

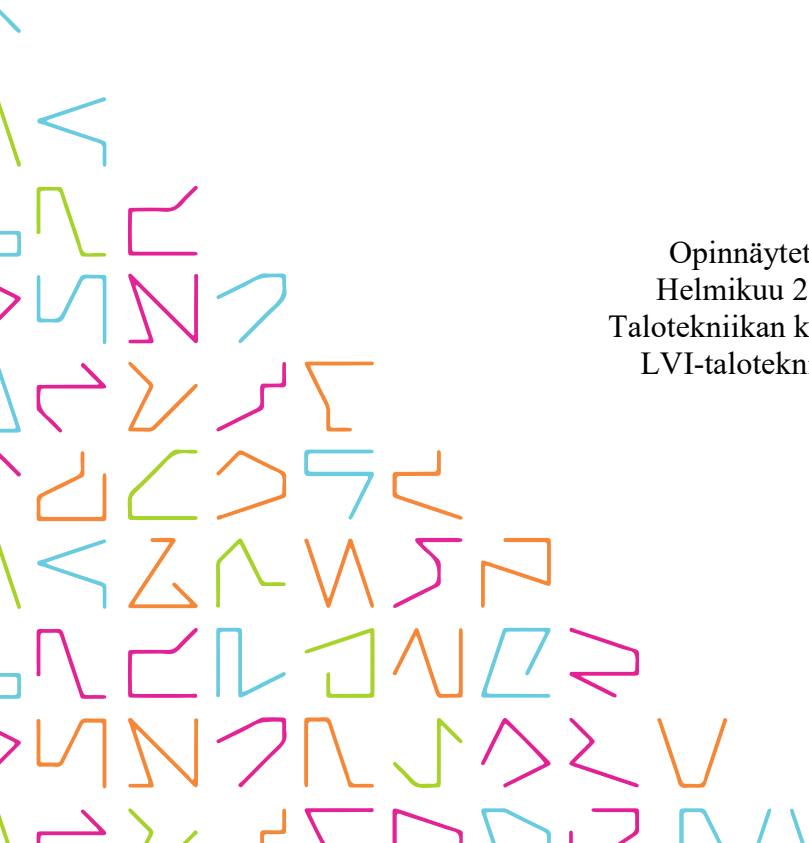


TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

OMAKOTITALON AURINKOKERÄIMEN VA- LINTA

Kai Nivala

Opinnäytetyö
Helmikuu 2019
Talotekniikan koulutus
LVI-talotekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutus
LVI-talotekniikka

NIVALA, KAI:
Omakotitalon aurinkokeräimen valinta

Opinnäytetyö 33 sivua, joista liitteitä 7 sivua
Helmikuu 2019

Tämän työn perusajatuksena oli saada pienennettyä omakotitalon lämmityskuluja hyödyntäen siihen ilmaista aurinkoenergiaa. Työssä tutkittiin, olisiko kannattavaa lisätä keskuslämmitysomakotitaloon aurinkolämpökeräinjärjestelmä, jolla saataisiin tuotettua osan vuodesta lämmin käyttövesi ja lattialämmitys kosteisiin tiloihin.

Aluksi työssä selvitettiin esimerkkikohteen tontille saatava aurinkosäteily määrä. Säteily määrä on osan vuotta riittävä, jotta sitä kannattaa hyödyntää. Riittävän säteilyn ajanjaksoista laskettiin keskimääräinen käytetyn polttoaineen määrä tallennetuista kulutusmääristä. Näin saatiin määritettyä tarvittava lämpöenergia, joka tulisi kattaa aurinkokeräimien tuotolla.

Työssä tutkittujen keräimien joukosta tasokeräin valikoitui tähän työhön parhaaksi vaihtoehdoksi. Sen etuina olivat yksinkertainen kestävä rakenne ja edullinen hinta. Tyhjiöputkikeräin olisi myös hyvä vaihtoehto, mutta se oli kalliimpi ja rakenteeltaan heikompi. Rajoittavana tekijänä on sijoituspaikka, joka olisi maanpinnalla oleva teline autotallin itä- tai länsisivulla. Tässä sijoittelussa oli ongelmana puiden tai rakennuksien varjot aamulla tai illalla. Järjestelmän takaisinmaksuajaksi tuli noin 13 vuotta, kun pelletin hinta on nousut keskimäärin 1,5 % vuodessa.

Tehtävä oli mielenkiintoinen ja selvensi ajatuksia mahdollisesta aurinkolämpöjärjestelmän hankkimisesta omakotitaloon. Nykyisellä pelletin hinnalla takaisinmaksuaika on suhteellisen pitkä, mutta mikäli pelletti kallistuu huomattavasti, tulee investointi mahdolliseksi. Lisäksi työssä pintapuolisesti esitelty Solixi vaikuttaisi hyvältä vaihtoehdolta, mikäli haluaisi korvata koko vuoden lämmöntuotannon lämpökeräinjärjestelmällä. Tämä kuitenkin edellyttäisi perinpohjaista tutustumista Solixi -järjestelmään.

Asiasanat: aurinkokeräin, aurinkolämpökeräin, pientalo, tasokeräin

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services Engineering
HVAC Building Services Engineering

NIVALA KAI:
Solar Collectors for a Detached House

Bachelor's thesis 33 pages, appendices 7 pages
February 2019

The basic idea of this thesis was to decrease the heat consumption of a detached house. This thesis studied if it is worth adding solar collectors to the house that has central heating. The purpose of these solar collectors would be to produce the heat for domestic water and floor heating in the sanitary rooms.

First, the study figured out how much solar radiation is available in the area where the house is located. For part of the year, there is enough of solar radiation to be worth collecting. That part of the year was the period that was used to calculate how much fuel is needed to heat the house for seven months. That amount of energy should be replaced with solar energy.

The best option of the different solar collectors was a flat plate collector, which is quite inexpensive and its construction is simple and solid. An evacuated tube collector is also a good option but it is more expensive and the construction of the collector is not so solid. The location of the solar collectors is on the ground near the garage, so that is why the construction should be solid. The location is not optimal for collectors because the shadows of trees and buildings block the solar radiation reaching the collectors. The payback time of this system is 13 years when the calculated price of the fuel has increased by 1.5 % every year during the last 8 years.

The study was interesting and it clarified the possibility of having solar collectors in our house. Nowadays the payback time is quite long but if the fuel becomes more expensive, the investment would be possible. This thesis briefly introduced Solixi collector system, which could be a good option if the idea was to produce the whole year heating by using solar collectors. This requires more studying on this system.

Key words: solar collector, detached house, flat plate collector

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	KOHTEEN ESITTELY	6
	2.1. Omakotitalo Hämeenkyrössä.....	6
	2.2. Talon ympäristö ja energiankulutus.....	7
3	AURINKOENERGIA	9
	3.1. Aurinko	9
	3.2. Aurinkoenergian säteily määrä Maan pinnalla	9
	3.3. Aurinkoenergian säteily määrä tutkittavassa kohteessa.....	10
4	AURINKOLÄMPÖKERÄIN	13
	4.1. Tyhjiöputkikeräin.....	13
	4.1.1 Heat pipe –tyhjiöputkikeräin.....	13
	4.1.2 U-putkikeräin	14
	4.2. Tasokeräin.....	15
	4.3. Solixi aurinkokeskitin- ja keräinlaitteisto	15
5	AURINKOKERÄIMIEN SIIJOITUS	17
	5.1. Keräinten suuntaus.....	17
6	KERÄIMIEN VERTAILU.....	19
	6.1. Keräinten valinta.....	20
	6.2. Keräimistä saatava teho ja saatavan energian hinta.....	21
7	KANNATTAVUUS	24
8	POHDINTAA.....	25
	LÄHTEET.....	26
	LIITTEET	27
	Liite 1. Tontille tuleva säteily määrä.....	27
	Liite 2. Pelletin kulutus	28
	Liite 3. Sähkön kulutus.....	29
	Liite 4. Kannattavuuslaskelma	30
	Liite 5. Solixi aurinkokeskitin hinnat	31
	Liite 6. Keräimillä saatava lämpöteho.....	32
	Liite 7. Keräimen datasivu	33

1 JOHDANTO

Tässä työssä tutkittiin olisiko kannattavaa lisätä omakotitaloon pellettilämmityksen rinnalle aurinkolämpökeräimiä. Aluksi selvitettiin, kuinka paljon tontille tulee auringonsäteilyä ja miten paljon siitä on mahdollista hyödyntää. Tämän jälkeen työssä tutkittiin eri aurinkolämpökeräimiä ja aurinkopaneeleita, jotta löytyisi teknisesti ja taloudellisesti optimimalli tähän kohteeseen. Työn lopussa on kannattavuuslaskelmat, joiden perusteella saadaan selvitys, ovatko aurinkoenergiajärjestelmät kannattavia ja mikä on niiden takaisinmaksuaika.

Käytännössä aurinko voimanlähteenä on ehtymätön. Lisäksi aurinkolämpö on käyttökustannuksiltaan alhainen ja järjestelmän huollontarve on vähäistä. Aurinkolämpökeräimillä pystytään korvaamaan kesäaikaan n. 100 % lämpimän käyttöveden vaatimasta energiasta tai 15-20 % rakennuksen lämmitysenergiasta.

2 KOHTEEN ESITTELY

2.1. Omakotitalo Hämeenkyrössä

Tämän työn selvityksen kohteena on omakotitalo Hämeenkyröstä. Talo on v. 2003 valmistunut, 1 ½ -kerroksinen ns. ”pitkästä tavarasta ” rakennettu puurunkoinen talo. Talon lämmitetty huoneistoala on 153 m² ja lisäksi autotallin tiloista yksi 12 m² huone on lämmintä tilaa. Lämmönjako on kodinhoituhuoneessa, pesuhuoneessa ja saunassa vesikiertoisella lattialämmityksellä ja muualla talossa radiaattoreilla. Lattialämmitystiloissa alapohja on tuulettuva betonilaatta, missä eristeenä on 150 mm uretaanilevyä. Muualla talossa alapohja on puurunkoinen tuulettuva eli rossipohja, minkä eristeenä on käytetty puhallusselluvillaa 330 mm. Ilmanvaihtojärjestelmä on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto lämmöntalteenotolla. Yläpohjassa selluvillan eristevahvuus 450 mm.

Seinät ovat puurunkoiset missä rakenne sisältä lukien:

- 13 mm kipsilevy
- paperi
- 50 x 175 pystyrunko
- 50 x 50 vaakakoolaus
- 25 mm tuulensuojalevy
- eristeenä puhallusselluvilla 225 mm.

Autotallissa on alapohjana maanvarainen betonilaatta, missä eristeenä on 150 mm styrok-silevy. Seinä on rakenteeltaan puurunkoinen, eristeenä selluvillaa 175 mm. Yläpohjassa on selluvillaa 300 mm.

2.2. Talon ympäristö ja energiankulutus

Talo sijaitsee tontilla, missä lännen puolella oleva pääty ja pohjoisen puolella oleva pitkä sivu ovat kohti suojaavaa metsää. Talon eteläpuolella on jonkin verran puustoa, mikä varjostaa taloa keväällä ja syksyllä. Alla oleva kuva on otettu maaliskuun lopulla keskipäivällä. Kuvan 1 alareuna on kohti etelää.



KUVA 1. Talon sijainti ja ympäristö.

Lämmitykseen ja lämpimään käyttöveteen on kulunut vuoden 2017 aikana 5,0 tn pellettiä tällöin kattilan hyötysuhde on ollut noin 0,89 jolloin saatava energiamäärä on (Sillanpää 2019).

$$Q = 5000 \text{ kg} \cdot 4,75 \text{ k Wh/kg} \cdot 0,89 = 21137,5 \text{ kWh.}$$

Kattilan hyötysuhde saatu

Lisäksi sähköä kului n. 7000 kWh. Veden kulutus oli n. 131 m³ vuonna 2017. Lämpimän käyttöveden määrää ei ole mitattu, mutta laskemalla kokonaisnaisveden kulutuksesta, josta 40 % on lämmintä vettä, saadaan määräksi (Motiva).

$$V_{\text{lkv}} = 131 \text{ m}^3 \cdot 0,4 = 52,4 \text{ m}^3.$$

Lämpimän käyttöveden määrästä saadaan laskettua, että vettä kului n. 30 litraa asukasta kohti vuorokaudessa viisi henkisessä perheessä. Vuodessa lämpimän käyttöveden lämmittämiseen tarvittava energiamäärä saadaan laskettua kaavalla.

$$Q_{\text{lkv}} = 58 \text{ kWh/m}^3 \cdot V_{\text{lkv}},$$

Edellisessä kaavassa 58 kWh/m^3 on vesikuution 50°C :een lämpötila muutokseen tarvittava energiamäärä (Motiva).

Joten veden lämmitykseen tarvittava energiamäärä on

$$Q_{\text{kv}} = 58 \text{ kWh/m}^3 \cdot 52,4 \text{ m}^3 = 3039 \text{ kWh.}$$

Mistä voidaan laskea energiamäärä kuukautta kohti

$$Q_{\text{kk}} = 3039 \text{ kWh} / 12 \text{ kk} = 253 \text{ kWh/kk.}$$

3 AURINKOENERGIA

3.1. Aurinko

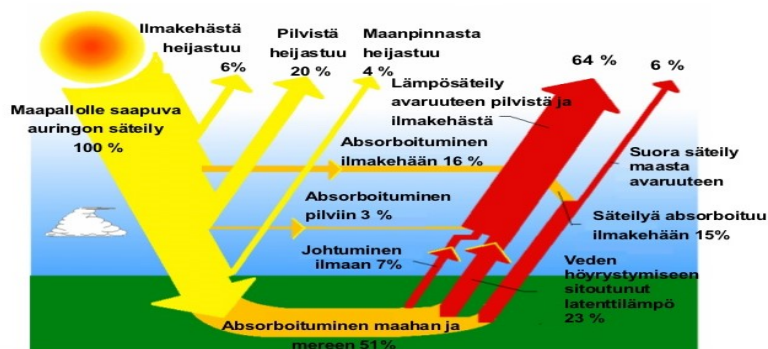
Auringon kehittämä säteilyenergia muodostuu fuusioreaktiossa. Auringon tuottaman maahan kohdistuvan säteilytehon määrä on $1,7 \cdot 10^{14}$ kW vuodessa. Saapuva energiamäärä riittäisi 10 000 -kertaisesti kattamaan maapallon energian tarpeen vuoden 2008 kulutuksen perusteella. (Tahkokorpi ym. 2016, 12).

3.2. Aurinkoenergian säteily määrä Maan pinnalla

Auringonsäteilyä tulee ilmakehän ulkopuolelle kohtisuoraan neliömetrin alueelle keskimäärin 1,368 kW. Tätä vastaava energiamäärä on nimeltään aurinkovakio, mikä on yhdessä sekunnissa 1 m^2 alueelle ilmakehän ulkopinnalle tullut säteily määrä. Maan pinnalle tästä saadaan n. 40 % vähemmän eli parhaimmillaan $1,0 \text{ kW/m}^2$. Maan pinnalle tuleva säteily määrä pienenee, mitä pidemmän matkan se kulkee ilmakehässä. Tästä johtuu, että säteily määrä on pienempi aamulla ja illalla, kun aurinko on matalalla. (Tahkokorpi 2016, 13).

Maanpinnalle tuleva säteily voidaan jakaa kolmeen osaan:

- suora säteily
- hajasäteily
- ilmakehän vastasäteily (Tahkokorpi ym. 2016, 14).

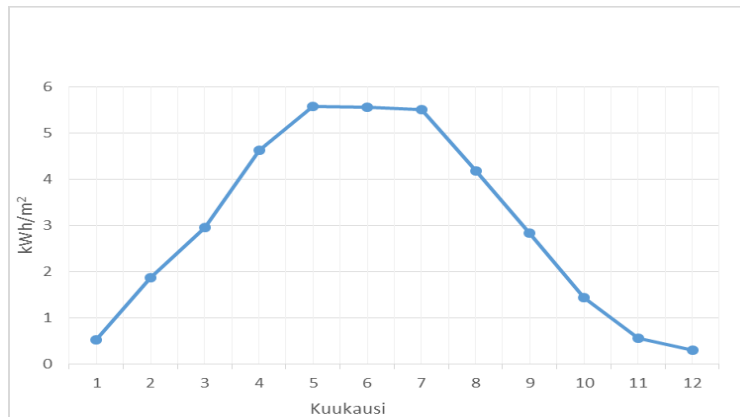


KUVA 2. Maapallon energiatasapaino (Energiateollisuus n.d.).

Suora auringonsäteily on suoraan ilmakehän läpi tullutta säteilyä. Hajasäteily on pilvistä ja ilmakehän molekyyleistä ja maasta heijastunutta säteilyä. Vastasäteily on ilmakehän vesihöyryn, hiilidioksidin ja otsonin aiheuttamaa maasta heijastuvan säteilyn heijastumista takaisin kohti maanpintaa. (Tahkokorpi ym. 2016, 14).

3.3. Aurinkoenergian säteily määrä tutkittavassa kohteessa

Alla olevassa kuviossa 1 on esitettyä kohteena olevan omakotitalon tontille tuleva keskimääräinen aurinkoenergian määrä. Määrä on saatu arvioitua europa-eu sivustolta löytyvän laskentatyökalun avulla ilmoittamalla esimerkkikohteen sijainti. Saatu taulukko säteily määrästä löytyy liitteestä 1.



KUVIO 1. Keskimääräinen päivittäinen säteily määrä

Kuvassa 3 on esitettyä vaakasuoralle pinnalle tulevan auringonsäteilyn määrät kuukausittain Helsingissä, Jyväskylässä ja Sodankylässä. Kuukausittain esitetyt kokonaissäteily määrät päivässä ovat kWh/m²/d ja lopuksi koko vuoden summa kWh/m²/a.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	koko vuosi
Helsinki													
kokonaissät. ka.	0,28	0,86	2,25	3,61	5,06	5,95	5,37	3,92	2,39	1,06	0,28	0,14	935
hajasäteilyn ka.	0,17	0,50	0,97	1,39	1,89	2,03	1,89	1,64	1,06	0,53	0,17	0,08	369
kokonaissät. min	0,06	0,17	0,42	0,64	1,20	2,00	1,45	1,00	0,47	0,14	0,03	0	
kokonaissät. max	0,83	1,95	4,20	6,06	7,73	8,17	7,78	6,34	4,42	2,33	1,00	0,42	
hajasäteilyn min	0	0,14	0,36	0,56	0,86	0,95	0,95	0,70	0,36	0,08	0	0	
hajasäteilyn max	0,42	1,00	1,86	2,36	3,00	3,08	3,03	2,61	1,92	1,08	0,44	0,25	
Jyväskylä													
kokonaissät. ka.	0,22	0,81	2,34	3,61	4,56	5,62	4,98	3,61	2,09	0,83	0,22	0,11	870
hajasäteilyn ka.	0,17	0,50	1,06	1,89	2,17	2,31	2,20	1,70	1,09	0,53	0,17	0,08	416
kokonaissät. min	0,06	0,22	0,66	1,06	1,00	1,64	1,50	0,92	0,36	0,14	0,06	0,03	
kokonaissät. max	0,64	1,86	4,03	6,03	7,70	8,42	7,51	6,23	4,11	2,14	0,75	0,28	
hajasäteilyn min	0,06	0,19	0,47	0,64	0,78	1,08	0,95	0,72	0,36	0,14	0,06	0,03	
hajasäteilyn max	0,36	0,83	2,00	2,72	3,00	3,06	3,00	2,64	1,86	1,11	0,36	0,14	
Sodankylä													
kokonaissät. ka.	0,06	0,50	1,84	3,50	4,64	5,25	4,78	3,08	1,72	0,64	0,11	0	784
hajasäteilyn ka.	0,06	0,33	0,95	1,81	2,25	2,33	2,20	1,67	1,00	0,39	0,08	0	392
kokonaissät. min	0	0,14	0,56	1,14	1,5	1,78	1,33	0,64	0,42	0,14	0,03	0	
kokonaissät. max	0,25	0,33	3,36	5,81	7,42	8,15	7,37	5,75	3,47	1,89	0,33	0,06	
hajasäteilyn min	0	0,11	0,42	0,81	1,11	1,14	0,97	0,58	0,39	0,11	0,03	0	
hajasäteilyn max	0,17	0,70	1,75	2,89	3,28	3,78	3,20	2,92	1,70	0,86	0,20	0,06	

KUVA 3. Säteilymäärät eri paikkakunnilla (Seppänen 2001, 51).

TAULUKKO 1. Kohteessa auringonsäteilyllä saatava energiamäärä.

Kuukausi	kWh/m ²	Keräimiä		
		6 m ²	8 m ²	10 m ²
Tammi	0,53	3,18	4,24	5,3
Helmi	1,87	11,22	14,96	18,7
Maalis	2,96	17,76	23,68	29,6
Huhti	4,64	27,84	37,12	46,4
Touko	5,58	33,48	44,64	55,8
Kesä	5,56	33,36	44,48	55,6
Heinä	5,52	33,12	44,16	55,2
Elo	4,18	25,08	33,44	41,8
Syys	2,84	17,04	22,72	28,4
Loka	1,44	8,64	11,52	14,4
Marras	0,56	3,36	4,48	5,6
Joulu	0,3	1,8	2,4	3
Maalis-Syys yht./kWh		188	250	313

Edellä esitettyjen säteilymäärätaulukon ja kuvaajan päivittäiset säteilymäärät ovat suhteellisen yhteneväiset, vaikka mittauspaikkakunta ei ole molemmissa sama. Kuviossa 1 esitettyjen päivittäisten säteilymäärien perusteella on laskettu taulukoon 1, paljonko kohteen tontilla saadaan kerättyä aurinkolämpöä eri keräinpinta-aloilla päivässä. Kun energiamäärät lasketaan yhteen maaliskuun ja syyskuun väliseltä ajalta ja kerrotaan keräinpinta-aloilla 6 m², 8 m² ja 10 m², saadaan tulokseksi 188, 250 ja 313 kWh. Saadut energiamäärät kerrotaan kuukauden päivien keskimääräisellä lukumäärällä eli 30:llä. Energiamääräksi saadaan 6 m² keräinpinta-alalla 5631 kWh/kk. Vastaavasti 8 m² keräimiä tuottaa 7500 kWh ja 10 m² keräin-kenttä 9390 kWh kuukaudessa .

Edellä saaduissa energiamäärissä ei ole otettu huomioon keräimen hyötysuhdetta, mikä vaihtelee eri keräintyypeillä menevän ja tulevan veden lämpötilaeron mukaan. Mikäli lämpötilaero on 30°C , tasokeräimen hyötysuhde vaihtelee 57-75 %:n välillä, kuten kuvasta 9 voidaan lukea. Kun tavanomaisen 10 m^2 tasokeräinkentän laskennallinen energiamäärä 9390 kWh kerrotaan hyötysuhteella $0,57$, saadaan tulokseksi 5352 kWh energiaa, joka kuukausi maaliskuun ja syyskuun välisenä aikana.

4 AURINKOLÄMPÖKERÄIN

Aurinkolämpökeräimiä on kahta tyyppiä riippuen lämmönsiirtoaineesta. Siirtoaineena voi olla neste tai ilma.

- Nestekiertoisessa keräimessä lämmenneen nesteen avulla lämpö siirretään kulutuskohteeseen tai varastoidaan varaajaan.
- Ilmakiertoisessa keräimessä lämpö siirretään ilman avulla kulutuskohteeseen tai varaajaan.

Tässä työssä tutkitaan nestekiertoisen keräimen hyödyntämistä omakotitalon lisäenergiälähteenä.

4.1. Tyhjiöputkikeräin

Tyhjiöputkikeräimessä lämmönkeruuputkisto on joko yksi- tai kaksilasisen putken sisällä. Yksilasisen lasiputken sisällä keräinputkisto on tyhjiössä. Kaksilasisen putken lasien välissä on tyhjiö ja keräinputkisto ei ole tyhjiössä. Tyhjiö on erinomainen eriste, joten keräimissä ei lämpöä siirry konvektiolla käytännössä ollenkaan. Säteilemällä lämpö siirtyy keräimestä pois, mutta tämä tapahtuu vasta kun absorptiopinnan lämpötila on 300°C . Normaalisti tyhjiöputkikeräimien sisälämpötila on $150\text{-}250^{\circ}\text{C}$. (Takala, 2011).

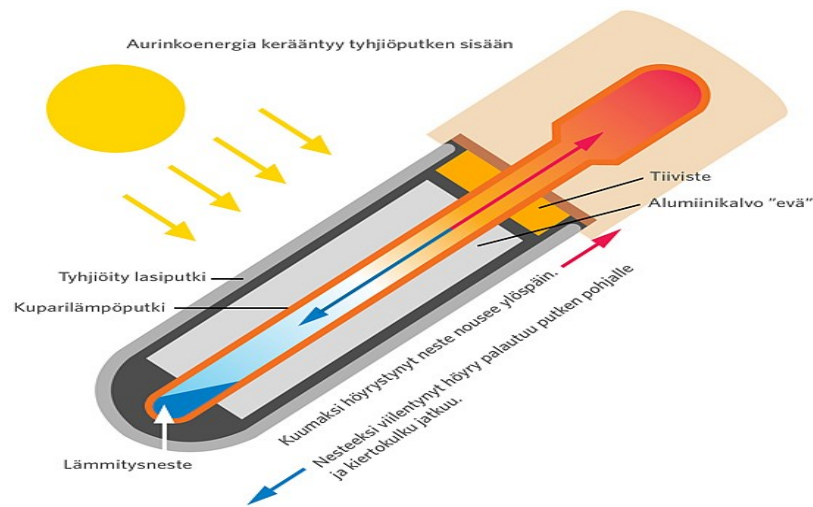
Tyhjiöputkikeräimet voidaan jakaa kahteen eri tyyppiin:

- Tyhjiöputki, minkä sisällä on heat pipe-lämpöputki
- Tyhjiöputki, jonka sisällä U:n muotoisessa putkessa kiertää lämmönsiirtoneste. Tyhjiöputken sisällä oleva putki on mustan absorpoivan pinnan alla.

4.1.1 Heat pipe-tyhjiöputkikeräin

Heat pipe-tyhjiöputkikeräimessä kaksilasisen tyhjiöeristetyin lasiputken sisällä on kuparinen lämpöputki, missä on nestettä. Sisempi lasiputki on päällystetty absorpoivalla aineella, mistä lämpö johtuu putken sisällä olevaan lämpöputkeen. Lämpöputkessa neste höyrystyy suhteellisen matalassa lämpötilassa ja luovuttaa lämpönsä putken yläosan ulkopuolella olevaan lämmönsiirtonesteeseen. Lämpöputken sisällä oleva neste (vesi tai al-

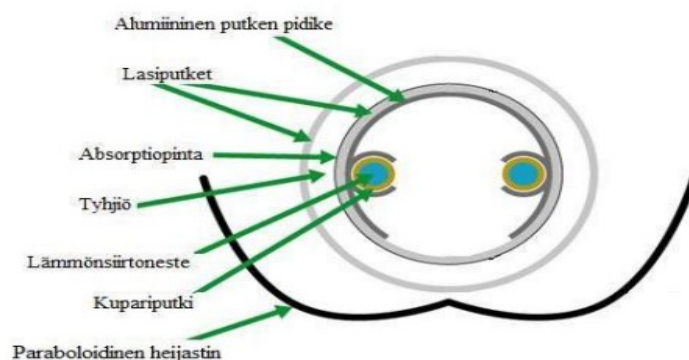
koholi) höyrystyy ilmanpainetta matalamman paineen takia reilusti alle 100°C :ssa. Lämpöputken liitos jakoyhteeseen on ns. kuiva, joten lasisen tyhjiöputken rikkoutuessa on se helppo vaihtaa .



KUVA 4. Lämpöputki tyhjiöputkikeräin (Motiva, tyhjiöputkikeräimet).

4.1.2 U-putkikeräin

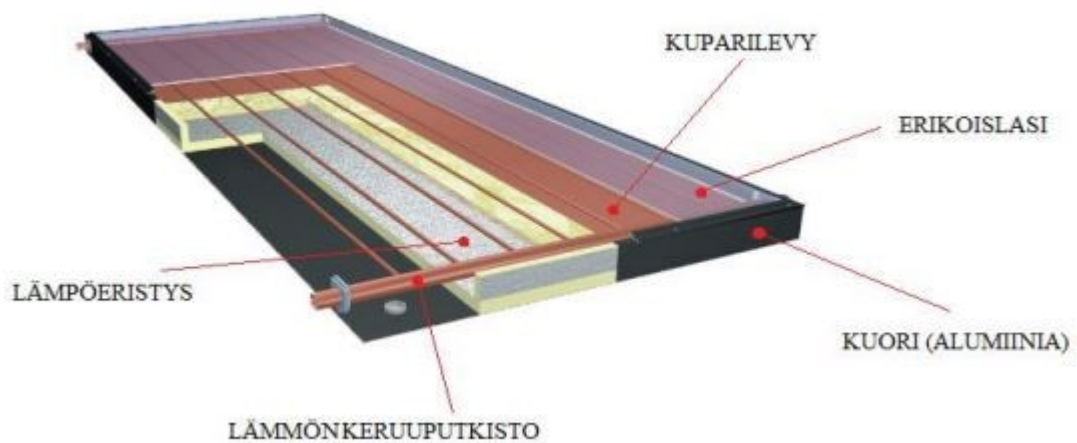
U-putkikeräimessä U:n muotoinen kupariputki on kaksilasisen tyhjiöeristetyn putken sisällä. U-putkessa kiertää sama neste kuin järjestelmässä eli liitos on ns. märkä. Yksittäisten U-putkien vaihtaminen on hankalaa. Auringon säteily lämmittää sisemmän putken ulkopinnassa olevaa absorptiopintaa, mistä lämpö johtuu putkimaiseen alumiiniseen pidikkeeseen ja edelleen kupariputkien sisällä virtaavaan nesteeseen. U-putkikeräimissä käytetään heijastimia tyhjiöputken takana parantamassa hyötysuhdetta.



KUVA 5. U-putkikeräin (Takala, 2011).

4.2. Tasokeräin

Tasokeräimessä lähes koko keräimen pinta-ala absorptoi lämpösäteilyä. Keräin on yksinkertaistaen rakenteeltaan laatikko, minkä sisällä kulkee kupariputkea. Keräimessä on tummia absorptiolevyjä, jotka keräävät lämpösäteilyä ja siirtävät sen levyissä kiinni olevien putkien lämmönsiirtonesteeseen. Absorptiolevyt on käsitelty selektiivisellä pinnoitteella, mikä parantaa keräimen hyötysuhdetta tehostamalla levyjen absorptiokykyä ja estää säteilyn (aallonpituus 4-25 mikrometriä) heijastumisen pois keräimestä. Yleensä keräimessä on suojana lasilevy, mikä suojaa mekaanisesti ja samalla estää lämmön poistumisen konvektiolla kupariputkista. (Erat ym. 2008, 75).



KUVA 6. Tasokeräimen rakenne (Nopanen M., 2010).

4.3. Solixi aurinkokeskitin- ja keräinlaitteisto

Solixi aurinkokeskitinlaitteisto koostuu tasokeräimestä ja sen ympärille tulevista heijastinpeileistä, jotka keskittävät auringonsäteilyn keräimeen. Kussakin peilissä on karamootori, jota säädetään ohjaimella siten, että heijastimet ovat koko ajan optimikulmassa keräämässä ja heijastamassa auringonsäteilyä. Keskeisenä osana järjestelmää on suurikokoinen 3-osainen varaaja, mitä ladataan ja puretaan ennakoivasti. Järjestelmän etuna on, että se tuottaa tasaisesti lämpöä lähes vuoden ympäri (Solixi).



KUVA 7. Solixi aurinkokeskitin ja -keräinlaitteisto (Solixi 2018).

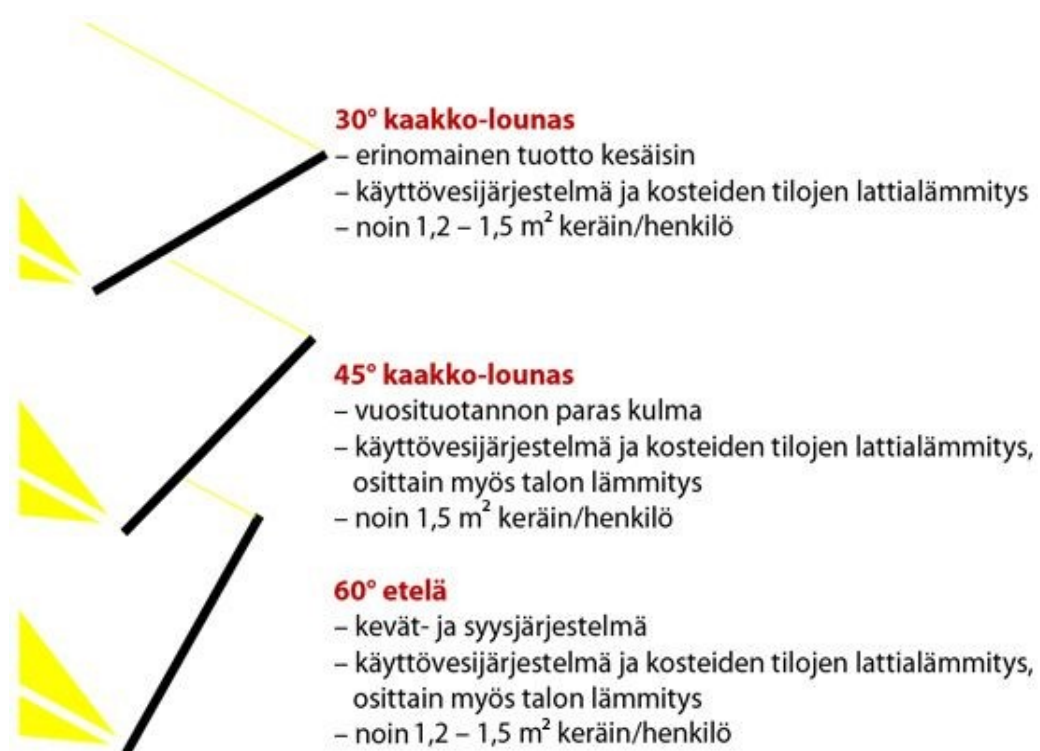
5 AURINKOKERÄIMIEN SIJOITUS

Rakennuksen aurinkoenergian saannin kannalta paras sijoituspaikka keräimelle tontilla on suoraan etelään – pieni poikkeama (+/- 15°) ei vaikuta aurinkoenergian saantiin. Esimerkkikohteessa talon pitkä sivu on lähes suoraan etelään, joten se on paras sijoituskohde. Lisäksi keräimet tulisi sijoittaa paikkaan, mihin auringonsäteily pääsee mahdollisimman esteettömästi paistamaan. Lisäksi sijoituspaikan tulisi olla suojainen, jotta pohjoistuuli ei pääse viilentämään keräimiä. (Tahkokorpi ym. 2016, 97).

5.1. Keräinten suuntaus

Keräinten suuntauksessa on kaksi muuttujaa: suuntauskulma ja kallistuskulma.

Kallistuskulma vaihtelee sen mukaan, mihin vuodenaikaan halutaan keräimeltä paras tuotto. Mikäli halutaan optimituotto kesällä, on loivempi kulma parempi, mutta koko vuoden tuottoon pyrittäessä 45°:n kallistuskulma on hyvä. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että 15°:n poikkeama optimikulmasta vähentää vuosituotantoa noin 5 prosenttia. (Motiva 2016).



KUVA 8. Kallistuskulman ja suuntakulman vaikutus tuottoon (Motiva, aurinkolämpöjärjestelmän sijoittelu).

Mikäli halutaan vahvistaa kevättalven tuottoa, kannattaa keräimet asentaa n. 60° kulmaan. Mikäli keräimet asennetaan vielä jyrkempään kulmaan, 60-80°, voidaan keräinpinta-ala ylimitoitaa, jotta saadaan mahdollisimman paljon lämpöenergiaa keväällä ja syksyllä ilman ylikuumenemisvaaraa kesällä. (B.Erat ym. 2008, 84).

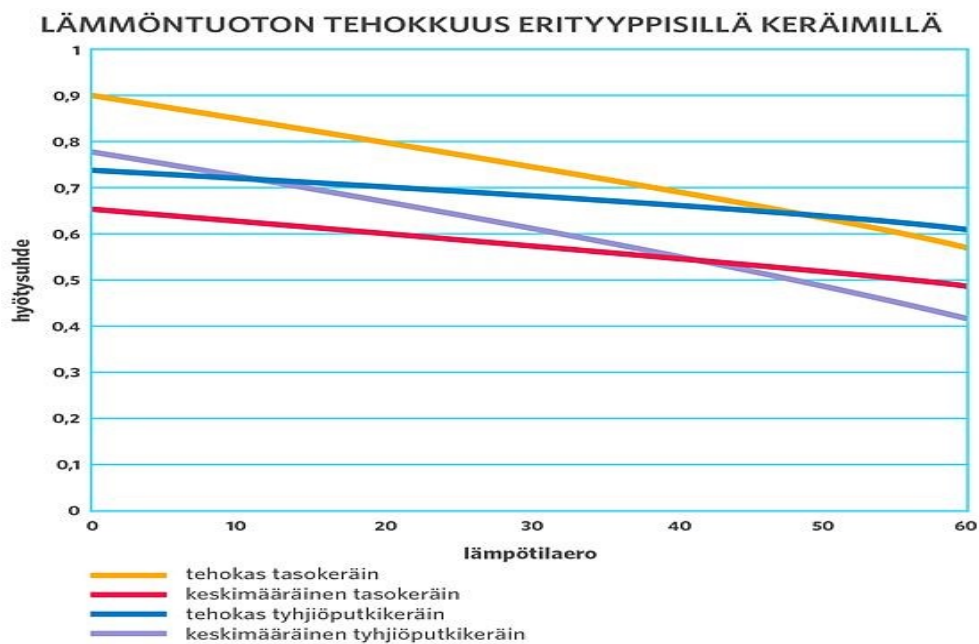
TAULUKKO 2. Vapaan auringonkulman vaikutus aurinkoenergian saantiin Etelä-Suomessa (B. Erat ym.2008, 36).

Vapaa auringon paistekulma	Aikaväli jolloin aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää	Suhteellinen aurinkoenergian saantimahdollisuus
85°	1.1.- 31.12.	100 %
80°	22.1 - 21.11.	n. 91 %
75°	9.2. - 1.11.	n. 83 %
70°	24.2. – 18.10	n. 77 %
65°	7.3. - 5.10.	n. 68 %
60°	20.3. – 22.9.	n. 59 %
55°	3.4. – 9.9.	n. 51 %
50°	16.4. – 26.8.	n. 42 %

Tässä kohteessa keräimet kannattaisi asentaa 60° kulmaan, jotta aurinkoenergiaa saadaan aikaisesta keväästä pitkälle syksyyn.

6 KERÄIMIEN VERTAILU

Keräimien hyötysuhde voi olla yli 70% riippuen keräimien tekniikasta ja ympäristön olosuhteista. Alla olevasta kuvasta nähdään, kuinka tasokeräimien ja tyhjiöputkikeräimien hyötysuhde muuttuu keräimeen tulevan nesteen lämpötilan mukaan. Kuvan mukaan tasokeräimet ovat tehokkaimmillaan, kun lämpötilaero tulevan nesteen ja ulkoilman välillä on pieni. Tyhjiöputkikeräimillä hyötysuhde ei laske yhtä nopeasti kuin tasokeräimellä, vaikka nesteen lämpötilaero kasvaa. Joten haluttaessa keräimeltä korkeita lämpötiloja, on tyhjiöputkikeräin parempi korkeamman hyötysuhteen takia. (Motiva 2016).

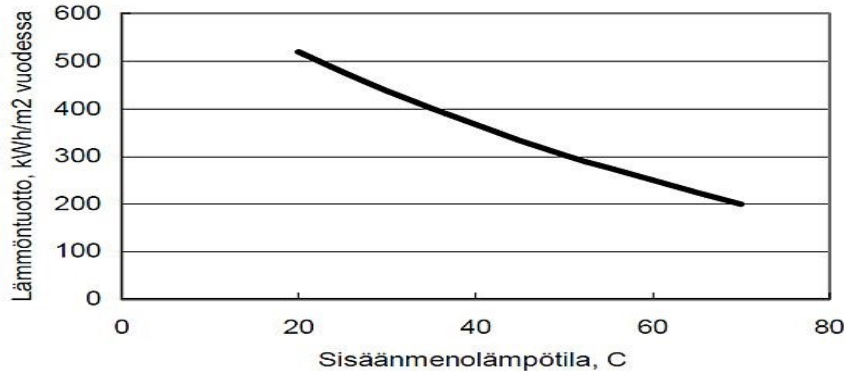


KUVA 9. Lämmöntuoton tehokkuus erityyppisillä keräimillä (Savosolar).

Aurinkoenergiajärjestelmästä saatavan energian määrään vaikuttaa muun muassa:

- aurinkokeräimen katteen (lasin) ominaisuudet
- lämmöneristys ja tiiviys
- aineiden absorptio- ja lämmönsiirtokyky
- lämmönsiirtoaineen ominaisuudet
- aurinkokeräimen käyttölämpötila
- etäisyys keräimistä varaajaan
- lämmönsiirtoputkien lämmöneristys
- aurinkokeräimen suuntaus ja kaltevuus
- varaajan lämpötila
- tarvittava lämpötila ja tarvittava energiamäärä

- ulkolämpötila ja tuulisuus
- auringon tulokulma (vuodenaika ja kellonaika)
varjot. (Motiva 2016.)



KUVA 10. Lämmöntuotto suhteessa sisäänmenonesteen lämpötilaan (Solpros).

Kuvasta 10 nähdään, kuinka paljon keräimeen menevän nesteen lämpötila vaikuttaa keräimen vuosituottoon. Mikäli tasokeräimellä halutaan saada korkeita lämpötiloja, kasvaa keräimen lämpöhäviöt. Suurin tekijä on konvektio absorptiopinnasta katelasiin ja keräimen kehyksiin. Tyhjöputkikeräimellä ei näin käy, koska absorptiopinnat ovat tyhjiön sisällä, joten konvektiota pääsee tapahtumaan. (Tahkokorpi ym. 2016, 95).

6.1. Keräinten valinta

Keräimien mitoittamiseen tarvittava lämpömäärä saadaan laskettua pellettimäärästä vuosien 2015-2017 huhtikuun ja syyskuun väliseltä ajalta keskiarvona. Vuodessa käytetyt pellettimäärät ovat esitettyinä liitteessä 2. Keskimääräisesti pellettiä kului 1875 kg seitsemän kuukauden aikana ja siitä saatiin energiaa 7743 kWh, kun kattilan hyötysuhde oli 0,89 .

TAULUKKO 3. (Solpros).

Suuntaa antavia mitoitus tietoja aurinkolämpöjärjestelmälle

Käyttövesi l/pv	Varaajan koko (l)	Keräin m ²	Paisunta-astia (l)
100-200	300	4-6	18-24
200-300	500	6-8	24
300-500	800	8-10	25-50
500-800	1000	10-15	40-50

Aurinkokeräimien pinta-ala saadaan laskettua, kun tiedetään valitun keräimen lämmön-
tuotto ja tarvittava lämpöenergiatarve lämpimälle käyttövedelle ja kosteiden tilojen lat-
tialämmitykselle. Mitoitusperusteena on, ettei tuoteta yllämpöä, koska lämmönsiirtones-
teen kiehuessa paine keräimessä kasvaa paljon. Stagnaatiolämpötilalla tarkoitetaan keräi-
men maksimilämpötilaa silloin, kun neste ei virtaa keräimessä ja sen lämpötuotto on yhtä
suuri kuin sen lämpöhäviö. Keräinnesteen lämpötila voi kohota tasokeräimillä yli 200°
C:een ja tyhjiöputkikeräimillä jopa 350° C:een (Rawlings 2010, 17).

Mitoitus tehdään siten, että keräimillä saadaan tuotettua 100 % kesäkuukausien lämmi-
tystarpeesta.

6.2. Keräimistä saatava teho ja saatavan energian hinta

Vertailtavat aurinkolämpöjärjestelmät koostuvat seuraavista osista:

- Aurinkokeräimet
- Kattokiinnikkeet: jalat ja kiskot
- Pumppu ja varolaitteet
- Ohjausyksikkö
- Paisunta-astia
- Lämmönsiirtoputki
- Putkiliittimet keräinten ja pumpun välillä
- Lämmönsiirtoneste.

Edellä olevien lisäksi tutkittavassa kohteessa tarvitaan lämminvesivaraaja.

Alla on laskukaava keräimellä tuotetulle lämpöteholle.

$$P = A \cdot (n_0 \cdot G - a_1 \cdot (T_m - T_a) - a_2 \cdot (T_m - T_a)^2) \quad (1)$$

missä,

P = keräimen lämpöteho

A = keräimen tehollinen pinta-ala

n_0 = lämpöhäviötön hyötysuhde

a_1 = ensimmäisen kertaluokan lämpöhäviökerroin

a_2 = toisen kertaluokan lämpöhäviökerroin

G = auringon säteilyteho (W/m^2)

T_m = keräimen lämpötila ($^{\circ}\text{C}$ tai K)

T_a = ympäristön lämpötila ($^{\circ}\text{C}$ tai K)

Tarjouksessa saadun keräimen tiedoilla laskettuna 4-keräimen kentän tehoksi saadaan 4785 W. Laskelma on esitettyä liitteessä 6.

Aurinkolämmön tuotantohinta €/MWh saadaan laskettua kaavalla (Finsolar).

$$\text{tuotantohinta} = \frac{\text{järjestelmäinvestointi } \text{€}/\text{m}^2 + \text{huoltokulut } \text{€}/\left(\frac{\text{keräin}}{\text{m}^2}\right)}{\text{järjestelmän tuotto MWh}/\left(\frac{\text{keräin}}{\text{m}^2}\right)/v \cdot \text{pitoaika } v} \quad (2)$$

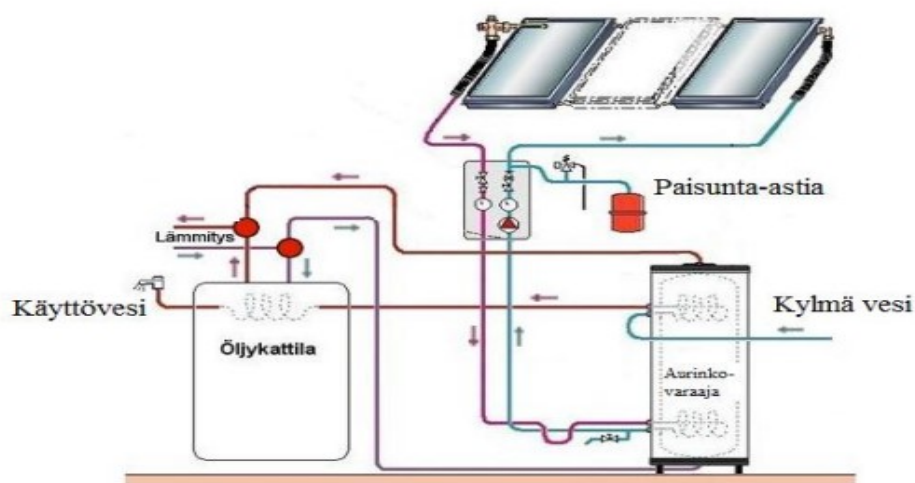
Kaavassa lasketaan tuotantohinta jakamalla investoinnin ja huoltokulujen summa järjestelmän vuodessa keräineliötä kohti tuottaman energian ja järjestelmän käyttöiän tulolla. Laskentakaavassa on käytetty seuraavia lähtöoletuksia: investointiin kuuluvat laitteet ja asennus €/keräin- m^2 ja järjestelmän käyttöikä on 30 vuotta. On arvioitu, että järjestelmän käyttöiän aikana 30 vuodessa täytyy siirtoneste vaihtaa kaksi kertaa. Paisunta-astia ja ohjainyksikkö täytyisi vaihtaa kerran. Laadukkailla lämpökeräimillä päästään Suomessa 0,4-0,5 MWh/keräin- m^2 vuosituotantoon. Keskimäärin huoltokulut olisivat 5 % investoinnista 50-100€/vuosi. (Finsolar).

Esimerkkikohteessa lasketulla energiakulutuksella ja lämmitettävän huonealan perusteella Biolan tarjosi 4-keräimen järjestelmää, minkä keräinala on 10,5 m^2 . Järjestelmän ja varaajan yhdistelmä rahteineen maksaa 5300€. Tällä perusteella voidaan laskea tuotetun aurinkoenergian hinta. Kaavalla 2 laskettuna aurinkoenergian hinnaksi saadaan

$$\begin{aligned} \text{tuotantohinta} &= \frac{5300\text{€}/10,5 \text{ m}^2 + 10 \text{ €}/\left(\frac{\text{keräin}}{\text{m}^2}\right)}{\left(0,4 \text{ MWh}/\left(\frac{\text{keräin}}{\text{m}^2}\right)\right)/\text{v} \cdot 30 \text{ v}} \\ &= 42,8 \text{ €/MWh} \end{aligned}$$

Vastaavasti pelletillä tuotetun lämpömegawattitunnin hinnaksi tuli n. 57 €/MWh, kun laskennassa käytetyn pelletin hinta oli 135 €/500kg.

Alla olevassa kuvassa esitettynä periaatteellinen kuva aurinkokeräimien liittämistä nykyisen lämmityksen rinnalle.



KUVA 10. Aurinkokeräimen ja kattilan kytkentä.

7 KANNATTAVUUS

Tähän työhön on saatu kolmelta toimittajalta tarjoukset aurinkolämpökeräimistä siten, että he ovat määrittäneet keräinpinta-alan halutun energiamäärän ja lämmitettävien tilojen lattiapinta-alan mukaan. Tässä tapauksessa haluttiin lämmitysenergia käyttövedelle ja kosteiden tilojen lattialämmitykseen. Näihin on energiaa kulunut keskimääräisesti huhtisyysskuun välillä 7743 kWh. Lämmitettävän lattian pinta-ala on 6,4 m².

Energiamäärän tuottaminen huhti-syyskuun välillä pelletillä maksaa tällä hetkellä n. 480 €. Biolanilta saadun tarjouksen perusteella Solar Thor aurinkolämpökeräinjärjestelmä maksaa 3450 € (sis.alv 24%), mihin sisältyy myös rahti 120€. Tässä järjestelmässä on kaikki, mitä aurinkojärjestelmään tarvitaan paitsi varaaja. Tähän järjestelmään valittiin 750 litran Akva solar- varaajan, minkä hinta Kaukoran tarjouksessa oli 1740 € .

Kannattavuus laskelmat tehtiin nykyarvomenetelmällä mikä on esitettyä liitteessä 4. Tähän investointiin ei laskettu työkuluja, sillä suurimman osan investoinnista muodostavat laitteiden hinnat. Tähän laskettiin säästöinä eli tuottoina joka vuosi säästetty pelletin hinta, mikä aluksi oli 480 € lisättyä joka vuosi 1,5 %:n hinnannousulla. Säästöt diskontattiin tämän päivän arvoksi, jotta menot ja tuotot voitiin vähentää toisistaan. Laskennassa käytettiin korkokantana 3 %. Liitteessä esitetty nykyarvolaskelma on saatu kertomalla vuosittainen tuotto kyseisen vuoden diskonttaustekijällä. Nykyarvojen tuottoja on laskettu niin monta yhteen jotta saatu summa on yhtä suuri investoinnin kanssa. Investoinnin kulut olivat kalliimman tarjouksen mukaan yhteensä 5290 €. Näin laskemalla saatiin takaisinmaksuajaksi n.13 vuotta, mikä on esitettyä kannattavuuslaskelmassa liitteessä 4.

Tuotetun energian hinta aurinkolämmöllä maksaa n. 43 € / MWh ja pelletillä tuotettuna 57€/MWh.

8 POHDINTAA

Aurinkolämmön hyödyntäminen on järkevää, koska energia on ilmaista ja energialähde ehtymätön. Lisäksi tuotetusta energiasta ei tule päästöjä, joten se on myös ympäristöystävällistä.

Tässä työssä tutkittujen keräinten hyötysuhteet olivat hyvät, joten verrattain pienellä 10,5 m² keräinalalla saadaan katettua tarvittava energiamäärä käyttöveden ja lattialämmityksen tuotantoon. Työssä valikoitui ensisijaiseksi vaihtoehdoksi tasokeräin edullisuutensa ja riittävän tehokkuutensa ansiosta. Tyhjiöputkikeräin olisi ollut vaihtoehto, mikäli olisi ollut tarve saada kuumempaa vettä järjestelmästä, mutta vastaavasti hinta olisi ollut korkeampi. Työssä mukana oleva Solixi keräinjärjestelmä olisi ollut mielenkiintoinen vaihtoehto hinnaltaan ja tehokkuudellaan, sillä valmistajan tietojen mukaan se antaa 22 kW tehon, kun auringonsäteilyn määrä on 1 kW /m² maan pinnalla ja 17,6 kW tehon, kun säteilyn määrä on 0,8 kW/m². Solixin järjestelmä kerää lämpöä tasaisemmin vuoden ympäri ja siksi se vaatii ison, kalliin moniosaisen varaajan, ja sille oman ohjausjärjestelmän pumppuineen, jotta lämpö saadaan hyödynnettyä tehokkaasti.

Käytännön toteutuksen kannalta keräimien sijoittelu on haasteellista. Asuinrakennuksen katolla olisi ilmansuuntien ja varjottomuuden takia hyvä sijoituspaikka, mutta siirtoputkien pituus kasvaa liian suureksi, jolloin häviöt kasvavat. Autotalli on sijoitettu pääty etelään päin, joten senkään katto ei ole optimaalinen paikka sijoittaa keräimiä. Mielestäni ainoa välttävä sijoituskohde on autotallin itä- tai länsisivustalle telineeseen, mutta huonona puolena on puiden ja rakennuksien muodostamat varjot varsinkin alkukeväällä ja loppusyksystä.

LÄHTEET

EC. Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps. [Sovellus]. Aurinkoenergian säteily määrän arviointityökalu. <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>

Energiateollisuus. Maapallon energiatasapaino kuva <https://image.slidesharecdn.com/yviestintverkkoviestintenergia-fiverkkopalvelu-uudistuskalvosarjatympristtietopakettiilmastonmuutoksestappt2008-100908060056-phpapp02/95/ilmastonmuutos-ja-energia-5-728.jpg?cb=1283925746>

Erat B., Erkkilä V., Nyman C., Peippo K., Peltola S., & Suokivi H. 2008. Aurinko-opas aurinkoenergiaa rakennuksiin. Porvoo: Aurinkoteknillinen Yhdistys ry.

Erat B., Hänninen P., Lappalainen I., Nyman C., Rasinkoski A., Tahkokorpi M., Wiljander M., 2016. Aurinkoenergia Suomessa. Into Kustannus ja Aurinkoteknillinen yhdistys ry. Luettu: 13.1.2018

Finsolar. Aurinkolämpöjärjestelmien hintatasot ja kannattavuus. Päivitetty: 26.9.2016. Luettu: 3.3.2018. <http://www.finsolar.net/aurinkoenergian-hankintaohjeita/aurinkolampojarjestelmien-hintatasot-ja-kannattavuus-suomessa>

Motiva. Aurinkokeräinten hyötysuhteet. Päivitetty: 11.11.2016. Luettu: 17.3.2018. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/aurinkokerainten_hyotysuhteet.

Motiva. Aurinkolämpöjärjestelmän sijoittelu. Päivitetty: 11.11.2016 https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/hankinta_ja_asennus/aurinkolampojarjestelman_sijoittelu. Luettu: 29.4.2018.

Nopanen, M. 2010. Aurinkoenergiaa kuluttajille. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Luettu 29.4.2018.

Rawlings, R. 2010. Capturing Solar Energy. CIBSE. Luettu: 3.3.2018

Seppänen, O. 2001. Rakennusten lämmitys. Kouvola: Suomen LVI-liitto ry. Luettu: 3.3.2018

Sillanpää, I. tekninen johtaja, Laka Oy. Puh.keskustelu 25.1.2019.

Solixi. 2018 . Aurinkokeskitin. <https://solixi.com/fi/solar-energy/> Luettu: 29.4.2018.

Solpros. 2006. Aurinkolämpöjärjestelmien perusteet, mitoitus ja käyttö. Luettu: 30.4.2018 <http://www.kolumbus.fi/solpros/reports/OPAS.pdf>

Takala, A. 2011. Aurinkolämmitys. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Kandidaattityö. Luettu 29.4.2018.

Hewalex. Keymark certificate. <http://www.hewalex.eu/pliki/preview/ks2100-2600-tlp-acr-factsheet.pdf> . Luettu: 6.5.2018.

LIITTEET

Liite 1. Tontille tuleva säteily määrä.

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>

Performance of Grid-connected PV

NOTE: before using these calculations for anything serious, you should read [\[this\]](#)

PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 61°38'25" North, 23°12'50" East, Elevation: 88 m a.s.l.,

Solar radiation database used: PVGIS-classic

Nominal power of the PV system: 1.0 kW (crystalline silicon)

Estimated losses due to temperature and low irradiance: 7.5% (using local ambient temperature)

Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.2%

Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%

Combined PV system losses: 23.0%

Fixed system: inclination=35°, orientation=0°				
Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	0.47	14.4	0.53	16.4
Feb	1.62	45.4	1.87	52.3
Mar	2.44	75.8	2.96	91.7
Apr	3.65	109	4.64	139
May	4.19	130	5.58	173
Jun	4.08	122	5.56	167
Jul	4.00	124	5.52	171
Aug	3.10	96.0	4.18	130
Sep	2.20	66.0	2.84	85.1
Oct	1.18	36.5	1.44	44.7
Nov	0.47	14.2	0.56	16.8
Dec	0.26	7.99	0.30	9.22
Yearly average	2.31	70.1	3.00	91.3
Total for year		842		1100

E_d : Average daily electricity production from the given system (kWh)

E_m : Average monthly electricity production from the given system (kWh)

H_d : Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

H_m : Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

Liite 2. Pelletin kulutus

Pelletin kulutus 2014-2017																
Vuosi	Tammi	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu	Yhteensä kg	Lämpöarvo kWh/kg	kWh/a	
2014	500	500	500		500					500	500	500	3500	4,75	16625	
2015	1000		500				500	500		500	500	500	4000	4,75	19000	
2016	500		500	500			500		500	500	500	500	4000	4,75	19000	
2017	500	500	500	500	500	500		500	500		500	500	5000	4,75	23750	
															78375	Summa
															19594	Keskiarvo

Liite 3. Sähkön kulutus

Sähkönkulutus 2014-2017													
Vuosi	Tammi	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu	Yhteensä kWh
2014	788	536	572	998	699	791	1399	1310	1400	1081	563	720	10857
2015	727	807	1249	1712	1904	1476	962	408	444	526	531	823	11570
2016	770	942	731	811	422	973	1136	456	583	902	495	928	9150
2017	685	546	875	785	589	446	387	468	455	660	530	550	6977

Liite 4. Kannattavuuslaskelma

KANNATTAVUUSLASKELMA					
Diskonttaustekijä = $(1/(1+ \text{korko \%}/100))$ vuosien lkm					
Pelletin hinta 7kk:n ajalta k= 480€					
Pelletin hinta noussut 1,5 % /vuosi joten q = 1,015					
n= vuosien määrä					
Tuotto laskettu koronkorko kaavalla $K= kq^n$					
Korko 3%	1,03		1,015		
Vuosi (n)	Diskonttaus tekijä	Tuotto €/vuosi (K)	Tuotto nykyaarvo/€	Yhteensä	
1	1,03	0,971	480,0	466,0	
2	1,06	0,943	487,2	459,2	
3	1,09	0,915	494,5	452,5	
4	1,13	0,888	501,9	446,0	
5	1,16	0,863	509,5	439,5	
6	1,19	0,837	517,1	433,1	
7	1,23	0,813	524,9	426,8	
8	1,27	0,789	532,7	420,5	
9	1,30	0,766	540,7	414,4	
10	1,34	0,744	548,8	408,4	
11	1,38	0,722	557,1	402,4	
12	1,43	0,701	565,4	396,6	5165,4
13	1,47	0,681	573,9	390,8	5556,2
14	1,51	0,661	582,5	385,1	5941,3
15	1,56	0,642	591,2	379,5	
16	1,60	0,623	600,1	374,0	
			YHT.	6694,7	

Liite 5. Solixi aurinkokeskitin hinnat

Solixi C13 aurinkokeskitin



Peilien pinta-ala 7,5 m²

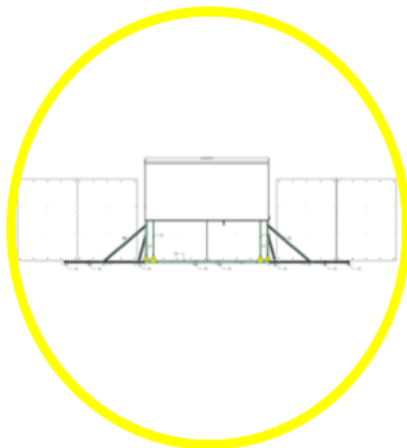
Nimellisteho ja lämmön tuotto;

3,5kW 6h keskipäivä, 21 kWh
1,5kW 4h aamu ja ilta kesäisin, 6 kWh
Nimellisteho saavutetaan aurinkoisena päivänä kun säteilyteho on 1kW/m²

Sisältää:

Solixi lämpökeräin 2000x1250mm.
1 kpl Solixi kontrolleri SIOA.
6 karamoottoria heliostaattien suuntaamiseen.
6 peiliä 1250x1000mm
Pultit, palkit, liitännälevyt, peilien tukilaatikot jne.

Suositusuhinta 2490 €, alv 0%



Mitat

Solixi C16 aurinkokeskitin



Peilien pinta-ala 15 m²

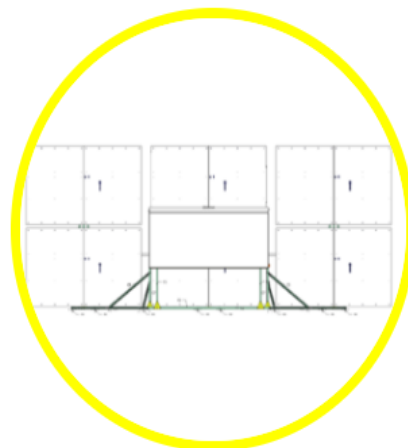
Nimellisteho ja lämmön tuotto;

7kW 6h keskipäivä, 42 kWh
3kW 4h aamu ja ilta kesäisin, 12 kWh
Nimellisteho saavutetaan aurinkoisena päivänä kun säteilyteho on 1kW/m²

Sisältää:

Solixi lämpökeräin 2000x1250mm.
2 kpl Solixi kontrolleri SIOA.
12 karamoottoria heliostaattien suuntaamiseen.
12 peiliä 1250x1000mm
Pultit, palkit, liitännälevyt, peilien tukilaatikot jne.

Suositusuhinta 4100 €, alv 0%



Mitat

Liite 6. Keräimillä saatava lämpöteho

Laskennassa käytetty keräimen Hewalex KS 2400 TLP ACR tietoja mitkä saatu liitteessä 7 olevasta datasivusta.

$$P = A \cdot (n_0 \cdot G - a_1 \cdot (T_m - T_a) - a_2 \cdot (T_m - T_a)^2)$$

missä

P = keräimen lämpöteho

A = 2,19 m² (keräimen tehollinen pinta-ala)

n_0 = 82,7 % (lämpöhäviötön hyötysuhde)

a_1 = 3,247 W/m² K (ensimmäisen kertaluokan lämpöhäviökerroin)

a_2 = 0,020 W/m² K² (toisen kertaluokan lämpöhäviökerroin)

G = 800 W/m² (aurion säteilyteho)

T_m = 323K (keräimen lämpötila)

T_a = 293 K (ympäristön lämpötila)

$$\begin{aligned} P &= 4 \cdot 2,19 \text{ m}^2 (0,827 \cdot 800 \text{ W/m}^2 - 3,247 \text{ W/m}^2 \text{ K} \cdot (323 \text{ K} - 293 \text{ K}) - 0,020 \text{ W/m}^2 \text{ K}^2 \cdot (323 \text{ K} - 293 \text{ K})^2) \\ &= 8,76 \text{ m}^2 (661,6 \text{ W/m}^2 - 97,4 \text{ W/m}^2 - 18 \text{ W/m}^2) \\ &= 8,76 \text{ m}^2 \cdot 546,2 \text{ W/m}^2 \\ &= 4784,7 \text{ W} \end{aligned}$$

Liite 7. Keräimen datasiivu



Page 1/2

Summary of EN 12975 Test Results, annex to Solar KEYMARK Certificate						Licence Number		011-752159 F			
Company holding the						HEWALEX Sp. z o.o. Sp.k.		Country		POLAND	
Brand (optional)						---		Website		www.hewalex.eu	
Street, street number						ul. Słowackiego 33		E-mail		hewalex@hewalex.pl	
Postal Code / City, province						43-502 Czechowice-Dziedzice		Tel/Fax		+48 32 234 17 10 / 32 234 50 04	
Collector Type (flat plate glazed/un-glazed; evacuated tubular)						Flat plate collector - glazed					
Thermal / photo voltaic hybrid collector? (PVT collector)						No					
Integration in the roof possible? (manufacturers declaration)						Yes					
Collector name	Aperture area (A _g) m ²	Gross length mm	Gross width mm	Gross height mm	Gross area (A _g) m ²	Power output per collector module					
						G = 1000 W/m ²					
						T _m -T _a					
						0 K	10 K	20 K	30 K	50 K	70 K
						W	W	W	W	W	W
KS 2100 TLP ACR	1.82	2,018	1,037	89	2.09	1,505	1,442	1,295	1,119	913	913
KS 2100 TLP ACR	1.82	2,018	1,037	89	2.09	1,505	1,442	1,295	1,119	913	913
KS 2200 TLP ACR	2.01	2,018	1,129	89	2.28	1,662	1,593	1,430	1,235	1,008	1,008
KS 2200 TLP ACR	2.01	2,018	1,129	89	2.28	1,662	1,593	1,430	1,235	1,008	1,008
KS 2400 TLP ACR	2.19	2,018	1,221	89	2.46	1,811	1,736	1,558	1,346	1,099	1,099
KS 2400 TLP ACR	2.19	2,018	1,221	89	2.46	1,811	1,736	1,558	1,346	1,099	1,099
KS 2600 TLP ACR	2.36	2,018	1,314	89	2.65	1,952	1,870	1,679	1,451	1,184	1,184
KS 2600 TLP ACR	2.36	2,018	1,314	89	2.65	1,952	1,870	1,679	1,451	1,184	1,184
Performance test method						Glazed liquid heating collector - steady state - indoor					
Performance parameters related to aperture						η ₀		a ₁		a ₂	
Units						-		W/(m ² ·K)		W/(m ² ·K ²)	
Test results - Flow rate and fluid see note 1						0.827		1.247		0.020	
Bi-directional incidence angle						No					
Incidence angle modifiers KB(θ)						Angle					
						10° 20° 30° 40° 50° 60° 70° 80° 90°					
						KB(θ)					
						0.94					
						0.00					
Incidence angle modifier not bi-directional - leave fields blank											
Stagnation temperature - Weather conditions see note 2						T _{stg}		210.1 °C			
Effective thermal capacity						c _{eff} = C/A _g		5.17 kJ/(m ² ·K)			
Max. intended operation temperature - see note 3						T _{max,op}		250 °C			
Max. operation pressure - see note 3						p _{max,op}		1000 kPa			
Pressure drop table - for a collector family, the values shall be for the module with highest ΔP per m ² aperture area											
Flow rate	kg/(s·m ²)	0.000	0.019	0.023	0.037	0.050	0.063				
Pressure drop, ΔP	Pa	0	110	250	500	750	1030				
Optional weather data						Location		Link			
Testing Laboratory						Fundación CENER-CIEMAT, LEST					
Website						www.cener.com					
Test report id. number						30.2047.0-4-1 R / 30.2047.0-5-1 R		Date of test report		2013/09/18	
						30.2047.0-6-1 R / 30.2047.1					
During the test GDF/GTDT was always between						0.12		and		0.13	
Comments of testing laboratory:						The collectors models KS 2100 TLP ACR and KS 2600 TLP ACR were tested according to EN 12975-2. According to SKM rules, the results of the collector model KS 2100 TLP ACR are representative for the whole KS-ACR family.					
Note 1						Flow rate		0.030 kg/(s·m ²)		Fluid Water	
Note 2						Irradiance, G = 1000 W/m ² ; Ambient temperature, T _a =30 °C					
Note 3						Given by manufacturer					
						 Datasheet version: 4.04; 2013-04-22					
						DIN CERTCO • Alboinstraße 56 • 12103 Berlin, Germany Tel: +49 30 7562-1131 • Fax: +49 30 7562-1141 • E-Mail: info@dincertco.de • www.dincertco.de					