininen (SI), punainen (PU)

### STANDARDIT

EN 50618  
EN 50575:2014+A1:2016  
EN 13501-6, luokka: Eca (CPR-paloluokitus)  
IEC 60332-1-2 (itsestään sammuva)  
IEC 61034 (vähän savuava)  
IEC 60754 (halogeeniton)

### SERTIFIKAATIT, HYVÄKSYNNÄT

<VDE>

Kaapeli ei sisällä raaka-aineita REACH/SVHC-luokasta.  
Kaapeli täyttää raaka-aineltaan RoHS-direktiivin vaatimukset.

### SUORITUSTASOILMOITUS (DoP)

CE Ref. nro 1000831

02.01.2019 © Prysmian Group. Kaikki oikeudet pidätetään.

Tämän asiakirjan sisältämää tietoa ei saa kopioida tai käyttää missään muodossa osaksi tai kokonaan ilman Prysmian Groupin kirjallista lupaa. Informaation uskotaan olevan ajan tasalla julkaisujankohdanta. Prysmian Group pidättää itselleen oikeuden korjata asiakirjan sisältämää tietoa ilman erillistä ilmoitusta. Spesifikaatio ei ole juridisesti pätevä ilman Prysmian Groupin erillistä sitoumusta.

## Llittäntäkaapelit TECSUN 1 kV LSZH (H1Z2Z2-K)

### OMINAISUUDET

TUOTTEEN NIMI	TECSUN 2,5 LSZH	TECSUN 4 LSZH	TECSUN 6 LSZH	TECSUN 16 LSZH	TECSUN 25 LSZH	TECSUN 35 LSZH	TECSUN 50 LSZH	TECSUN 70 LSZH	TECSUN 95 LSZH	
Sähkönumero jäväri	MU 0403260	MU 0403262	MU 0403265	MU 0403270	MU 0403282	MU 0413055	MU 0403284	MU 0406272	MU 0406273	
Sähkönumero jäväri	PU 0403261	PU 0403264	PU 0403266							
Sähkönumero jäväri			SI 0403269							
Vakloppitus, (plen)kolapakkkaus	PK500	PK500	K500	K500	K500	K500	K500	K500	K500	
<b>RAKENNETIETOJA (1)</b>										
Kaapelin ulkohalkaisija (D)	mm	5,4	5,9	6,4	10	11	13	15	17	19
Kaapelin massa	kg/km	50	70	80	200	290	400	560	750	970
<b>SÄHKÖISIÄ ARVOJA (2)</b>										
Johtimen maks. tasavirtaresistanssi 20 °C lämpötilassa	Ω/km	8,21	5,09	3,39	1,24	0,795	0,565	0,393	0,277	0,21
<b>KUORMITETTAVUUS</b>										
Asennustapa EN 50618 esim. yksittäinen kaapeli ilmassa	A	41	55	70	132	176	218	276	347	416

(1) Likiarvo

(2) Katso taulukkoarvojen lähtöolettamukset kappaleesta Yleistä tuotetietoa, Energia-, teollisuus- ja talonrakennuskaapelit -luettelosta.

(3) Asennettaessa kaapelia alhaisessa lämpötilassa on noudatettava erityistä varovaisuutta.

02.01.2019 © Prysmian Group. Kaikki oikeudet pidätetään.

Tämän asiakirjan sisältämä tieto ei saa kopioida tai käyttää missään muodossa osaksi tai kokonaan ilman Prysmian Groupin kirjallista lupaa. Informaation uskotaan olevan ajan tasalla julkaisuajankohtana. Prysmian Group pidättää itselleen oikeuden korjata asiakirjan sisältämää tietoa ilman erillistä ilmoitusta. Spesifikaatio ei ole juridisesti pätevä ilman Prysmian Groupin erillistä sitoumusta.

**Prysmian**  
Group

## 27 kWp -järjestelmän takaisinmaksuaika

Aurinkosähkön kustannus- ja tuottolaskelmat järjestelmän elinkaaren aikana:

Järjestelmän pitoaika vuosina	Aurinko- sähkön tuotanto kWh/v	Ostosäh- kön hankinta- kustannus	Aurinkosäh- kön tuotantoa vastaavaan ostosähkön	Aurinkosähkön investoinnin kattamaksi- en tai lainaerät	Rahoitus- en korrokulut	Ylläpito- ja huolto- kustannukset	Aurinkosäh- kön yhteensä	Aurinkosäh- kön ylläjä- myyntihinta eur/kWh	Aurinkosäh- kön ylläjä- myyntituotot	Aurinkosäh- kön tuotannon arvo	Kassavir- ta euv	Investoinnin kumulatiivinen tuotto euv/	Investoinnin nettonykyar- vo (NPV) laskentakorot	Takaisinmak- su- vuodet
1	23936	0,18 €	€4 234,9	€10 800	€2 159,8	€100,0	€12 959,8	€0,06	€71,8	€4 095,0	-€8 865	-€8 865	-€8 865	1
2	23816	0,18 €	€4 213,7	€10 800	€1 296,0	€100,0	€12 196,0	€0,06	€71,4	€4 074,5	-€8 122	-€16 986	-€8 122	1
3	23697	0,18 €	€4 192,7	€10 800	€684,0	€100,0	€11 764,0	€0,06	€70,7	€4 054,1	-€7 710	-€24 696	-€7 710	1
4	23579	0,18 €	€4 171,7	€10 800	€432,0	€100,0	€11 332,0	€0,06	€70,4	€4 033,8	-€7 298	-€31 994	-€7 298	1
5	23461	0,18 €	€4 150,8	€10 800	€0,0	€100,0	€10 900,0	€0,06	€70,0	€4 013,7	-€6 886	-€38 881	-€6 886	1
6	23344	0,18 €	€4 130,1		€0,0	€100,0	€100,0	€0,06	€70,0	€3 993,6	€3 894	-€34 987	€3 894	0
7	23227	0,18 €	€4 109,4		€0,0	€100,0	€100,0	€0,06	€69,7	€3 973,6	€3 874	-€31 114	€3 874	0
8	23111	0,18 €	€4 088,9		€0,0	€100,0	€100,0	€0,06	€69,3	€3 953,8	€3 854	-€27 260	€3 854	0
9	22995	0,18 €	€4 068,4		€0,0	€100,0	€100,0	€0,06	€69,0	€3 934,0	€3 834	-€23 426	€3 834	0
10	22880	0,18 €	€4 048,1		€0,0	€100,0	€100,0	€0,06	€68,6	€3 914,3	€3 814	-€19 611	€3 814	0
11	22766	0,18 €	€4 027,8		€0,0	€100,0	€100,0	€0,06	€68,3	€3 894,8	€3 795	-€15 817	€3 795	0
12	22652	0,18 €	€4 007,7		€0,0	€100,0	€100,0	€0,06	€68,0	€3 875,3	€3 775	-€12 041	€3 775	0
13	22539	0,18 €	€3 987,7		€0,0	€100,0	€100,0	€0,06	€67,6	€3 855,9	€3 756	-€8 285	€3 756	0
14	22426	0,18 €	€3 967,7		€0,0	€100,0	€100,0	€0,06	€67,3	€3 836,6	€3 737	-€4 549	€3 737	0
15	22314	0,18 €	€3 947,9		€0,0	€3 788,0	€3 788,0	€0,06	€66,9	€3 817,4	€29	-€4 519	€29	0
16	22202	0,18 €	€3 928,2		€0,0	€100,0	€100,0	€0,06	€66,6	€3 798,4	€3 698	-€821	€3 698	0
17	22091	0,18 €	€3 908,5		€0,0	€100,0	€100,0	€0,06	€66,3	€3 779,4	€3 679	€2 858	€3 679	0
18	21981	0,18 €	€3 889,0		€0,0	€100,0	€100,0	€0,06	€65,9	€3 760,5	€3 660	€6 519	€3 660	0
19	21871	0,18 €	€3 869,5		€0,0	€100,0	€100,0	€0,06	€65,6	€3 741,7	€3 642	€10 160	€3 642	0
20	21762	0,18 €	€3 850,2		€0,0	€100,0	€100,0	€0,06	€65,3	€3 723,0	€3 623	€13 783	€3 623	0
21	21653	0,18 €	€3 830,9		€0,0	€100,0	€100,0	€0,06	€65,0	€3 704,3	€3 604	€17 388	€3 604	0
22	21544	0,18 €	€3 811,8		€0,0	€100,0	€100,0	€0,06	€64,6	€3 685,8	€3 586	€20 974	€3 586	0
23	21437	0,18 €	€3 792,7		€0,0	€100,0	€100,0	€0,06	€64,3	€3 667,4	€3 567	€24 541	€3 567	0
24	21330	0,18 €	€3 773,8		€0,0	€100,0	€100,0	€0,06	€64,0	€3 649,1	€3 549	€28 090	€3 549	0
25	21223	0,18 €	€3 754,9		€0,0	€100,0	€100,0	€0,06	€63,7	€3 630,8	€3 531	€31 621	€3 531	0
26	21117	0,18 €	€3 736,1		€0,0	€100,0	€100,0	€0,06	€63,4	€3 612,7	€3 513	€35 133	€3 513	0
27	21011	0,18 €	€3 717,4		€0,0	€100,0	€100,0	€0,06	€63,0	€3 594,6	€3 495	€38 628	€3 495	0
28	20906	0,18 €	€3 698,8		€0,0	€100,0	€100,0	€0,06	€62,7	€3 576,6	€3 477	€42 105	€3 477	0
29	20802	0,18 €	€3 680,3		€0,0	€100,0	€100,0	€0,06	€62,4	€3 558,7	€3 459	€45 563	€3 459	0
30	20698	0,18 €	€3 661,9		€0,0	€100,0	€100,0	€0,06	€62,1	€3 540,9	€3 441	€49 004	€3 441	0
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>668369</b>		<b>€118 252</b>		<b>€4 751,8</b>	<b>€6 588,0</b>	<b>€65 339,8</b>		<b>€2 005,1</b>	<b>€114 344,1</b>				<b>5</b>

**Yhteenveto: investoinnin tuotto- ja kannattavuuslaskelmat**

Investoinnin nettonykyarvo 30 vuoden käyttöajalla

3 441 €

eurua

Takaisinmaksuaika laskentakorolla

5 vuotta