

Maarit Pesonen

## **Aurinkolämpöjärjestelmä**

Investoinnin kannattavuus case-tilalla

Opinnäytetyö  
Syksy 2018  
SeAMK Ruoka  
Agrologi (AMK)

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: SeAMK Ruoka

Tutkinto-ohjelma: Agrologi (AMK)

Suuntautumisvaihtoehto: Elintarviketuotantoprosessi

Tekijä: Maarit Pesonen

Työn nimi: Aurinkolämpöjärjestelmä. Investoinnin kannattavuus case-tilalla

Ohjaaja: Juha Tiainen

Vuosi: 2018

Sivumäärä: 43

Liitteiden lukumäärä: 1

---

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia ja selvittää, onko aurinkolämpöjärjestelmään investointi kannattavaa nykyisillä hinnoilla case-tilan hallin lämmittämiseksi ja lämpimän veden tuottamiseksi. Tilalla pohditaan aurinkolämpöjärjestelmän liittämistä hallin lämmitykseen. Hallissa ei tällä hetkellä ole lämmitysjärjestelmää, koska halli ei ole vielä valmis. Tulevaisuudessa hallissa on vesikiertoinen lämmitys, jonka energialähteet vaikuttavat mahdollisimman vähän ilmaston muutokseen.

Työ on luonteeltaan perustutkimusta. Tutkimuksessa hyödynnettiin aurinkoenergia-alan kirjallisuutta ja haastateltiin asiantuntijaa. Työn alussa kerrottiin aurinkoenergiasta ja miten sitä voitiin hyödyntää. Lisäksi kuvattiin eri keräintyyppisiä sekä kuluttajien ja asiantuntijain kokemuksia aurinkokeräimistä.

Aurinkoenergian kannattavuuden selvittämiseksi lähetettiin tarjouspyyntöjä aurinkolämpöpaketeista kolmeen eri yritykseen, joista kahdesta saatiin tarjous. Näiden tutkimustulosten perusteella saatiin selville, että hallin lämmityksessä kannattaa käyttää pääasiassa haketta, joka oli tarjoushetkellä melko edullista polttoainetta. Investointihinnat yksinomaan aurinkolämpöjärjestelmään olivat hakkeen hintaan verrattuna vielä korkeat.

Avainsanat: aurinkolämpö, aurinkokeräin

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Food and Agriculture

Degree programme: Agriculture and Rural Enterprises

Specialisation: Food production process

Author/s: Maarit Pesonen

Title of thesis: Profitability of Investment in Solar Thermal System on a Case Farm

Supervisor(s): Juha Tiainen

Year: 2018

Number of pages: 43

Number of appendices: 1

---

The purpose of this thesis was to find out whether the investment in the solar thermal system is profitable at current prices to heat the case hall and warm water. The owners are considering to connect a solar thermal system to the heating of the hall. There is currently no heating system in the premises because the hall is not yet complete.

My work represents basic research. Sources used in the research were literature of solar energy and an expert interview. The first chapter describes solar energy in general and its use for different purposes. The following chapters discuss different types of solar collectors and the consumers' and experts' experiences of them.

To determine the profitability of investing in solar energy, requests for offers on solar thermal systems were sent to three different companies of which two responded. Based on the research results, it was found out that in the heating system of the case hall it is the most cost-efficient to use wood chips, which at the time of the offers were relatively inexpensive. Investment prices for the solar thermal system were still high compared to the price of wood chips.

Keywords: solar heating, solar collector

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Käytetyt termit ja lyhenteet .....	6
1 JOHDANTO .....	7
2 ILMASTON LÄMPENEMINEN JA ENERGIA TEHOKKUUS .....	9
3 MITÄ AURINKOENERGIA ON?.....	12
4 AURINKOENERGIAN HYÖDYNTÄMINEN .....	14
4.1 Passiivinen hyödyntäminen.....	14
4.2 Aktiivinen hyödyntäminen .....	14
5 AURINKOKERÄIMET JA NIIDEN ASENNUS .....	16
5.1 Aurinkokeräimet .....	16
5.1.1 Tasokeräin .....	17
5.1.2 Tyhjiöputkikeräin .....	18
5.1.3 Ilmakeräin .....	20
5.2 Aurinkokeräimen suuntaaminen.....	21
5.3 Kallistuskulma .....	22
5.4 Aurinkolämpöjärjestelmän hyötysuhteisiin vaikuttavat asiat.....	22
6 KOKEMUKSIA AURINKOKERÄIMISTÄ.....	24
7 KOHTEEN ESITTELY.....	26
8 AURINKOKERÄINTEN YLEINEN MITOITUS .....	30
9 AURINKOKERÄINTEN MITOITUS HALLIKOHTEESEEN .....	32
10 AURINKOLÄMPÖJÄRJESTELMÄN KUSTANNUSARVIOINTI .....	33
11 YHTEENVETO.....	36
LÄHTEET .....	38
LIITTEET.....	43

## Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Auringon säteily ja sen takaisin heijastus.....	13
Kuva 2. Aurinkolämpöjärjestelmän toiminta .....	15
Kuva 3. Tasokeräimen poikkileikkaus .....	17
Kuva 4. Tyhjiöputkikeräimen toimintaperiaate .....	19
Kuva 5. Ilmakeräimen poikkileikkaus ja toimintaperiaate .....	20
Kuva 6. Ilmakeräin asennettuna seinään .....	21
Kuva 7. Hallin eteläpuoleinen julkisivu marraskuussa 2018.....	27
Kuva 8. Havainnekuva auringon säteilyn tehokkuudesta hallin katolle .....	28
Kuvio 1. Asennettujen aurinkokeräinten määrä EU:ssa ja kustannus .....	11
Taulukko 1. Lämpöjärjestelmän kustannusarviointi.....	34

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>Absorbaattori</b>	Aurinkokeräimessä oleva osa, joka vastaanottaa ja muuttaa auringonsäteilyn lämmöksi.
<b>Absorptio</b>	Auringon säteilyenergian imeytymistä kappaleeseen.
<b>Atsimuuttikulma</b>	Suuntakulma, mikä ilmoittaa poikkeamaa etelän (0°) suunnasta.
<b>Aurinkovakio</b>	Säteilyn teho ilmakehän ulkopuolella kohtisuoralle pinnalle, joka on noin 1360 W/m <sup>2</sup> .
<b>Deklinaatio</b>	Aurinkokeräimen ja vaakatason välinen kulma.
<b>Fuusioreaktio</b>	Atomien yhteenliittymistä, josta vapautuu energiaa.
<b>Diffuusinen säteily</b>	Ilmakehän molekyyleistä, pilvistä ja maasta heijastuvaa hajasäteilyä.
<b>Selektiivinen</b>	Pinnoite, mikä ottaa vastaan tehokkaasti auringonsäteilyä ja estää lämpösäteilyn karkaamisen. Lasi, jolla on lämmöneristyskyky.

# 1 JOHDANTO

Ilmastonmuutos pakottaa tekemään valintoja, joilla voidaan estää ilmaston lämpeneminen. Ilmastonmuutosta ja sen seurauksia voidaan pyrkiä estämään erilaisin toimenpitein. Fossiilisten polttoaineiden käytön vähentäminen ja siirtyminen ilmastoystävällisiin polttoaineisiin vähentävät kasvihuonekaasujen määrää. Uusiutuvien energialähteiden käyttö ilmaston lämpenemisen ehkäisemiseksi on tärkeää ja ajankohtaista. Ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi Yhdistyneet Kansakunnat (YK) ovat linjanneet ilmastopoliittisia sopimuksia. Ilmastopoliittisella sopimuksella pyritään estämään ilmaston lämpenemistä kahta astetta enempiä esiteolliseen tasoon verrattuna. (Ympäristöministeriö 2017.)

Aurinkolämpöjärjestelmien hinnat ovat pudonneet vuodesta 1995 lähtien globaalin kaupan käynnin myötä (European Solar Thermal Industry Federation 2013). Tutkimuksessa pohditaan, onko aurinkolämpöjärjestelmään investointi kannattavaa työn tutkimuskohteessa tämän hetkisten aurinkolämpöjärjestelmien hintojen perusteella. Tämän työn tarkoitus on tutkia case-tilan hallin lämmitystä ja toissijaisesti siihen sisältyvän saunan käyttöveden lämmitystä aurinkoenergialla. Tutkimuksessa pohditaan, montako aurinkokeräintä tarvitaan noin 300 m<sup>2</sup> hallin lämmittämiseen. Pohditaan, millainen aurinkolämpöjärjestelmän tulee olla, että se on taloudellisesti järkevä kyseessä olevan hallin ja hallikokonaisuuteen kuuluvan saunan käyttöveden ja kosteiden tilojen lämmittämiseen. Tilalla on valmiina lämpövaraaja, johon aurinkokeräimet tultaneen liittämään levylämmönvaihtimella.

Aurinkolämpöä voidaan hyödyntää kevästä syksyyn. Kesällä hallia ei tarvitse lämmittää, mutta käyttövesi ja kosteat tilat vaativat lämmitystä.

Työssä on ajatuksena, että aurinkolämmön hyödyntämisellä tila vapautuisi tulevaisuudessa kesäaikaisesta lämmityksestä. Lämpöä tarvitaan kuitenkin veden ja kosteiden tilojen lämmitykseen. Tilalliset haluavat ja ovat kiinnostuneita käyttämään aurinkolämpöä päälämmitysmuodon ohella. He haluavat myös omilla valinnoillaan olla estämässä ilmaston lämpenemistä ja kasvihuonekaasujen syntymistä.

Tutkimus on tapaustutkimusta ja jatkossa käytän case-kohteesta sanaa halli. Tutkimuksessa käytän arvioita hallin energiakulutuksesta, koska halli ei ole vielä valmis.

Aurinkosähköä ja sen hyödyntämistä lämmöksi ei käsitellä tässä työssä. Pääpaino on lämmön tuotannossa.

Saapuneet tarjouspyynnöt anonymisoidaan, koska tarjoushinnat voivat vaihdella kohteen ja paikkakunnan mukaan. Aurinkolämpöjärjestelmistä tehdään tarjouspyyntöjä ja saatuja hintoja verrataan omavalmisteisen aurinkolämpöjärjestelmän kustannushintoihin. Hintoja vertaamalla pyritään löytämään edullisin ratkaisu aurinkolämpöjärjestelmäksi tilalle. Tavoitteena on löytää taloudellisin ratkaisu aurinkolämpöjärjestelmäksi.

Luvussa kaksi kerrotaan ilmastonmuutoksesta ja aurinkolämpöjärjestelmiin investoitujen lukumäärästä Suomessa ja ulkomailla. Siellä kerrotaan, mitkä tekijät puoltavat aurinkojärjestelmiin investointia. Luvuissa kolme ja neljä tehdään selvitys aurinkoenergiasta ja miten sitä voidaan hyödyntää. Eri aurinkokeräintyyppisiä ja aurinkokeräinten asennusta käsitellään luvussa viisi. Aurinkokeräintyyppien valitsemiseksi kohteeseen, etsitään kuluttajien kokemuksia aurinkolämmöstä. Kuluttajien ja asiantuntijan kokemukset aurinkokeräimistä ja aurinkolämmöstä kerrotaan luvussa kuusi. Tutkimuskohde esitellään luvussa seitsemän. Luvuissa kahdeksan ja yhdeksän kerrotaan aurinkokeräinten mitoituksesta yleisesti ja tutkittavaan kohteeseen. Luvussa kymmenen arvioidaan aurinkolämpöjärjestelmän kustannusta. Tutkielman yhteenveto kerrotaan luvussa yksitoista.



## 2 ILMASTON LÄMPENEMINEN JA ENERGIATEHOKKUUS

EU on asettanut tavoitteita maapallon ilmaston lämpenemisen hillitsemiseksi. Tavoitteeksi on asetettu 20 %:a vähemmän kasvihuonepäästöjä ja 20 %:a enemmän uusiutuvien energialähteiden osuutta 1990-lukuun verrattuna. Suomessa on uusiutuvien energialähteiden osuudeksi asetettu tavoite 38 %:a vuoteen 2020 mennessä. (Ilmasto-opas, [viitattu 18.9.2018].)

Energian vastuullinen käyttö ja energiatehokkuuden parantaminen alentavat kasvihuonepäästöjä. Fossiilisten polttoaineiden käyttö lisää kasvihuonepäästöjä. Kasvihuonepäästöillä kuten hiilidioksidilla on vaikutusta ilmaston lämpenemiseen. Suomessa pyritään luopumaan hiilenkäytöstä ja lisäämään uusiutuvien energialähteiden käyttöä kustannustehokkaasti. Tavoitteena on uusiutuvien energialähteiden käytön nostaminen yli 50 prosenttiin ja yli 55 prosentin omavaraisuuteen 2020-luvulla. Päästöjen vähennystavoite on 80–95 %:a vuoteen 2050 mennessä 1990-luvun tasosta. (Ilmasto-opas, [viitattu 18.9.2018].)

FinSolarin (2016) tutkimustulosten mukaan aurinkoenergiaan investointi on taloudellisesti kannattavaa, jos aurinkoenergialla korvataan kalliimpia energialähteitä, aurinkoenergiaa käytetään omassa kohteessa ja kannattavuus lasketaan 25 vuoden aikavälillä. Tämä aika vastaa suunnilleen aurinkokeräinten ja -paneelien takuu-aikaa. Myös Työ- ja elinkeinoministeriön energiatuki lisää kannattavuutta yrityksissä ja kunnissa. Aurinkoenergian investoinnin kannattavuutta voidaan arvioida investoinnin sisäisellä korkokannalla, nettonykyarvolla ja energian omakustannushinnalla. Kannattavuuden arviointimenetelmäksi ei kannata käyttää pelkästään takaisinmaksuaikaa, koska aurinkokeräimet ovat käyttövarmoja ja pitkäikäisiä (Auvinen 2015, 32.)

Suomessa aurinkoenergiaan liittyvää liiketoimintaa on ollut jo 1970 ja 1980 -luvuilla. Vuonna 2009 aurinkoenergian kiinnostavuus kasvoi, mutta vasta 2014 maailmanmarkkinoiden laskevat hinnat tekivät aurinkoenergiasta kannattavaa myös Suomessa. Näkyvästi investointeja aurinkoenergiaan alettiin tehdä vuonna 2015. (Auvinen ym. 2016, 8.) Aurinkolämpöjärjestelmien määrästä ei ole tarkkaa tietoa, koska Suomessa ei ole järjestelmää, josta voitaisiin kerätä vuosittaiset tiedot aurinkokeräinten määrästä (Auvinen 2018).

Suomessa yksityissektorilla on kuitenkin vielä vähän hyödynnetty aurinkoenergiaa, koska tukipolitiikka ei edistä yksityisen investointia aurinkoenergiaan. Työ- ja elinkeinoministeriön myöntämään energiatuen piiriin eivät kuulu kotitaloudet, taloyhtiöt ja asukasosuuskunnat (Auvinen & Vartia 2016, 31). Auvisen ja Liuksialan (2016, 27–28) mukaan Työ- ja elinkeinoministeriö myönsi vuonna 2016 yritysten aurinkolämpöinvestointien kustannuksiin 20 % ja maatiloille 35 %. Kotitalousvähennyksen osuus on 45 % työn osalta. Pienituloiset kotitaloudet voivat hakea ARA:n energiaavustusta, jota on tarjolla rajoitetusti (Auvinen & Vartia 2016, 31).

Aurinkokeräinten ja oheislaitteiden hinnat ovat melko kalliita, joten investointi kyseisiin laitteisiin on ollut vähäistä. Hinnat kuitenkin laskevat koko ajan, jolloin investointi aurinkokeräimiin on mahdollista myös täällä Suomessa. (Auvinen 2015, 47.)

Aurinkolämpöratkaisut ja omavaraisuuden lisääminen esimerkiksi kausivarastoihin vaativatkin vielä kehittämistä. Esimerkiksi kokkolalaisella Heliostorage-yrityksellä on ideana varastoida aurinkoenergiaa kallioon, mistä se talven aikana otetaan käyttöön (Heliostorage, [viitattu 2.9.2018]).

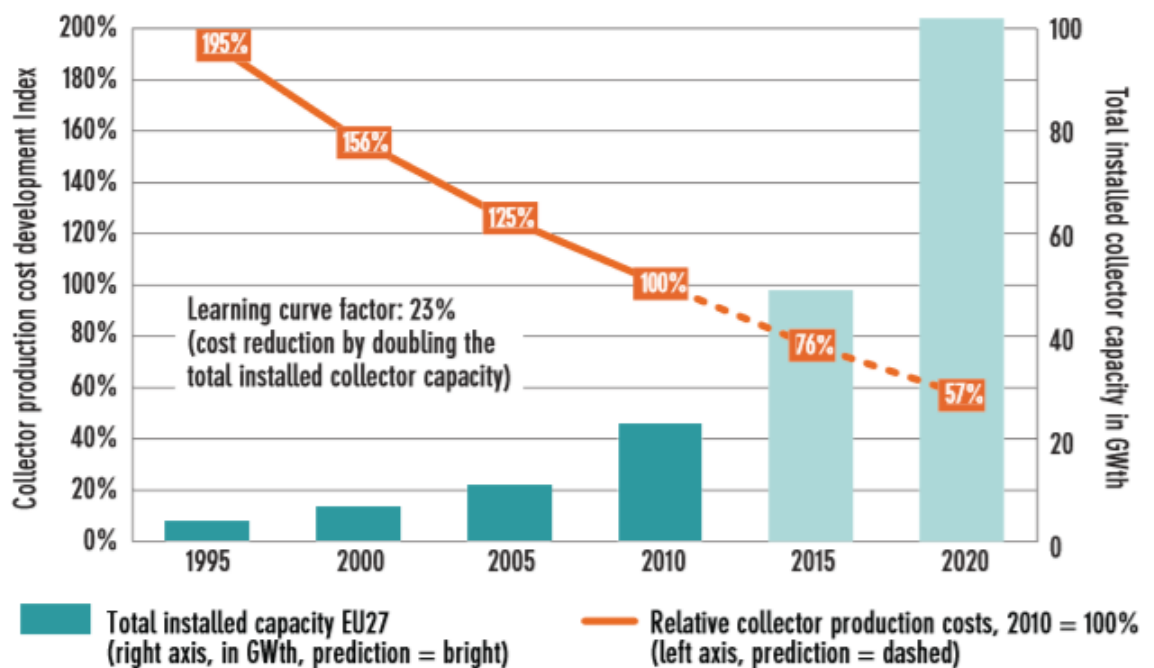
Saksassa ja Tanskassa aurinkoenergiaan on vahvasti panostettu ja näissä maissa aurinkoenergia-alan kasvu onkin ollut suurta. Vuonna 2014 Suomessa asennettiin aurinkokeräimiä yhteensä 4 000 m<sup>2</sup>. Samana vuonna Saksassa asennettiin aurinkokeräimiä 900 000 m<sup>2</sup> ja Tanskassa 180 000 m<sup>2</sup>. Vuonna 2016 aurinkokeräimiä arvioitiin olevan Tanskassa 600 000 m<sup>2</sup>. (Kuokkanen 2016, 5.) Myös Kiina, Japani ja Yhdysvallat ovat kasvattaneet aurinkoenergian suosiota (Pervilä 2015).

Suomessakin aurinkoenergian lämmityspotentiaalia löytyy, vaikka sitä toistaiseksi hyödynnetäänkin vielä vähän. Suomessa on korkean teknologian osaamista, mikä tukee aurinkolämmön hyödyntämis- ja varastointikohteiden jatkuvaa kehittämistä.

Tällä hetkellä aurinkosähkön tuotantoon on kiinnitetty suurempaa huomiota ja aurinkoenergian käyttö nimenomaan lämmitykseen on jäänyt vähäisemmälle huomiolle. Oletuksena on, että aurinkolämpöjärjestelmien tullessa tutummaksi, aurinkokeräinten asennuspinta-ala Suomessa tulee kasvamaan lähitulevaisuudessa (Sundial, [viitattu 7.9.2018]).

Kuviossa 1. havainnollistetaan aurinkolämpökapasiteetin kasvusta vuosina 1995–2020 Euroopan Unionissa. Samaisesta kuvioista voidaan huomata kustannusten alenevan kehitysnäkymän. (Kuvio 1.)

Aurinkolämpömarkkinoiden vähäinen yleistyminen Suomessa johtuu osaksi aurinkolämpöjärjestelmien monimutkaisemmasta kytkentätavasta energiajärjestelmään kuin aurinkosähkön. Myös kaukolämpöyhtiöillä ei ole kiinnostusta aurinkolämmön hyödyntämisessä. (Lähienergia, [viitattu 8.9.2018].)



Kuvio 1. Asennettujen aurinkokeräinten määrä EU:ssa ja kustannus (European Solar Thermal Industry Federation 2013).

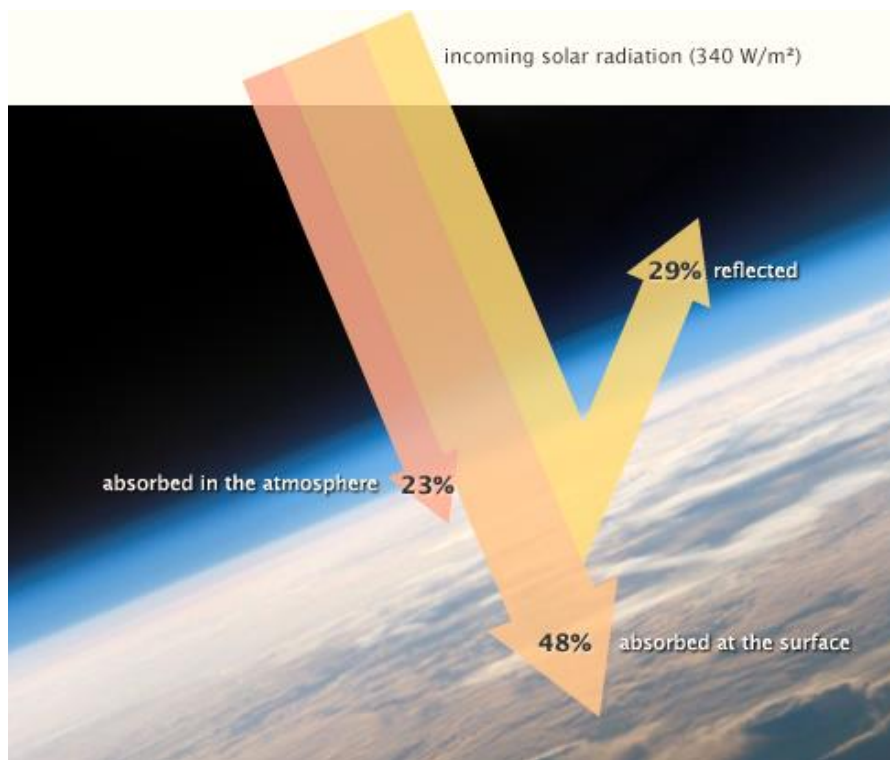
### 3 MITÄ AURINKOENERGIA ON?

Aurinkoenergia on auringon säteilystä saatavaa energiaa. Aurinko säteilee fuusio-reaktiosta vapautuvaa energiaa 150 miljoonan kilometrin päässä maasta. Auringon kokonaisteho on  $3,8 \times 10^{23}$  kilowattia. Maahan tulevaa säteilyä saadaan  $1,7 \times 10^{14}$  kilowattia. Auringon säteilemä kokonaismäärä ilmakehän ulkopuolella kohtisuoraan mitattuna on 1,35–1,39 kilowattia neliölle sekunnissa. Tämä lukema tarkoittaa aurinkovakiota, joka on noin 1,368 kilowattia neliölle. Auringon pintalämpötila on 5500 astetta. (Tahkokorpi ym. 2016, 11–13.)

Auringosta saatava säteilyenergia maapallolle yhden tunnin aikana, on moninkertainen koko ihmiskunnan käyttämään energiaan verrattuna yhden vuoden aikana. Ihmiskunta kulutti energiaa vuonna 2012 noin 16.5 TW ja auringon säteilemä energia koko maapallolle on noin 130 000 TW. (Lampila 2016.) Ilmakehässä oleva vesihöyry, kaasut ja hiukkaset vähentävät maahan tulevaa aurinkosäteilyä (Tahkokorpi ym. 2016, 13). Kirkkaalla säällä säteilyn määrä on noin 800–1000 wattia neliölle sekunnissa. Eli tunnissa auringon säteilyenergiaa saadaan 0,8–1 kWh neliölle. (Aurinkoenergia, [viitattu 2.10.2018].) Suomessa auringonpaisteen määrä vuodessa on noin 1000 tuntia. Tämä tarkoittaa, että neliömetrille saadaan aurinkoenergiaa 1000 kWh vuodessa. (Tahkokorpi ym. 2016, 13–14.)

Auringon säteily voidaan jakaa kolmeen osaan: suoraan, hajadiffuusiin säteilyyn ja ilmakehän vastasäteilyyn. Ilmakehän läpi tuleva säteily on suoraa auringonsäteilyä. Suoran säteilyn määrään vaikuttavat auringon korkeuskulma, pilvien määrä ja niiden paksuus. Hajasäteilyllä tarkoitetaan epäsuoraa säteilyä, joka heijastuu ilmakehän molekyyleistä, pilvistä ja maasta. Ilmakehän vastasäteily on lämpösäteilyä ilmakehän vesihöyrystä, hiilidioksidista ja otsonista. (Tahkokorpi ym. 2016, 14, 28.) Nämä yhdessä muodostavat pinnalle tulevan kokonaissäteilyenergian määrän. Yleisesti auringon säteilyä mitataan vaakatasolla. Tahkokorven ym. (2016, 14) mukaan hajasäteilyä on noin puolet kokonaissäteilyn määrästä vaakatasolla mitattuna. Tulevasta säteilystä noin 30 % heijastuu takaisin avaruuteen ja 20 % ilmakehään ja pilviin (Ala-Myllymäki 2016, 13).

Kuvassa 1. havainnollistetaan saapuvan auringonsäteilyn heijastusta. Ilmakehän läpäisee (absorbed at the surface) 48 % säteilyä, lämmittäen maata, vettä ja kasveja. Maan pinta, pilvet ja ilmakehän hiukkaset säteilevät (reflected) 29 % takaisin avaruuteen. Säteilystä 23 % sitoutuu pilviin ja ilmakehään (absorbed in the atmosphere). (Kuva 1.)



Kuva 1. Auringon säteily ja sen takaisin heijastus (Simmon, [viitattu 3.11.2018]).

## 4 AURINKOENERGIAN HYÖDYNTÄMINEN

### 4.1 Passiivinen hyödyntäminen

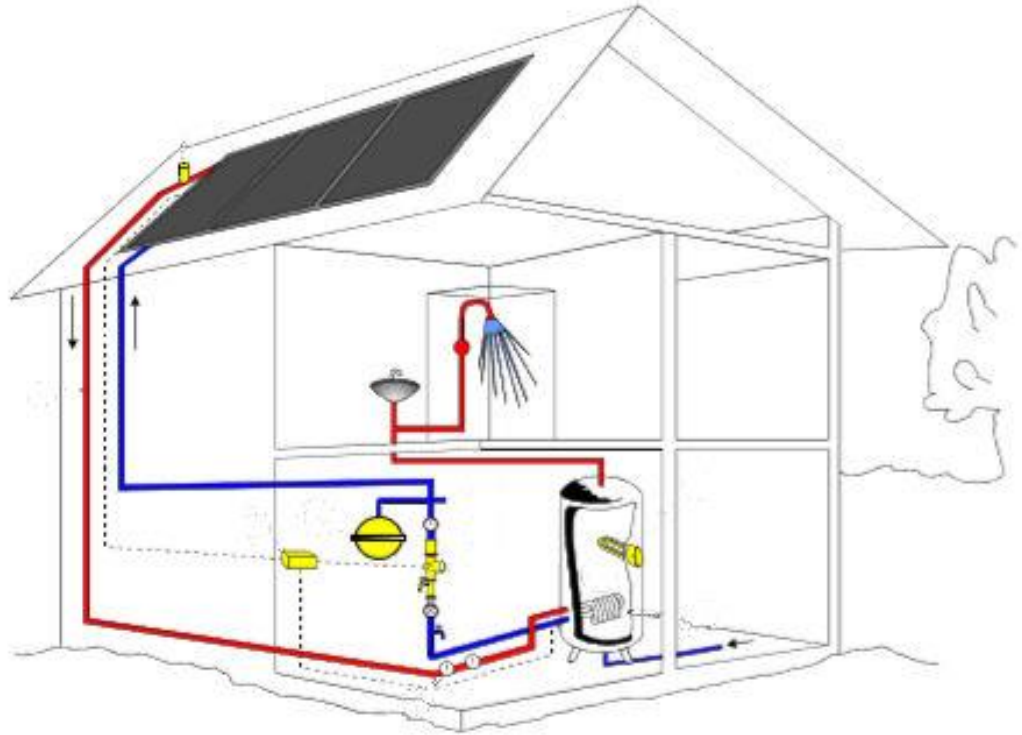
Aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää aurinkosähkönä tai aurinkolämpönä. Auringon säteilemä energia voidaan muuntaa joko sähköksi tai lämmöksi. Aurinkolämpöä voidaan hyödyntää joko passiivisesti tai aktiivisesti. Passiivinen hyödyntäminen tarkoittaa lämmön talteen ottamista ilman erillistä laitetta. Esimerkiksi rakennuksen sijoittuminen tontille, rakennuksen arkkitehtuuriset ratkaisut ja rakennusmateriaalit ovat tekijöitä, joiden avulla voidaan tehokkaasti hyödyntää auringon lämpöä ja valoa. Rakennus suunnataan siten, että suurin osa ikkunoista on etelään. Etelänsuunnasta saatava aurinkosäteily on noin 1000 kWh neliölle vuodessa. Katto- ja räystäsrakenteet suunnitellaan siten, että kevättalvella auringonsäteille on esteetön pääsy tiloihin ja kesäaikaan rakenteet varjostavat liialliselta auringonpaisteelta. Auringon päästessä vapaasti lämmittämään rakennuksen rakenteita, lämpö varastoituu rakenteisiin. Puustoa ja maastonmuotoja voidaan hyödyntää rakennuksen tuulisuojana ja näin vähentää lämpöhäviötä. Optimaalisesti sijoitettu ja asianmukaisesti rakennettu rakennus voi hyödyntää passiivisesti 20 % kokonaislämmöntarpeesta. (Tahkokorpi ym. 2016, 51–61.)

### 4.2 Aktiivinen hyödyntäminen

Aktiivisessa hyödyntämisessä auringon säteilyenergia kerätään/ vastaanotetaan aurinkokeräimillä tai aurinkopaneeleilla. Aurinkopaneelit muuntavat auringonsäteilyn sähköksi. Aurinkokeräimet keräävät auringon säteilyenergiaa muuttaen sen lämpöenergiaksi. Lämpöenergia siirretään koneellisesti aurinkokeräimestä lämpövarastoon. Lämpövarastona käytetään esimerkiksi lämminvesivaraajaa. Lämminvesivaraajasta vesi ohjautuu joko käyttöön tai tilojen lämmitykseen.

Lämmön siirtämiseksi aurinkokeräimistä vesivaraajaan ja sieltä käyttökohteeseen tarvitaan aurinkokeräinten lisäksi putkistoa, pumppua, ohjauslaitetta, varoventtiiliä, paisunta-astiaa, painemittaria ja liittimiä. (Ympäristöenergia, [viitattu 30.8.2018].)

Lämpöenergia siirretään ilman tai nesteen avulla aurinkokeräimestä lämpövarastoon ja sieltä putkia pitkin käyttökohteeseen. Kuvassa 2. esitetään aurinkolämpöjärjestelmän toiminta (Kuva 2).



Kuva 2. Aurinkolämpöjärjestelmän toiminta (Solpros 2006 muokattu).

## 5 AURINKOKERÄIMET JA NIIDEN ASENNUS

### 5.1 Aurinkokeräimet

Suomessa käytetään pääasiassa taso- ja tyhjiöputkikeräimiä. Aurinkokeräimillä voidaan lämmittää käyttövettä ja hyödyntää esimerkiksi kosteiden suihkutilojen lattialämmityksessä. Aurinkokeräimiä voidaan käyttää uima-altaan veden lämmityksessä. Aurinkokeräimillä ei kuitenkaan voida pääsääntöisesti lämmittää huonetiloja, koska energian tarve on suuri. (Erat ym. 2001, 92–93.) Aurinkoenergialla voidaan myös päästöttömästi jäähdyttää rakennuksia (VTT 2017).

Aurinkokeräimet eivät sovellu yksinään päälämmönlähteeksi, koska auringonsäteilyä on saatavilla jaksottaisesti vuodenajoista johtuen. Aurinkokeräimet voidaan kuitenkin liittää hybridilämmityksenä muun päälämmitysjärjestelmän rinnalle. Aurinkokeräimet soveltuvat öljy-, sähkö-, puu-, hake-, pelletti-, maalämpöjärjestelmiin. (Kiljo, [viitattu 31.8.2018].) Talvella lämmön tarve on suuri ja silloin aurinkosäteilyä ei juurikaan voida hyödyntää. Aurinkokeräimiä voidaan kuitenkin hyödyntää lämmöntuottoon kevästä syksyyn. Kuokkasen (2016, 7) mukaan Suomessa oleva käyttöaika on 8–10 kuukautta vuodessa. Lämpöistä käyttövettä tarvitaan ympäri vuoden, myös kosteita tiloja lämmitetään läpi vuoden.

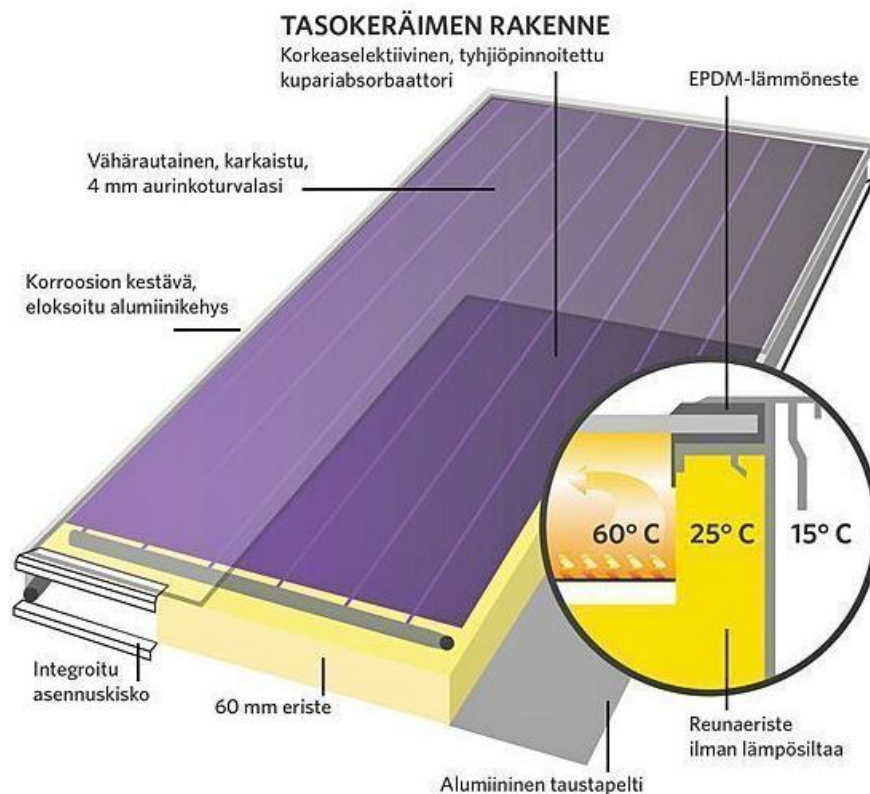
Aurinkokeräimet ottavat talteen auringonsäteilyenergiaa. Aurinkokeräimissä on tummapintainen kuparipelti, absorptiopinta, mikä kerää ja muuttaa auringon säteilyn lämmöksi. Absorbaattorin alapinnalla on putkisto, jossa vesi-jäänestonesteos (lämmönsiirtoneste) kiertää siirtäen lämpöä vesivaraajaan. Vesivaraajassa on aurinkokierukka, jonka läpi lämmönsiirtoneste kulkee lämmittäen varaajassa olevan viileän veden. Tämän jälkeen pumppu pumppaa jäähtyneen seoksen takaisin aurinkokeräimille. Ohjauksyksiköllä ohjataan aurinkolämpöjärjestelmän toimintaa. Ohjauksyksikkö käynnistää kiertovesipumpun lämpötilaerojen ollessa suuri aurinkokeräinten ja varaajan välillä. (Ympäristöenergia, [viitattu 30.8.2018].)

Aurinkokeräimet voidaan jakaa nestekiertoisiin tai ilmakiertoisiin. Nestekiertoisia aurinkokeräimiä ovat taso- ja tyhjiöputkikeräimet. Ilmakiertoisia kerääjiä ovat ilmakeräimet, jotka toimivat lämmönsiirtimenä. (Tahkokorpi ym. 2016, 80, 88.)



### 5.1.1 Tasokeräin

Yksi tasokeräin on kooltaan noin 2–4 m<sup>2</sup> ja painaa 50–60 kiloa (Motiva 2016c). Tasokeräin on yleisesti metallinen ja laatikonmuotoinen keräin, jossa auringonsäteilyä keräävä pinta on suorana tasona. Tasokeräimessä lähes koko pinta-ala ottaa auringon säteilyä vastaan. Tasokeräimessä on selektiivinen pinnoite ja läpinäkyvä karkaistu lasi tai muovikate. Selektiivisellä pinnoitteella estetään lämpösäteilyn karkaiminen. Lasin alla kulkee absorptioputkisto ja putkistossa lämmönsiirtoneste. Laatikon sisäpuoli on eristetty lämpöhäviön vähentämiseksi. (Tahkokorpi ym. 2016, 84–85.) Kuvassa 3. on tasokeräimen rakennekuva (Kuva 3).



Kuva 3. Tasokeräimen poikkileikkaus (Motiva 2016c).

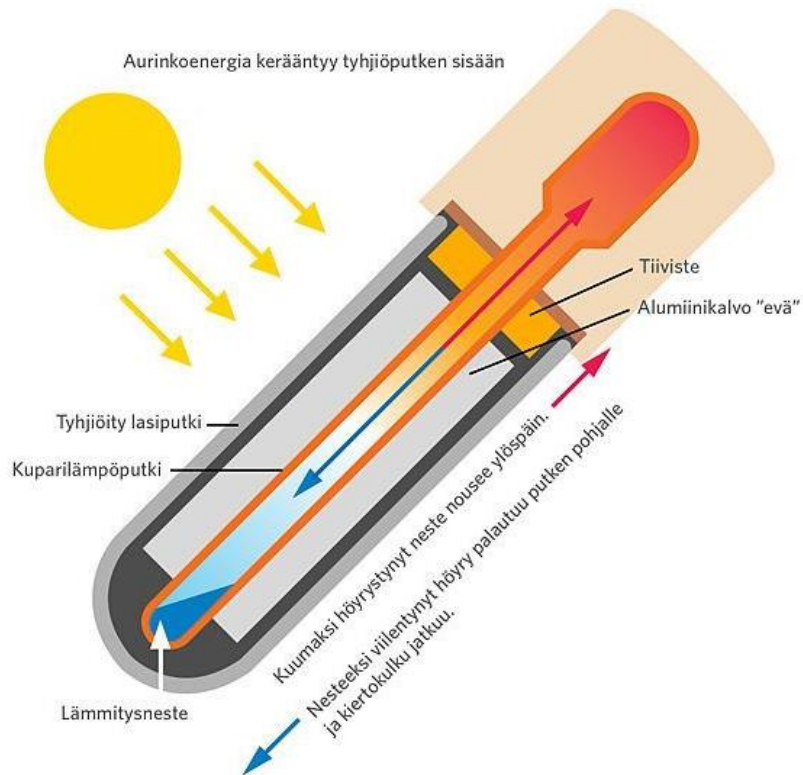
Laadukkaassa tasokeräijässä on hyvä auringonsäteilyn vastaanottokyky eli absorptiominaisuudet. Sen lisäksi tasokeräijässä on hyvä lämmönsiirtokyky lämmönsiirtoaineeseen. Laadukas tasokeräin on myös hyvin lämpöeristetty. (Tahkokorpi ym. 2016, 84.)

Tasokerääjässä lämpö voidaan siirtää joko nesteen tai ilman mukana lämpövaraajaan tai suoraan käyttökohteeseen. Vesi lämmönsiirtonesteenä omaa hyvät lämmönsiirto-ominaisuudet. Järjestelmän jäätyksen estämiseksi käytetään propyleeniglykolia. Propyleeniglykolilla on hieman huonompi lämmönsiirtokyky ja pumpattavuus kuin puhtaalla vedellä. Nesteen hyviä puolia ovat sen helppo lämmön siirrettävyys varaajaan ja säätömahdollisuudet. (Tahkokorpi ym. 2016, 80, 87.)

### 5.1.2 Tyhjiöputkikeräin

Tyhjiöputkikeräimet ovat putkenmallisia keräimiä. Putkimainen muoto kerää säteilyä joka puolelta. Tyhjiöputkikeräimiä on kahden eri mallista. Tyhjiöputkikeräimet voivat olla U-pipe tai Heat-pipe -mallisia. U-pipe keräimessä lämmönsiirtoneste kiertää u-muotoisessa putkistossa mustan auringonsäteilyä sitovan pinnan alla.

Heat-pipe keräimen (yksin- tai kaksinkertaisessa) tyhjiöputkessa on erillinen ja suljettu lämpöputki. Tyhjiöputki toimii hyvänä lämmöneristeenä. Heat-pipe mallisessa keräimessä aurinkoenergian lämmittämä lämmönsiirtoneste höyrystyy alhaisessa lämpötilassa ja nousee putken yläosaan. Putken yläpäässä lämpö vapautuu ja siirtyy lämmitysjärjestelmään. Heat-pipe putkessa jäähtynyt ja tiivistynyt neste valuu putken pohjalle. Tämän jälkeen nesteen lämmityskierto alkaa uudelleen. (Tahkokorpi ym. 2016, 81–82.) Kuvasta 4. nähdään tyhjiöputkikeräimen toimintaperiaate (Kuva 4).



Kuva 4. Tyhjiöputkikeräimen toimintaperiaate (Motiva 2016d).

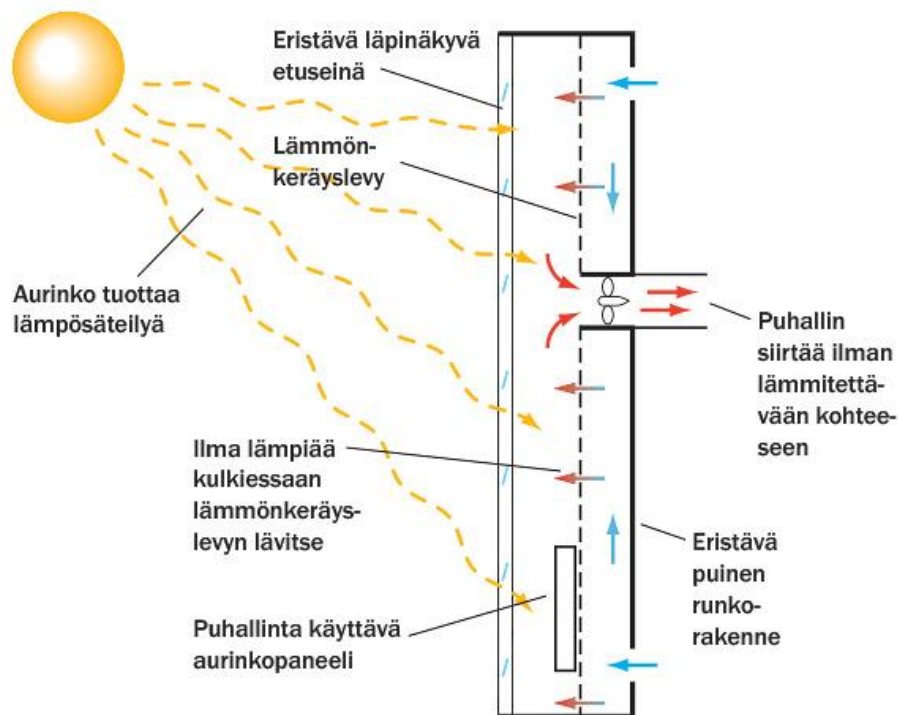
Tyhjiöputkikeräin kerää hajasäteilyä paremmin kuin tasokeräin. Tyhjiöputkikeräimen lämpöhäviö on talvella pienempi kuin tasokeräimen, koska tyhjiö pitää lämmön paremmin sisällään. Kesällä ei kuitenkaan ole merkittäviä eroja näiden laitteiden välillä. Tyhjiöputken energiantuotto on kuitenkin parempi, kun tuotetaan yli 50 asteen lämpöä. (Tahkokorpi ym. 2016, 95.)

Tyhjiöputkikeräimet ovat vuosittaisessa energiantuotannossa vain hieman parempia kuin tasokeräimet. Tyhjiöputkikeräimet ovat kuitenkin 30–50 % kalliimpia kuin tasokeräimet. Eri tyypiset aurinkokeräimet sekä lämpötilaerot keräinnesteen ja ulkolämpötilan välillä vaikuttavat eri tavalla hyötysuhteisiin. (Motiva 2016a.)

### 5.1.3 Ilmakeräin

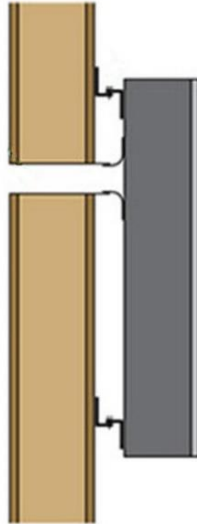
Ilmakiertoisessa järjestelmässä ilmakeräin käyttää ilmaa lämmönsiirtoon. Tällaista järjestelmää voidaan käyttää hyväksi esimerkiksi kesämökkien kuivatuksessa, tuuletuksessa ja lämmittämisessä (Lietso Aurinkolämpöä, [viitattu 1.9.2018]). Ilmalla on kuitenkin huonompi lämmönvastaanotto- ja lämmönsiirtokyky kuin vedellä. Ilmakeräintä on vaikeampi säätää kuin nestekieroista keräintä. Ilmakeräimen hyviä puolia ovat, että ne eivät jäädy eivätkä aiheuta ylikuumenemista. Ilmakeräijässä ei ole vaaraa korroosiosta eikä vuodoista. Hyvänä puolena pidetään Ilmakeräimen helppoa rakennettavuutta. (Tahkokorpi ym. 2016, 90.)

Auringon lämmittämä ilma siirtyy aurinkoilmalämmittimen (lietson) sisältä kohteeseen puhaltimen avulla. Puhallin toimii aurinkosähköllä. (Lietso Aurinkolämpöä, [viitattu 5.11.2018].) Kuvasta 5. nähdään, miten ilmakeräin toimii (Kuva 5).



Kuva 5. Ilmakeräimen poikkileikkaus ja toimintaperiaate (Lietso Aurinkolämpöä, [viitattu 1.9.2018]).

Ilmakeräin asennetaan mieluummin seinään kuin katolle. Ilmakeräimen kattoasennus voi tuoda ongelmia ilmakehän läpiviennin tiivistämisessä. Seinäasennuksessa ilmakehän läpiviennin voidaan mutkattomasti tuoda seinän läpi. (Lampila, 2011.) Kuvassa 6. havainnollistetaan ilmakeräimen asennusta seinään (Kuva 6).



Kuva 6. Ilmakeräin asennettuna seinään (Lietso Aurinkolämpöä, [viitattu 1.9.2018] muokattu).

## 5.2 Aurinkokeräimen suuntaaminen

Suomessa parhaimman hyötysuhteen saamiseksi sekä tuoton maksimoimiseksi, keräimet tulisi sijoittaa etelään suuntautuvaan ilmansuuntaan, tuulelta suojattuun ja varjottomaan paikkaan. Keräimet olisi hyvä asentaa mahdollisimman lähelle lämpövarastoa lämmön siirtohäviön pienentämisen vuoksi. (Tahkokorpi ym. 2016, 98.)

Energiantuotto pienenee, kun aurinkokeräimet suunnataan itään ja länteen suuntautuvalla alueella. Vuosittainen energiantuotto ei vähene juurikaan, kun aurinkokeräimet suunnataan kaakon ja lounaan välille. Kaakon ja lounaan välisellä suuntauksella on merkitystä vain siihen, mihin vuorokauden aikaan energiantuottoa tulee. Auringonsäteily tulee päästä esteettömästi aurinkokeräimeen. Aurinkokeräimeen tuleva varjostus pienentää energiantuottoa. (Tahkokorpi ym. 2016, 17.)

### 5.3 Kallistuskulma

Aurinkoenergian määrään vaikuttaa, mihin kulmaan keräin on asennettu. Aurinkokeräintä asennettaessa tulee ottaa huomioon deklinaatio ja atsimuuttikulma. Atsimuuttikulmalla tarkoitetaan, miten paljon aurinkokeräimen suuntaus poikkeaa etelän suunnasta. Etelään suuntausta merkitään  $0^\circ$ . Suuntaus länteen on  $+90^\circ$  ja itään  $-90^\circ$ . Deklinaatio kuvastaa aurinkokeräimen ja vaakatason välistä kulmaa. Suomessa hyvä kallistuskulma on noin  $45^\circ$ . Tämä kallistuskulma antaa vuositason parhaimman tehon. Oikeaa vuosittaista ja optimaalista kallistuskulmaa mietittäessä voidaan käyttää sääntöä:  $\text{leveysaste} - 20$ . (Tahkokorpi ym. 2016, 17–18.)

Aurinkokeräinten paras vuosituotto saadaan, kun keräimet ovat asennettu  $45$  asteen kulmaan (Motiva 2016b). Jos halutaan parantaa kesäaikaista energian tuottoa, niin silloin aurinkokeräimen kallistuskulma voi olla loivempi (Erat ym. 2001, 82). Vuodenajoista johtuvat auringon eri korkeuskulmat vaikuttavat siihen, kuinka paljon auringon säteilyä saadaan Suomessa. Talviaikaan säteilyä saadaan vähemmän, kun taas maaliskuusta syyskuuhun säteilyn määrä on suurempi. (Tahkokorpi ym. 2016, 26.)

Myös auringonsäteilyn tulokulmalla on merkitystä aurinkokeräimen tuottoon. Kun auringonsäteily tulee kohtisuoraan aurinkokeräimen pintaan, on tulokulma  $0^\circ$ . Tulokulma määräytyy auringonsäteilyn ja aurinkokeräimen pinnan välisestä kulmasta. Energiantuottoa ajatellen paras auringonsäteilyn tulokulma on  $0^\circ$ .  $0^\circ$  tulokulma kiinteälle pinnalle toteutuu muutaman kerran vuodessa. (Tahkokorpi ym. 2016, 17.)

### 5.4 Aurinkolämpöjärjestelmän hyötysuhteisiin vaikuttavat asiat

Pelkästään aurinkokeräimen hyötysuhde voi olla korkea, mutta koko aurinkolämpöjärjestelmän hyötysuhteisiin vaikuttavat monet asiat. Aurinkolämpöjärjestelmän hyötysuhteisiin vaikuttavat muun muassa seuraavat asiat:

- aurinkokeräimen lasin laatu
- tiiviys ja lämmöneristys
- aineiden imeytymis- ja lämmönsiirtokyky
- lämmönsiirtoaineen laatu
- keräimen käyttölämpötila

- keräimen ja varaajan välinen etäisyys
- lämmönsiirtoputken lämmöneristys
- keräimen kaltevuus ja suuntaus
- vesivaraajan lämpötila
- tarvittava lämpötila sekä energiamäärä
- tuuli ja ulkolämpötila
- auringon tulokulma: vuoden- ja kellonaika
- varjostus (Motiva 2016a.)

## 6 KOKEMUKSIA AURINKOKERÄIMISTÄ

Halliin soveltuvan aurinkokeräimen tyyppin valitsemiseksi etsin kuluttajien kokemuksia taso- ja tyhjiöputkikerääjistä. Kokemukset eri tyyppisistä aurinkokeräimistä olen kerännyt muun muassa seuraavilta internetsivustoilta: Sundial ([viitattu 28.9.2018]), Tultuote ([viitattu 19.9.2018]), Motiva (2018), Seinäjoen Sanomat (Rauhala 2017) ja Yle (Talonen 2013). Näistä sivustoista kaupallisia ovat Sundial ja Tultuote. Näihin kokemuksiin suhtaudun kriittisesti, koska niillä on myös myynnin edistämistehtävä. Olen konsultoinut myös alan asiantuntija Yrjö Seppälää. Sain häneltä kommentteja aurinkokeräimistä sekä suullisesti että kirjallisesti sähköpostin välityksellä. Konsultaatio tapahtui siten, että lähetin kysymyksiä aiheesta Seppälälle. (Liite1.) En käsittele kaikkia liitteeseen 1. saatuja vastauksia ja kommentteja.

Seppälän kokemukset tyhjiöputkikerääjistä olivat melko myönteiset. Seppälän mukaan kiinalaisvalmisteisissa tyhjiöputkikerääjissä lasit ovat ohuita ja helposti särkyviä. Tasokeräimet ovat Seppälän mukaan erittäin kestäviä ja käytännöllisiä. Käyttöikä tasokerääjille on kymmeniä vuosia ja moitteetonta tuottoa ilman huoltoa. Tasokeräimet ovat myös helposti asennettavissa eri ympäristöihin. (Seppälä 2018.)

Internetistä kerätyt kokemukset aurinkokeräimistä ovat yleensä positiivisia. Aurinkokeräimet voidaan helposti hankkia ”avaimet käteen” -periaatteella. Aurinkokeräimiin sijoittaminen on taloudellisesti kannattavaa, kun aurinkoenergialla korvataan arvokkaampaa ostoenergiaa. Kuokkasen (2014) esityksessä oli esimerkki tilanteesta, jossa omakotitalon lämmityksessä ei kesäaikaan tarvinnut käyttää ollenkaan muuta energialähdettä. Samaisessa kohteessa käytettiin maaliskuussa 2014 puolet vähemmän polttopuuta.

Rauhala (2017) mainitsee esimerkin kuluttajasta, joka osallistui aurinkokeräinten rakennuskurssille. Kuluttaja aikoi ensin rakentaa vain yhden aurinkokeräimen, mutta päättikin rakentaa seitsemän aurinkokeräintä. Kuluttajan kokemukset aurinkokeräimistä ovat hyvät. Lämpöä aurinkokeräimiltä tulee melko nopeasti.

Seppälän (2018), kuluttajakokemusten, alan kirjallisuuden ja Motivan informaationsivustojen tietojen perusteella, halliin tullaan valitsemaan tasokeräimet. Tasokeräin



soveltuu tyhjiöputkikeräintä paremmin alhaisemman lämmöntuoton vuoksi kohteeseen. Kohteessa ei haeta korkeita lämpötiloja. Keräintyyppin valintaan vaikuttavat kestävyys, hinta ja kokemukset. Aurinkokeräinten hinnassa voidaan myös säästää rakentamalla itse aurinkokeräimet (Seppälä 2018).

Taso- ja tyhjiöputkikerääjien lämmöntuotto ovat melko samansuuruiset kesällä. Tässä tapauksessa tuottoa haetaan lähinnä kesäaikaiseen käyttöveden ja kosteiden tilojen lämmitykseen.

## 7 KOHTEEN ESITTELY

Halli sijaitsee Ilmajoella. Hallissa on noin 300 neliötä lattia pinta-alaa ja kaikkine tiloineen 1426 hyötykuutiota. Hallin hyötykuutiot jakautuvat seuraavasti; kosteat tilat ovat 40,56 m<sup>3</sup>, oleskelutilat 111,15 m<sup>3</sup> ja työskentelytilat 748,02 m<sup>3</sup>. Halli on kooltaan 11 m X 34,7 m. Halli on kaksikerroksinen ja ulkokorkeus on 9 m. Eristeenä hallin seinissä on 270 mm eristevillaa ja yläpohjassa on 500 mm puhallusvillaa. Hallissa on paneelipintainen vuoraus. Hallissa tulee olemaan vesikiertoinen lämmitys hakkeella.

Hallin pohjoisen puolella on seitsemän ikkunaa. Eteläpuoleisella sivulla on yksi ikkuna. Pohjoisen puolella Ikkunoista saapuva auringonvalo ja lämpösäteily ovat vähäistä. Rakennuksen eteläpuoleisella julkisivulla on neljä suurehkoa ovea, joissa kolmessa nosto-ovessa on pienet ikkunat. Ovien kirkaspintainen materiaali saattaa heijastaa auringosta tulevaa säteilyä. Ikkunoiden kautta tuleva auringonsäteilyn määrä on vähäistä, jolloin auringon lämmittävä vaikutus jää alhaiseksi. Aurinkolämmön passiivinen hyödyntäminen hallin lämmittämisessä ei ole merkittävä, koska suurin osa hallin ikkunoista suuntautuu pohjoiseen. Auringon lämpöenergia ei pääse varastoitumaan rakenteisiin eikä näin ollen toimi lämpövarastona. Halli ei ole myöskään tuulelta suojaisessa paikassa.

Halli on tontilla pohjois-etelä suunnassa siten, että hallin kattolape suuntautuu etelään päin. Etelään suuntauvan kattolapteen pinta-ala on 419 m<sup>2</sup> ja lape on rakennuspiirustusten mukaan 33,3 asteen kulmassa. Rakennuksen kattolape on optimaaliseen ilmansuuntaan ja rakennuksen katolla on runsaasti tilaa aurinkokeräimille. Kesällä varjostusta ei katolle tule. Syksyllä puut varjostavat lappeen oikeanpuoleista kulmaa. (Kuva 7.)

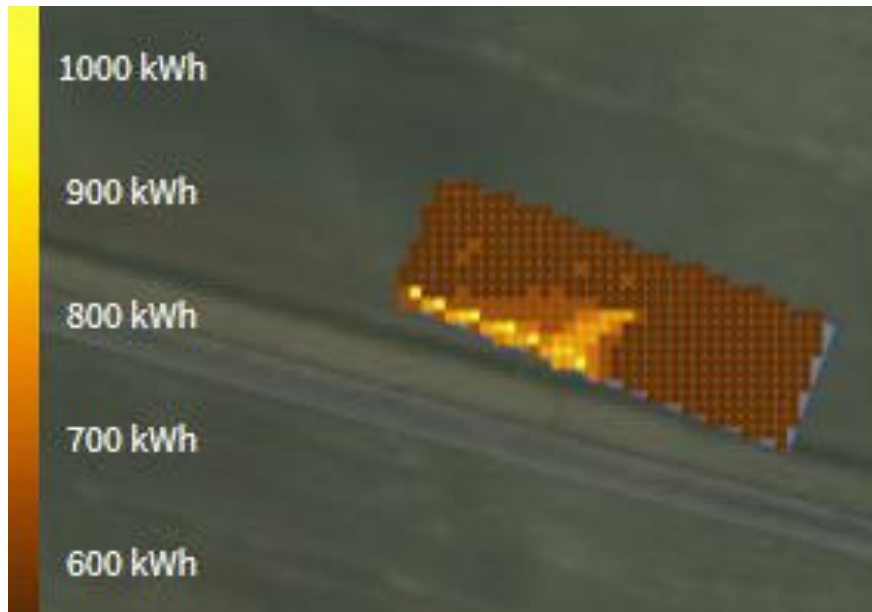


Kuva 7. Hallin eteläpuoleinen julkisivu marraskuussa 2018 (Pesonen 2018).

Kuvassa 8. on Sunenergian sivustolta mallinnus kohteeseen tulevasta aurinkoenergian määrästä (Kuva 8). Kuvassa keltainen väri kertoo, että vuotuinen tuotto neliölle on tässä kohtaa 1 000 kWh. Ruskealla värillä on merkitty alhaisempi vuotuinen energiatuotto, mikä on 600 kWh:ia neliölle. Kuvasta myös havaitaan, minne aurinkokeräimet tulisi sijoittaa optimaalisen tuoton saavuttamiseksi. Aurinkokeräimet olisi hyvä sijoittaa hallirakennuksen kattolapteen alakohtaan keskelle ja siitä vasemmalle päin. Näissä kohdissa auringonsäteily on voimakkaampaa kuin kattolapteen muissa kohdissa.

Pannuhuone sijaitsee rakennuksen oikeassa laidassa. Siirtoputken pituuden kasvaessa pitkäksi, tällöin myös lämpöhäviön määrä kasvaa. Siirtoputki tulee eristää hyvin lämmön häviön pienentämiseksi. Myös kustannukset kasvavat siirtoputken pituuden kasvaessa.

Aurinkokeräimet tullaan kuitenkin asentamaan katon harjalle. Aurinkokeräinten harja-asennus mahdollistaa lämmönsiirtoputkelle lyhimmän asennusreitit. Myös lämmönsiirtoputken läpivienti voidaan tehdä tiiviimmin harjalle. Harja-asennuksella pyritään myös vähentämään lumen kerääntymistä aurinkokeräimen yläpuolelle.



Kuva 8. Havainnekuva auringon säteilyn tehokkuudesta hallin katolle (Sunenergia 2018 muokattu).

Pannuhuoneessa olevat laitteet ovat 35 kW alapalokattila stokerilla ja 750-litrainen vesivaraaja. Aurinkokeräinten liittäminen onnistuu kyseisiin laitteisiin levylämmönvaihtimella, koska vesivaraajassa ei ole erillistä aurinkokierukkaa. Halliin tulevat sauna- ja suihkutilat lämmitettäisiin lattialämmityksellä. Kosteiden tilojen viereen on suunniteltu pieni oleskelutila, mikä vaatisi huonelämmön. Näitä tiloja tullaan lämmitämään ympäri vuoden. Hallin työtiloissa pidetään yllä peruslämpötilaa.

Halli jakautuu lämmön tarpeen mukaan kolmeen eri osaan. Kosteisiin tiloihin 10,4m<sup>2</sup>, oleskelutila 28,5 m<sup>2</sup> ja työskentelytiloihin 191,8 m<sup>2</sup>. Hallin loppuosa koostuu pannuhuoneesta ja puuvarastosta, jotka eivät tarvitse lämmitystä. Kosteiden tilojen lattialämmitys ja oleskelutilat vaativat huoneenlämmön noin 20 astetta. Työskentelytiloissa lämpötila voi olla 12–14 astetta.

Aurinkokeräimet mitoitetaan lämminvesivaraajan koon mukaan. Aurinkokeräimet tulee olla suhteessa vesivaraajan kokoon. Aurinkolämpöjärjestelmä mitoitetaan siten, että aurinkolämpöjärjestelmä kattaisi noin puolet tarvittavan lämpimän käyttöveden tarvitsemasta energiasta. (Motiva 2011.)

Hallia ei tarvitse lämmittää kesällä, mutta loppukesällä ja alkukeväällä hallin työtiloissa voisi olla 12–14 asteen peruslämpö. Jos aurinkokeräimiltä saadaan ylimääräistä lämpöä, niin lämpö voidaan syöttää huonetilojen lämmitykseen. Lämmöntarve

kohdistuu pääasiassa lämpimään käyttöveteen ja kosteiden tilojen lämmitykseen myös kesäaikaan.

## 8 AURINKOKERÄINTEN YLEINEN MITOITUS

Ammattilainen voi tehdä tarkan mitoituksen simulointiohjelmalla, kun tiedossa on tarkka energiankulutusmäärä ja esimerkiksi rakennuksen tekniset tiedot. Erilaiset keräimet tuottavat eri määriä lämpöä ja myös maantieteelliset eroavuudet vaikuttavat lämmön tuottoon. Lämmöntuottoon vaikuttavat myös aurinkokeräinten suuntaaminen ja kallistuskulma. (Solpros 2006.)

Aurinkolämpöjärjestelmää mitoittaessa, on kiinteistön omistajan hyvä pohtia, mitä järjestelmältä haluaa. Halutaanko vapautua kesäaikaisesta lämmityksestä ja saada näin lisää vapaa-aikaa. Vai pyritäänkö energiaomavaraisuuteen. Vai halutaanko käyttää uusiutuvia energialähteitä ilmastollisista syistä. Aurinkolämpöjärjestelmä voidaan mitoittaa eri tavoilla kohteesta riippuen. (Tahkokorpi ym. 2016, 115.)

Aurinkolämpöjärjestelmä mitoitetaan selvittämällä ensin kohteen lämpimän veden kulutus. Tämän jälkeen selvitetään päälämmitysjärjestelmä, varaajan koko ja komponenttien sijoittaminen kohteeseen. Seuraavaksi valitaan kerääjätyyppi ja mitoitetaan keräinpinta-ala ja virtausnopeus. Mitoitetaan putkilinja, valitaan lämmönvaihdin, pumppu ja säädin. (Tahkokorpi ym. 2016, 112.)

Aurinkolämpöjärjestelmien perusteet, mitoitus ja käyttö -oppaan (Solpros 2006) mukaan lämpimän veden osuus on noin 40 %:a kylmän veden kulutuksesta, mikäli veden kulutustietoja seurataan tarkasti. Jos kulutustietoja ei ole, veden kulutus täytyy arvioida käyttötottomusten mukaan. Lämpimän käyttöveden vaihteluväli on 40–80 litraa henkilöä kohden vuorokaudessa (Tahkokorpi ym. 2016, 114).

Vesivaraajan tilavuuden tulee olla kaksi–kolme kertaa isompi päivittäisen lämpimän veden määrän nähden. Esimerkiksi lämpimän käyttöveden kulutus on 100 litraa päivässä, jolloin varaajan koko tulee olla 200–300 litraa. (Solpros 2006.)

Tahkokorven ym. (2016, 106) mukaan ohjeena on, että varaajatilavuutena käytetään 50–100 litraa yhtä keräineliötä kohden. Pienempää varaajatilavuutta voidaan käyttää, kun lämpövarausta puretaan paljon, aurinkokeräiminä käytetään tasokeräijä ja niitä ei ole suunnattu etelään. Suurempaa varaajatilavuutta käytetään, kun

aurinkokeräimet ovat tyhjiöputkikeräimiä tai aurinkokeräimet ovat suunnattu etelään alle 45 asteen kulmaan.

Aurinkokeräinten määrä tulee olla suhteessa varaajan kokoon tuotetun lämpöenergian vuoksi. Yleisenä ohjeena pidetään, että yhtä henkilöä kohden tarvitaan 1,25 m<sup>2</sup> keräinalaa, kun tuotetaan lämmintä vettä (Tahkokorpi ym. 2016, 106–114).

## 9 AURINKOKERÄINTEN MITOITUS HALLIKOHTEESEEN

Työssä käytetään arvioita hallin energiankulutuksesta. Halliin ei voida tehdä tarkkaa mitoitusta aurinkokeräimistä, koska hallia ei ole vielä täysin rakennettu valmiiksi ja kohteesta ei ole saatavilla energiankulutuslukemia. Aurinkokeräinten mitoituksessa käytetään suuntaa antavia ohjeistuksia, jotka löytyvät kaupallisilta sivuilta. Nämä kaupalliset sivut ovat Ympäristöenergia, ([viitattu 12.9.2018]) ja Aurinkovoima (2016).

Mitoitus kohteeseen tehdään jo olemassa olevan energiavesivaraajan mukaan. Varaajan koko on 750 litraa. Tässä kohteessa lämpimän veden kulutukseksi arvioidaan noin 700–800 litraa viikossa. Tasokerääjien mitoituksesta varaajan kokoon nähden, löytyy suuntaa antavia ohjeistuksia Aurinkovoima-sivustolta (Aurinkovoima, [viitattu 12.9.2018]).

Tarvittava aurinkokeräinten pinta-ala on 1,2–1,5 m<sup>2</sup> henkilöä kohden, kun lämmitetään pelkästään käyttövettä. Kosteiden tilojen lattialämmitys kasvattaa aurinkokeräinten pinta-alaa noin 0,5 m<sup>2</sup> :llä kosteiden tilojen neliötä kohden. (Ympäristöenergia, [viitattu 12.9.2018].) Näiden ohjeiden mukaan aurinkokeräinten pinta-alaksi määräytyy 11,2 m<sup>2</sup>–12,7 m<sup>2</sup>.

ASF200-tasokerääjiä tarvitaan Aurinkovoima internet sivuston mukaan 750 litran varaajaan viisi – kuusi kappaletta. Yhden ASF200-merkkisen tasokeräimen absorptio pinta-ala on 2 m<sup>2</sup>. Aurinkokeräinten absorptiopinta-alaksi muodostuu täten 10–12 neliötä.

Yleistä ohjetta noudattaen aurinkokeräinten määräksi varaajan kokoon nähden hallikohteeseen voitaneen asentaa 7,5–15 neliötä. (750l: 50l= 15m<sup>2</sup>, 750l:100l= 7,5 m<sup>2</sup>.) Yleisenä ohjeena pidetään, että yhtä henkilöä kohden tarvitaan 1,25 m<sup>2</sup> keräinalaa, kun tuotetaan lämmintä vettä (Tahkokorpi ym. 2016, 114). Joten kohteeseen voidaan asentaa 7,5 m<sup>2</sup>–15 m<sup>2</sup> aurinkokeräimiä. Kohteeseen tultaneen asettamaan 8 m<sup>2</sup>:ä aurinkokeräimiä. Kerääjien pinta-alan määrään hallikohteeseen vaikuttavat lämpimän veden kulutuksen vähäisyys päivää kohden ja aurinkolämpöjärjestelmän ylikuumentamisen estäminen.



## 10 AURINKOLÄMPÖJÄRJESTELMÄN KUSTANNUSARVIOINTI

Tein tarjouspyynnön aurinkolämpöjärjestelmästä kolmelle eri yrityksille. Kahdesta yrityksestä sain tarjouksen aurinkolämpöjärjestelmästä. Teen vertailua kustannusarviosta yrityksiltä saadun tarjouksen ja omavalmisteisen aurinkolämpöjärjestelmän välillä. Yritys 1 antoi tarjouksen tyhjiöputkikeräimistä, ja yritys 2 antoi tarjouksen tasokeräimistä. Aurinkokeräinten ja siihen liittyvien oheislaitteiden kustannusarvion teen saamani tarjouspyynnön perusteella ja vertaan sitä kustannusarvioon, joka sisältää itserakennetut aurinkokeräimet ja oheislaitteet.

Yritykseltä 2 saamani kustannusarvio sisälsi lämpöjärjestelmän kokonaishinnan, jossa ei ollut eritelty työn osuutta ja oheislaitteiden hintoja. Näiltä osin olen pyytänyt yritykseltä lisätietoja. Oheislaitteisiin kuuluvat pumppu/ohjausyksikkö, paisuntasäiliö, paisuntasäiliön seinätuki, siirtoputki, -neste ja siirtoputken erikoisliittimet. Kustannusarvioon ei kuulu lämpöenergiavaraajaa, koska kohteessa on jo vesivaraaja.

Oulun ammattikorkeakoulun BioE-logia hankkeessa (2014) rakennetun yhden aurinkokeräimen rakennusmateriaalien hinnaksi tuli noin 400 euroa. Käytän tätä hinta-arviota laskelmassa pohjana. Aurinkokeräinten absorptio pinta-ala on noin kahdeksan neliometriä. Aurinkokeräimiä tarvitaan kohteeseen neljä kappaletta. Oletetaan, että yhden tasokeräimen absorptio pinta-ala on noin kaksi neliötä. 4 kappaletta tasokeräimiä x 400 euroa = 1 600 euroa.

Pumppu/ohjausyksikön, paisuntasäiliön ja lämpösiirtoputken hinnat kerättiin internetistä 11.10.2018. Pumppu/ohjausyksikön hinta oli 469 euroa (Kärkkäinen 2018). Paisuntasäiliö 25l oli 43,95 euroa (Lvi-tarvikkeet.net, [viitattu 11.10.2018]). Aurinkokeräimille soveltuva lämpösiirtoputki oli 447 euroa (Pexos 2018). Muiden oheislaitteiden hinnaksi tulee sekä kaupallisilta sivuilta, että saadun tarjouksen 1 mukaan yhteensä 1 119,95 euroa.

Kustannusarvioon lisätään vielä aurinkokeräimien telineiden hinta. Omavalmisteisen telineen hinnaksi arvioidaan 300 euroa. Täten aurinkolämpöjärjestelmän hinnaksi tulee 3 019,95 euroa. Kun omalle rakennustyölle ei lasketa hintaa, on aurinkolämpöjärjestelmä itse tehtynä melkein samanhintainen kuin saamani tarjous aurinkolämpöjärjestelmästä yritykseltä 2.

Saamani tarjous 2 aurinkolämpöjärjestelmästä sisältää yllämainitut oheislaitteet ja kahdeksan neliötä tasokerääjiä. Aurinkolämpöjärjestelmän tarjoushinta on 3 200 euroa. Internetistä löytyneet aurinkokeräinten pakettihinnat ovat melko samanhintaisia. Aurinkolämpöjärjestelmä liitetään kohteessa olevaan lämpöenergiavaraajaan levylämmönvaihtimella.

Levylämmönvaihtimen hinnaksi arvioidaan noin 200 euroa. Tämä kustannuserä lisätään vielä kaikkiin verrattaviin kustannusarvioihin. Itserakennetulle ja -asennetulle aurinkolämpöjärjestelmälle tulee hinnaksi 3 219,95 euroa. Yritykseltä 2 saadun tarjouksen perusteella hinnaksi tulee 3 400 euroa. Aurinkolämpöjärjestelmä yritykseltä 1 on kustannuksiltaan arvokkain 4 095 euroa. (Taulukko 1.)

Taulukko 1. Lämpöjärjestelmän kustannusarviointi (Yritys 1; Yritys 2; Kärkkäinen 2018; Pexos 2018; Lvi-tarvikkeet, [viitattu 11.10.2018]).

	Yritys 1 tyhjiöputkella	Yritys 2 tasokeräimellä	Omavalmiste tasokeräimellä
<b>Keräin</b>	2 580 (60 putkea+ telineet)	-	1 600+300 (4 kpl*400+ telineet)
<b>Pumppu/ohjausyksikkö</b>	510	-	469
<b>Paisuntasäiliö 25l</b>	55	-	43,95
<b>Siirtoputki 16mm</b>	590	-	447
<b>Muut</b>	160	-	160
<b>Levylämmönvaihdin</b>	200	200	200
<b>Yhteensä €</b>	<b>4 095</b>	<b>3 400</b>	<b>3 219,95</b>

Hallikohteessa ei voida hyödyntää aurinkokeräinten hankintaan saatavia investointiavustuksia, koska kyseessä on yksityisen omistuksessa oleva hallirakennus. Myöskään kotitalousvähennystä työn osalta ei voi kohteessa hyödyntää, koska aurinkolämpöjärjestelmä voitaneen asentaa itse.

Hallissa käytettävä puupolttoaine tulee omasta metsästä vuosittaisen metsän harvennuksen sivutuotteena. Tällöin puupolttoaine on lähes ilmaista, jos ainoastaan työkoneen polttoaineelle lasketaan hinta. Puiden haketus teetetään paikallisella yrittäjällä. Haketuksen hinnaksi arvioidaan noin 150–200 euroa ja tämä vastaa koko vuoden kulutusta.

Jos haketuksen hinta on seuraavat kymmenen vuotta 150–200 euroa, eikä hinnassa huomioida hintakorotuksia, tulee hakkeen hinnaksi 1 500–2 000 euroa kymmenessä vuodessa. Tämä vastaisi aurinkokeräinten hinnasta noin 47–62 %:ia. Hakkeen hinnalla voidaan lämmittää 20 vuotta aurinkokeräinten investointihinnalla. Aurinkokeräinten käyttöikä on arvioiden mukaan 20–30 vuotta. Aurinkokeräinten käyttöään ylittäessä 20 vuotta, sen jälkeen tuleva energia on ilmaista.

## 11 YHTEENVETO

Päästötöntä ja uusiutuvaa aurinkolämpöenergiaa on saatavilla useiden kuukausien ajan vuodessa. Aurinkolämpöä voidaan hyödyntää rakennusten ja käyttöveden lämmityksessä. Aurinkolämmöllä voidaankin kattaa osa tarvittavasta energian määrästä. Aurinkolämpöjärjestelmien hinnat ovat laskeneet, mutta investointi kyseiseen järjestelmään hakkeen rinnalle ei ole tämän hetkisin hinnoilla taloudellisesti kannattavaa. Hakkeella voidaan lämmitellä noin 20 vuotta, ennen kuin aurinkolämpöjärjestelmään investoitu kustannus on maksettu takaisin. Aurinkolämpöjärjestelmän käyttöäksi arvellaan 20–30 vuotta, joten ilmaista energiaa saadaan vasta 20:n vuoden jälkeen.

Pelkästään aurinkolämpöjärjestelmään sijoittaminen kyseiseen hallirakennukseen ei ole taloudellisesti järkevää, koska päälämmitysmuotona tulee hallissa olemaan puulämmitteinen vesikiertojärjestelmä. Puu polttoaineena on melko halpaa, jos omalle puulle ei lasketa korjuu- eikä käyttöhintaa. Aurinkokeräimet ovat kuitenkin hyvä lisä puulämmityksen ohessa. Aurinkokeräimet vapauttavat työtä kesäaikaisesta käyttöveden lämmityksestä ja antavat näin aikaa muulle työnteolle.

Aurinkokeräinten hyvänä puolena ovat niiden päästöttömyys, huoltovapaus ja kestävyys. Aurinkokeräimille luvataan jopa 30 vuoden käyttöikä. Keräimet eivät pidä ääntä eivätkä saastuta luontoa. Uusiutuvan energian käytöllä voidaan hillitä ilmaston lämpenemistä. Suomessa lainsäädännön tulee muuttua siten, että myös yksityisellä kuluttajalla on mahdollisuus saada investointitukea aurinkolämpöjärjestelmään ja vaikuttaa täten valinnoillaan ilmastomuutokseen. Aurinkolämpöjärjestelmien hintataso tulee laskemaan, koska aurinkoenergia-alalla kilpailu lisääntyy ja aurinkokeräimet yleistyvät ja niistä saatu kokemus karttuu. Ilmaston lämpenemisen estäminen on jokaisen velvollisuus ja aurinkokeräimet voivat olla yksi vaihtoehto uusiutuvan energian käytöstä.

Aurinkolämpöjärjestelmään tulevat oheislaitteet voivat olla edullisempia muualla, kuin käyttämässäni tarjouksessa ja internetissä olleet hinnat. Edullisemmat oheislaitteet vaikuttavat omavalmisteisen lämpöjärjestelmän kannattavuuteen. Öljy ja sähkö ovat kalliita lämmityslähteitä. Öljyn ja sähkön hintojen oletetaan vielä nousevan tulevaisuudessa.

Aurinkokeräinten optimaalisen mitoituksen saamiseksi lämpövaraajan kokoon nähden, olisi ollut opettavaista käyttää simulointiohjelmaa. Tällaista ohjelmaa en ole kuitenkaan saanut käyttööni. Ohjelma olisi voinut ehkä vastata kysymyksiin: Millaisia tuloksia simulointiohjelma antaa kyseiseen halliin? Miten ohjelma huomioi hallin hyötykuutiot tarkassa mitoituksessa? Miten suuri on lämpöhävikki? Aurinkokeräinten asentamisen etuna ovat seuraavat seikat: Tilalla on paljon kattopinta-alaa, joka suuntautuu optimaalisesti etelään päin. Aurinkokeräimiä voitaneen asentaa lisää ja saatavaa lämpöenergiaa ohjata hyötykäyttöön viereiseen talousrakennukseen.

## LÄHTEET

- Ala-Myllymäki, E. 2016. Aurinkodemo. [Verkkajulkaisu]. Oy Merinova Ab. [Viitattu 27.9.2018]. Saatavana: [https://www.merinova.fi/wp-content/uploads/2016/09/aurinkodemo\\_loppuraportti.pdf](https://www.merinova.fi/wp-content/uploads/2016/09/aurinkodemo_loppuraportti.pdf)
- Aurinkoenergia. Ei päiväystä. Auringon kierto ja korkeus taivaalla. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 2.10.2018]. Saatavana: <http://suntekno.bonsait.fi/resources/public/tietopankki/aurinkoenergia.pdf>
- Aurinkovoima. 9/2016. Aurinkolämpö- ja aurinkosähköjärjestelmät. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: RT [Viitattu 12.9.2018]. Saatavana: [https://www.rttuotetieto.fi/pub/media/resources/37843\\_RT-tuotekortti\\_38827.pdf](https://www.rttuotetieto.fi/pub/media/resources/37843_RT-tuotekortti_38827.pdf)
- Auvinen, K. 14.9.2015. Kannattavuus. [Verkkajulkaisu]. Aurinkoenergian markkinat kasvuun Suomessa. Helsinki: Aalto yliopisto. Aalto-yliopiston julkaisusarja kauppa + talous 1/2016 [Viitattu 29.8.2018]. Saatavana: <https://aalto-doc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/20264/isbn9789526067674.pdf>
- Auvinen, K., Lovio, R., Jalas, M., Juntunen, J., Liuksiala, L., Nissilä, H. & Muller, J. 2016. FinSolar: Aurinkoenergian markkinat kasvuun Suomessa. Helsinki: Aalto-yliopisto. Aalto-yliopiston julkaisusarja kauppa + talous 1/2016. [Viitattu 29.8.2018]. Saatavana: <https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/20264/isbn9789526067674.pdf>
- Auvinen, K. & Liuksiala, L. 7.3.2016. Aurinkoenergiainvestointien tuet. [Verkkajulkaisu]. FinSolar: Aurinkoenergian markkinat kasvuun Suomessa. Helsinki: Aalto-yliopisto. Aalto-yliopiston julkaisusarja kauppa + talous 1/2016. [Viitattu 29.8.2018]. Saatavana: <https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/20264/isbn9789526067674.pdf>
- Auvinen, K. & Vartia, A. 5.3.2016. Miten saamme lisää aurinkoenergiaa Suomeen? [SlideShare-esitys]. Helsinki: Aalto-yliopisto. [Viitattu 2.9.2018]. Saatavana: <https://www.slideshare.net/FinSolar/aurinkoenergia-kasvuun-suomessa>
- Auvinen, K. 25.6.2018. Aurinkoenergian tilastot. [Verkkosivusto]. FinSolar. [Viitattu 29.8.2018]. Saatavana: <http://www.finsolar.net/aurinkoenergia/aurinkoenergian-tilastot/>
- Erat, B., Erkkilä, V., Löfgren, T., Nyman, C., Peltola, S. & Suokivi, H. 2001. Aurinko-opas, aurinkoenergiaa rakennuksiin. Helsinki: Sarmala oy: Rakennusalan kustantajat RAK.
- European Solar Thermal Industry Federation (ESTIF). 2013. Solar Thermal Markets in Europe. [Verkkajulkaisu]. Bryssel. [Viitattu 11.10.2018]. Saatavana:

[http://www.estif.org/fileadmin/estif/content/market\\_data/downloads/Solar\\_Thermal\\_M%20arkets%202012.pdf](http://www.estif.org/fileadmin/estif/content/market_data/downloads/Solar_Thermal_M%20arkets%202012.pdf)

FinSolar. 2016. Aurinkoenergian markkinat kasvuun Suomessa. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Aalto yliopisto. [Viitattu 29.8.2018]. Saatavana: <https://aalto-doc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/20264/isbn9789526067674.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Heliostorage. Ei päiväystä. Maailma käyttää vuosittain 330 Miljardia Euroa rakennusten lämmitykseen ja jäähdytykseen. [Verkkajulkaisu]. Kokkola: Heliostorage. [Viitattu 2.9.2018]. Saatavana: <https://tapahtumat.tekes.fi/uploads/36a161081/Heliostorage-1620.pdf>

Ilmasto-opas. 10.9.2015. Suomen ilmastopolitiikalla pyritään vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä. [Verkkosivusto]. [Viitattu 18.9.2018]. Saatavana: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/161b48de-bc6a-44ef-97fe-83d184fc257a/suomen-ilmastopolitiikalla-pyrytaan-vahentamaan-kasvihuonekaasupaastoja.html>

Kiljo, S. Ei päiväystä. Tervetuloa aurinkokeräimen itserakentamiskurssille. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 31.8.2018]. Saatavana: <http://www.seduaikuiskoulu.fi/loader.aspx?id=d5bdce1e-84b4-49ed-abc9-39670d244077>

Kuokkanen, J. 2.10.2014. Katsaus OKT- ja rivi-/kerrostalo ratkaisuihin suomen tasolla. [Verkkajulkaisu]. Sundial Finland Oy. [Viitattu 2.10.2018]. Saatavana: [http://www.aurinkoteknillinenyhdistys.fi/liite/ATY13\\_2014.pdf](http://www.aurinkoteknillinenyhdistys.fi/liite/ATY13_2014.pdf)

Kuokkanen, J. 5.10.2016. Aurinkoenergia Suomessa. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 1.9.2018]. Tampere: Sundial Finland Oy: Aurinkoteknillinen yhdistys Ry. Saatavana: [http://www2.ekokumppanit.fi/tarmo/files/2016/01/aty\\_sundial\\_kuokkanen\\_remonttitre.pdf](http://www2.ekokumppanit.fi/tarmo/files/2016/01/aty_sundial_kuokkanen_remonttitre.pdf)

Kärkkäinen. 2018. Brightsolar SR962S pumppuyksikkö. [Verkkosivu]. [Viitattu 11.10.2018]. Saatavana: <https://www.karkkainen.com/verkkokauppa/bright-solar-sr962s-pumppuyksikko>

Lampila, J. 8.2011. Lietso-aurinkoilmalämmitin. Asennusohjeet. [Verkkajulkaisu]. Hirvensalmi: Kauppahuone Lampila Osakeyhtiö. [Viitattu 5.11.2018]. Saatavana: <http://www.ahjoenergia.fi/images/lietso/Asennusohje-8-11.pdf>

Lampila, J. 29.8.2016. Auringon potentiaali. [Verkkosivu]. Hirvensalmi: Kestävä Energiatalous/Kustannus Oy Lampila. [Viitattu 30.8.18]. Saatavana: <https://www.energiatalous.fi/?p=305>

Lietso Aurinkolämpöä. Ei päiväystä. Mökin peruslämpö aurinkoenergialla. [Verkkosivusto]. [Viitattu 1.9.2018]. Hirvensalmi: Kauppahuone Lampila Osakeyhtiö.

Saatavana: <http://www.ahjoenergia.fi/index.php/lietso-periaatteet/lietso-mokkilammitin>

Lietso Aurinkolämpöä. Ei päivystä. Lietso-aurinkoilmalämmittimen toimintaperiaate. [Verkkosivusto]. [Viitattu 1.9.2018]. Saatavana: <http://www.ahjoenergia.fi/index.php/lietso-periaatteet/toimintaperiaate>

Lietso Aurinkolämpöä. Ei päivystä. Lietso-aurinkoilmalämmittimen asentaminen seinään. [Verkkosivusto]. [Viitattu 1.9.2018]. Saatavana: <http://www.ahjoenergia.fi/index.php/lietso-periaatteet/asentaminen>

Lvi-tarvikkeet.net. Ei päivystä. Kalvopaisunta-astia. [Verkkosivu]. [Viitattu 11.10.2018]. Saatavana: [https://www.lvi-tarvikkeet.net/epages/lvi-tarvikkeet.sf/fi\\_FI/?ObjectID=3220208&ViewAction=FacetedSearchProducts&SearchString=paisuntas%C3%A4ili%C3%B6](https://www.lvi-tarvikkeet.net/epages/lvi-tarvikkeet.sf/fi_FI/?ObjectID=3220208&ViewAction=FacetedSearchProducts&SearchString=paisuntas%C3%A4ili%C3%B6)

Lähienergia. Ei päivystä. Aurinkoenergia. [Verkkosivu]. Helsinki: Suomen lähienergialiitto ry. [Viitattu 8.9.2018]. Saatavana: <https://www.lahtienergia.org/lahtienergia/aurinkoenergia/>

Motiva. 2011. Pientalon lämmitysjärjestelmät. [Verkkajulkaisu]. Motiva Oy. [Viitattu 11.10.2018]. Saatavana: <https://www.motiva.fi/files/4970/PientalonLammitysjarjestelmat.pdf>

Motiva. 11.11.2016a. Aurinkokeräinten hyötysuhteet. [Verkkosivusto]. Helsinki: Motiva Oy. [Viitattu 1.9.2018]. Saatavana: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/aurinkokerainten\\_hyotysuhteet](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/aurinkokerainten_hyotysuhteet)

Motiva 11.11.2016b. Aurinkolämpöjärjestelmän sijoittelu. [Verkkosivusto]. Helsinki: Motiva Oy. [Viitattu 1.9.2018]. Saatavana: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkolampo/hankinta\\_ja\\_asennus/aurinkolampojarjestelman\\_sijoittelu](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/hankinta_ja_asennus/aurinkolampojarjestelman_sijoittelu)

Motiva 11.11.2016c. Tasokeräimet. [Verkkosivusto]. Helsinki: Motiva Oy. [Viitattu 1.9.2018]. Saatavana: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/nestekiertoiset\\_keraimet/tasokeraimet](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/nestekiertoiset_keraimet/tasokeraimet)

Motiva. 11.11.2016d. Tyhjiöputkikeräimet. [Verkkosivusto]. Helsinki: Motiva Oy. [Viitattu 1.9.2018]. Saatavana: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/nestekiertoiset\\_keraimet/tyhjioputki-keraimet](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/nestekiertoiset_keraimet/tyhjioputki-keraimet)

Motiva 5.1.2018. Kokemuksia aurinkolämmöstä. [Verkkosivusto]. Helsinki: Motiva Oy. [Viitattu 20.9.2018]. Saatavana: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkolampo/kokemuksia\\_aurinkolammosta](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/kokemuksia_aurinkolammosta)



- Oulun ammattikorkeakoulu. 16.12.2014. BioE-logia – oppia ja tukea bioenergia-alan maaseutuyrittäjyyteen 01.01.2012 - 31.12.2014. [Video]. TT Multimedia. [Viitattu 20.9.2018]. Saatavana: <https://www.youtube.com/watch?v=f1LA71VjcUQ>
- Pervilä, M. 1.4.2015. Aurinkoenergian kolmen kärki: Kiina, Japani ja Usa. [Verkkolehhtiartikkeli]. [Viitattu 1.9.2018]. Helsinki: Tivi. Saatavana: <https://www.tivi.fi/CIO/2015-04-01/Aurinkoenergian-kolmen-kärki-Kiina-Japani-ja-USA-3218291.html>
- Pesonen, M. 2018. Hallin etelänpuoleinen julkisivu syksyllä 2018. [Valokuva].
- Pexos. 2018. ¾ DN16 teräsputki. [Verkkosivu]. [Viitattu 11.10.2018]. Saatavana: [https://www.pexos.fi/Verkkokauppa/taipuisat-eristetyt-terasputket-dn16-terasputki-c-44\\_52\\_53\\_79\\_81.html](https://www.pexos.fi/Verkkokauppa/taipuisat-eristetyt-terasputket-dn16-terasputki-c-44_52_53_79_81.html)
- Rauhala, T. 2.9.2017. Tarkoitus oli rakentaa vain yksi keräin mutta auringonnälkä kasvoi tehdessä. [Verkkoartikkeli]. Seinäjoen Sanomat. [Viitattu 19.9.2018]. Saatavana: <https://www.seinajoensanomat.fi/artikkeli/555799-tarkoitus-oli-rakentaa-vain-yksi-kerain-mutta-auringonnalka-kasvoi-tehdessa>
- Seppälä, Y. 18.8.2018. Kommentteja kyselyyn. [Henkilökohtainen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Maarit Pesonen. [Viitattu 20.8.2018].
- Simmon, R. Ei päiväystä. Astronautin kuva ISS013-E-8948. [Kuva]. Nasa. [Viitattu 3.11.2018]. Saatavana: <https://earthobservatory.nasa.gov/Features/EnergyBalance>
- Solpros. 2006. Aurinkolämpöjärjestelmien perusteet, mitoitus ja käyttö. [Verkkojulkaisu]. Solpros Oy. [Viitattu 19.9.2018]. Saatavana: <http://www.kolumbus.fi/solpros/reports/OPAS.pdf>
- Sundial. Ei päiväystä. Aurinkolämpö- Rehellisesti puhdasta energiaa. [Verkkosivusto]. Loimaa: Sundial Finland Oy. [Viitattu 7.9.2018]. Saatavana: <http://www.sundial.fi/aurinko.php?page=aurinko1>
- Sundial. Ei päiväystä. Referenssit-tasokeräimet. [Verkkosivusto]. Loimaa: Sundial Finland Oy. [Viitattu 28.9.2018]. Saatavana: <http://www.sundial.fi/referenssit.php?rPath=22&osCsid=6d55ecccda6efa75c82c1c7d8d9522bc>
- Tahkokorpi, M. (toim.) Erat, B., Hänninen, P., Nyman, C., Rasinkoski, A. & Wiljan-der, M. 2016. Aurinkoenergiaa Suomessa. Helsinki: Into kustannus.
- Talonen, K. 13.5.2013. Aurinkolämpö maksoi itsensä viidessä vuodessa takaisin. [Verkkouutinen]. Helsinki: Yle. [Viitattu 20.9.2018]. Saatavana: <https://yle.fi/uutiset/3-6617388>

Tulituote. Ei päiväystä. Referenssit. [Verkkosivu]. Seinäjoki: Tulituote Oy. [Viitattu 19.9.2018]. Saatavana: <https://www.tulituote.com/referenssit/>

VTT. 13.3.2017. Aurinko jäädyttää ympäristöystävällisesti ja lähes sähköttä – toimii myös lämpöpumpuna. [Verkkosivusto]. [Viitattu 5.9.2018]. Espoo: VTT. Saatavana: <https://www.vtt.fi/medialle/uutiset/aurinko-jäädyttää-ympäristöystävällisesti-ja-lähes-sähköttä>

Ympäristöenergia. Ei päiväystä. Aurinkolämpö. [Verkkosivusto]. Kolho: Jodat Ympäristöenergia. [Viitattu 30.8.2018]. Saatavana: [https://www.energia-kauppa.com/epages/energiakauppa.sf/fi\\_FI/?ObjectPath=/Shops/2014082005/Categories/Aurinkolaempoe](https://www.energia-kauppa.com/epages/energiakauppa.sf/fi_FI/?ObjectPath=/Shops/2014082005/Categories/Aurinkolaempoe)

Ympäristöenergia. Ei päiväystä. Aurinkokeräin. [Verkkosivusto]. Kolho: Jodat Ympäristöenergia. [Viitattu 12.9.2018]. Saatavana: <https://www.energia-kauppa.com/Aurinkokerain>

Ympäristöministeriö. 28.8.2017. Kansainväliset ilmastoneuvottelut. [Verkkosivu]. Helsinki: Ympäristöministeriö. [Viitattu 14.11.2018]. Saatavana: [http://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Ilmasto\\_ja\\_ilma/Ilmastonmuutoksen\\_hillitsemisen/Kansainvaliset\\_ilmastoneuvottelut](http://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Ilmasto_ja_ilma/Ilmastonmuutoksen_hillitsemisen/Kansainvaliset_ilmastoneuvottelut)

Yritys 1. 13.8.2018. Tarjouspyyntö.

Yritys 2. 13.9.2018. Tarjouspyyntö.

## LIITTEET

Liite 1. Kysymyksiä aurinkokeräimistä

**Liite 1. Kysymyksiä aurinkokeräimistä**

- taso vai tyhjiöputkikeräin
- kotimaisuus-/ulkomaisuusaste
- keräimen koko
- tehokkuus
- aika lämmöntuottoon
- käyttövarmuus
- käyttöikä
- muut kommentit