

52X116181
7.6.2013



TYÖ- JA ELINKEINOMINISTERIÖ, ENERGIATEOLLISUUS RY

Aurinkolämmön liiketoimintamahdollisuudet kaukolämmön
yhteydessä Suomessa

Yhteystiedot

PL 4 (Jaakonkatu 3)
FI-01621 Vantaa
Finland
Kotipaikka Vantaa, Finland
Y-tunnus 2302276-3
Puh. +358 10 3311
Faksi +358 10 33 21031
<http://www.poyry.com>

Pöyry Management Consulting Oy

Copyright © Pöyry Management Consulting Oy

Kaikki oikeudet pidätetään Tätä asiakirjaa tai osaa siitä ei saa kopioida tai jäljentää missään muodossa ilman Pöyry Management Consulting Oy:n antamaa kirjallista lupaa.

Copyright © Pöyry Management Consulting Oy

Sisältö

SUMMARY IN ENGLISH.....	4
Background	4
Conclusions	4
1 TAUSTA	6
2 AURINKOLÄMMÖN MARKKINAT JA AJURIT.....	7
2.1 Aurinkolämpömarkkinat	7
2.2 Aurinkolämmön ajurit.....	8
3 AURINKOLÄMMÖN HYÖDYNTÄMINEN SUOMESSA	9
3.1 Keräinteknologia	9
3.2 Aurinkolämmön saanto Suomessa	10
4 KIINTEISTÖKOHTAINEN AURINKOLÄMPÖ.....	12
4.1 Tyypitalot	12
4.2 Aurinkolämmön tuotanto ja vaikutus kaukolämmön tarpeeseen	12
4.3 Kiinteistökohtaisen aurinkolämpöjärjestelmän kannattavuus.....	14
4.4 Aurinkolämmön vaikutus rakennuksen E-lukuun.....	17
4.5 Vaikutus kiinteistön suunnitteluun ja elinkaareen	19
4.6 Kiinteistökohtaisen aurinkolämmön hyödyntämispotentiaali Suomessa vuoteen 2020 mennessä kaukolämpöverkkojen alueella	20
5 KESKITETTY AURINKOLÄMPÖ	22
5.1 Keskitetyn aurinkolämmön tuotanto	22
5.2 Keskitetyn järjestelmän tuotantokustannus.....	23
5.3 Aurinkolämpö osana kaukolämmön tuotantojärjestelmää	24
5.4 Keskitetyn aurinkolämmön kannattavuus	27
5.5 CO ₂ -päästöt	29
5.6 Keskitetyn aurinkolämmön tuotannon potentiaali Suomessa vuoteen 2020 mennessä	30
6 AURINKOLÄMMÖN LIITTÄMINEN KAUKOLÄMPÖVERKKOON.....	31
6.1 Kiinteistökohtaisen järjestelmän kytkentävaihtoehdot kaukolämpöverkkoon	32
6.2 Keskitetyn järjestelmän kytkentä	33
6.3 Tekniset vaikutukset kaukolämmön tuotantoon ja siirtoon	33
6.4 Verkkoon tuotetun lämmön arvo	34
6.5 Esimerkkejä muista Euroopan maista	35
7 LIIKETOIMINTAMALLIT AURINKOLÄMMÖN HYÖDYNTÄMISEKSI.....	36
7.1 Aurinkolämmön arvoketju	37
8 AURINKOLÄMMÖN HYÖDYNTÄMISTÄ TUKEVAT OHJAUSKEINOT.....	40

9	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	41
---	---	-----------

Liitteet

Liite 1	Aurinkokeräimen toimintalämpötilan, keräintyyppin, suuntauksen ja sijainnin vaikutus aurinkolämmön tuotantoon
Liite 2	Käytetyt tyyppitalot
Liite 3	Aurinkolämmön vaikutus kaukolämmön tuotantorakenteeseen
Liite 4	Keskitetyn aurinkolämmön kannattavuuslaskennassa käytetyt lähtöarvot
Liite 5	Aurinkolämmön kytkentä kaukolämpöverkkoon

SUMMARY IN ENGLISH

Background

Solar energy hasn't been utilized in heat production in Finland in large amounts so far but interest towards it is rising. Conditions in Finland cut solar heat production only by 20% annually compared to northern Italy. Therefore, the conditions are better than normally assumed.

Both European level and national regulations have supported the growth of solar heating in Finland. The main regulations driving the change are the energy efficiency directive, energy directives for buildings and the European Union's renewable energy targets for the year 2020. This indicates that growth can be expected long into the future for solar heating as an emission free form of energy production.

In Finland, district heating has a strong position: approximately half of all residential and service sector buildings are connected to a district heating network. By using these networks and the related know-how, the utilization of solar heating could be advanced significantly with benefits to both district heating companies and smaller system operators such as property owners.

In this new market there exist many business opportunities related to planning, installation, operation and maintenance, and sales. This report analyses the market situation and related business opportunities.

Conclusions

Most of the solar heat is generated during summer months. This effectively means that it does not reduce the capacity requirements for current forms of heat production without large seasonal heat reserves. The case is the same for both producers and customers.

There are no insuperable technical obstacles for integrating solar heating units into buildings connected to a DH network or feeding excess heat into the network. This gives the opportunity to use the network for collecting heat from various sources and use it to provide demand flexibility therefore enabling energy efficient solutions between buildings and properties. The price level of solar heat is still clearly above the average energy price (excluding capacity and other payments).

Centralized production offers a more cost-efficient solution to generate solar heat into the district heating network. As a part of the network a solar district heating plant will act just as any other plant, except for the variability in production. The local heating company has, as the owner of the network, a key role in developing centralized solutions. Some companies already have plans for realizing centralized solutions but the economics don't favor taking action just yet.

Even on current price levels centralized heating can be an economically viable replacement for oil and in some cases natural gas during summer. This is the reason why most potential for using solar district heating lies in locations where existing production is based on oil or production during summer is heavily dependent on oil or gas.

At the moment the main drivers for energy businesses to be active regarding solar energy are experience building, image and to position themselves as forerunners. In addition to these, the regulatory environment pushes companies to explore new heat production technologies. The roles in which the actors are to play are still taking their form which opens up opportunities for new players.

In the coming years, growing the business volume solely based on providing solar heating related services will be challenging due to expected moderate growth in the home market. On the other hand, solar heating offers opportunities for companies already engaged in construction, maintenance or building automation businesses where solar heating can be integrated into their service offering. Extra potential can also be found in small buildings (that were outside the scope of this study), where the growth of solar heating can be faster than in larger buildings. The heating companies have a natural role as local energy businesses in the development of solar heating even though in the near future their efforts are more likely to be focused on building know-how and pilot projects.

In long term, solar heating can grow into a significant form of heat production. This is much up to the renewable energy targets and tightening construction directives. It is also possible that through technological advances, more cost-efficient production and price increases in other heat production forms the competitiveness of solar heating rises. For these reasons this would be the right time for companies to explore their opportunities and possible roles in the future solar heating market.

1 TAUSTA

Aurinkoenergian hyödyntäminen lämmöntuotannossa on toistaiseksi Suomessa vähäistä mutta kiinnostus aurinkolämmön hyödyntämiseen niin kiinteistöissä kuin keskitettyinä ratkaisuin kasvaa jatkuvasti. Pimeiden talvien vastapainona Suomessa auringonsäteilyä saadaan kesäkuukausina runsaasti ja Etelä-Suomen aurinkolämmön tuotanto onkin vain noin 20 % alhaisempi kuin esimerkiksi Pohjois-Italian, joten edellytykset aurinkolämmön hyödyntämiselle ovat paremmat kuin yleisesti oletetaan.

Aurinkolämmön yleistymistä tukevat tiukentuneet rakentamisen energiamääräykset, energiatehokkuusdirektiivi sekä Euroopan Unionin uusiutuvan energian tavoitteet vuodelle 2020. Kun lisäksi Euroopan Unionin tavoitteena on merkittävästi vähentää hiilidioksidipäästöjä edelleen vuoden 2020 jälkeen, voidaan päästöttömälle aurinkoenergialle ennustaa kasvua pitkälle tulevaisuuteen.

Suomessa kaukolämmön asema on perinteisesti ollut vahva, noin puolet asuin- ja palvelurakennuksista ovat kaukolämmön piirissä. Kaukolämpöverkkoja ja kaukolämpöalan osaamista hyödyntämällä voitaisiinkin Suomessa tehokkaasti edesauttaa aurinkolämmön hyödyntämistä laajemmassa mittakaavassa. Kaukolämpöyhtiöt voivat itse ottaa aurinkolämmön osaksi tuotantorakennettaan ja toisaalta kaukolämpöverkko mahdollistaa joustavan lämmön siirron ja hankinnan myös pienemmille, kiinteistökohtaisille järjestelmille.

Aurinkolämpöön liittyvä liiketoiminta on toistaiseksi ollut vähäistä, eikä toimijoille ole muodostunut kovin selkeitä rooleja. Tulevaisuudessa on kuitenkin nähtävissä useita erilaisia liiketoimintamahdollisuuksia aurinkolämpöjärjestelmien suunnitteluun, asennukseen, tuotantoon ja ylläpitoon sekä lämmön myyntiin liittyen.

Tämä työ käynnistettiin syyskuussa 2012 aurinkolämmön potentiaalin ja liiketoimintamahdollisuuksien kartoittamiseksi erityisesti kaukolämmön piirissä olevilla alueilla. Työn on toteuttanut Pöyry yhteistyössä työ- ja elinkeinoministeriön, Energiateollisuus ry:n, Helsingin Energian, Keskinäinen Eläkevakuutusyhtiö Ilmarisen, Oulun Energian, Tampereen Kaukolämpö Oy:n, Turku Energia Oy:n ja Vapo Oy:n kanssa. Työn suoritus ja raportointi on jakaantunut kahteen osioon:

- Työn julkisessa, työ- ja elinkeinoministeriön sekä Energiateollisuus ry:n rahoittamassa osuudessa aurinkolämmön potentiaalia ja liiketoimintamahdollisuuksia on arvioitu koko maan tasolla
- Yrityskohtaisissa raporteissa aurinkolämmön potentiaalia ja liiketoimintamahdollisuuksia on arvioitu yritysten oman liiketoiminnan, toimialueen ja toimialan näkökulmasta

Työhön sisältyi myös osallistujien kesken järjestetty työpaja, jossa arvioitiin aurinkolämmön edistämiseen liittyviä mahdollisuuksia ja haasteita.

Tämä raportti on työn julkisen osion loppuraportti.

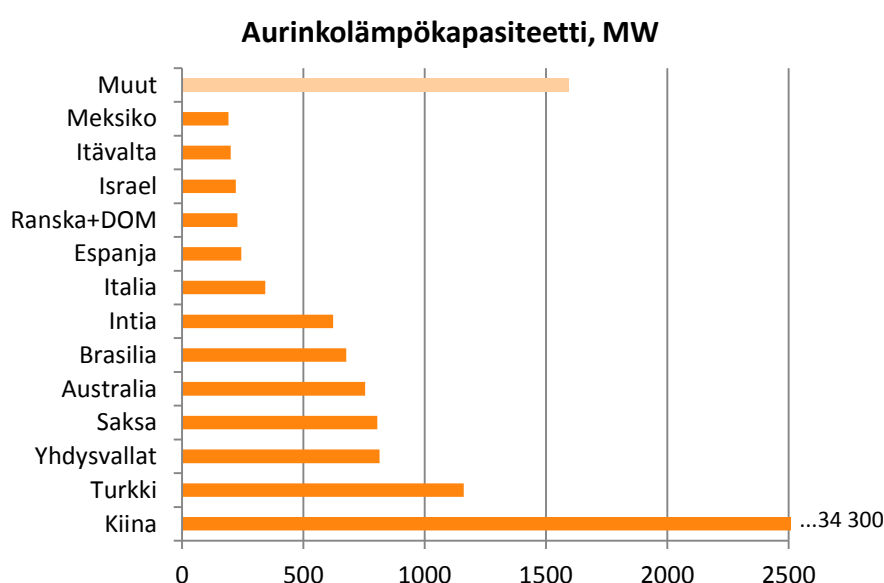
Pöyry kiittää kaikkia työn suorittamiseen osallistuneita tahoja.

Vantaalla kesäkuussa 2013

2 AURINKOLÄMMÖN MARKKINAT JA AJURIT

2.1 Aurinkolämpömarkkinat

Aurinkolämpömarkkinat ovat kasvaneet voimakkaasti viimeisen 20 vuoden aikana. Vuonna 2010 maailman aurinkolämpömarkkinoiden suuruudeksi arvioitiin 200 GW ja tuotannoksi noin 162 TWh/a¹. Tyypillisesti aurinkolämpöä hyödynnetään kotitalouksien käyttöveden lämmitykseen, osittain myös tilojen lämmitykseen. Maailmalla on jo myös useita esimerkkejä suurista aurinkolämmön tuotantolaitoksista esimerkiksi Singaporessa, Kanadassa, USA:ssa, Kiinassa ja Tanskassa.



Kuva 1 Maailman aurinkolämpökapasiteetti vuonna 2010 (Lähde: IEA-SCH Solar Heat Worldwide 2012)

Selkeästi suurin aurinkolämmön hyödyntäjämaa on Kiina, jonka kapasiteetiksi on arvioitu noin 34 GW. Uudesta kapasiteetista sijoittuu edelleen Kiinaan arvioiden mukaan yli 80 %. Kiinassa aurinkolämpöä hyödynnetään lähinnä kotitalouksissa, pääasiassa käyttöveden lämmitykseen.

Euroopassa tuotettiin vuonna 2010 arviolta 15–20 TWh aurinkolämpöä. Euroopassa tuotanto on lähes yksinomaan kotitalouksien omaa tuotantoa, keskitettyjen ratkaisujen osuus oli alle 1 %. Poikkeuksena on Tanska, jossa keskitetty aurinkolämmön tuotanto on yleistynyt nopeasti ja yli 30 % aurinkolämmöstä tuotetaan jo keskitetyillä järjestelmillä. Tanskan keskitetyt järjestelmät on liitetty kaukolämpöverkkoon, muuten aurinkolämmön tuotannon liittäminen kaukolämpöön on vielä verrattain harvinaista, tosin muutamia esimerkkejä löytyy ainakin Ruotsista, Saksasta ja Itävaltasta.

Suomessa aurinkolämmön hyödyntäminen on vielä pienimuotoista, vuoden 2010 arvioitu tuotanto oli alle 20 GWh. Viime vuosina kiinnostus aurinkolämpöä kohtaan on kuitenkin kasvanut merkittävästi erityisesti pientalojen yhteydessä ja järjestelmät ovat

¹ IEA-SHC Solar Heat Worldwide 2012

olleet näkyvästi esillä muun muassa asuntomessujen yhteydessä. Keskitettyjä ratkaisuja ei Suomessa toistaiseksi ole vaan olemassa olevat järjestelmät ovat kiinteistöihin asennettuna. Mielenkiinto keskitettyihin ratkaisuihin on heräämässä ja muutamissa kohteissa selvityksiä on jo viety eteenpäin.

2.2 Aurinkolämmön ajurit

Aurinkolämmön yleistymistä on hidastanut kilpailevia lämmitysmuotoja korkeammat investointikustannukset sekä talviaikaisen korvaavan lämmitysmuodon tarve. Viime aikojen teknologian kehitys, tiukkenevat rakennusmääräykset ja vaatimukset energiatehokkuudesta, hiilineutraaliudesta ja uusiutuvien energianlähteiden hyödyntämisestä sekä aurinkolämpöön liitettävät imagotekijät ovat lisänneet kiinnostusta aurinkolämpöä kohtaan.

2.2.1 Säädökset ja sopimukset

Vuonna 2012 tulivat voimaan uudet, kokonaisenergiankulutukseen perustuvat rakentamisen energiamääräykset uudisrakentamiselle. Korjausrakentamisen energiatehokkuusmääräyksiä koskeva asetus astuu voimaan 1.6.2013 viranomaiskäytössä oleville rakennuksille ja 1.9.2013 muille rakennuksille. Kokonaisenergiatarkastelu eli niin kutsutun E-luvun laskenta perustuu ostoenergian määrään, joten kiinteistön itsensä tuottama aurinkolämpö on eräs mahdollisuus vähentää ostetun energian määrää ja siten päästä määräysten velvoittamalle tasolle.

Rakentamisen energiatehokkuusvaatimukset tiukkenevat vielä lisää vuosikymmenen lopulla. Vuonna 2019 uusien valtion rakennusten on oltava lähes nollaenergiataloja, kaikkien uusien rakennusten tulee täyttää lähes nollanenergiavaatimukset kaksi vuotta myöhemmin.

Lähes nollaenergiatalon kriteereitä ei vielä ole määritelty, kansalliset ohjeelliset suositukset tullaan julkaisemaan vuonna 2015. Lisäksi rakennusten energiatehokkuusdirektiivi 2010/31/EU velvoittaa jäsenmaat ilmoittamaan vuoden 2014 loppuun mennessä, kuinka jäsenmaat tulevat saavuttamaan velvoitteet uusiutuvan energian vähimmäistasosta uusissa ja kunnostettavissa rakennuksissa.

Energiatehokkuusdirektiivi (2012/27/EU) tuli voimaan 4.12.2012. Direktiivin edellyttämä kansallinen lainsäädäntö tulee saattaa voimaan viimeistään 5.6.2014. Direktiivissä edellytetään muun muassa, että vuosittain 3 % valtion rakennusten pinta-alasta korjataan vastaamaan direktiivin 2010/31/EU vähimmäisvaatimuksia. Lisäksi edellytetään sellaisten energiatehokkuusvelvoitteiden toimeenpanoa, joilla saavutetaan vuosittain energian säästö, joka vastaa 1,5 % suuruista osuutta kaikkien energian jakelijoiden vuosittaisesta jakelusta. Velvoitteet voidaan kohdistaa energian jakelijoille ja/tai vähittäismyyjille tai vastaavat säästöt voidaan toteuttaa muilla toimenpiteillä.

Energiatehokkuussopimukset ovat vapaaehtoisia sopimuksia, joiden piirissä on lähes puolet koko Suomen energian loppukäytöstä. Sopimuskausi on 2008- 2016. Yhtenä tukevana keinona tavoitteiden saavuttamiseksi on esitetty aurinkoenergian hyödyntämistä, jonka primäärienergiakerroin on nolla (suora energiasäästövaikutus).

Suomea velvoittavat myös EU:n direktiivin 2009/28/EY uusiutuvan energian tavoitteet vuodelle 2020. Pitkällä aikavälillä EU:n tavoitteena on vähentää hiilidioksidipäästöjä 80 – 95 % vuoteen 2050 mennessä. Suomen 2050 tiekartan laadinta on aloitettu keväällä 2013 alkuvuodesta julkaistun energia- ja ilmastostrategian pohjalta.

2.2.2 Muut ajurit

Suorien velvoitteiden lisäksi toimijoilla on muitakin syitä hyödyntää aurinkolämpöä. Yrityksille eräs merkittävä tekijä on imago; aurinkoenergia koetaan saastuttamattomana tulevaisuuden energiamuotona ja aurinkolämpöön panostaminen jo nyt luo edelläkävijän leimaa. Rakennuttajat ja kiinteistöomistajat tuovatkin näkyvästi esille aurinkolämmön hyödyntämistä kohteissaan ja lisäksi aurinkolämmöllä on positiivinen vaikutus kiinteistöalan ympäristösertifioinneissa (LEED ja BREEAM).

Vaikka aurinkolämpöön liittyvä liiketoiminta ei vielä nykyisellään ole suurta, osallistumalla hankkeisiin voidaan kartuttaa arvokasta kokemusta mahdollista myöhempää toiminnan kasvua ajatellen. Aurinkolämpö tarjoaa myös mahdollisuuden laajentaa oman liiketoiminnan reviiriä, esimerkiksi kaukolämpöyhtiölle se tarjoaa mahdollisuuden tarjota palveluita myös alueille tai kiinteistöihin, joissa kaukolämpöverkkoa ei ole. Huolto- ja isännöitsijäyhtiöiden tulee ymmärtää aurinkolämpöön liittyviä käyttö- ja huoltotoimenpiteitä.

Aurinkoenergian hyödyntämiseen liittyy vielä paljon teknologian ja muun osaamisen kehittämismahdollisuuksia. Suomen energiaosaamisen ja kilpailukyvyn ylläpitämisen kannalta on tärkeää, että aurinkoenergiaan liittyvää osaamista kasvatetaan tutkimuksen ja demonstraatiohankkeiden kautta.

3 AURINKOLÄMMÖN HYÖDYNTÄMINEN SUOMESSA

3.1 Keräinteknologia

3.1.1 Taso- ja tyhjiöputkikeräimet

Aurinkolämpöä voidaan käyttää veden ja tilojen lämmitykseen, höyryn tuotantoon ja jäähdytykseen. Tässä työssä on keskitetty käyttöveden ja tilojen lämmitysratkaisuihin.

Aurinkolämpöjärjestelmässä auringon säteilyenergiaa otetaan talteen aurinkokeräinten avulla ja siirretään käyttökohteeseen järjestelmässä kiertävällä nesteellä. Lämpöä voidaan myös varastoida varaajaan myöhempää käyttöä varten.

Kaksi yleisintä keräintyyppiä ovat taso- ja tyhjiöputkikeräin. Tasokeräimessä kiertää jäätymätön neste, esimerkiksi vesi-glykoliseos, joka siirtää lämmön keräimiltä varaajaan tai lämmönsiirtimelle. U-putki – tyyppisellä tyhjiökeräimellä on sama toimintaperiaate, lämpöputki-tyyppisessä (heat pipe) tyhjiökeräimessä keräimen neste höyrystyy ja sitten siirtää lämmön putken alapäässä olevan lämmönsiirtimen ja jakotukin kautta kiertopiiriin.

Tasokeräin on Euroopassa yleisempi, etenkin suurissa järjestelmissä. Tyhjiöputkikeräimiä käytetään puolestaan paljon erityisesti Kiinassa, josta niitä tuodaan myös Eurooppaan. Tasokeräin on edullisempi mutta myös hyötysuhteeltaan jonkin verran tyhjiöputkikeräintä heikompi. Tasokeräimet ovat yksinkertaisia ja erittäin toimintavarmoja, tyhjiöputkikeräimissä on hiukan suurempi rikkoontumisriski ja enemmän halpatuonnista johtuvia laatuvariaatioita. Tyhjiöputkikeräin pystyy hyödyntämään hajasäteilyä jossain määrin tasokeräintä tehokkaammin.

Tasokeräimen tyypillinen toimintalämpötila on 30 – 70 °C ja tyhjiöputkikeräimen 70 – 120 °C. Tyhjiöputkikeräimen etuna on, että sen lämpöhäviöt ovat tasokeräintä pienemmät, joten se soveltuu siltä osin paremmin toimimaan korkeammassa lämpötilassa paikassa, jossa ympäristön lämpötila on alhainen.

Tämän työn laskelmia varten valittiin tasokeräin sen käyttövarmuuden ja alhaisempien investointikustannusten vuoksi. Työn laskelmissa on käytetty Euroopassa laajalti hyödynnetyn Arcon Solar –keräimelle ilmoitettuja toiminta-arvoja.

3.1.2 Muut keräintyyppit

Nestekiertoisten keräinten lisäksi on kehitetty myös kuumailmakeräimiä. Ne ovat toimintavarmoja ja edullisia, mutta lämmön varastointi on hankalaa ja keräinten toimintalämpötila on tyypillisesti alle 50 °C. Kuumailmateknologiasta löytyy myös useita ”tee se itse” –tyyppisiä ratkaisuja.

Viime aikoina on markkinoille tullut erillisten keräinyksiköiden rinnalle myös seinä- ja kattorakenteisiin integroituja keräimiä. Suomessakin integroituja keräimiä on käytössä jo joissain kohteissa. Rakennusteknisistä kompromisseista johtuen integroitujen järjestelmien hyötysuhde saattaa jäädä erillisiä järjestelmiä matalammaksi. Toisaalta integroidut järjestelmät ovat hyvinkin huomaamattomia eikä erillisten keräinten kiinnittämisestä aiheutuvia haasteita ole.

Aurinkolämpöä voidaan hyödyntää korkeammassa lämpötilassa esimerkiksi sähköntuotantoon aurinkovoimalaitoksessa niin kutsuttujen keskittävien ratkaisuiden avulla, kuten parabolisten peilien tai keskittävien tasopeilien avulla. Tällaiset järjestelmät vaativat runsaasti suoraa auringonsäteilyä ja soveltuvat siksi nykYTEknologialla heikommin Suomeen.

3.1.3 Aurinkolämpöjärjestelmän erityisvaatimukset Suomen olosuhteissa

Aurinkoenergian hyödyntämisen erityispiirteenä on säteilyn voimakas kausi- ja vuorokausivaihtelu. Valtaosa vuosittaisesta säteilystä saadaan Suomessa maaliskuun ja syyskuun välisenä aikana, kun taas talvikuukausina säteily jää hyvin vähäiseksi. Tästä seuraa, että aurinkolämpö ei voi yksinään korvata mitään lämmitysmuotoa vaan sen rinnalle tarvitaan talvikauden lämmitysratkaisu.

Suomen pohjoisesta sijainnista johtuen suoran säteilyn teho on huomattavasti vähäisempää kuin lähempänä päiväntasaajaa, mikä käytännössä tekee keskittävien aurinkoenergiaratkaisujen hyödyntämisen vaikeaksi. Lisäksi Suomessa säteilyn tulokulma on kohtuullisen matala, mikä osaltaan laskee säteilyn intensiteettiä ja lisää varjostushäviöitä. Optimaalisen lämmöntuotannon saavuttamiseksi säteilyn tulokulma on huomioitava keräinten asennuksessa.

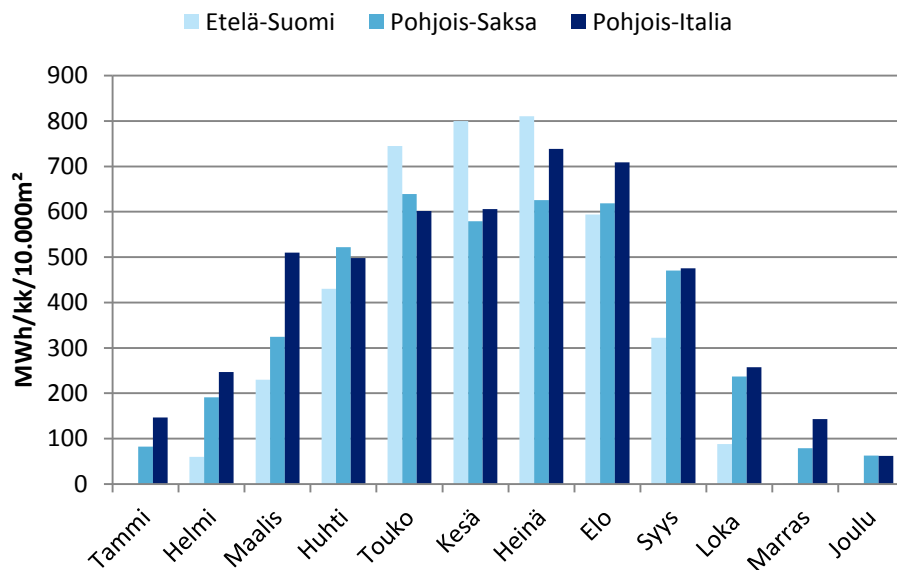
Suomen olosuhteissa keräimissä on käytettävä pakkasen kestävää kiertonestettä. Tyypillisesti käytetty neste on vesi-glykoli-seos.

Keräinten päälle kertyvä lumi voi jonkin verran vähentää tuotantoa keväällä, talviaikaan tuotanto on hyvin vähäistä muutenkin. Keräimien päältä ja ympäriltä on kuitenkin syytä varautua poistamaan lunta, paitsi tuotannon laskun myös lumikuorman vuoksi, mikäli keräimet sijaitsevat katolla. Myös keräinten päälle kertyvä pöly vähentää tuotantoa, joten keräimiä saatetaan johtua puhdistamaan siitepölykaudella ja muutoinkin, mikäli keräimet sijaitsevat paikassa, jossa ne ovat alttiina pölylle.

3.2 Aurinkolämmön saanto Suomessa

Suomen vuosittainen aurinkolämmön saanto on vajaat 10 % alhaisempi kuin Keski-Euroopassa ja vain noin 20 % Pohjois-Italiaa vähäisempää. Vähäinen ero selittyy kesäkuukausilla, jolloin auringon säteilyä saadaan Suomessa jopa enemmän kuin Italiassa.

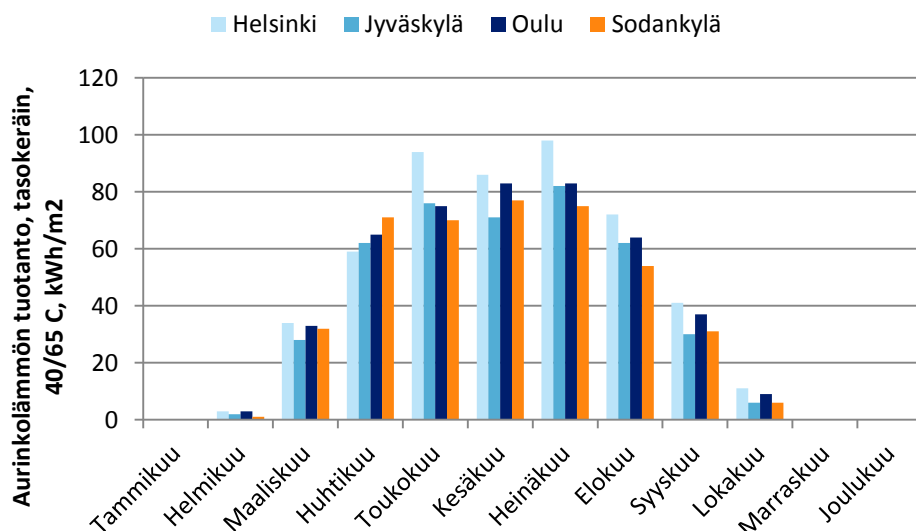
Kuva 2 on verrattu keskitettyä aurinkolämmön tuotantoa tässä työssä käytetyllä Arcon Solar -tasokeräimellä (keräinala 10 000 m²) Etelä-Suomessa, Pohjois-Saksassa ja Pohjois-Italiassa.



Kuva 2 Aurinkolämmön tuotanto kuukausittain, keräinala 1 ha (toimintalämpötila 75 °C / 50 °C)

Suomessa alueelliset erot auringon säteilyssä näkyvät siten, että Pohjois-Suomen (Sodankylä) vuosittainen aurinkolämmön tuotanto on noin 10 % Etelä-Suomen (Helsinki) saantoa vähäisempää. Toisaalta rannikon tuntumassa lämpöä saadaan enemmän kuin sisämaassa, joten esimerkiksi Oulussa lämmöntuotanto on keskimäärin noin 5 % enemmän kuin Jyväskylässä, vaikka Oulu sijaitseekin pohjoisempana.

Kuva 3 on verrattu aurinkolämmön tuotantoa tässä työssä käytetyllä Arcon Solar -tasokeräimellä Helsingissä, Jyväskylässä, Oulussa ja Sodankylässä.



Kuva 3 Aurinkolämmön tuotanto tasokeräimellä Suomessa, kWh/m² (toimintalämpötila 65 / 40 °C)

Tässä työssä esitetyt lämmöntuotantoluvut perustuvat tietyn toimintalämpötilan tuottamiseen (65 °C / 40 °C tai 75 °C / 40 °C). Mikäli lämpöä voidaan hyödyntää

matalammassa lämpötilassa, lämmöntuotanto on tässä esitettyä korkeampi etenkin keväisin. Liitteessä 1 on esitetty toimintalämpötilan, keräintyyppin, suuntauksen ja maantieteellisen sijainnin vaikutusta aurinkolämmön tuotantoon.

4 KIINTEISTÖKOHTAINEN AURINKOLÄMPÖ

4.1 Tyypitalot

Kiinteistökohtaisten aurinkolämpöjärjestelmien hyödyntämistä kiinteistöjen tilojen ja lämpimän käyttöveden lämmitykseen tarkasteltiin käyttäen kolmea tyypitaloa. Tyypitaloajattelun avulla voidaan havainnollistaa rakennuksen tyypin sekä rakennusten energiatehokkuuden kehittymisen vaikutuksia kiinteistön lämmitysenergian tarpeeseen, joka toimii lähtökohta aurinkolämpöjärjestelmän suunnittelulle.

Tyypitaloiksi valittiin kaksi asuinkerrostaloa sekä yksi toimistotalo. Asuinkerrostaloista toinen suunniteltiin edustamaan 1970-luvulla rakennettua kerrostaloa ja toinen nykyisten (voimassa 07/2012 lähtien) rakennusmääräysten mukaista kerrostaloa. Talot ovat samankokoisia, nelikerroksisia rakennuksia, joissa on 25 huoneistoa. Rakennusten kokonaispinta-ala on 1700 m². Toimistotalo on huomattavasti suurempi, sen kokonaispinta-ala on 7050 m² ja se mallinnettiin täyttämään nykyiset rakennusmääräykset. Kaikki kolme tyypitaloa on liitetty kaukolämpöverkkoon ja lämpimän käyttöveden kulutus, ilmavirratt ja sisäiset lämpökuormat ja käyttöajat perustuvat E-lukulaskennoissa käytettäviin arvoihin (RakMk D3 2012). Uusien rakennusten osalta energiakulutus asettui noin 20% nykyisiä vaatimuksia alhaisemmalle tasolle. Tarkempi kuvaus tyypitalojen mallinnuksesta löytyy liitteestä 1.

Tyypitalojen lämmitysenergian tarve vaihtelee välillä 100 - 500 MWh/a. Vanhassa asuinkerrostalossa tilojen lämmitys kuluttaa valtaosan lämmön tarpeesta, uudessa asuinkerrostalossa lämpimän käyttöveden osuus on yli 60 %. Tästä johtuen uusissa asuinrakennuksissa voitaisiin huomattava osa lämmöntarpeesta kattaa aurinkolämmöllä, sillä sen kulutus jakaantuu tasaisesti ympäri vuoden kun taas tilojen lämmityksen tarve ajoittuu talviaikaan.

Toimistotaloissa tyypillisesti käyttöveden osuus lämmöntarpeesta on pienempi kuin asuintaloissa ja lämmöntarve painottuu talvikaudelle.

Lämpimän käyttöveden kulutusprofiilin arviointi on haasteellista. Mikäli aurinkolämpöä ei suoraan siirretä muualle, esimerkiksi kaukolämpöverkkoon tai toisiin kiinteistöihin, on varaajan sekä keräinmäärän oikea mitoittaminen erittäin tärkeää aurinkolämpöjärjestelmän toiminnan kannalta.

4.2 Aurinkolämmön tuotanto ja vaikutus kaukolämmön tarpeeseen

Aurinkolämmön tuotantoa tarkasteltiin jokaisessa tyypitalossa kahdella eri keräinalalla. Pienempi keräinala mitoitettiin siten, että kiinteistö pystyy hyödyntämään itse kaiken tuotetun lämmön myös pienimmän kulutuksen aikana eli heinäkuussa. Järjestelmään laskettiin mukaan varaaja, jonka avulla lämmöntuotannon vuorokausivaihteluita voidaan tasata, koska tyypillisesti aurinkolämmön tuotanto ja kiinteistön lämmön tarve eivät ajallisesti kohtaa ja lisäksi aurinkolämmön tuotanto vaihtelee päivän aikana sään mukaan.

Suurempi keräinala mitoitettiin siten, että keräimet asennetaan koko käytettävissä olevalle kattopinta-alalle, ottaen huomioon keräinten optimaalinen asennuskulma ja

riviväli. Tällainen keräinala tuottaa kaikissa tyyppitaloissa kesäaikana enemmän lämpöä kuin kiinteistöt kuluttavat. Tarkastelun lähtökohtana on oletettu, että ylijäämälämpö myydään näissä tapauksissa kaukolämpöverkkoon.

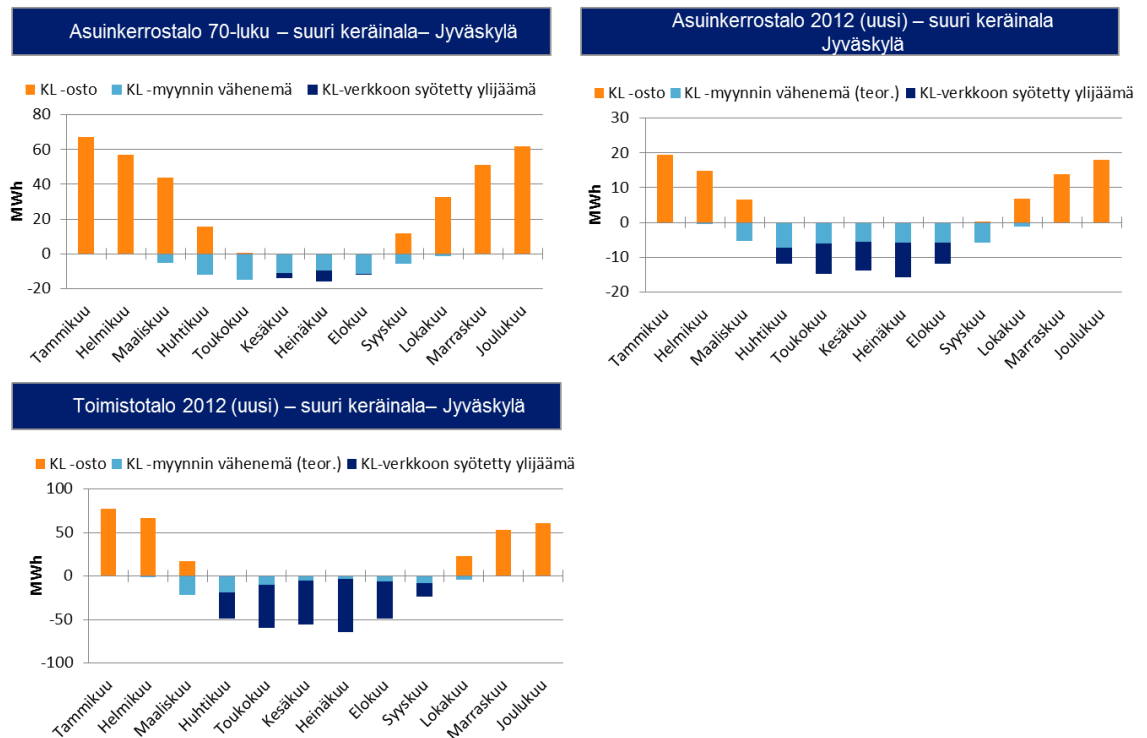
Oheisessa taulukossa on esitetty aurinkolämmön tuotanto pienellä ja suurella keräinalalla eri tyyppitalokohteissa. Pieni keräinala on mitoitettu lämmön tarpeen mukaan ja siksi uudella asuinkerrostalolla tuotanto on 70-luvun taloa hiukan alhaisempi. Uudessa asuinkerrostalossa aurinkolämpö kattaa kuitenkin 20 – 26 % (Sodankylä – Helsinki) vuotuisesta lämmön tarpeesta osuuden ollessa 13 - 19 % 70-luvun kerrostalossa. Tämä johtuu siitä, että uudessa rakennuksessa lämmön tarpeesta huomattavasti suurempi osuus kuluu käyttöveden lämmittämiseen.

Toimistorakennuksessa kesäajan, eli lämpimän käyttöveden tarve on pieni ja siten pienen keräinalan tuotanto on alhainen. Isolla keräinalalla toimistorakennuksessa tuotetaan huomattavasti yli oman tarpeen ja valtaosa, jopa 80 %, tuotannosta toimitetaan kiinteistön ulkopuolelle. On kuitenkin huomioitava, että koska aurinkolämpöä ei tuoteta talvikaudella, aurinkolämpö kattaa Helsingissä vain noin 30 % vuosittaisesta lämmön tarpeesta eli kausittaisesta ylituotannosta huolimatta tarvitaan myös ostoenergiaa. Pohjoiseen mennessä aurinkolämmön osuus vuosittaisesta tarpeesta pienenee ollen Sodankylän tasalla noin 20 %.

Taulukko 1 Aurinkolämmön tuotanto tyyppitaloissa pienellä ja suurella keräinalalla

Aurinkolämmön tuotanto keräinalaa kohti, kWh/m ²	Helsinki	Jyväskylä	Oulu	Sodankylä
Tasokeräin, 40/65C, kWh/m ²	498	419	452	417
Ero Helsinkiin	0	-19 %	-10 %	-19 %
Aurinkolämmön tuotanto, MWh/a	Helsinki	Jyväskylä	Oulu	Sodankylä
Kerrostalo 70-luku, pieni keräinala	42	48	52	56
Kerrostalo 70-luku, suuri keräinala	96	81	71	66
Kerrostalo uusi, pieni keräinala	28	29	30	30
Kerrostalo uusi, suuri keräinala	96	81	71	66
Toimistotalo uusi, pieni keräinala	16	16	17	17
Toimistotalo uusi, suuri keräinala	390	328	290	267

Kaukolämpöön liitetyn kiinteistön tuottama aurinkolämmön tuotanto vähentää kaukolämmön tarvetta kesäkaudella. Tämä vahvistaa kaukolämmön tuotannon painottumista lämmityskaudelle etenkin, jos kiinteistö lisäksi syöttää ylijäämälämmön kaukolämpöverkkoon. Vaikutus korostuu uusissa rakennuksissa, joissa kesäaikainen lämmön tarve on jo muutenkin alhainen. Koska aurinkolämpöä ei ole tarjolla talviaikaan ilman erillistä kausivarastointia, talviaikainen kaukolämmön huipputehon tarve säilyy ennallaan.



Kuva 4 Kaukolämmön myyntitase tyyppitaloissa, kun aurinkolämpöä tuotetaan suurella keräinalalla ja ylijäämälämpö syötetään kaukolämpöverkkoon.

Yllä olevissa kuvissa on tarkasteltu kaukolämmön myyntitasetta tyyppitaloissa Keski-Suomessa, kun aurinkolämpöä tuotetaan suurella keräinalalla ja ylijäämä syötetään verkkoon. 70-luvun kerrostalossa kaukolämmön tarve vähenee noin 17 %, uudessa kerrostalossa noin 30 %, toimistotalossa reilut 20 %. Lisäksi verkkoon syötetään 70-luvun talosta 3 % vuosittaista kaukolämmön ostoa vastaava määrä ja uudesta kerrostalosta 35 % ostoa vastaava määrä. Toimistotalon vähäisestä kesäajan kulutuksesta johtuen se syöttää verkkoon jopa 85 % ostamastaan kaukolämmön määrästä. Kuukausitasolla tarkasteltuna toimistorakennus ostaa kaukolämpöä ainoastaan lämmityskaudella lokakuun alusta maaliskuun puoleen väliin. Käytännössä aurinkolämmön tuotannon vaihteluista johtuen tilanne vaihtelee päivä-, kuukausi- ja vuositasolla.

4.3 Kiinteistökohtaisen aurinkolämpöjärjestelmän kannattavuus

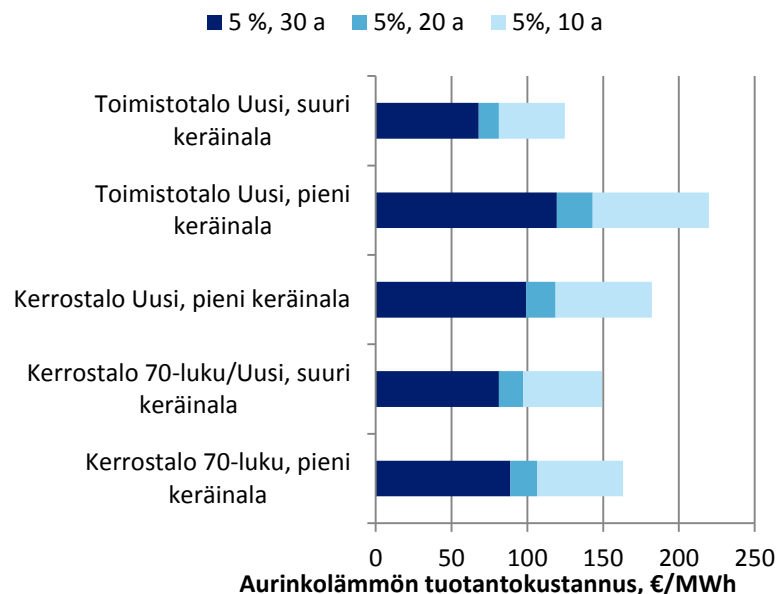
Aurinkolämpöjärjestelmien kannattavuutta on tarkasteltu Jyväskylään mallinnetuilla tuotanto- ja kulutustiedoilla, joiden voidaan arvioida edustavan keskimäärin koko Suomen tilannetta. Rannikolla ja Etelä-Suomessa kannattavuus on hieman Keski- ja Pohjois-Suomea parempi. Kannattavuutta on tarkasteltu investoinnin takaisinmaksuajan ja aurinkolämmön tuotantokustannuksen perusteella, nettonykyarvomenetelmällä sekä verrattu kustannuksia suomalaisten kaukolämpöyhtiöiden hinnoitteluun.

Merkittävin kannattavuuteen vaikuttava tekijä on järjestelmän investointikustannus, jonka osuus aurinkolämmön tuotantokustannuksesta nousee yli 85 %:iin. Tässä työssä arvioidut investointikustannukset sisältävät itse järjestelmän kulut ja asennuksen sekä varaajan tai kaukolämpöliittymän vaatimat lisätyöt lämmön syöttämiseksi verkkoon. Mahdollisia investointiavustuksia ei ole huomioitu.

Muihin kiinteisiin kustannuksiin sisältyvät järjestelmän kunnossapito sekä vakuutukset. Järjestelmän kunnossapidon kustannuksiin luonnollisesti vaikuttaa se, kuinka paljon pystytään tekemään itse ilman erillisiä kustannuksia ja kuinka paljon hankitaan palveluntarjoajilta. Muiden kiinteiden kustannusten osuus on joka tapauksessa varsin pieni, tässä työssä sen osuudeksi on arvioitu 1,2 % järjestelmän investoinnista.

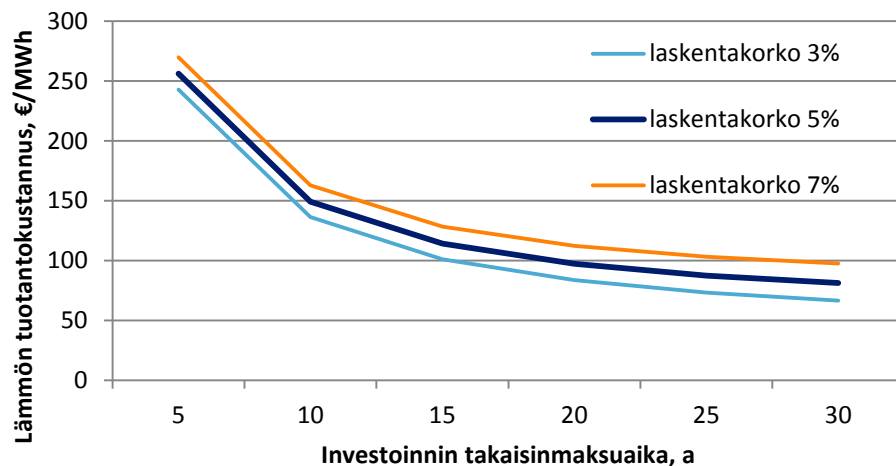
20 vuoden takaisinmaksuajalla ja 5 % korolla aurinkolämmön tuotantokustannus asuinkerrostaloissa vaihtelee 80 €/MWh... 120 €/MWh välillä, riippuen rakennuksen iästä ja keräinalan koosta. Toimistotalon tapauksessa tuotantokustannus vaihtelee 80... 140 €/MWh välillä.

Koska investoinnin merkitys tuotantokustannukseen on niin suuri, on tarkastelussa käytettävällä takaisinmaksuajalla iso merkitys tuotantokustannuksen muodostumiseen. Kun tarkastellaan esimerkiksi toimistotaloa suurella keräinalalla, tuotantokustannus laskee 125 eurosta/MWh 70 euroon/MWh, kun takaisinmaksuaika nousee kymmenestä kolmeen kymmeneen vuoteen ja korkokantana pidetään 5 %. Myös käytetty korkokanta on olennainen muuttuja, joskin suhteessa takaisinmaksu aikaan sen merkitys on vähäisempi. Investoinnin suuren painoarvon vuoksi mahdolliset investointituet laskisivat tuotantokustannusta lähes lineaarisesti; esimerkiksi 30 % investointiavustus laskisi asuinkerrostalon aurinkolämmön tuotantokustannusta 100 eurosta/MWh 75 euroon/MWh.



Kuva 5 Aurinkolämmön tuotantokustannus tyyppitaloissa 10, 20 ja 30 vuoden takaisinmaksuajoilla (Jyväskylä).

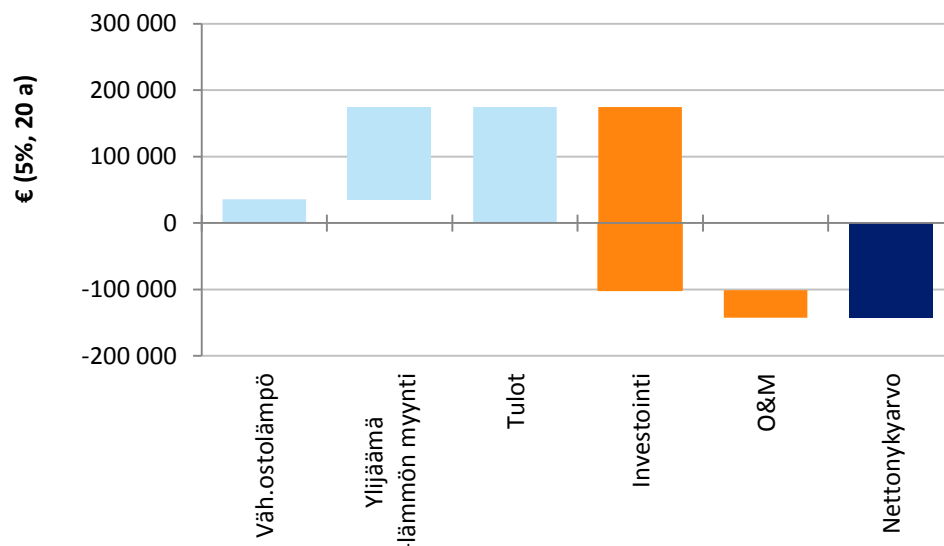
Keräimistä saatava tuotanto vaikuttaa samoin merkittävästi tuotantokustannukseen. Tämän vuoksi keräinten asennuksessa on mahdollisuuksien mukaan optimoitava kallistuskulma ja suuntaus sekä vältettävä varjostuksia. Esimerkiksi asuinkerrostalossa keräinten suuntaaminen länteen tai itään etelän sijaan laskee saantoa ja nostaa tuotantokustannusta 100 eurosta/MWh 150 euroon/MWh.



Kuva 6 Aurinkolämmön tuotantokustannuksen herkyys investoinnin takaisinmaksuajan ja laskentakoron suhteen (Jyväskylä, suuri keräinala, uusi asuinkerrostalo)

Aurinkolämmön kannattavuutta tarkasteltiin myös nettonykyarvomenetelmän avulla. Oheisessa kuvassa nettonykyarvo on laskettu toimistorakennukselle suurella keräinalalla. Laskennassa lämmön osto- ja myyntihinnaksi on oletettu Suomen kaukolämmön energiamaksujen verollinen keskiarvo (07/2012) 55 €/MWh. Kuvaajasta nähdään, että noin 300 000 €:n investoinnin nettonykyarvo (5 %, 20 a) on lähes 150 000 € negatiivinen, joten investoinnille ei löydy taloudellisia perusteita.

Kyseisessä esimerkissä ylijäämlämmön myynti on merkittävin tulonlähde, ostolämmön vähentymisestä saadut säästöt ovat suunnilleen samansuuruiset kuin järjestelmän kiinteät vuotuiset käyttö- ja kunnossapitokulut.



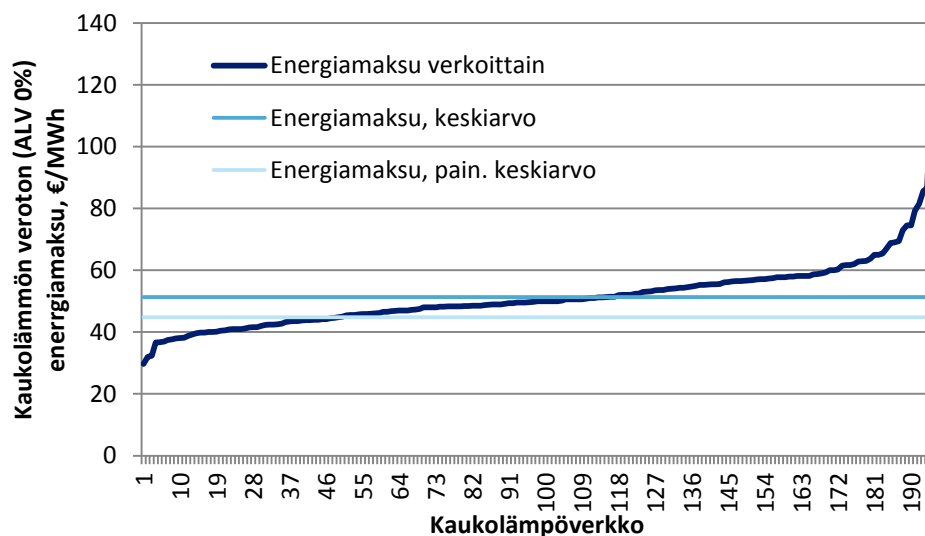
Kuva 7 Aurinkolämpöjärjestelmän nettonykyarvo, esimerkkinä toimistotalo suurella keräinalalla Jyväskylässä

Verkkoon myytävän lämmön todellinen arvo on tapauskohtainen ja riippuu kaukolämmön paikallisesta tuotantorakenteesta. Lämmöstä maksamista on käsitelty kappaleessa 6.4. Tarkastelussa on lisäksi oletettu keräinten toimivan matalassa lämpötilassa (40 °C / 65 °C), jolloin ylijäämälämmön syöttö kytkettäisiin kaukolämpöverkon paluulinjaan. Paluuveteen syötetyn lämmön arvo saattaa olla jopa 30 – 60 % alhaisempi kuin menoveteen syötetyn lämmön, mikäli kaukolämmön tuotannossa on savukaasupesuri. Lämmön arvoa meno- ja paluulinjassa on käsitelty kappaleessa 6.1.1.

4.3.1 Aurinkolämmön tuotantokustannus suhteessa kaukolämmön hintaan

Kaukolämmön hinnoittelu jakaantuu tyypillisesti kiinteään liityntäteho- tai vesivirtasidonnaiseen komponenttiin (€/kW) sekä kulutettavaan energiaan sidonnaiseen muuttuvaan komponenttiin (€/MWh). Kuten aiemmissa kappaleissa on todettu, aurinkolämpö ei Suomen olosuhteissa vähennä liityntätehon tarvetta, joten aurinkolämmön lisääminen kaukolämmitettyihin taloihin ei muuta perusmaksun määräytymisperusteita. Aurinkolämmön kannattavuutta kaukolämmitettyissä kiinteistöissä onkin perusteltua tarkastella energiamaksuun perustuen.

Vuoden 2012 heinäkuussa kaikkien Suomen kaukolämpöyhtiöiden painotettu energiamaksun keskiarvo oli 55 €/MWh. Aurinkolämmön tuotantokustannus tarkastelluissa asuinkerrostaloissa on noin kaksinkertainen ja toimistotalossa vähintään puolitoistakertainen, keräinalan koosta riippuen.



Kuva 8: Kaukolämpöverkon energiamaksu verkottain.

Eräät kaukolämpöyhtiöt ovat ottaneet käyttöön niin kutsutun sesonki- tai kausihinnoittelumallin, joissa kaukolämmön hinta kesäaikaan on tyypillisesti edullisempi kuin talvella. Mallilla on haettu parempaa kustannusvastaavuutta ja haluttu kannustaa kuluttajia energian säästöön. Alhainen kaukolämmön kesäaikainen hinnoittelu heikentää aurinkolämmön kannattavuutta kaukolämpöön verrattuna.

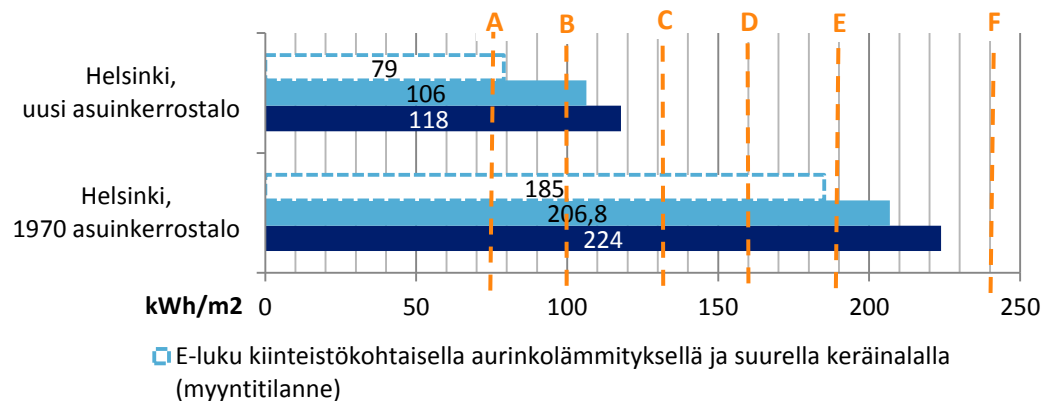
4.4 Aurinkolämmön vaikutus rakennuksen E-lukuun

Rakentamisen tiukentuvat energiatehokkuusvaatimukset ovat merkittävä ajuri aurinkolämmölle. Vuoden 2012 heinäkuusta lähtien uudisrakentamisen energiatehokkuutta on säädelty kokonaisenergiatarkastelulla eli niin kutsutulla E-

luvulla. E-luvulla tarkoitetaan energiamuotojen kertoimilla painotettua rakennuksen vuotuista ostoenergiankulutusta laskettuna rakennustyyppin standardikäytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden (kWh_E/m^2). E-lukulaskenta on sittemmin sisällytetty myös voimaan astuviin kiinteistöjen uuteen energiatodistukseen sekä korjausrakentamisen energiamääräyksiin. Korjausrakentamisen energiamääräyksissä E-lukutarkastelu on yksi valittavista vaihtoehtoista rakennuksen energiatehokkuuden parantamisen arvioinnille.

Koska E-lukulaskennassa tarkastellaan rakennuksen ostoenergiankulutusta, on E-lukua mahdollista pienentää myös tuottamalla itse uusiutuvaa energiaa, esimerkiksi aurinkolämpöä joka vähentää ostoenergian kulutusta. Näin ollen niin uuden kuin olemassa olevan rakennuksen energiatodistusluokkaa voidaan jatkossa parantaa uusiutuvan energian tuotannolla.

Mikäli peruskorjattavan asuinkerrostalon energiatehokkuuden parantamista mitataan E-lukutarkastelulla, täytyy peruskorjauksen yhteydessä parantaa E-lukua 15 %, eli uuden E-luvun on oltava $0,85 \times$ E-luku ennen remonttia. Tässä työssä tyyppitalona käytetyn 70-luvun asuinkerrostalon tapauksessa tämä tarkoittaisi, että jo työssä tarkastellulla pienellä keräinalalla päästäisiin lähelle vaatimusrajaa².

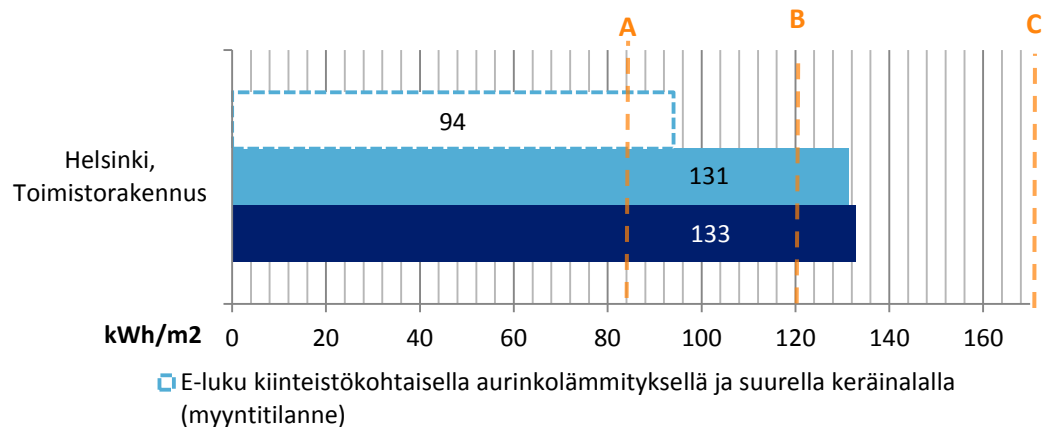


Kuva 9 E-luvut sekä uuden energiatodistasetuksen mukaiset energialuokat työssä tyyppitaloina käytetyille asuinkerrostaloille ilman aurinkolämpöä sekä aurinkolämmön kanssa. Keskitettyä aurinkolämmön tuotantoa ei huomioida E-luvun laskennassa.

² Alkuperäinen E-luku 224

Vaadittava E-luku $224 \times 0,85 = 190$

Pienellä keräinalalla saavutettava E-luku = 207



Kuva 10 E-luvut sekä uuden energiatodistusasetuksen mukaiset energialuokat työssä tyypitalona käytetylle toimistotalolle ilman aurinkolämpöä sekä aurinkolämmön kanssa. Keskitettyä aurinkolämmön tuotantoa ei huomioida E-luvun laskennassa.

E-luvun laskennassa hyödyksi voidaan laskea usean toisiaan lähellä olevan rakennuksen yhdessä tuottama ja käyttämä uusiutuva omavarainen energia käytön suhteessa siltä osin, kuin se käytetään energian tuottamiseen osallistuvissa rakennuksissa. (Ympäristöministeriön asetus 27.2.2013)

Vuosikymmenen lopussa astuu voimaan määräys uudisrakentamisen lähes nollaenergiatasosta. Lähes nollaenergiatasoa ei ole vielä määriteltä, Ympäristöministeriö tulee julkaisemaan suuntaviivat vuonna 2015. Jo tässä vaiheessa voidaan kuitenkin todeta, että lähes nollaenergiatasoon pyrkiminen vaatii uusiutuvaa energiaa. Koska keskitetyt aurinkolämpöratkaisut ovat selkeästi kiinteistökohtaisia järjestelmiä kustannustehokkaampia, niiden tukeminen olisi taloudellisesti järkevää ja kannustaisi samalla uusiutuvan lämmöntuotannon lisäämiseen. Lisäksi niiden tukeminen olisi perusteltua myös eri tuotantomuotojen tasapuolisen kohtelun näkökulmasta. Näin keskitetyt ja kiinteistökohtaiset ratkaisut olisivat samalla viivalla kilpailutilanteissa.

4.5 Vaikutus kiinteistön suunnitteluun ja elinkaareen

Kiinteistön näkökulmasta aurinkolämpöjärjestelmän hankinnan merkittävimmät tekijät ovat keräinten ja keräinpiirin sekä varaajan mitoittaminen ja sijoittaminen. Uudisrakentamisessa aurinkolämpöön liittyvät erityisvaatimukset voidaan ottaa alusta alkaen huomioon, olemassa olevassa rakennuksessa joudutaan mahdollisesti tekemään kompromisseja.

Jotta keräimistä saadaan mahdollisimman suuri hyöty, ne tulisi suunnata etelään ja kallistuskulma tulisi asettaa rakennuksen maantieteellisen sijainnin mukaan optimaalisesti. Lisäksi on huomioitava, ettei muista rakennuksista tai kasvillisuudesta aiheudu varjostuksia. Uudisrakennusta suunniteltaessa edellä mainitut tekijät olisi hyvä huomioida rakennuksen arkkitehtuurissa sekä sen sijoittamisessa tontille. Lisäksi on huomioitava keräinten kiinnitys kattorakenteisiin tai julkisivuihin.

Kiinteistökohtainen aurinkolämpöjärjestelmä tarvitsee lämpövaraajan. Olemassa olevissa kiinteistöissä lämmönjakokeskukset ovat usein ahtaita ja tilan löytäminen varaajalle voi olla haastavaa. Tarvittavan varaajan kokoa voidaan arvioida esimerkiksi

keräinpinta-alan avulla ($50 \text{ l} / \text{m}^2$ keräin-alaa) tai vedenkulutusarvojen perusteella ($2,5 \times$ vuorokauden vedenkulutus).

Optimaalisen toiminnan takaamiseksi kiinteistökohtainen aurinkolämpöjärjestelmä tulee mitoittaa järkevästi. Suunnittelussa tulee erityisesti huomioida kesäajan todellinen lämmön tarve, sillä lämmön tarpeeseen nähden liian suuri keräinala heikentää järjestelmän kokonaishyötysuhdetta. Suuremmissa asuin- tai toimistorakennuksissa lomakausi ei välttämättä aiheuta suurta pudotusta lämmön tarpeeseen, sen sijaan pienemmissä yksiköissä heinäkuun kulutus voi laskea olennaisesti. Tällöin ylimääräinen lämmöntuotanto on joko pystyttävä varastoimaan varaajaan, syöttämään kiinteistön ulkopuolelle joko toisiin rakennuksiin tai kaukolämpöverkkoon tai ääritapauksessa keräimet on pystyttävä peittämään.

Aurinkolämpöjärjestelmä on kiinteistökohtaisissa sovelluksissa aina hybridiratkaisu, eli aurinkolämpö toimii muun lämmöntuotannon lisänä. Aurinkolämmön yhteensovittaminen muun lämmöntuotannon ja talotekniikan kanssa onkin yksi suurimmista haasteista aurinkolämmön optimaalisen toiminnan kannalta.

Elinkaareltaan aurinkolämpöjärjestelmät ovat pitkäikäisiä. Keräinten arvioitu elinikä on noin 20-30 vuotta, mutta tiettyjä komponentteja on uusittava käytön aikana. Esimerkiksi pakkasnesteen säiliö ja pumpun paisuntasäiliö tulee uusia 10-15 vuoden välein. Tyjiöputkikeräimet ovat tasokeräimiä herkempiä rikkoutumiselle, mutta tyhjiöputkia voidaan yleensä vaihtaa putkikohtaisesti kun taas rikkoutunutta tasokeräintä ei voi korjata.

4.6 Kiinteistökohtaisen aurinkolämmön hyödyntämispotentialiaali Suomessa vuoteen 2020 mennessä kaukolämpöverkkojen alueella

Tässä työssä on tarkasteltu kiinteistökohtaisten aurinkolämmön tuotannon potentiaalia lähivuosina Suomessa kaukolämmön piirissä olevien asuin- ja toimistorakennusten osalta. Pientalot rajattiin tämän tarkastelun ulkopuolelle, teollisuus- ja varastorakennusten osalta voidaan todeta, että aurinkolämmön kustannusrakenteesta johtuen mittava hyödyntäminen lähivuosina ei ole todennäköistä. Toisaalta teollisuuden rakennukset ja varastot voisivat tarjota vapaata kattopinta-alaa keskitetylle aurinkolämmön tuotannolle siellä, missä tarkoitukseen soveltuvaa maa-alaa on heikosti saatavilla.

Aurinkolämmön potentiaalia arvioitiin sekä uudisrakentamisen että korjausrakentamisen osalta. Oletuksena on, että valtaosa lähivuosina asennettavista aurinkolämpöjärjestelmistä tulee joko uusiin rakennuksiin tai sellaisiin, joissa tehdään mittavia korjaustoimenpiteitä. Kohtuullisen uusiin kiinteistöihin, joissa perusparannustarpeita ei ole, ei nykyisellä kustannustasolla yleisesti ottaen kannata lähteä tekemään investointeja uuteen aurinkolämpöjärjestelmään. Yksittäisiä poikkeuksia voi odottaa tulevan mutta niiden merkitys valtakunnan tasolla jäänee kuitenkin pieneksi vielä tällä vuosikymmenellä.

Työssä käytetyt korjaus- ja uudisrakentamisen ennusteet perustuvat Pöyryn Kaukolämmön asema Suomen energiajärjestelmässä tulevaisuudessa -työhön³. Olemassa olevien rakennusten lukumäärä pohjautuu Tilastokeskuksen tietoihin. Aurinkolämmön saanto perustuu Jyväskylän tuotantotietoihin, joiden on arvioitu edustavan keskimäärin Suomen tilannetta.

³ Pöyry Management Consulting Oy 2011; Kaukolämmön asema Suomen energiajärjestelmässä tulevaisuudessa. Energiateollisuus ry:lle ja Työ- ja elinkeinoministeriölle tehty raportti.

Aurinkolämmön tuotantopotentiaalia arvioitiin työssä käytettyjen tyyppitalojen avulla, joiden oletettiin keskimäärin vastaavan kooltaan ja lämmön tarpeeltaan olemassa olevia ja lähivuosina rakennettavia asuinkerrostaloja. Työssä toimistotalon tyyppitalona käytetty malli todettiin liian suureksi edustamaan keskimäärin koko Suomessa rakennettavia toimisto- ja liikerakennuksia, joten potentiaalin laskennassa käytettiin tyyppitoimistotaloa puolta pienempää rakennusta.

Kiinteistöjen aurinkolämmön potentiaalista tuotantoa arvioitiin kahdella eri keräinalalla, joista pieni keräinala on mitoitettu kattamaan tyyppitalojen pienin kuukausittainen (heinäkuu) lämmön tarve. Suuri keräinala on mitoitettu tyyppitalojen käytettävissä olevan maksimikattopinnan mukaan. Pieni keräinala tuottaa siten lämpöä vain rakennuksen omiin tarpeisiin, suuri keräinala tuottaa yli rakennuksen tarpeen jolloin ylijäämä on oletettu siirrettävän kaukolämpöverkkoon.

Potentiaalinen aurinkolämmön tuotanto on laskettu neljälle eri vaihtoehdoiselle kehitystrendille, joissa aurinkolämpöä asennetaan 1 %, 5 %, 10 % tai 20 % korjaus- ja uudisrakentamiskohteista vuodesta 2013 vuoteen 2020 saakka. Tällöin maksimipotentiaali koko Suomen kaukolämpöverkkojen alueella olisi noin 3300 kohdetta. Pienellä keräinalalla laskettuna tämä tarkoittaisi enimmillään 100 GWh aurinkolämmön tuotantoa vuonna 2020 ja suurella keräinalalla 300 GWh. Maksimipotentiaalista noin kaksi kolmannesta kohdistuu uudisrakentamiseen ja kolmannes korjausrakentamiseen. Kaukolämmön tuotannosta arvioitu maksimipotentiaali vastaa murto-osaa, sillä kaukolämmön tuotanto Suomessa vuonna 2011 oli 34 TWh.

Käytännössä on huomioitava, että jo 20 % osuus korjaus- ja uudisrakentamisesta on korkea, sillä kaikki rakennukset eivät sovellu aurinkolämmön hyödyntämiseen johtuen muun muassa katon suuntauksesta, rakenteista ja varjostuksesta.

Aurinkolämmön tuottaminen kiinteistökohtaisilla järjestelmillä vaatii suuremmat investoinnit kuin saman energiamäärän tuottaminen keskitetysti. Esimerkiksi edellä esitetty maksimipotentiaali 300 GWh vaatii kiinteistökohtaisilla järjestelmillä tuotettuna noin 270 M€ investoinnit. Keskitettyjen järjestelmien avulla sama energiamäärä voidaan tuottaa noin 150 M€ investoinneilla.

Taloudellisesta näkökulmasta hajautetun aurinkolämmön potentiaali kaukolämpöverkkojen alueella on rajattu. Aurinkolämmön hyödyntäminen kiinteistöissä toisi ensisijaisesti säästöjä vähentyneen energiamaksun kautta. Suomen kaukolämpöyhtiöissä keskimääräinen painotettu energiamaksu vuoden 2012 heinäkuussa oli 55 €/MWh, mikä on hajautetun aurinkolämmön tuotantokustannusta matalampi. Vuonna 2012 alle kymmenen kaukolämmön myyjän energiamaksu oli korkeampi kuin aurinkolämmön tuotantokustannus asuinkerrostaloissa. Noin kahdessakymmenessä verkossa energiamaksu ylitti suuren toimistotalon keräinalan tuotantokustannuksen. Toisaalta ne verkot, joissa kaukolämmön hinta on korkea, ovat tyyppillisesti pieniä verkkoja, joissa öljyn osuus polttoaineista on korkea. Tällaisten pienten verkkojen alueella korjaus- ja uudisrakentamisen volyymi on kohtuullisen vähäistä. Suurten kaupunkien alueilla rakentamisen volyymi on korkeampi mutta tyyppillisesti kaukolämmön hinnat ovat alhaisemmat.

Vaikka aurinkolämpö ei tällä vuosikymmenellä pääsääntöisesti ole taloudellisesti kannattavaa kaukolämpöön verrattuna, on syytä muistaa, että aurinkolämmölle on useita muita ajureita ja voidaan olettaa, että osa edellä arvioidusta laskennallisesta potentiaalista toteutuu näistä tekijöistä johtuen. Pidemmällä aikavälillä aurinkolämpö voi yleistä merkittävämmän, mikäli uusiutuvan energian tavoitteet ja rakennusten

energiatohokkuusvelvoitteet tiukkenevat ja kustannustaso laskee. Lisäksi on huomioitava, että tässä työssä tarkasteltiin potentiaalia kaukolämpöverkkojen alueella. Uutta potentiaalia aurinkolämmölle voi syntyä erityisesti uusille alueille, joissa ei ole kaukolämpöverkkoa.

5 KESKITETTY AURINKOLÄMPÖ

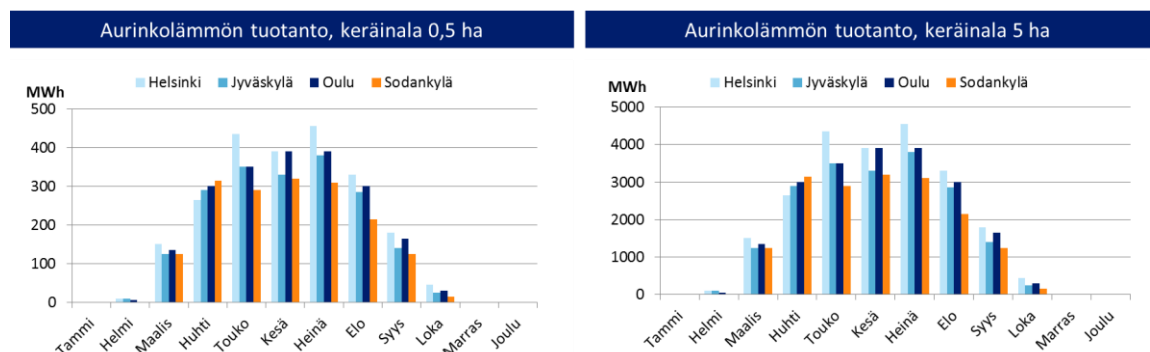
Työssä tarkasteltiin kiinteistökohtaisten järjestelmien lisäksi myös kahta keskitettyä järjestelmää, joiden keräinalat ovat 0,5 ha ja 5 ha. Tyypillisesti keskitettyjen järjestelmien keräimet on sijoitettu samalle alueelle mutta tuotannon kannalta keräimiä voidaan sijoitella myös useaan eri kohteeseen käyttäen hyväksi aukeita alueita, vapaita kattopinta-aloja, meluvalleja ym. rakenteita. Hankintakustannuksiltaan edullisin on yhdelle alueelle sijoitettu suuri järjestelmä, jolloin suunnittelun, rakentamisen, automaation ja lämmön siirron suhteellinen osuus kustannuksista laskee. Kokonaiskustannusten vertailussa on luonnollisesti myös otettava huomioon käytettävän alueen hankinnan kustannukset.

Tässä työssä keräinten sijoituspaikaksi on oletettu yhtenäinen, tasainen alue, jolla ei ole keräimiä varjostavia rakenteita. Keräimet on liitetty kaukolämpöverkon menolinjaan yhtenä tuotantolaitoksena ja keräinten toimintalämpötila on 75 °C / 40 °C. Järjestelmään on oletettu mukaan lämpöakku, jonka avulla voidaan tasata tuotannon vaihteluita ja siirtää lämpöä tasaisemmin kaukolämpöverkkoon.

Keräimet on suunnattu etelään ja kallistuskulma on optimoitu paikkakunnan mukaan siten, että Helsingissä ja Jyväskylässä kallistuskulma on 30°, Oulussa ja Sodankylässä 35°. Vaadittu kallistuskulma määrittelee, kuinka tiheisiin riveihin keräimiä voidaan asentaa ilman, että ne varjostavat toisiaan. Helsingissä ja Jyväskylässä riviväli on 1,8 kertaa keräinten korkeus, Oulussa ja Sodankylässä 2,2 kertaa keräinten korkeus. Toisin sanoen etelässä tarvitaan vähintään 1,8 kertaa keräinten pinta-alaa vastaava maa-ala ja pohjoisessa 2,2 -kertainen ala. Tuotantokustannukseen ja kannattavuuteen liittyvät laskelmat on tehty Jyväskylän säteilytietojen mukaisesti.

5.1 Keskitetyn aurinkolämmön tuotanto

Keskitettyjen järjestelmien tuotanto mallinnettiin Helsingissä, Jyväskylässä, Oulussa ja Sodankylässä. Sijainnista riippuen pienemmän 0,5 ha keräinalan tuotto on noin 2 000 MWh/a ja suuremman 5 ha keräinalan noin 20 000 MWh/a, mitkä vastaavat noin 20 ja 200 kertaisia tuottoja verrattuna yhteen suuren pinta-alan mukaan mitoitettuun kiinteistökohtaiseen järjestelmään Helsingissä



Kuva 11 Aurinkolämmön tuotanto 0,5 ja 5 ha keskitetyillä järjestelmillä

5.2

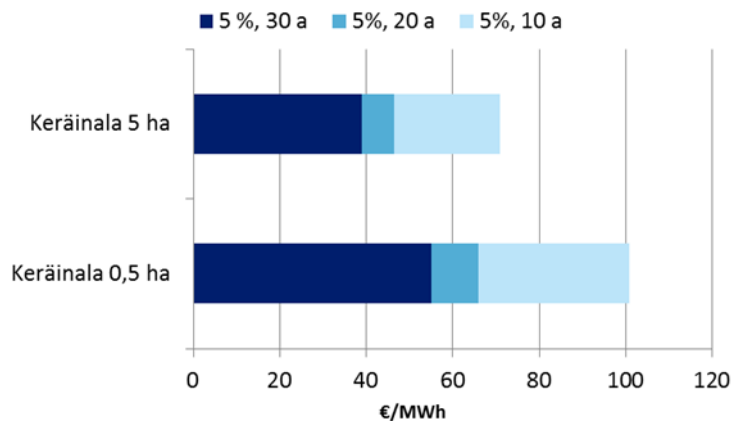
Keskitetyn järjestelmän tuotantokustannus

Aurinkolämpöjärjestelmien tuotantokustannus muodostuu pääosin investointikustannuksesta. Keskitetyissä järjestelmissä investoinnin osuus on, kuten kiinteistöratkaisuissa, yli 85 %, loppuosa muodostuu muista kiinteistä sekä muuttuvista kustannuksista. Muihin kiinteisiin kuluihin sisältyvät esimerkiksi järjestelmän ylläpitoon liittyvät kulut sekä vakuutukset. Muuttuviin kustannuksiin lasketaan esimerkiksi aurinkopiirin pumppauskustannukset. Muuttuvien kustannusten merkitys tuotantokustannuksiin on hyvin pieni, noin 1 %.

Tässä työssä tarkasteltujen keskitettyjen järjestelmien kokonaisinvestoinnit ovat 0,5 ha keräinalalla 1,5 M€ ja 5 ha keräinalalla 10 M€. Investoinnit pitävät sisällään kaikki järjestelmän suunnitteluun, hankintaan ja toteutukseen liittyvät kulut paitsi tarvittavan maa-alan hankinnan. Keskitetyistä ratkaisuissa jo pienempää keräinalaa soveltavalla ratkaisulla päästään alhaiseen keräimien yksikkökustannukseen. Suuremman ratkaisun skaalaedut liittyvätkin muihin kustannustekijöihin (suunnittelu, rakentaminen, asennus, lämmönto ja varastointi). Maa-alaan liittyvä kustannus saattaa nousta merkittäväänkin rooliin erityisesti tiiviillä kaupunkialueilla. Mahdollisia investointitukia ei laskelmissa ole huomioitu.

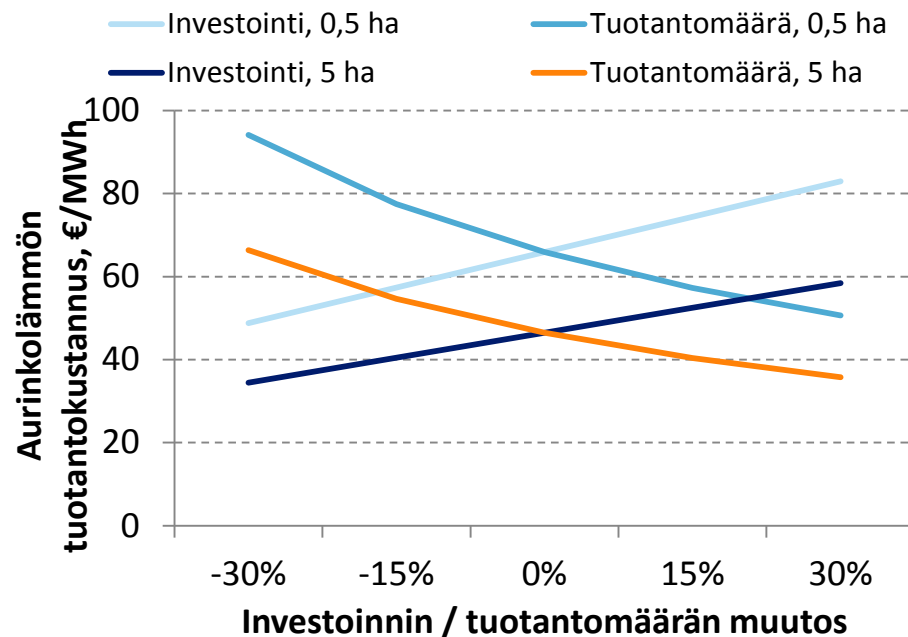
Keskitetyn järjestelmän tuotantokustannus Jyväskylässä on 0,5 ha keräinalalla 67 €/MWh ja 5 ha keräinalalla 47 €/MWh, kun korkotasona on käytetty 5 % ja takaisinmaksuaikana 20 vuotta. Suuremmalla järjestelmällä saavutetaan siis noin 30 % alhaisempi tuotantokustannus.

Tässä työssä tarkastelluilla kiinteistökohtaisilla järjestelmillä tuotantokustannus vaihteli 80...140 €/MWh. Keskitetty ratkaisu on siten huomattavasti hajautettua tuotantoa kustannustehokkaampaa, mikäli kaikki lämpö on mahdollista hyödyntää.



Kuva 12 Keskitetyn aurinkolämmön tuotantokustannus kahdella eri keräinalalla Jyväskylässä

Investoinnin osuus tuotantokustannuksesta on hyvin merkittävä. Mikäli investointikustannus olisi 30 % alhaisempi esimerkiksi investointituen avulla, laskisi tuotantokustannus noin 25 %. Toinen merkittävä tekijä on lämmön saanto, joka vaikuttaa lähes suorassa suhteessa tuotantokustannukseen. Onkin tärkeää huolehtia keräinten oikeasta suuntauksesta, kallistuksesta ja varjostusten välttämisestä, jotta keräimistä saadaan paras mahdollinen hyöty. Edullisimmillaan investointituki huomioiden keskitetyllä aurinkolämpöjärjestelmällä voidaan Etelä-Suomen rannikolla päästä noin 30 €/MWh tuotantokustannukseen (5% korolla ja 20 vuoden takaisinmaksuaika).



Kuva 13 Keskitetyn aurinkolämmön tuotantokustannusten herkkyys investoinnin ja tuotantomäärän suhteen

5.3 Aurinkolämpö osana kaukolämmön tuotantojärjestelmää

Työssä tarkasteltiin keskitetyn aurinkolämmön tuotannon vaikutusta kaukolämmön tuotantoon. Vaikutusten arviointia varten mallinnettiin seitsemän erilaista kaukolämmön tuotantojärjestelmää, jotka kuvaavat Suomessa käytössä olevia lämmön tuotantomuotoja. Mallinnettujen esimerkkien avulla voidaan havainnollistaa, kuinka kaukolämmön tuotantorakenne ja käytetyt polttoaineet vaikuttavat aurinkolämmön kannattavuuteen. Lisäksi voidaan tarkastella, mitä polttoaineita aurinkolämpö korvaa ja mikä merkitys sillä on hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä.

Kolme esimerkeistä kuvaa erillistä lämmön tuotantoa. Niissä on tarkasteltu 10 MW lämpökeskusten lämmön tuotantoa, joissa vuotuinen lämmön tuotto on 31 GWh. Polttoaineina ovat hake, öljy ja maakaasu. Kaukolämmön tuotantomäärältään tämä kuvaa Mäntsälän ja Someron kokoisten kaupunkien kulutukseen liittyvää tuotantoa.

Neljä esimerkkiä kuvaa sähkön ja lämmön yhteistuotantoa. Esimerkeissä on käytetty 50 MW ja 120 MW yhteistuotantolaitoksia ja niiden rinnalla tarpeen mukaan erillisiä lämpökattiloita siten, että kaikkien neljän esimerkin vuotuinen lämmön tuotto on 680 GWh. Polttoaineina esimerkeissä käytetään haketta, turvetta, maakaasua, öljyä ja kivihiiltä. Kaukolämmön tuotantomäärältään tämä kuvaa Vaasan ja Kuopion kokoisten kaupunkien kulutukseen liittyvää tuotantoa.

Lämpökeskusesimerkkien kanssa tarkasteltiin ainoastaan pienempää 0,5 ha keräinalaa, yhteistuotantoesimerkkien kanssa tarkasteltiin sekä 0,5 ha että 5 ha keräinaloja. Laitoksille ei oletettu apujäähdytystä vaan minimikuormien alittuessa seisokkeja pidennettiin tarpeen mukaan.

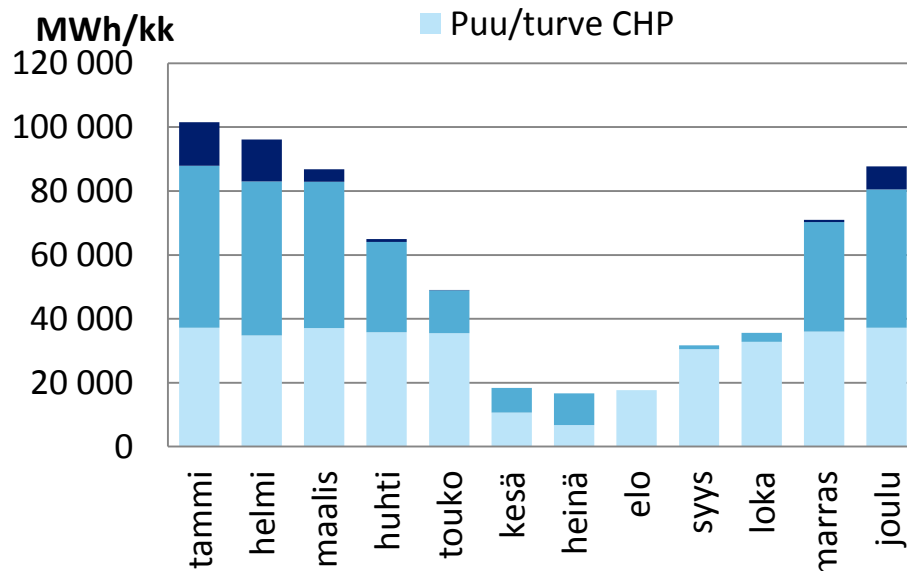
Oheisessa taulukossa on esitetty mallinnettujen esimerkkien lämmön tuotto. Esimerkit on nimetty pääpolttoaineen mukaan, muita polttoaineita käytetään

tarvittaessa, esimerkiksi huoltoseisokkien aikaan, minimikuorman alittuessa tai huippukapasiteetin tarpeeseen.

Taulukko 2 Mallinnettujen kaukolämmön tuotannon esimerkkien vuotuinen lämmöntuotanto polttoaineittain ilman aurinkolämpöä

	Hake	Öljy	Maakaasu	Turve 20 %, Puu 80 %	Kivihiili
Erillinen lämmöntuotanto (GWh)					
Hakelämpökeskus	27	4			
Öljylämpökeskus			31		
Maakaasulämpökeskus			31		
Yhteistuotanto + lämpökeskukset (GWh)					
Puu-turve CHP 120 MW	155	4		518	
Puu-turve CHP 50 MW	285	40		352	
Kivihiili CHP 120 MW	155	4			518
Maakaasu-kombi 120 MW (sis. kombi + lämpökattila)			677		

Mallinnettujen verkkojen lämmönkulutusprofiili vastaa tyypillistä suomalaista kaukolämpöverkon kulutusta. Profiili on kaikissa mallinnetuissa verkoissa sama, skaalattuna lämmön tuotannon mukaan. Mallinnus on tehty tuntitasolla.

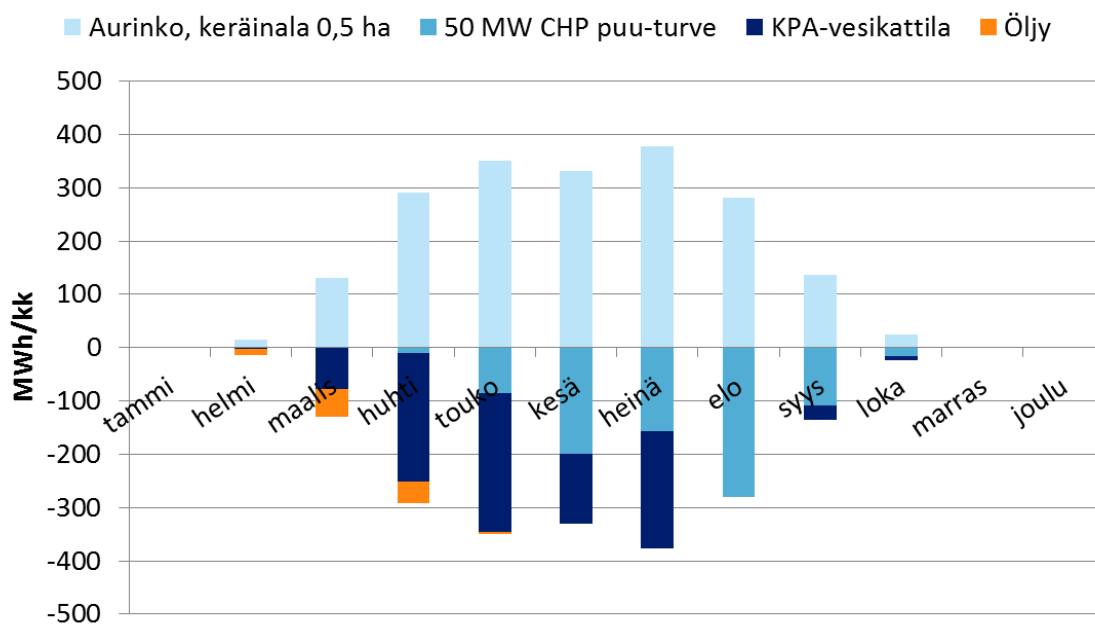


Kuva 14 Esimerkki kaukolämmön tuotantoprofiilista (puu-turve CHP 50 MW)

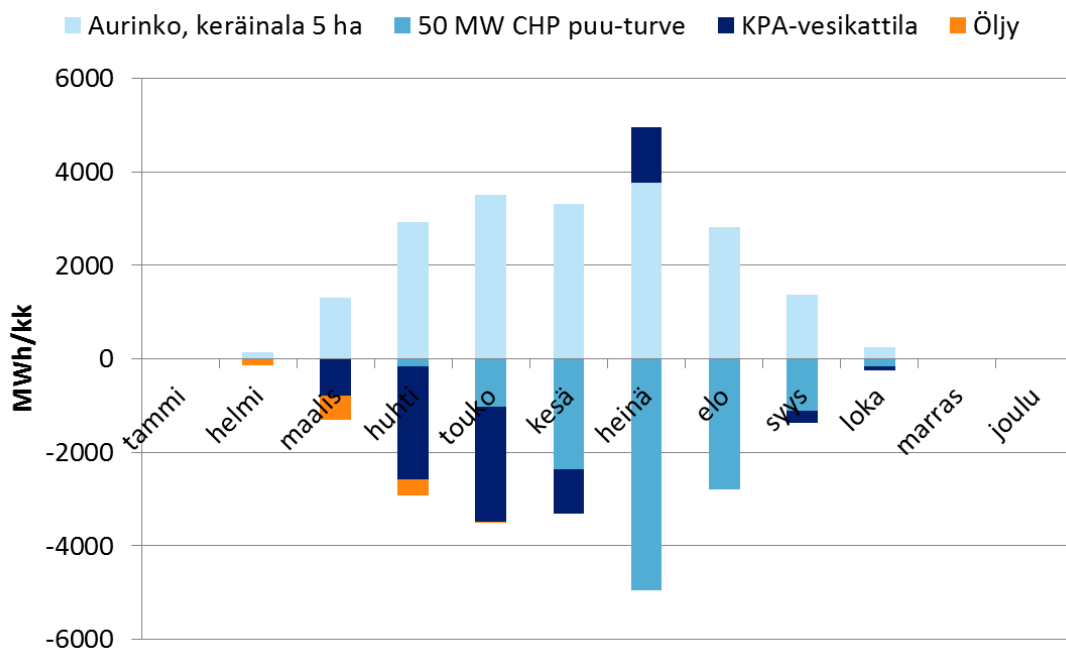
Vuositasolla aurinkolämmön osuus koko kaukolämmön tuotannosta jää esimerkitapauksissa varsin pieneksi, 0,3...6 %. Kesäkuukausien aikana aurinkolämmön osuus voi kuitenkin nousta merkittäväksi, riippuen luonnollisesti keräinalan koosta suhteessa muuhun tuotantoon. Tarkasteltujen lämpökeskusesimerkkien yhteydessä aurinkolämmön osuus on heinäkuussa jopa 50 % ja toukokuun – elokuun välisenä aikana 13 %. Yhteistuotantoesimerkkien yhteydessä

pienemmän 0,5 ha keräinalan tuotanto riittää heinäkuussa korvaamaan 2 % muusta tuotannosta, 5 ha keräinalan tuotanto korvaa heinäkuussa 22 % ja toukokuun – elokuun välisenä aikana 13 %.

Tarkastelussa aurinkolämpö hyödynnetään täysimääräisesti eli se korvaa ensisijaisesti muuttuvilta kustannuksiltaan sillä hetkellä kalleinta tuotantomuotoa. Esimerkki aurinkolämmön vaikutuksesta polttoaineiden käyttöön 50 MW puu-turve-CHP:n tapauksessa on alla olevissa kuvissa. Aurinkolämmön tuotannon vaikutus kaikkiin esimerkkitapauksiin on esitetty liitteessä 2.



Kuva 15 Aurinkolämmön vaikutus tuotantoon esimerkkitapauksessa 50 MW puu-turve CHP, kun aurinkolämpöä tuotetaan 0,5 ha keräinalalla



Kuva 16 Aurinkolämmön vaikutus tuotantoon esimerkkitapauksessa 50 MW puu-turve CHP, kun aurinkolämpöä tuotetaan 5 ha keräinalalla

Kuvasta 15 havaitaan, että pieni keräinala vähentää eniten KPA-kattilan ja CHP-laitoksen lämmöntuotantoa, lisäksi keväällä öljyn kulutus vähenee hiukan. Kuva 16 esittää tilanteen 5 ha keräinalan kanssa. Tällöin vaikutus on vastaavanlainen mutta heinäkuussa KPA-kattila tuottaa enemmän kuin tilanteessa ilman aurinkolämpöä. Tämä johtuu siitä, että aurinkolämmön tuotanto on niin suurta, että CHP-laitoksen minimikuorma tulee vastaan.

Tuotantorakenteeseen nähden erittäin suuren keräinalan kanssa voi siis syntyä tilanne, jossa aurinkolämmön tuotanto on niin runsasta, että jonkin peruskuormalaitoksen minimikuorma tulee vastaan ja lämmön tarpeen kattamiseksi joudutaan käyttämään pienempiä lämpökattiloita. Tällaisessa ääritapauksessa öljyn käyttö voi jopa lisääntyä aurinkolämmön ohella. On kuitenkin huomattava, että kyseessä on ääritapaus ja käytännössä kuvatus tilanteen syntyminen vaatii kaukolämmön tuotantoon nähden huomattavan suuren keräinalan, kuten esimerkissämme 5 ha. Lisäksi käytännössä voisi olla järkevämpää hyödyntää hetkellisesti apujäähdytystä kuin ajaa esimerkiksi isoa yhteistuotantolaitosta alas. Esimerkki kuitenkin osoittaa, että suunniteltaessa keskitettyä järjestelmää tai mittavaa hajautettua tuotantoa kaukolämpöverkon alueelle, on paikallinen kaukolämmön tuotantorakenne huomioitava. Pidemmällä aikavälillä vaikutus saattaa korostua alueellisesti, mikäli tietylle alueelle tulee merkittävästi kiinteistökohtaista tai keskitettyä aurinkolämpöä.

Vaikutus yhteistuotantosähkön tuotantoon

Mikäli aurinkolämmön tuotanto korvaa yhteistuotantolaitoksessa tuotettua lämpöä, se vähentää samalla laitoksessa tuotetun sähkön määrää. Tässä työssä tarkasteltujen esimerkkien kanssa 0,5 ha keräinalan aurinkolämmön tuotannon vaikutus yhteistuotantosähkön tuotantoon on hyvin marginaalinen, alle 0,1 %. Suuren 5 ha keräinalan vaikutus on vuositasolla noin 5 %.

Sähkön tuotannon vähenemisellä on suora taloudellinen vaikutus, kun sähkön myynnistä saatavat tulot vähenevät. Hiilidioksidipäästöjen osalta vaikutus riippuu korvaavasta sähkön tuotantomuodosta.

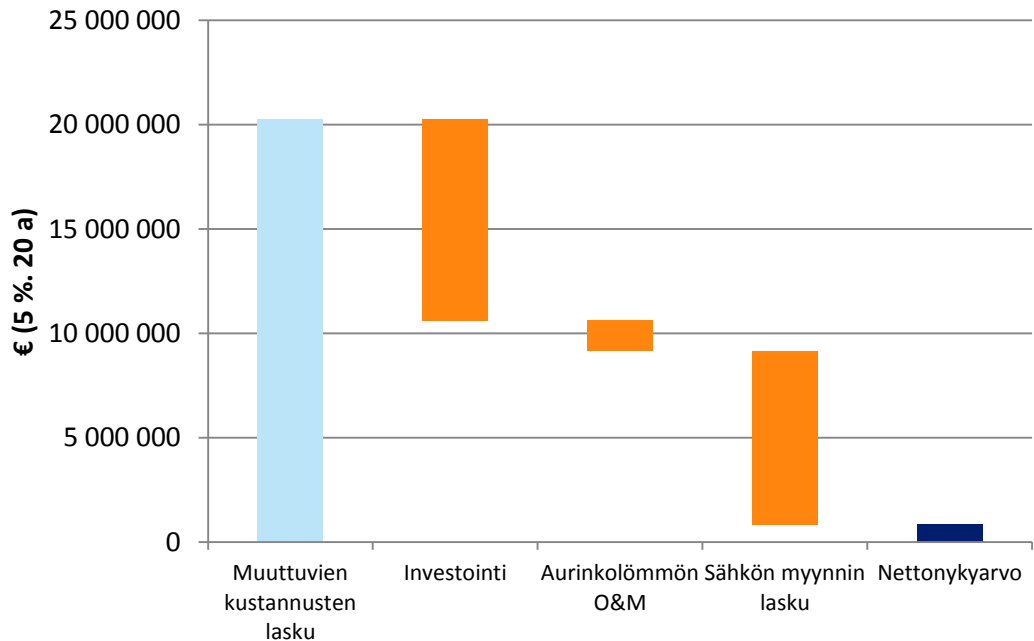
5.4 Keskitetyn aurinkolämmön kannattavuus

Aurinkolämmön taloudellinen hyöty perustuu kaukolämmön muuttuvien tuotantokustannusten laskuun. Olemassa olevan tuotantorakenteen kiinteisiin kustannuksiin aurinkolämmöllä ei ole vaikutusta, sillä aurinkolämpö ei korvaa muuta kapasiteettia. Aurinkolämmön kustannuksiksi on laskettu investoinnin takaisinmaksu sekä yhteistuotantoesimerkeissä sähkön tuotannon vähenemisestä johtuva myyntitulojen lasku. Aurinkolämmön tuotannon muut kiinteät ja muuttuvat kustannukset ovat varsin vähäiset. Liitteessä 4 on esitetty kannattavuustarkastelussa käytetyt laskentaoletukset.

Keskitetyn järjestelmän taloudellinen kannattavuus riippuu siitä, mitä polttoainetta aurinkolämpö korvaa. Kun aurinkolämmöllä korvataan kiinteitä polttoaineita (puuta, turvetta tai kivihiiltä), kannattavuus on heikko. Öljyn korvaaminen sen sijaan on jo nykyisellä hintatasolla kannattavaa, joskin öljyn käytön tulisi kyseisissä kohteissa ajoittua kesäkaudelle. Maakaasun osalta Suomessa ollaan tällä hetkellä lähellä kannattavaa, tulos riippuu tarkasteltavasta laitostyypistä, keräinalasta ja takaisinmaksuajasta.

Oheisessa kuvassa on esitetty 5 ha aurinkokeräinten nettonykyarvo sellaisessa kaukolämpöjärjestelmässä, joka muutoin perustuu maakaasuun (maakaasu-kombi +

lämpökattila). Kyseisessä esimerkissä investoinnin kuolettaminen ja sähkön myynnin lasku ovat merkittävimmät ja lähes samansuuruiset kustannuskomponentit. Koska kyseisessä esimerkissä saavutetaan myös merkittävät säästöt maakaasun käytön vähentyessä, on esimerkkitapauksen nettonykyarvo positiivinen.



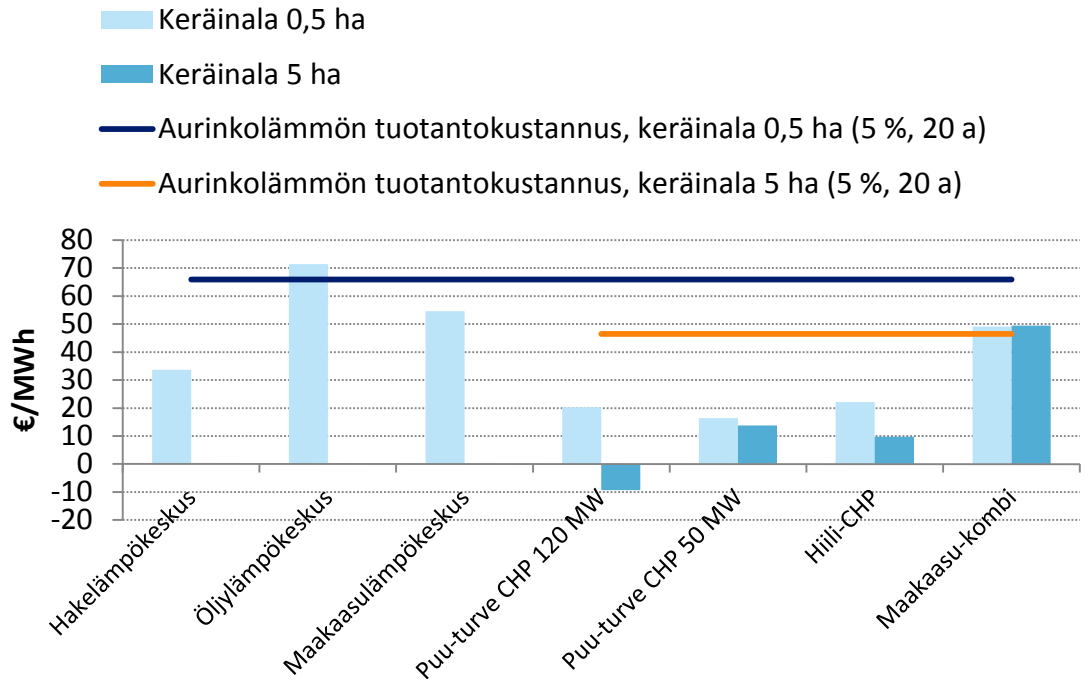
Kuva 17 Aurinkolämmön (5 ha keräinala) nettonykyarvo sellaisessa kaukolämpöjärjestelmässä, joka perustuu maakaasuun (maakaasu-kombi + lämpökattila)

5.4.1 Aurinkolämmön rajakustannus

Aurinkolämmön rajakustannuksena kaukolämpöjärjestelmässä voidaan pitää sellaista aurinkolämmön tuotantokustannusta, jolla kaukolämmön vuotuiset tuotantokustannukset eivät nouse verrattuna tilanteeseen ilman aurinkolämpöä. Oheisessa kuvassa on esitetty aurinkolämmön tuotannon rajakustannukset tässä työssä tarkastelluille esimerkeille.

Hakelämpökeskus -esimerkki havainnollistaa, kuinka öljyn käyttö nostaa rajakustannusta; esimerkissä lämpökeskuksen vuosittaisen seisokin aikana lämmön tarve katetaan öljyllä ja rajakustannus on siten pelkkää hankkeen hintaa korkeampi. Kuvasta havaitaan myös, että ainoastaan öljyä hyödyntävän lämmön tuotannon rajakustannus on korkeampi kuin aurinkolämmön tuotantokustannus, eli aurinkolämmöllä kannattaa korvata öljyn polttoa.

Toisaalta kuvasta havaitaan, että kivihiileen sekä puuhun ja turpeeseen perustuvan kaukolämmön tuotannossa rajakustannus jää varsin matalaksi, jopa niin, että suuren puu-turpe -CHP -esimerkin rajakustannus on negatiivinen, kun tarkastellaan 5 ha keräinalaa. Aurinkolämmön aiheuttamat kustannukset ovat siis suuremmat kuin kaukolämmön tuotannon muuttuvien kustannusten laskusta saavutettava hyöty.

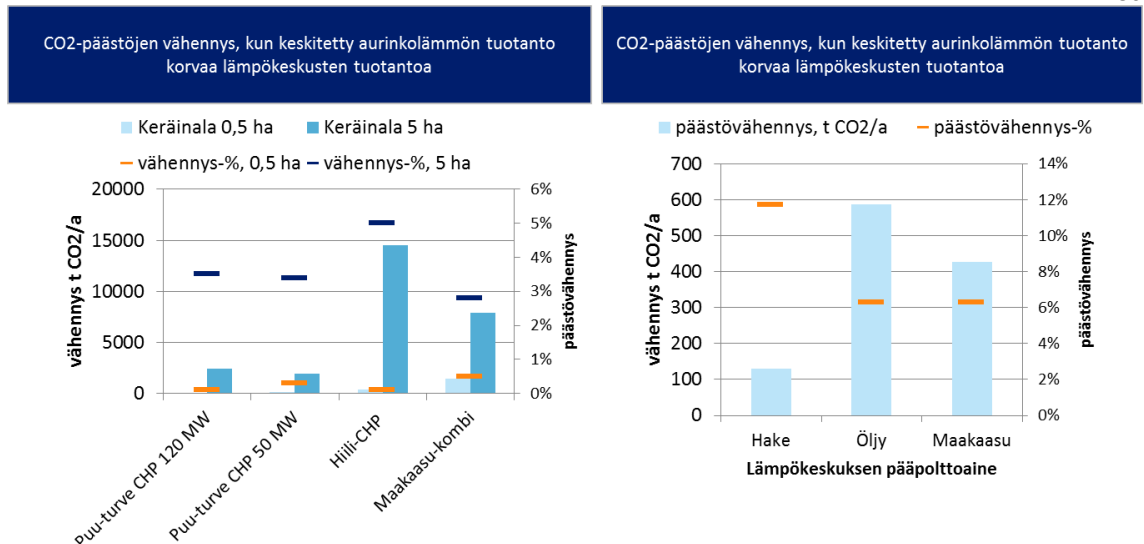


Kuva 18 Keskitetyn aurinkolämmön tuotannon rajakustannus eri kaukolämpöjärjestelmissä

5.5 CO₂-päästöt

Kun aurinkolämmöllä korvataan fossiilisiin polttoaineisiin perustuvaa erillistä lämmöntuotantoa, vähenevät hiilidioksidipäästöt samassa suhteessa. Yhteistuotantolaitoksissa tuotetun lämmön korvaaminen aurinkolämmöllä vähentää polttoaineen käyttöä ja siten hiilidioksidipäästöjä kyseisellä laitoksella, kun vähennys kohdentuu fossiilisiin polttoaineisiin. Yhteistuotannossa vähenee kuitenkin samaan aikaan sähköntuotanto, joten kokonaispäästöjen tarkasteleminen vaatisi myös korvaavan sähköntuotannon päästöjen huomiointia.

Oheisessa kuvassa on esitetty hiilidioksidipäästöjen vähenemä tässä työssä tarkastelluissa esimerkitapauksissa. Taseraja on kunkin esimerkin sisältämät tuotantolaitokset, eli korvaavan sähköntuotannon päästöjä ei ole huomioitu. Myös puuhun pohjautuvissa esimerkeissä päästöt vähenevät, sillä esimerkiksi hakelämpökeskusesimerkissä aurinkolämpö korvaa myös öljyä.



Kuva 19 CO2-päästöjen vähennys, kun keskitetyllä aurinkolämmön tuotannolla korvataan muuta kaukolämmön tuotantoa

5.6

Keskitetyn aurinkolämmön tuotannon potentiaali Suomessa vuoteen 2020 mennessä

Keskitetyn aurinkolämmön voimakas yleistymisen lähivuosina kaukolämpöverkkojen alueella vaatisi, että se olisi taloudellisesti kannattavaa. Tämä edellyttäisi sitä, että aurinkolämpö korvaisi kalliimpaa tuotantomuotoa kesäaikaan. Käytännössä nykyisellä kustannustasolla tämä tarkoittaisi, että aurinkolämmöllä korvattaisiin öljyä tai mahdollisesti maakaasua. Tällä hetkellä valtaosa, noin 70 %, kaukolämmöstä tuotetaan lämmön ja sähkön yhteistuotantolaitoksissa, joissa yleisimmät polttoaineet ovat biopolttoaineet, hiili ja maakaasu.

Aurinkolämpö ei ole taloudellisesti kilpailukykyinen biopolttoaineisiin ja hiileen verrattaessa. Maakaasun asema puolestaan on viime vuosina heikentynyt verolinjausten ja alhaisen sähkön hinnan vuoksi. Aurinkolämmöllä voitaisiin päästä lähelle maakaasuun perustuvan lämmöntuotannon tuotantokustannuksia mutta käytännössä lämpöyhtiöt voivat korvata maakaasua kustannustehokkaammin esimerkiksi biopolttoaineilla tai hiilellä, kuten on jo tapahtunutkin.

Taloudellisesti aurinkolämpö olisi perusteltua silloin, kun sillä voidaan korvata öljyn polttoa erillisessä lämmöntuotannossa. Pääosin öljyä hyödyntäviä kaukolämpöverkkoja on Suomessa kuitenkin vain vähän ja niihin liittyvää potentiaalia rajoittaa kohteiden pieni koko. Mikäli puolet näiden kohteiden heinäkuun lämmön tarpeesta perustuisi aurinkolämpöön, olisi aurinkolämmön potentiaali maksimissaan 20 GWh. Kohteiden pieni koko, keskimäärin alle 3 MW, nostaa myös keskitetyn aurinkolämmön tuotantokustannusta ja lisäksi öljyn korvaamiselle on olemassa muitakin vaihtoehtoja, esimerkiksi pelletit ja muut lämmitysratkaisut.

Useissa kiinteää polttoainetta käyttävissä verkoissa hyödynnetään öljyä kiinteän polttoaineen kattiloiden kesäseisokkien aikana. Tällöin kyse on kuitenkin varsin rajatusta ajasta ja potentiaalista. Kiinnostavia kohteita saattavat olla ne verkot, joissa lämpökuorma on vähentynyt merkittävästi ja olemassa oleva voimalaitoskattila on mitoitettu suuremman lämpökuorman mukaan.

Yhteenvedona voidaan todeta, että Suomen kaukolämmön muuttuvat tuotantokustannukset ovat pääosin aurinkolämmön nykyisiä tuotantokustannuksia

edullisemmat. Kohteet, joissa aurinkolämmölle voisi löytyä taloudellisia perusteita, ovat pääosin pieniä, joten aurinkolämmön taloudellinen potentiaali lähivuosina jää vähäiseksi.

On kuitenkin huomattava, että aurinkolämpöä ajavat eteenpäin muutkin tekijät kuin pelkästään taloudelliset. Onkin luultavaa, että keskitettyjä aurinkolämpöratkaisuja tullaan kokeilemaan Suomessa jo lähivuosina.

Aurinkolämmölle voisi löytyä potentiaalia myös uusilta asuinalueilta, jonne perinteistä kaukolämpöverkkoa ei etäisyyden tai kulutuksen vähäisyyden vuoksi kannata vetää. Yksittäisten kiinteistökohtaisten lämmitysratkaisujen sijaan voisi olla kustannustehokkaampaa luoda keskitetty alueellinen järjestelmä, joka voisi joustavasti hyödyntää paikallisesti tuotettua uusiutuvaa energiaa kuten aurinkolämpöä ja muita täydentäviä lämmönlähteitä. Tällöin kauko-/aluelämpöverkko voi toimia eri toimijoiden oman lämmöntuotannon kokoajana ja kulutuksen tasaajana, mahdollistaen myös tehokkaan hukkalämmön hyödyntämisen ja mahdollisesti pidemmällä aikavälillä myös lämmön kysyntäjoustop.

6

AURINKOLÄMMÖN LIITTÄMINEN KAUKOLÄMPÖVERKKOON

Aurinkolämmön tuotannon liittäminen kaukolämpöverkkoon tarjoaa hyötyjä; kaukolämpöverkon avulla aurinkolämpöä voidaan siirtää tuottajilta kuluttajille ja siten hyödyntää täysimääräisesti kaikki tuotettu aurinkolämpö. Kaukolämpöverkko mahdollistaa myös keskitetyn aurinkolämmön tuotannon, mikä on hajautettuja järjestelmiä kustannustehokkaampaa.

Aurinkolämmön tuotannon kytkemiselle kaukolämpöverkkoon ei ole teknisiä esteitä. Mikäli aurinkolämpöä tulisi runsaasti kaukolämpöjärjestelmään, on tiettyjä kaukolämmön tuotantoon ja lämmönsiirtoon liittyviä asioita kuitenkin huomioitava. Näitä kysymyksiä käsitellään tarkemmin kappaleessa 6.3.

Kaukolämpöverkkoon liittämistä ei säädellä missään laissa. Lämmön myyjällä ei siten ole lakisääteistä velvoitetta liittää asiakasta kaukolämpöverkkoon. Kaukolämpöverkkoon liittyneitä asiakkaita kohtaan lämmönmyyjä on vakiintuneen tulkinnan mukaan kuitenkin kilpailunrajoituksista annetun lain 3 §:n 2 momentissa tarkoitetussa määräävässä markkina-asemassa toiminta-alueellaan. Ostaessaan lämpöä kaukolämpöyhtiö ei kuitenkaan ole määräävässä asemassa asiakkaaseen nähden.

Koska lakisääteisiä velvoitteita ei ole, lämmön myyjän ja asiakkaan oikeudet ja velvollisuudet määritellään osapuolten välillä solmittavassa lämpösopimuksessa ja sopimuksen osana olevissa lämmönmyyjän liittymis- ja myyntiehtoissa. Sama pätee myös, mikäli ulkopuolista tuotantoa liitetään kaukolämpöverkon piiriin. Lämmöntuottajan ja kaukolämpöyhtiön välisessä sopimuksessa tulisikin siksi tarkkaan määritellä osapuolten velvollisuudet sekä vastuut häiriö- ja vikatilanteissa sekä laitteiston kunnossapidon osalta.

Monet kaukolämpöyhtiöt ostavat nykyäänkin osana normaalia toimintaansa esimerkiksi teollisuuden hukkalämpöä verkkoonsa. Näissä tapauksissa tyypillisesti ulkopuolinen toimittaja pystyy toimittamaan lämpöä halvemmalla kuin kaukolämpöyhtiö itse pystyisi lämpöä tuottamaan mikä tarjoaa kaukolämpöyhtiölle mahdollisuuden kannattavaan liiketoimintaan.

6.1 Kiinteistökohtaisen järjestelmän kytkentävaihtoehdot kaukolämpöverkkoon

Aurinkolämpöä tuottava kiinteistö voidaan kytkeä kaukolämpöverkkoon joko siten, että se ei siirrä tuottamaansa lämpöä kaukolämpöverkkoon tai siten, että tuotettua lämpöä siirretään kaukolämpöverkon puolelle.

Tilanteessa, jossa kaikki aurinkolämpö tulee kiinteistön omaan käyttöön, kiinteistö kytketään kaukolämpöverkkoon normaalilla kytkennällä. Yksinkertaisimmillaan aurinkokeräimet kytketään suoraan talon lämmitysjärjestelmään, jolloin on huomioitava aurinkopiirissä kiertävän nesteen pakkasenkesto. Aurinkolämpö siirretään käyttövedeen erillisen lämmönsiirtimen kautta. Mikäli aurinkolämpöä varten hankitaan varaaja, se asennetaan lämmityspiiriin lähelle keräimiä.

Kun aurinkolämpöä halutaan siirtää kaukolämpöverkon puolelle, kytkentä riippuu keräinten toimintalämpötilasta. Matalassa lämpötilassa (65 °C / 40 °C) toimivat keräimet kannattaa sijoittaa kiinteistön lämpöverkkoon kun taas korkeassa (75 °C / 40 °C) lämpötilassa toimivat keräimet on suositeltavaa sijoittaa kaukolämpöverkon puolelle. Molemmissa tapauksissa aurinkolämpöä käytetään ensisijaisesti kiinteistön tarpeeseen ja ylijäämälämpö siirretään kaukolämpöverkkoon. Järjestelmä mahdollistaa myös käyttöveden priimaamiseen kaukolämmöllä.

Matalan lämpötilan järjestelmään tarvitaan normaalin kaukolämpökytkennän lisäksi kolmas putki talojohtoon (kolmiputkijärjestelmä) sekä pumppu ja uusi mittaus kaukolämpölinjaan. Korkean lämpötilan järjestelmä vaatii normaalin kytkennän ohella pumpun, automaatiota sekä virtausmittauksen molempiin suuntiin. Liitteessä 5 on esitetty kytkentäesimerkki kiinteistökohtaiselle järjestelmälle.

6.1.1 Kytkentä kaukolämmön meno- ja paluulinjaan

Teknisesti aurinkolämpö voidaan kytkeä sekä kaukolämmön meno- että paluulinjaan. Aurinkokeräinten tuotannon kannalta korkeampaan lämpötilatasoon kytkeminen on epäedullista, sillä aurinkokeräinpiirin lämpötilataso vaikuttaa keräimen tuotantoon. Esimerkiksi tasokeräimen tuotto laskee noin 10 % korkeassa toimintalämpötilassa (75 °C / 40 °C) matalampaan toimintalämpötilaan (65 °C / 40 °C) verrattuna. Vakuumikeräimillä lämpötilan vaikutus on jonkin verran pienempi. Toisaalta lämmön arvo on korkeampi, kun lämpö voidaan siirtää menolinjaan. Lämpö kaukolämpöverkon paluulinjassa ei pääsääntöisesti ole yhtä arvokasta. Paluulinjaan tuotettavan lämmön arvoa vähentävät tekijät riippuvat kaukolämmön tuotantorakenteesta.

- Paluulinjaan tuotettu lämpö kasvattaa pumppauskustannuksia sekä lisää verkon lämpöhäviöitä kaikissa kaukolämpöjärjestelmissä. Suuressa määrin paluulinjaan tuotettu lämpö johtaisi myös suurempiin kaukolämpöjohtoihin.
- Savukaasujen lämmöntalteenottopeurista saatava lämpömäärä on suoraan verrannollinen kaukolämmön paluuveden lämpötilaan. Paluuveteen tuotetun lämmön arvo on luokkaa 30-60 % alhaisempi kuin menolinjaan tuotetun lämmön, riippuen polttoaineen kosteudesta ja paluuveden lämpötilasta. Mikäli kaukolämpöverkossa ei ole savukaasupesuria eikä sähkön tuotantoa, on lämmön tuotannon arvo paluu- ja menolinjassa yhtä suuri.
- Sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitoksessa paluuveteen tuotettu lämpö alentaa tuotetun sähkön määrää. Paluuveden lämpötilan noustessa yhden asteen menetetään sähkön tuotannosta noin 0,1 % noussutta lämpöastetta kohden. Tällöin tuotetun sähkön menetyksen arvo on vähäinen.

Mikäli siis kaukolämmön tuotantolaitoksena on sähkön ja lämmön yhteistuotantovoimalaitos, joka on varustettuna savukaasujen lämmöntalteenottopesurilla, vähentää paluuveteen tuotetun lämmön arvoa sekä menetetty sähkön tuotanto että menetetty hyöty savukaasupesurista.

Tiivistetyksi voidaan todeta, että jos kaukolämpöverkon tuotantolaitoksessa on savukaasujen lämmöntalteenottopesuri, ei aurinkolämpöä kannata tuottaa paluulinjan lämpötilassa. Muissa tuotantovaihtoehtoissa paluulinjaan tuotanto voi olla kannattavampaa, mikäli muut tuotantokustannukset ovat suuret.

6.2 Keskitetyn järjestelmän kytkentä

Keskitetty aurinkolämmön tuotanto voidaan rinnastaa muihin kaukolämmön tuotantoyksiköihin. Siten keräimillä tuotetaan lähtökohtaisesti kaukolämmön menolinjan lämpöistä vettä ja aurinkokeräinjärjestelmä kytketään kaukolämpöjärjestelmään kuten muutkin lämmön tuotantolaitokset.

Aurinkokeräimet erotetaan kaukolämpöverkosta lämmönsiirtimellä, jonka kautta kaukolämpövedä kierrätetään kaukolämpöpumpuilla. Lämmönsiirrin vaaditaan, koska keräinten lämpöpiirissä on pakkasta kestävä kiertoaine, ja painetaso on kaukolämpöjärjestelmää alhaisempi. Kaukolämpöpumppuja säädetään siten, että menoveden lämpötila kaukolämpöverkkoon on asetusarvon mukainen. Keräinpiirissä puolestaan säädetään vesivirtaa siten, että keräinten jälkeinen lämpötila pysyy vakiona. Liitteessä 5 on esitetty kytkentäesimerkki keskitetylle järjestelmälle.

6.3 Tekniset vaikutukset kaukolämmön tuotantoon ja siirtoon

Kaukolämmölle tunnuksenomaista on paikallisuus. Kaukolämmön tuotanto ja jakelu on aina optimoitu paikallisen kulutuksen mukaan, sillä kaukolämmöllä ei ole valtakunnallista verkkoa, kuten sähköllä. Tämä ei ole este uuden tuotannon liittämiselle kaukolämpöverkkoon mutta kulutuksen, tuotannon ja siirron yhteensovittaminen on huomioitava kolmansien osapuolien verkkoon pääsyä suunniteltaessa.

Kolmannen osapuolen vaikutukset kaukolämmön tuotantoon ja siirtoon riippuvat huomattavasti tuottajan koosta. Yksittäisen pienen tuottajan vaikutukset ovat hyvin vähäiset mutta mikäli useita aurinkolämpöä tuottavia kiinteistöjä tai suurempi keskitetty tuotanto liitettäisiin verkkoon, on kaukolämpöyhtiön tarpeellista ennakoida mahdolliset vaikutukset.

Kapasiteetin tarve

Aurinkolämpö on poikkeuksellinen lämmön tuotantomuoto siten, että sillä ei ole kapasiteettiarvoa. Suurimman lämmöntarpeen aikana talvella ei saada lainkaan aurinkolämpöä, joten tarvitaan jokin korvaava lämmön tuotantomuoto. Toinen vaihtoehto olisi riittävän suuri kausivarasto, jonka avulla aurinkolämmön tuotanto voitaisiin jakaa koko vuodelle.

Vaikutus sähköntuotantoon

Mikäli erillinen lämmöntuotanto korvaa sähkön ja lämmön yhteistuotannolla tuotettua lämpöä, se vähentää samalla myös yhteistuotantolaitoksen sähkön tuotantoa, jolloin sähkön myynnistä saadut tulot laskevat.

Laitosten säätö

Erityisesti kiinteän polttoaineen lämmöntuotantolaitoksissa tuotantotehon muutosnopeus on rajallinen, kun taas aurinkolämmön tuotanto vaihtelee suuresti. Tämän takia tuotantotehon muutosnopeudelle on asetettava laatuvaatimuksia. Aurinkolämpö täyttää laatuvaatimukset lämpöakun avulla.

Polttoaineita käyttävissä laitoksissa on minimitehot, joita pienemmillä tehoilla lämpöä ei niillä pystytä tuottamaan. Mikäli minimitehoja ei huomioida lämmöntuotantorakenteen muutosten suunnittelussa, saattaa aurinkolämmön tuotanto pakottaa kiinteän polttoaineen peruskuormalaitokset seisokkiin, jolloin lämmön tuotantokustannukset ja päästöt kasvaisivat huippukattiloiden käytön lisääntyessä.

Tuotantolaitoksen sijainti

Kaukolämpöverkot on rakennettu siten, että tuotantolaitosten lähellä siirtojohdot ovat suurimpia ja kaukana tuotantolaitoksista pieniä. Suuremmalla putkella saadaan siirrettyä suurempi lämpöteho. Mikäli uutta tuotantolaitosta ei sijoiteta olemassa olevien runkojohtojen varrelle, joudutaan investoimaan uusiin siirtojohtoihin siten, että uuden tuotantolaitoksen teho saadaan jaettua. Tämän takia uuden tuotantolaitoksen sijainnilla on suuri merkitys lämmönsiirron vaatimiin investointeihin.

Lähtökohtaisesti uuden tuotantolaitoksen tulisi investoida kaukolämpöverkkoon siten, että tuotettu lämpö saadaan siirrettyä verkkoon. Investointi voidaan toteuttaa liittymismaksulla kaukolämpöverkosta vastaavalle yhtiölle.

Tehon jako tuotantolaitosten välillä

Kaukolämpöpumppuja tulee käyttää kokonaisuutena, jotta kaukolämpöpumput eivät pumpkaa toisiaan vasten aiheuttaen turhia pumppauskustannuksia. Mikäli tuotantolaitoksia on verkossa useita, olisi kokonaisuuden kannalta helpompaa, mikäli siirrosta vastaava yhtiö vastaisi kaikkien laitosten pumppauksesta sallittujen tehon muutosnopeuksien rajoissa.

Kaukolämmön lämpötila

Kaukolämmön menolämpötilaa laitoksilta säädetään ulkolämpötilan mukaan. Lähtökohtaisesti kaikki tuotantolaitokset tuottavat saman lämpöistä vettä samalla ajanhetkellä. Kaukolämmön menoveden lämpötilavaatimus asettaa haasteita aurinkolämmölle, sillä tuotannon hyötysuhde huononee lämpötilan noustessa. Paluulinjaan syöttäminen olisi aurinkolämmön kannalta edullisempi ratkaisu, mutta se saattaa laskea muun kaukolämmön tai yhteistuotannon tuotannon hyötysuhdetta. Meno- ja paluulinjaan syöttämisen etuja ja haittoja on käsitelty tarkemmin kappaleessa 6.1.1.

6.4 Verkkoon tuotetun lämmön arvo

Suomessa ei toistaiseksi ole esimerkkejä kiinteistökohtaisista lämmöntuottajista, jotka myisivät osan tuottamastaan lämmöstä. Esimerkiksi Ruotsissa tällaisia kohteita on muutamia, mutta sielläkin tuotetusta lämmöstä maksaminen on ratkaistu tapauskohtaisesti eikä selkeää yhtä toimintamallia ole.

Verkkoon tuotetun lämmön arvon määrittäminen ei ole yksiselitteistä. Kaukolämmön hinta asiakkaalle koostuu tyypillisesti kiinteästä perusmaksusta ja kulutukseen sidotusta energiamaksusta. Mikäli kuluttaja kattaa osan omasta lämmöntarpeestaan tuottamalla itse aurinkolämpöä, hän saa suoraa säästöä vähentyneistä energiamaksuista. Perusmaksuun omalla tuotannolla ei ole vaikutusta, sillä aurinkolämpö ei pienennä talviaikaista tehontarvetta. Mikäli kuluttaja haluaisi myydä lämpöä

kaukolämpöverkkoon, tulisi referenssihintana tarkastella energiamaksua, sillä perusmaksun määräytymisperusteisiin ei syötetyllä lämmölläkään ole suoraan vaikutusta.

Harva kaukolämpöyhtiö olisi kuitenkaan valmis maksamaan verkkoon syötetystä lämmöstä täyden energiamaksun verran. Tämä johtuu toisaalta siitä, että yksittäiselle pientuottajalle maksaminen tuo myös kuluja yhtiölle ja toisaalta siitä, että erityisesti vuositasolla samana pysyvä energiamaksu ei usein ole täysin kustannusperusteinen. Tyypillisesti energiamaksun lähtökohtana olevat muuttuvat kustannukset ovat kuukausitasolle vietyinä korkeimmillaan huippukulutuksen aikana, jolloin aurinkolämmöllä ei ole tuotantoa. Kaukolämmön hinnoittelun muuttaminen enemmän kustannusperusteiseksi toisi läpinäkyvyyttä ja helpottaisi kolmansien osapuolien tuotannon hinnoittelua, mutta useimmissa tapauksissa se saattaisi nostaa kiinteän perusmaksun osuutta kaukolämmön hinnoittelussa.

Verkkoon syötetty lämpö voidaan korvata joko nettolaskutuksella tai tekemällä kokonaan erillinen lämmön ostosopimus. Nettolaskutus tarkoittaa, että verkosta ostetun lämmön hinnasta vähennetään verkkoon syötetyn lämmön arvo ja asiakas maksaa vain erotuksen. Tällaisessa tapauksessa on huomioitava, että arvonlisäveroa ei lain mukaan voi hyvittää, mikäli aurinkolämmön tuottaja ei kuulu arvonlisäverovelvollisuuden piiriin.

Pientuottajien verkkoon syöttämästä lämmöstä tai sähköstä maksamiseen vaikuttaa myös ennakoperintäasetuksen 14 §. Mikäli lämmön tai sähkön myyntitulo katsotaan pääomatuloksi, tulee yli 20 € suorituksista suorittaa ennakonpidätys. Tästä johtuen muutamat sähköyhtiöt, jotka ottavat vastaan pientuottajien tuottamaa aurinkosähköä, ovat rajanneet kuukausittaisen oston enintään 19 euroon. Muutamat muut yhtiöt ovat linjanneet, että maksavatenimmillään kulutuksen verran. Tällöin tuottajan kannalta on ratkaisevaa, millä aikavälillä maksettava osuus lasketaan. Tuottajan kannalta edullisinta olisi laskea maksu vuositasolla, jolloin kesän tuotanto kattaisi talven kulutusta.

6.5 Esimerkkejä muista Euroopan maista

Aurinkolämpöä hyödynnetään jo useissa maissa, myös Euroopassa, mutta tyypillisesti keräimet ovat kiinteistökohtaisia, pääasiassa käyttöveden lämmitykseen suunniteltuja, eikä niitä ole kytketty kaukolämpöverkkoon. Aurinkokaukolämpö on kuitenkin viime vuosina saanut jalansijaa ja naapurimaistammekin löytyy jo esimerkkejä aurinkolämmön hyödyntämisestä kaukolämpöverkossa ja sen ostamisesta liiketoimintaperustein.

Keskitetty aurinkolämmön tuotanto on yleistynyt voimakkaimmin Tanskassa, jossa jo yli 20 kaukolämpöyhtiötä tuottaa aurinkokaukolämpöä. Aurinkolämpö on osa muuta kaukolämmön tuotantorakennetta ja kuluttajat maksavat normaalin kaukolämpömaksun. Tanskassa keskitetty aurinkolämpö onkin jo kilpailukykyinen vaihtoehto ilman mitään tukia johtuen maakaasun korkeasta verotuksesta. Kiinteistökohtaisia järjestelmiä ei sen sijaan tiettävästi vielä ole Tanskassa liitetty kaukolämpöverkkoon.

Myös Saksassa muutamat kaupunkien energiayhtiöt ovat investoineet aurinkolämpöön. Aurinkolämmön tuotanto on osa muuta energiantuotantorakennetta ja kuluttajat maksavat normaalin kaukolämmön hinnan. Saksassa on voimakkaasti panostettu myös kausivarastoinnin kehittämiseen ja pilottihankkeita onkin jo useampia. Kiinteistökohtaiset aurinkolämpökeräimet ovat yleistyneet voimakkaasti uusiutuvan energian politiikan johdosta mutta niitä ei tiettävästi ole toistaiseksi kytketty kaukolämpöverkkoihin.

Ruotsissa Malmön Västra Hamnenin kaupunginosa on tunnetuin esimerkki aurinkoenergian hyödyntämisestä. Paikallinen energiayhtiö E.ON on tehnyt asukkaiden kanssa sopimuksen, jossa kuluttajille taataan, että vuositasolla laskettuna he hankkivat kulutuksensa verran paikallisesti tuotettua, uusiutuvaa lämpöä. Lämmön hinta on asukkaille hieman E.ON:in tavallista kaukolämpötariffia korkeampi. E.ON omistaa keräimet, jotka on asennettu kiinteistöjen katoille ja julkisivuihin ja liitetty kaukolämpöverkkoon. Kesällä keräimet tuottavat alueen tarvetta enemmän, jolloin lämpöä siirretään kaukolämpöverkon kautta muihin kaupunginosiin. Talvella puolestaan Västra Hamnenin lämmön tarve voidaan täyttää perinteisen kaukolämmön tuotannon avulla.

Ruotsissa löytyy myös jo joitain esimerkkejä kiinteistökohtaisten järjestelmien kytkemisestä kaukolämpöverkkoon. Vakiintuneita toimintatapoja verkkoon myydyin lämmön hinnoitteluksi ei ole vaan aurinkolämmön tuottajat ovat neuvotelleet sopimuksen paikallisen energiayhtiön kanssa. Tyypillistä kuitenkin on, että verkkoon syötetystä lämmöstä ei makseta yksi yhteen ostetun lämmön kanssa vaan hinta lasketaan sovittuna prosenttiosuutena joko koko kaukolämpölaskusta tai energiamaksusta.

Itävallassa energiapalveluyritys nahwärme.at toimii myös aurinkolämpöliiketoiminnassa. Yrityksen toimintamallina on rakennuttaa ja operoida järjestelmiä sekä myydä tuotettua lämpöä suoraan kuluttajille tai kaukolämpöyhtiölle. Yritys voi myös omistaa järjestelmän tai se voi toimia palvelun tarjoajana omistajalle. Nahwärme.at myy lämpöä kuluttajille normaalilla kaukolämmön hinnalla. Normaaliin kaukolämmön hintaan sisältyy fossiilisten polttoaineiden vero, jota uusiutuvasta energialähteestä tuotetusta lämmöstä ei tarvitse tilittää valtiolle.

Grazissa nahwärme.at on rakennuttanut kiinteistökohtaisen järjestelmän yhteyteen kausivaraston, jonka avulla se voi jakaa aurinkolämmön hyödyntämistä tasaisemmin koko vuodelle. Aurinkolämpö on kytketty paikalliseen lämpöverkkoon, joka puolestaan kytkeytyy kaukolämpöverkkoon. Nahwärme.at laskee, että lämpövaraston ansiosta kaukolämmön liittymismaksu on noin 20 % pienempi kuin ilman varastoa. Säästyneet liittymismaksut käytetään aurinkolämpöjärjestelmän takaisinmaksuun.

7

LIIKETOIMINTAMALLIT AURINKOLÄMMÖN HYÖDYNTÄMISEKSI

Yrityksillä on oman liiketoimintansa lähtökohdista riippuen useita syitä lähteä mukaan aurinkolämpöliiketoimintaan. Kokemusten kartuttaminen, imago ja edelläkävijän rooli ovat varmasti merkittävimpiä syitä yrityksille tällä hetkellä, lisäksi uusiutuvaan energiaan ja energiatehokkuuteen liittyvät lait ja velvoitteet ajavat yrityksiä tarkastelemaan uusia lämmöntuotantomuotoja.

Aurinkolämpö on kuitenkin vielä uutta liiketoimintaa, johon liittyy monenlaisia haasteita. Merkittävin haaste liittyy taloudelliseen kannattavuuteen. Järjestelmien käyttöön otto ja ylläpito vaativat osaamista ja panostuksia henkilöstöresursseihin. Lisäksi pientuotannon asema on vielä vakiintumaton, joten selkeitä pelisääntöjä esimerkiksi ylijäämätuotannon myymiselle kaukolämpöverkkoon ei ole. Aurinkolämpöliiketoimintaa harkitseva yritys joutuukin pohtimaan, kuinka omalta osaltaan pystyy hyötymään uusista liiketoimintamahdollisuuksista ja vastaamaan sen asettamiin haasteisiin.

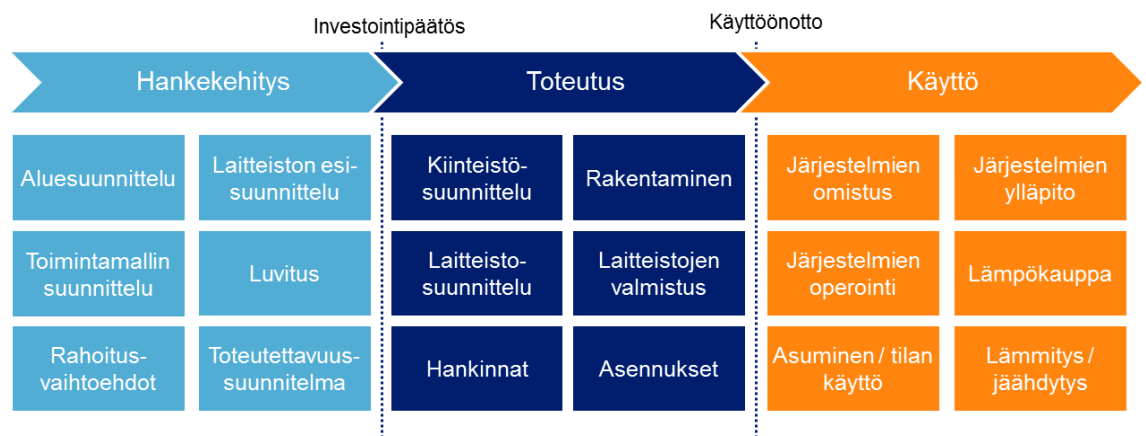
7.1

Aurinkolämmön arvoketju

Aurinkolämpöjärjestelmän toteuttaminen vaatii monien eri vaiheiden läpikäyntiä. Eri toimijoiden roolit arvoketjun vaiheissa eivät ole täysin selkeitä vaan toimijat voivat valita erilaisia rooleja ja yhteistyökumppaneita.

Kuva 20 on jaettu aurinkolämpöjärjestelmän hankinnan ja toteuttamisen vaiheet kolmeen osuuteen; hankekehitykseen, toteutusvaiheeseen ja käyttöön. Toimija voi olla eri rooleissa mukana useammassa vaiheessa. Mukana olo vaatii tiettyjen valintojen tekemistä ja vaihtelevia resursseja.

Arvoketjun näkökulmasta aurinkolämmön suurin kustannus syntyy investointivaiheessa ja varsinaiset käytön aikaiset kustannukset ovat suhteessa alhaiset. Tällöin voidaan suurimman lisäarvon arvioida syntyvän varsinaiselle käyttäjälle. Toisaalta aurinkolämpöjärjestelmän toteuttaja, esimerkiksi rakennuttaja, usein hinnoittelee tehdyn investoinnin joko suoraan osaksi myyntihintaa tai muuten jyvittää tulevat kustannukset tuleville vuosille. Voikin olla, että tietyissä tapauksissa rakennuttajat saavatkin suurimman hyödyn, mikäli kohteen houkuttelevuus nousee merkittävästi kuluttajan näkökulmasta ja mahdolliset lisäkustannukset saadaan vietyä täysimääräisesti läpi. Kuluttajalle hyödyt riippuvat myös järjestelmän toimivuudesta ja siitä miten aurinkolämpö hinnoitellaan asunnon myöhäisemmässä mahdollisessa myyntitilanteessa.



Kuva 20 Aurinkolämpöjärjestelmän hankinnan ja toteuttamisen vaiheet

Hankekehitys

Hankekehitys alkaa esimerkiksi kaukolämpöyhtiön ja rakennusliikkeen näkökulmasta jo hyvin varhaisessa vaiheessa, kun alueita suunnitellaan. Aikaisessa vaiheessa mukana oleminen on tärkeää yritykselle, joka haluaa aktiivisesti tarjota uusiin kohteisiin aurinkolämpöratkaisuja tai vaikuttaa tietyn alueen lämmitysratkaisuihin. Kaukolämpöyhtiöille aluesuunnittelussa mukana oleminen on luontevaa, jotta se voi vaikuttaa lämpöverkon tulevaisuuteen. Joillekin yrityksille riittää varhaisessa vaiheessa passiivisempi rooli, jossa ollaan selvillä kehityksen suunnasta mutta ei aktiivisesti vaikuteta siihen. Tällainen rooli sopii esimerkiksi palveluyhtiöille.

Usein jo hankekehitysvaiheessa tulee ratkaistavaksi, kuka aurinkolämpöjärjestelmän omistaa. Omistajuuteen liittyy riskejä mutta myös selkeitä hyötyjä, koska omistaja säätelee järjestelmän tuotantoa ja voi esimerkiksi lukea järjestelmän tuottaman uusiutuvan energian hyödykseen.

Hankekehitys vaatii henkilöresursseja. Rahalliset investoinnit kohdistuvat lähinnä esisuunnitteluun ja siihen liittyviin toimintoihin.

Toteutus

Aurinkolämpöjärjestelmän varsinainen laitteistojen toteutus ja asennus perustuu hankesuunnitteluvaiheessa tehtyihin ratkaisuihin. Hankinnat voi tehdä esimerkiksi joko kiinteistön rakennuttaja, rakentaja tai kaukolämpöyhtiö, riippuen valitusta hankemallista. Hanke voidaan toteuttaa kokonaispalveluna tai pilkkoa se yksittäisiin vaiheisiin. Uudiskohteissa aurinkolämpöön liittyvä toteutus nivoutuu tyypillisesti osaksi koko kiinteistön toteutusprojektia.

Hankkeen toteutus vaatii osaavan projektioorganisaation. Nykyisellään aurinkolämpöosaamista on vielä rajatusti hankkeiden vähäisen lukumäärän vuoksi, joten tyypillisesti tässä vaiheessa on järkevää etsiä osaavat yhteistyökumppanit.

Käyttö – Ylläpito ja operointi

Järjestelmän käyttöönoton jälkeiset toiminnot voidaan liiketoimintamielessä jakaa järjestelmän ylläpitoon ja operointiin sekä alempana käsiteltävään lämmön kauppaan.

Aurinkolämpöjärjestelmän käytöstä ja kunnossapidosta vastaaminen tuo olemassa oleville yrityksille mahdollisuuden laajentaa liiketoimintaansa ja oppia aurinkolämpölaitteiden toiminnasta. Kiinteistöyhtiöille järjestelmän ylläpito itse tuo säästöjä, kun palvelua ei tarvitse ostaa ulkopuoliselta. Toisaalta etenkin alkuvaiheessa järjestelmän käyttö ja säätö vaatii osaamista ja tietotaitoa, jolloin ulkopuolinen apu voi olla tarpeen.

Työmäärä aurinkolämpöjärjestelmän käytössä ja kunnossapidossa on kevyt, joten yksi henkilö pystyy ylläpitämään useita järjestelmiä. Toisaalta mikäli yrityksellä ei ole nykyisellään tehtävään soveltuvaa henkilökuntaa, aiheutuu sen hankkimisesta lisäkuluja, joita toiminnan tuotoilla voi olla vielä lähivuosina vaikea kattaa liiketoiminnan pienen volyymin vuoksi. Esimerkiksi talotekniikkaan ja kiinteistöautomaatioon erikoistuneille yrityksille aurinkolämpö voisi sen sijaan tarjota uusia mahdollisuuksia, joita ainakin alkuvaiheessa voidaan hoitaa olemassa olevan henkilökunnan voimin.

Viime vuosina Suomessa toteutetut suurempien kiinteistöjen aurinkolämpökohteet ovat pääsääntöisesti olleet enemmän tai vähemmän pilottikohteita, joissa toteuttajilla on käyttöön ja huoltoon liittyvää erikoisseurantaa. Pidemmällä aikavälillä erityisesti käyttöön liittyy selkeitä palvelumahdollisuuksia, sillä isännöitsijän tai huoltoyhtiön vaihtuessa, ei osaaminen seuraa aina mukana.

Käyttö – Lämmön myynti ja osto

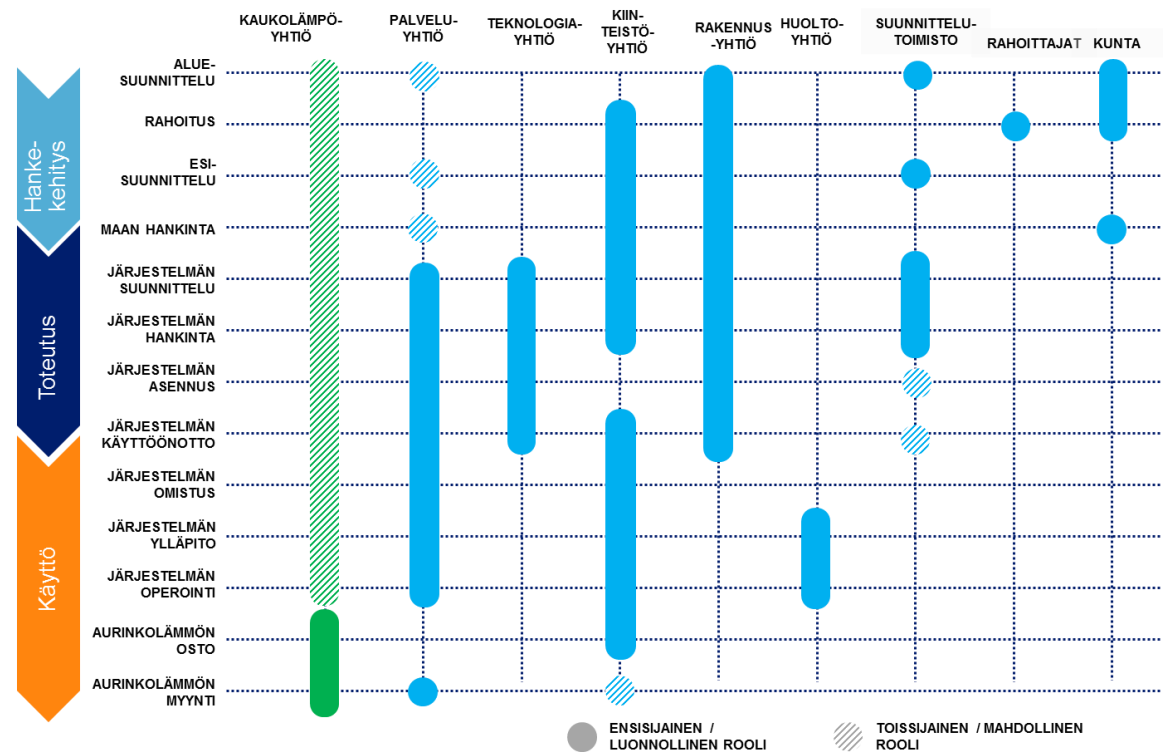
Mikäli kiinteistössä tuotetaan enemmän aurinkolämpöä kuin pystytään itse hyödyntämään, aurinkolämpöjärjestelmän omistaja voi tarjota ylijäämälämpöä joko läheisille kiinteistöille tai neuvotella lämmön myymisestä kaukolämpöverkkoon paikallisen kaukolämpöyhtiön kanssa. Ylijäämälämmön myynnillä voidaan saada taloudellista hyötyä ja lyhentää järjestelmän takaisinmaksuaikaa.

Ylijäämälämmön myyntiin liittyvät ratkaisut tehdään pitkälle jo hankekehitysvaiheessa, sillä lämmölle on oltava ostaja ennen kuin järjestelmä voidaan lopullisesti mitoittaa. Lämmön myyjän ja ostajan on neuvoteltava, millä ehdoilla lämpöä otetaan vastaan, ja miten lämpö hinnoitellaan. Kaukolämpöliittynnän tapauksessa tulee vielä selvitettäväksi lämmön tuotannon liittymiskustannukset kaukolämpöverkkoon.

Kaukolämpöyhtiö voi myös itse omistaa järjestelmän, jolloin tuotanto on osa yhtiön lämmöntuotantoa ja se siten lisää uusiutuvan energian osuutta.

Lämmön myynti kiinteistön ulkopuolelle vaatii jotain investointeja mittarointiin ja automaatioon. Lisäksi tulevat itse liitännätöihin liittyvät kulut. Kaukolämpöverkkoon tuotetusta lämmöstä maksaminen vaatii jonkin verran henkilöstöresursseja kaukolämpöyhtiöltä.

Aurinkolämpö ei vähennä muun lämmityskapasiteetin tarvetta, ellei aurinkolämmön tarpeisiin ole riittävän suurta ja toimintavarmaa kausivarastointia. Kaukolämpöyhtiön näkökulmasta aurinkolämpö ei siten vähennä muun tuotantokapasiteetin tarvetta, kiinteistön näkökulmasta tarvitaan toinen lämmitysratkaisu kattamaan talviajan lämmön tarve.



Kuva 21 Aurinkolämpöhanke eri vaiheiden tehtäviä ja mahdollisia roolituksia

Yllä olevassa kuvassa on koottu aurinkolämpöhanke eri vaiheiden tehtävien mahdollisia roolituksia. Kaukolämpöyhtiöillä on luonnollinen rooli lämmön ostajana ja myyjänä, mutta lämpöalan asiantuntijana sen toimialue voi ulottua koko hankkeen läpi aina hankekehitysvaiheesta järjestelmän käyttöön. Kaukolämpöyhtiö saa selkeitä synergiaetuja voidessaan hyödyntää olemassa olevaa kaukolämpöverkkoa ja sen etuna on paikallinen tunnettuus.

Lämmitysalan kilpailu on kasvamassa eikä kaukolämmön asema ole tulevaisuudessa itsestään selvä. Aurinkolämpö ja muut hajautetut lämmöntuotantomuodot tuovat kaukolämpöyhtiölle mahdollisuuden laajentaa liiketoimintaansa esimerkiksi lämpöpalveluita tarjoavaksi yritykseksi, joka tarjoaa kiinteistölle lämmitysratkaisuja riippumatta siitä, sijaitsevatko nämä kaukolämpöverkon piirissä vai eivät.

Myös kiinteistöyhtiöillä ja aurinkolämpöön erikoistuneilla palveluyhtiöillä on varsin laaja valikoima mahdollisia rooleja. Ne ovat myös mahdollisia yhteistyökumppaneita, sillä kiinteistöyhtiöille on luontevaa olla mukana hankekehityksessä ja omistaa järjestelmät mutta tyypillisesti ne tarvitsevat kumppaneita suunnitteluun ja toteutukseen, mahdollisesti myös kunnossapitoon. Palveluyritysten on mahdollista hankkia erityisosaamista aurinkolämpöön liittyen mutta samaan aikaan ylläpitää liiketoiminnan vaatimaa volyymia tarjoamalla palveluja myös muuhun talotekniikkaan,

rakennusautomaatioon ja lämmitysratkaisuihin liittyen. Aurinkolämpöön erikoistumalla on vielä lähitulevaisuudessa haastavaa luoda kannattavaa liiketoimintaa etenkin suurimpien kaupunkien ulkopuolella, sillä potentiaalisten kohteiden määrä on rajallinen.

Rakennusyhtiöiden toiminta sijoittuu luontevasti hankekehitys- ja toteutusvaiheisiin mutta rakennusyhtiöt jäävät harvoin rakennusten pitkäaikaisiksi omistajiksi eikä tällöin lämmitysjärjestelmänkään omistus ja operointi ole niille luontainen rooli. Kunnilla on luontainen rooli alkuvaiheen hankekehityksessä liittyen aluesuunnitteluun, kaavoitukseen ja maa-alueiden hallintaan. Kunnilla voi myös olla halua toimia rahoittajana ja siten edistää uusiutuvan energian tuotantoa omalla alueellaan.

8

AURINKOLÄMMÖN HYÖDYNTÄMISTÄ TUKEVAT OHJAUSKEINOT

Hiilineutraaliuteen, uusiutuvaan energiaan ja energiatehokkuuteen liittyvät velvoitteet sekä suomalaisen energiaosaamisen kartuttaminen ovat vahvoja ajureita aurinkolämmön edistämiseksi Suomessa, vaikka sen taloudellinen kannattavuus toistaiseksi on haastavaa kaukolämpöön verrattuna.

Kotimaisen osaamisen kasvattamiseksi kaivattaisiin kaupallisen mittakaavan demonstraatiohankkeita. Aurinkolämpö kiinnostaa toimijoita ja keskitetyn tuotannon pilottihankkeita on jo pohdittu muutamissa kohteissa. Työ- ja elinkeinoministeriön energiatuki on tavanomaisille investoinneille maksimissaan 30% ja uuden teknologian investoinneille 40%. Tavanomaisille lämmöntuotantoinvestoinneille tuki on ollut tyypillisesti 20%. Aurinkolämpötoimijat toivovat, että valtio kannustaisi aurinkolämmön demonstraatiohankkeita mahdollisimman korkealla tasolla. Demonstraatiohankkeet toimisivat luonnollisesti teknisen osaamisen kartuttajina, mutta niistä olisi samalla mahdollisuus kerätä tietoa hankkeen kaupallisista näkökulmista. Esimerkiksi pientuotannon ylijäämälämmön hyödyntäminen kaukolämpöverkossa, siihen liittyvät sopimukset ja hinnoittelu ovat vielä kansainvälisestikin uusia asioita, joista tarvittaisiin kokemuksia yhteisten pelisääntöjen luomiseksi.

Suomessa on tällä hetkellä käytössä syöttötariffi tietyille uusiutuvan sähkön tuotantomuodoille, lämmölle ei vastaavaa järjestelmää ole. Sähkön syöttötariffit ovat maailmanlaajuisestikin huomattavasti yleisempiä, joitain esimerkkejä uusiutuvan lämmön syöttötariffeista kuitenkin löytyy, esimerkkinä Iso-Britannia. Syöttötariffi edistäisi uusiutuvan lämmön tuotantoa mutta järjestelmän tulisi olla selkeä, ennakoitava eikä se saisi kohtuuttomasti häiritä markkinoita.

Julkisessa keskustelussa on esitetty yhtenä keinona uusiutuvan energian lisäämiseksi rakennuksissa käyttövelvoite, eli velvoitettaisiin kiinteistöt kattamaan tietty osuus lämmön tarpeestaan uusiutuvilla energianlähteillä tuotetuista lähteistä. Velvoite olisi epäilemättä tehokas keino lisätä uusiutuvan energian tuotantoa mutta siihen liittyy monia avoimia kysymyksiä. Velvoite ei saisi kohtuuttomasti häiritä markkinoita eikä asettaa kansalaisia eriarvoiseen asemaan paikkakunnan, rakennuspaikan ja käytettävissä olevien lämmitysmuotojen vuoksi.

Energiayhtiöiden näkökulmasta aurinkolämpöä lähdetään kehittämään, jos tuotteelle löytyy kysyntää. Merkittävin kiinteistöjen uusiutuvan energian tarvetta lisäävä tekijä ovat rakentamisen energiamääräykset. Mikäli E-luvun laskennassa ei tulevaisuudessakaan hyväksytä keskitetysti tuotettua aurinkolämpöä, vähenee sen houkuttelevuus toteuttajien näkökulmasta. Keskitetyn aurinkolämmön tuotantokustannukset olisivat kuitenkin selkeästi hajautettuja järjestelmiä alhaisemmat ja etuna olisi myös käytön ja kunnossapidon ammattimaisuus.

YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Aurinkolämpö on päästötön ja uusiutuva lämmön lähde, jonka vuoksi sen merkityksen voidaan arvioida kasvavan tulevaisuudessa. Lyhyellä aikavälillä aurinkolämmön kannustimina toimivat imagoedut, tahtotila uusiutuvien lisäykseen ja kokemusten kartuttaminen.

Aurinkolämmön tuotanto painottuu Suomessa voimakkaasti kesäkuukausille, kun taas kiinteistöjen lämmöntarve kohdistuu talvikaudelle. Aurinkolämpö ei tämän vuoksi vähennä muun lämmityskapasiteetin tarvetta, ellei aurinkolämmön tarpeisiin ole riittävän suurta ja toimintavarmaa kausivarastointia. Kaukolämpöyhtiön näkökulmasta aurinkolämpö ei siten vähennä muun tuotantokapasiteetin tarvetta, kiinteistön näkökulmasta tarvitaan toinen lämmitysratkaisu kattamaan talviajan lämmön tarve.

Kiinteistökohtaisen aurinkolämmön lisäys olemassa olevassa kaukolämmityssä kiinteistössä tai uudiskohteessa ja syöttäminen kaukolämpöverkkoon on teknisesti mahdollista. Kauko-/aluelämpöverkko voikin toimia eri toimijoiden lämmöntuotannon kokoajana ja kulutuksen tasaajana mahdollistaen kiinteistöjen väliset energiatehokkaat ratkaisut.

Kiinteistökohtaisen aurinkolämmön lisäyspotentiaalin voidaan arvioida kohdistuvan lähivuosina ensisijaisesti uudisrakentamiseen. Kuluvin vuoden aikana voimaan tulevat korjausrakentamisen energiamääräykset mahdollistavat aurinkolämmön huomioimisen energiansäästötoimenpiteenä, mikä saattaa vauhdittaa aurinkolämmön yleistymistä myös nykyisessä kaukolämmityssä rakennuskannassa. Kaukolämmön energiamaksuun verrattaessa aurinkolämmön tuotantokustannus on vielä keskimääräistä tasoa selkeästi korkeampi.

Kaukolämpöverkko mahdollistaa kiinteistökohtaisia järjestelmiä kustannustehokkaamman keskitetyn aurinkolämmön hyödyntämisen. Aurinkokeräinjärjestelmä voidaan kytkeä kaukolämpöjärjestelmään kuten muutkin lämmön tuotantolaitokset. Tuotannon soveltuvuus muun kaukolämmön tuotannon yhteyteen on kuitenkin aina arvioitava tapauskohtaisesti. Paikallinen lämpöyhtiö on lämpöverkon omistajana avainasemassa keskitettyjen ratkaisujen kehittäjänä, sillä kolmansien osapuolten lämpöverkkoon liittyminen tapahtuu markkinaehtoisesti ja sopimusperusteisesti. Lämpöyhtiöillä on jo suunnitelmia keskitettyjen ratkaisujen toteuttamiseksi, mutta toistaiseksi kaupalliset tekijät eivät puolla niiden merkittävää lisäystä.

Keskitetty aurinkolämpö voi jo nykyisellä hintatasolla korvata kannattavasti öljyä ja osin myös maakaasua kesäaikaisessa kaukolämmön tuotannossa. Keskitetyn tuotannon potentiaali kohdistuuakin kohteisiin, joissa muu tuotanto perustuu öljyyn (pääasiassa muutamia pienempiä verkkoja) tai kesäaikainen tuotanto on voimakkaasti öljy- ja maakaasusidonnaista. Kyseisissä kohteissa aurinkolämpö kilpailee tosin muiden vaihtoehtoisten lämmitysratkaisujen, kuten esimerkiksi puupellettien, kanssa.

Yrityksillä on oman liiketoimintansa lähtökohdista riippuen useita syitä lähteä mukaan aurinkolämpöliiketoimintaan. Kokemusten kartuttaminen, imago ja edelläkävijän rooli ovat varmasti merkittävimpiä syitä yrityksille tällä hetkellä, lisäksi uusiutuvaan energiaan ja energiatehokkuuteen liittyvät lait ja velvoitteet ajavat yrityksiä tarkastelemaan uusia lämmöntuotantomuotoja. Aurinkolämpöliiketoiminnan roolit ovat vielä kehitysvaiheessa, mikä avaa liiketoimintamahdollisuuksia myös uusille toimijoille.

Lähivuosina liiketoiminnan volyymin kasvattaminen pelkästään aurinkolämpöön keskittyvillä palvelutuotteilla (teknologiavalmistajia lukuun ottamatta) tuo maltilliseksi arvioidusta kasvusta johtuen kotimarkkinoilla haasteita. Toisaalta aurinkolämpö tarjoaa

mahdollisuuksia yrityksille, jotka ovat jo mukana esimerkiksi rakentamisessa, huoltotoiminnassa tai rakennusautomaatiossa, ja aurinkolämpö voidaan ottaa osaksi muuta palvelutarjontaa. Lisäpotentiaalia voi syntyä tämän selvityksen ulkopuolisissa pientalokohteissa, joissa aurinkolämmön kehitys saattaa olla myös nopeampaa kuin suuremmissa kohteissa. Lämpöyhtiöillä on luontainen rooli paikallisena energiatoimijana myös aurinkolämmön kehittämisessä, joskin lähivuosina suuntaus saattaa olla enemmän oman osaamisen kehittämisessä ja mahdollisissa pilottihankkeissa.

Pidemmällä aikavälillä aurinkolämpö voisi lisääntyä merkittävämmän, mikäli uusiutuvan energian tavoitteet ja rakennusmääräykset kiristyvät selkeästi tai kilpailukyky kasvaa. Kilpailukyky voi nousta mm. teknologian, ja siten tehokkuuden kehittymisen, halvempien valmistusmenetelmien tai kilpailevien tuotantomuotojen, käytännössä polttoaineiden, kallistumisen kautta. Tätä varten yhtiöiden olisi nyt oikea aika arvioida omaa asemaansa tulevaisuuden aurinkolämpömarkkinoilla.

LIITE I

Aurinkolämpökeräimen toimintalämpötilatason, keräintyyppin, suuntauksen ja sijainnin vaikutus aurinkolämmön tuotantoon

Aurinkolämpökeräimen toimintalämpötilatason, keräintyyppin, suuntauksen ja sijainnin vaikutus aurinkolämmön tuotantoon

Aurinkolämmön tuotantoon tietyissä ympäristöolosuhteissa vaikuttavat

- Keräimen tyyppi
- Keräimen suuntaus: kallistuskulma sekä kompassisuunta
- Sijainti: varjostukset, ilmankulku ym.
- Toimintalämpötila

Keräimen tyyppinä tässä työssä on käytetty tasokeräintä. Ratkaisuun on päädytty keräimen muihin keräintyypeihin verrattuna alhaisempien investointikustannusten ja käyttövarmuuden perusteella. Merkittävin vaihtoehto tasokeräimelle Suomen olosuhteissa on tyhjiöputkikeräin. Alla on vertailtu näitä kahta keräintyyppiä:

Tasokeräin:

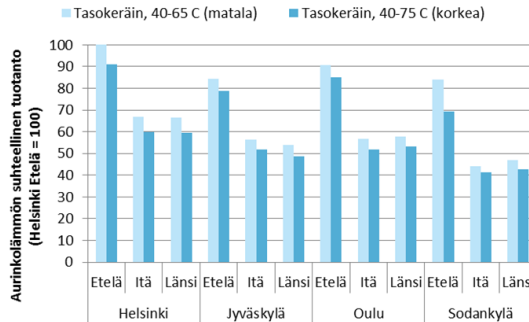
- Tyypillinen suurissa järjestelmissä.
- Tyhjiöputkikeräintä heikompi hyötysuhde mutta pienimmät yksikkökustannukset.
- Hyvä käyttövarmuus: yksinkertainen rakenne ja vähäinen huollon tarve.
- Tyypillinen toimintalämpötila on 30-70 °C

Tyhjiöputkikeräin:

- Hyvä keräinhyötysuhde
- Suuremmat yksikkökustannukset
- Helppo ja halpa asennus
- Pitkä käyttöikä mutta korkeampi rikkoutumisriski
- Soveltuu hyvin kylmiin olosuhteisiin ja massatuotantoon
- Laatuvariaatiot yleisiä
- Hyödyntää myös hajasäteilyä
- Tyypillinen toimintalämpötila: 70-120 °C

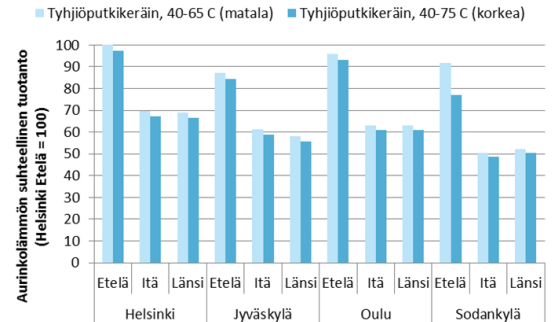
Seuraavassa kuvaajassa on esitelty Pöyryn mallinnuksen tulokset kummallekin keräintyyppille eri ilmasto-olosuhteissa Suomessa sekä eri ilmansuuntiin suunnattuina. Kuvaajista käy ilmi aurinkolämmön tuotannon muutos maksimitilanteeseen (Helsinki, etelään suunnattu) verrattuna sekä taso- että tyhjiöputkikeräimillä eri toimintalämpötiloissa.

Aurinkolämmön suhteellinen tuotanto tasokeräimellä*, vertailukohtana Helsingissä sijaitseva etelään suunnattu keräin (497 kWh/m² = 100)



*Arcon Solar HT.SA 28/10

Aurinkolämmön suhteellinen tuotanto tyhjiöputkikeräimellä**, vertailukohtana Helsingissä sijaitseva etelään suunnattu keräin (544 kWh/m² = 100)



**SAED V2.5

Kuva 22: Aurinkolämmön suhteellinen tuotanto keräintyypeittäin eri paikkakunnilla ja suuntauksilla.

Tyhjiöputkikeräimen lämmön tuotanto vertailukohdassa (Helsinki/Etelä) on vajaat 10 % tasokeräintä korkeampi. Tyhjiöputkikeräimen lämmön tuotanto laskee korkeassa toimintalämpötilassa ja siirryttäessä Etelä-Suomesta pohjoiseen hieman vähemmän kuin tasokeräimen.

LIITE II
Tyypitalot

TYÖSSÄ KÄYTETYT TYYPPIALOT

Kiinteistökohtaisten aurinkolämmön tuotannon tarkastelun apuna käytettiin kolmea tyyppitaloa. Tyyppitaloiksi valittiin:

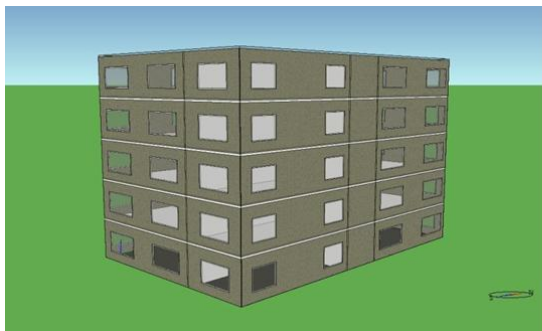
- Vanha asuinkerrostalo (70-luku),
- Uusi asuinkerrostalo, rakennusvuosi 2012 (nykyiset rakentamismääräykset)
- Uusi toimistotalo, rakennusvuosi 2012 (nykyiset rakentamismääräykset)

Tyyppitalojen lämpimän käyttöveden kulutus, ilmapirrat sekä sisäiset lämpökuormat ja käyttöajat (ihmiset, laitteet ja valaistus) perustuvat E-lukulaskennoissa käytettäviin arvoihin (RakMk D3 2012).

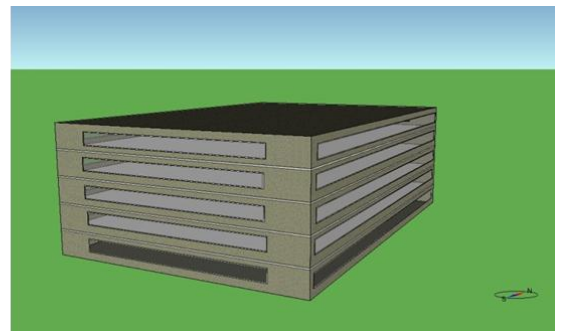
Asuinkerrostalon lähtökohtana on 25 asunnon talo, jossa 4 asuinkerrosta

- Kokonaispinta-ala 1700m^2 , tilavuus noin 5000 m^3
- Kerroksissa 2kpl 50m^2 ja 2kpl 100 m^2 asuntoja

Toimistotalon kokonaispinta-ala on 7050 m^2 ja tilavuus 20000 m^3 .



Asuinkerrostalojen energiamalli



Toimistorakennuksen energiamalli

Tyyppitalojen tekniset tiedot

Lämmön kulutukset on simuloitu paikkakuntakohtaisesti. Simulointi on toteutettu tuntitasen dynaamisena simulointina IDA-ICE ohjelmistolla. Säätiötina on käytetty rakentamismääräyskokoelman mukaisia testisäitä (Helsinki, Jyväskylä, Sodankylä). Oulun energiankulutus on laskettu käyttäen Jyväskylän säätiöta.

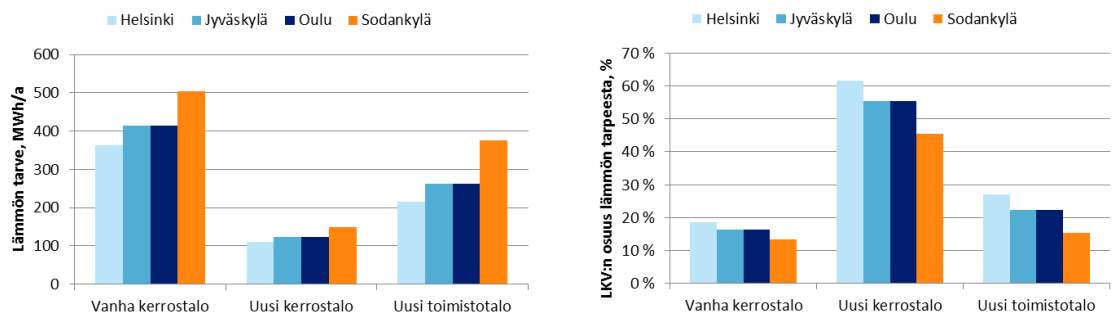
Tyyppitalojen tekniset tiedot ovat seuraavat:

- Uusi asuinkerrostalo
 - Tekniset arvot pääosin rakentamismääräysten vertailuarvojen mukaisia (mm. seinien U-arvot $0.17\text{W/m}^2\text{K}$, ikkunoiden $1\text{W/m}^2\text{K}$)
 - Tiiveys $q_{50} = 2.0\text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$
 - Lämmöntalteenoton lämpötilasuhde 70%
- Vanha asuinkerrostalo
 - Tekniset arvot perustuvat energiatodistusasetuksen luonnoksen 1970-tason asuinrakennuksen taulukkoarvoihin

- Seinien U-arvot 0,70 W/m²K, Ikkunoiden 2.1 W/m²K
- Tiiveys n₅₀= 6.0 1/h
- Ei lämmöntalteenottoa
- Huonelämmityksen tehontarve tarkastelujaksolla maksimissaan noin 70 W/m² (Jyväskylässä)
- Uusi toimistorakennus
 - Tekniset arvot pääosin rakentamismääräysten vertailuarvojen mukaisia
 - Tiiveys q₅₀ = 2.0 m³/h*m²
 - Lämmöntalteenoton lämpötilasuhde 75%
 - Huonelämmityksen tehontarve tarkastelujaksolla maksimissaan noin 20 W/m² (Jyväskylässä)

Lämmitysenergian tarve

Tyypitalojen lämmitysenergian tarve vaihtelee välillä 110...500 MWh/a, josta lämpimän käyttöveden osuus on 13...62 %.



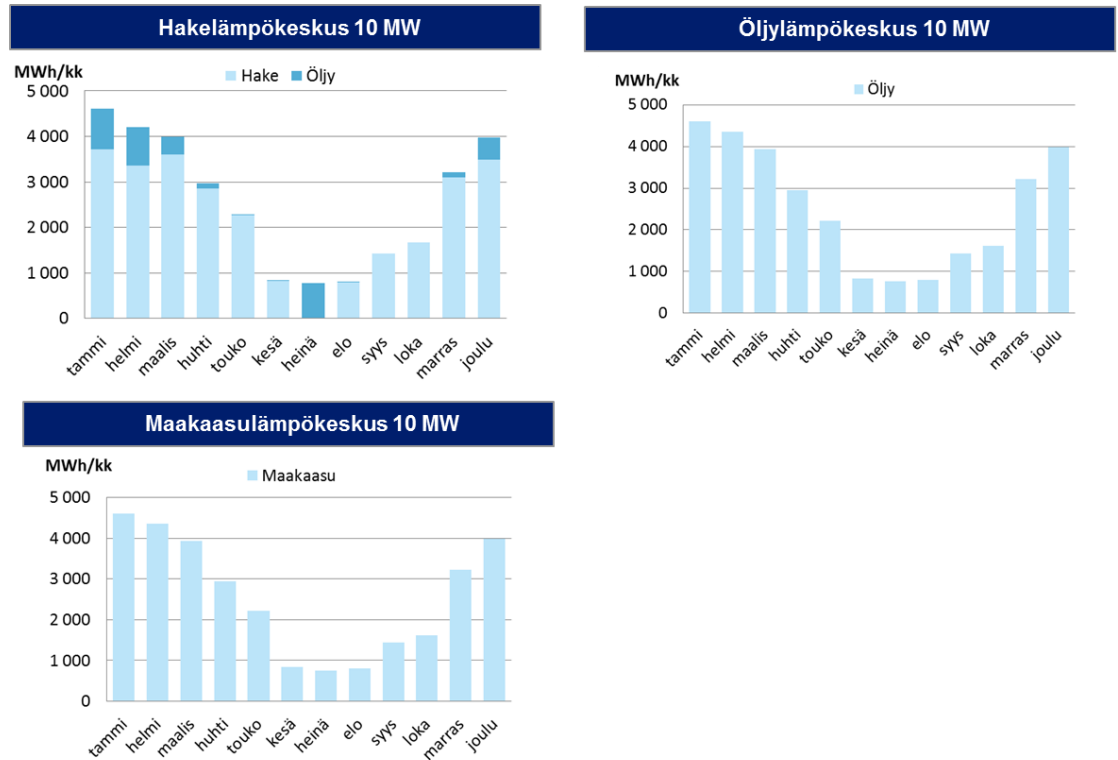
Kuva 23: Tyypitalojen lämmitysenergian tarve ja lämpimän käyttöveden osuus lämmön tarpeesta

LIITE III

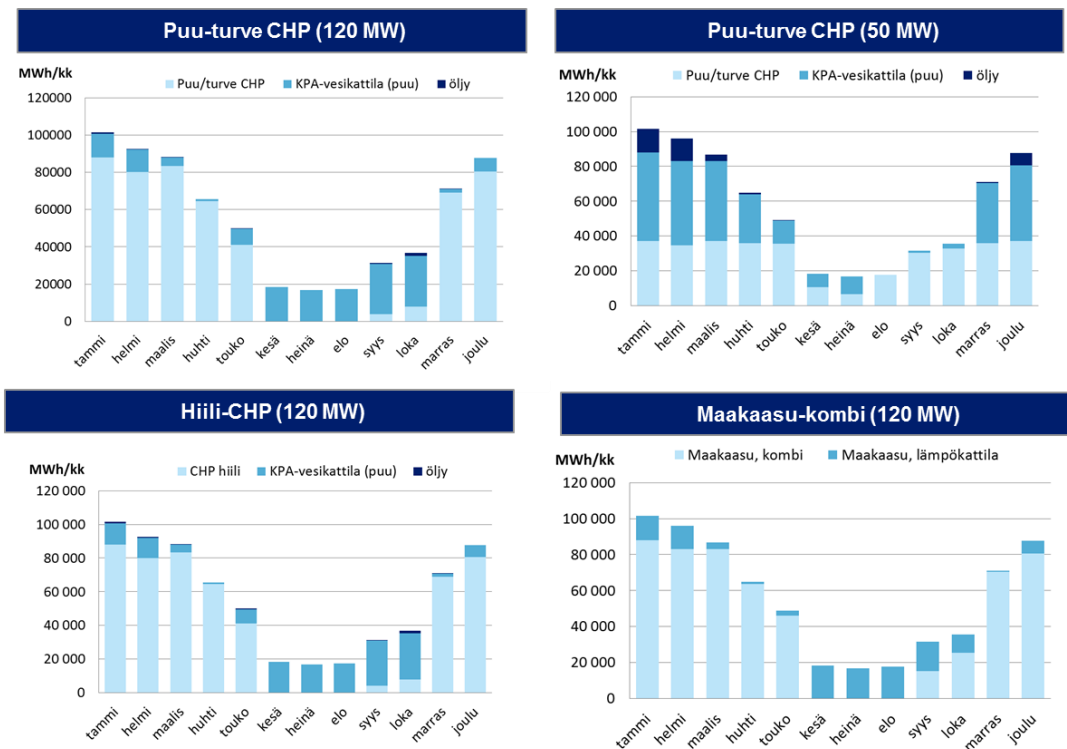
Aurinkolämmön vaikutus kaukolämmön tuotantorakenteeseen

TYÖSSÄ KÄYTETYT KAUKOLÄMMÖN TUOTANTOJÄRJESTELMÄT

Työssä mallinnettiin 7 erilaista kaukolämmön tuotantojärjestelmää, joiden avulla voitiin havainnollistaa aurinkolämmön vaikutuksia kaukolämmön tuotantoon.



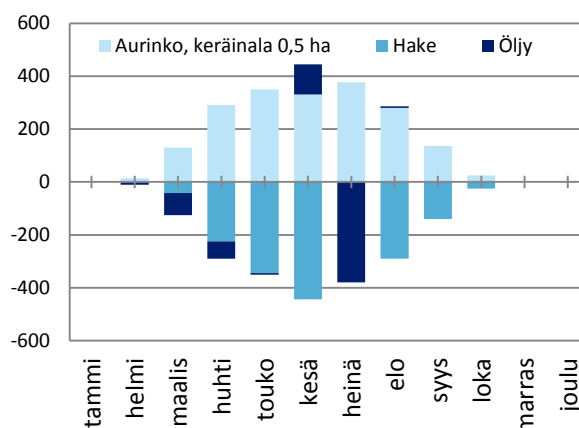
Kuva 24: Kaukolämmön tuotannon esimerkkilaitokset / lämpökeskukset (kaukolämmön tuotanto 31 GWh)



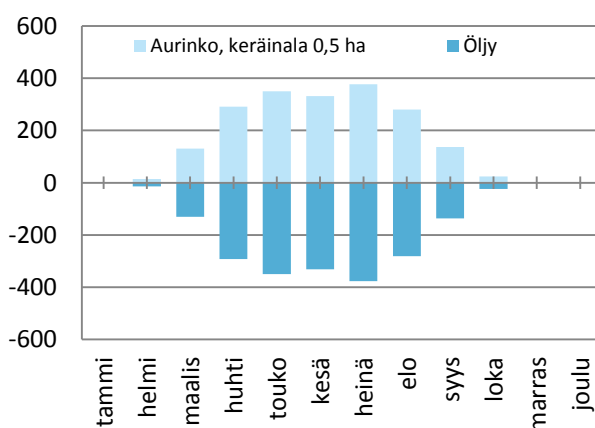
Kuva 25: Kaukolämmön tuotannon esimerkkilaitokset / yhteistuotanto (kaukolämmön tuotanto 680 GWh)

AURINKOLÄMMÖN VAIKUTUS KAUKOLÄMMÖN TUOTANTOON

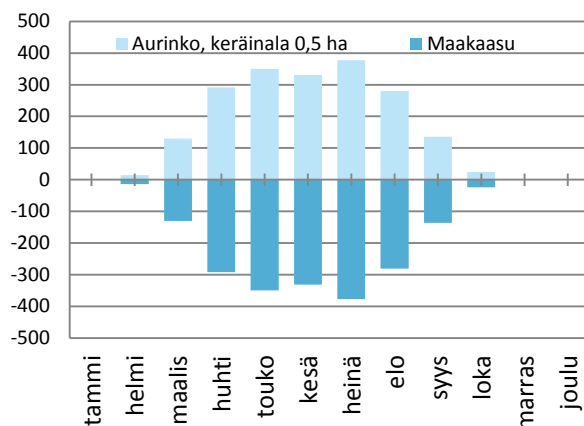
Seuraavat kuvat havainnollistavat, millaisia muutoksia keskitetty aurinkolämmön tuotanto 0,5 ha ja 5 ha keräinalalla aiheuttaa muuhun kaukolämmön tuotantorakenteeseen.



Kuva 26: Aurinkolämmön vaikutus lämmöntuotantoon hakkeella. [MWh]

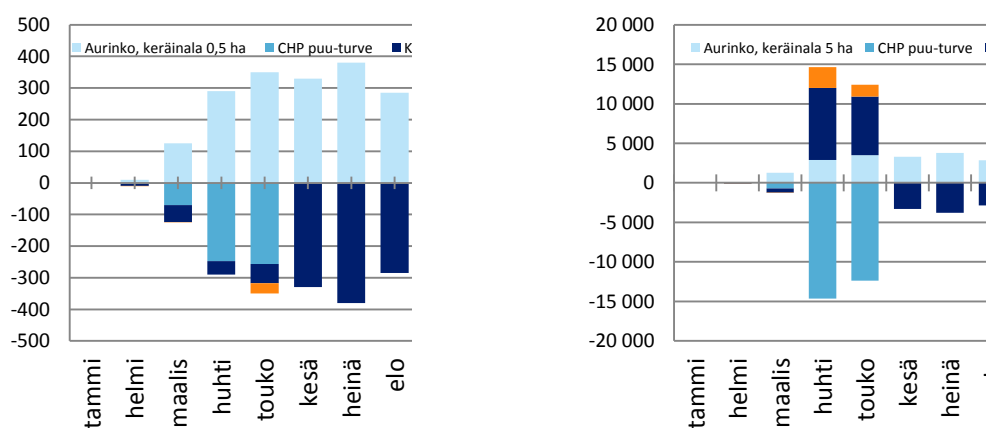


Kuva 27: Aurinkolämmön vaikutus lämmöntuotantoon öljyllä. [MWh]

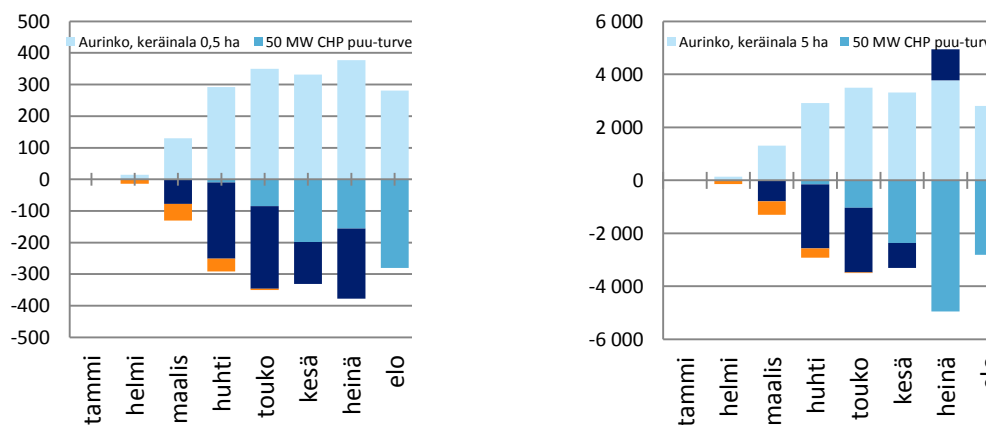


Kuva 28: Aurinkolämmön vaikutus lämmöntuotantoon maakaasulla. [MWh]

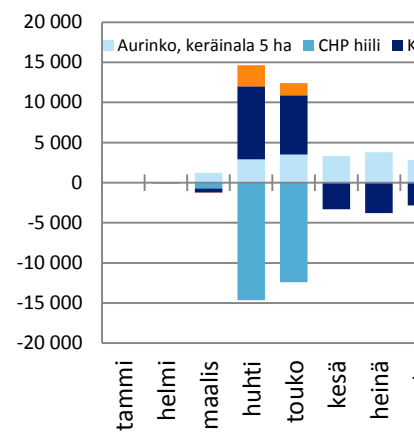
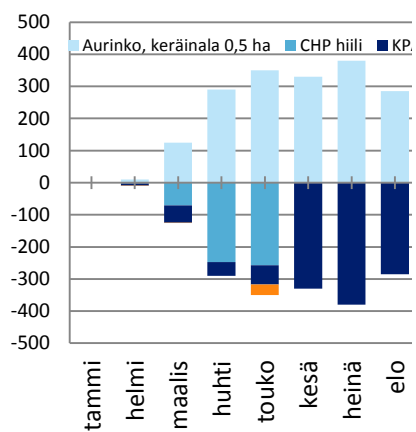
Aurinkolämmön vaikutus CHP tuotantoon 120 MW puu-turve -kattilalla. [MWh]



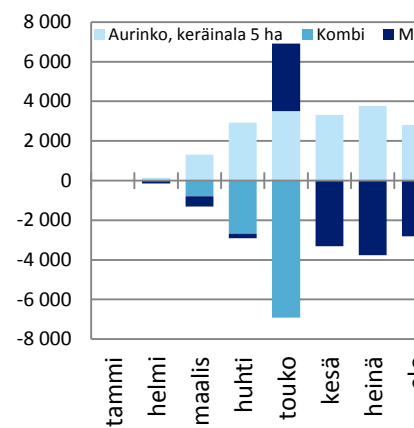
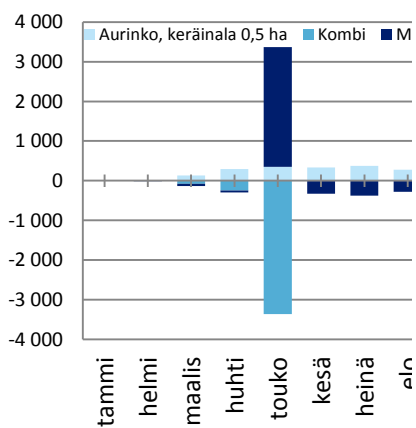
Kuva 29: Aurinkolämmön vaikutus CHP tuotantoon 120 MW puu-turve -kattilalla. [MWh]



Kuva 30: Aurinkolämmön vaikutus CHP tuotantoon 50 MW puu-turve -kattilalla. [MWh]



Kuva 31: Aurinkolämmön vaikutus CHP tuotantoon hiilellä. [MWh]



Kuva 32: Aurinkolämmön vaikutus CHP tuotantoon kaasukombilaitoksella. [MWh]

LIITE IV

Keskitetyn aurinkolämmön kannattavuuslaskennassa käytetyt laskentaperusteet

KESKITETYN AURINKOLÄMMÖN KANNATTAVUUSTARKASTELUSSA KÄYTETYT LÄHTÖÄRVOT

Muut muuttuvat kustannukset, EUR/MWhpa

HOB, KPA	1,7
CHP, puu/turve	1,3
CHP, maakaasu	0,7
CHP, hiili	1,3
HOB, öljy	0,9
HOB, maakaasu	0,7
Aurinkokaukolämpö	0

Kattilahyötysuhteet

HOB, KPA	88 %
CHP, puu/turve	88 %
CHP, maakaasu	88 %
CHP, hiili	89 %
HOB, öljy	91 %
HOB, maakaasu	91 %

Polttoaineiden hinnat, EUR/MWh

Puu	18,1
Turve	10,8
Öljy	44,6
Maakaasu	33,2

Polttoaineverot, EUR/MWh

Puu	-
Turve	5,9
Öljy (POR), erillistuotanto	16,46
Maakaasu, erillistuotanto	13,72
Maakaasu, CHP	10,75

Tuotetun sähkön arvo EUR/MWh

45

CO₂-päästöoikeuden hinta, EUR/t

10

Metsähakkeella tuotetun sähkön tuki EUR/MWh

18

Aurinkolämmön kiinteät käyttökustannukset

1,2 % investoinnista vuodessa

Käytetty korkokanta

5 %

Takaisinmaksuaika

20 a

**KESKITETYN AURINKOLÄMMÖN KANNATTAVUUS ESIMERKKEINÄ
KÄYTETTYJEN LÄMPÖKESKUSTEN YHTEYDESSÄ, AURINKOLÄMMÖN
KERÄINALA 0,5 HA**

	Hake		Öljy		Maakaasu	
	Ei aurinko- lämpöä	Aurinko- lämpöä	Ei aurinko- lämpöä	Aurinko- lämpöä	Ei aurinko- lämpöä	Aurinko- lämpöä
Tehontarve, MW	10	10	10	10	10	10
Lämmöntuotanto, GWh/a						
HOB, KPA	27,1	25,6	0	0	0	0
HOB, öljy	3,6	3,2	30,7	28,8	0	0
HOB, maakaasu	0	0	0	0	30,7	28,8
Aurinkokaukolämpö	0	1,9	0	1,9	0	1,9
Lämmöntuotanto yhteensä	30,7	30,7	30,7	30,7	30,7	30,7
Kustannustaseet, 1 000 EUR/a						
Muuttuvat tuotantokustannukset	867	804	2 183	2 047	1 674	1 570
Kiinteät käyttökustannukset, muutos	0	16	0	16	0	16
Pääomakustannus, muutos	0	110	0	110	0	110
Aurinkolämpöinvestointi, 1 000 EUR	0	1 370	0	1 370	0	1 370
Aurinkolämmön tuotantokustannus, EUR/MWh		65,9		65,9		65,9
Aurinkolämmön nettonykyarvo, 1000 € (5%, 20 a)		-583		338		-69
Aurinkolämmön rajahinta		33,7		71,1		54,3
CO2-päästöt t/a	1100	971	9311	8724	6781	6354

HOB = heat only boiler, lämpökattila

KPA = kiinteä polttoaine (tässä: puu, turve)

**KESKITETYN AURINKOLÄMMÖN KANNATTAVUUS ESIMERKKEINÄ
KÄYTETTYJEN YHTEISTUOTANTOLAITOSTEN YHTEYDESSÄ, AURINKOLÄMMÖN
KERÄINALA 0,5 HA**

	Puu/Turve 120 MW Ei aurinko- Aurinko- lämpöä lämpöä		Puu/Turve 50 MW Ei aurinko- Aurinko- lämpöä lämpöä		Kombi 2*60 MW Ei aurinko- Aurinko- lämpöä lämpöä		Hiili 120 MW Ei aurinko- Aurinko- lämpöä lämpöä	
Tehontarve, MW	220	220	220	220	220	220	220	220
Lämmöntuotanto, GWh/a								
HOB, KPA	154,5	153,2	285,6	284,6	0	0	154,5	153,2
CHP, puu/turve	518,5	517,9	352,0	351,1	0	0	0,0	0,0
CHP, maakaasu	0	0	0	0	554,9	550,4	0	0
CHP, hiili	0	0	0	0	0	0	518,5	517,9
HOB, öljy	3,9	3,9	39,4	39,3	0	0	3,9	3,9
HOB, maakaasu	0	0	0	0	122,1	124,6	0	0
Aurinkokaukolämpö	0	2,0	0	2,0	0	2,0	0	2,0
Lämmöntuotanto yhteensä	677	677	677	677	677	677	677	677
Sähköntuotanto, GWh/a								
CHP	254,3	253,9	173,2	172,7	539,4	535,5	254,3	253,9
Apujäähditys	0,1	0,1	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,1
Sähköntuotanto yhteensä	254,4	254,0	173,2	172,8	539,5	535,6	254,4	254,0
Kustannustaseet, 1 000 EUR/a								
Muuttuvat tuotantokustannukset	20 837	20 786	20 822	20 764	57 328	57 052	25 493	25 436
Tuotetunsähkön arvo	13 964	13 946	9 510	9 484	24 765	24 584	11 675	11 660
Kiinteät käyttökustannukset, muutos	0	115	0	115	0	115	0	115
Pääomakustannus, muutos	0	773	0	773	0	773	0	773
Aurinkolämpöinvestointi, 1 000 EUR	0	1 370	0	1 370	0	1 370	0	1 370
Aurinkolämmön tuotantokustannus, EUR/MWh	65,9	65,9	65,9	65,9	65,9	65,9	65,9	65,9
Aurinkolämmön nettonykyarvo, 1000 € (5%, 20 a)		-1 100		-1 193		-276		-1 055
Aurinkolämmön rajahinta		20,2		16,4		49,1		22,1
CO2-päästöt t/a		-95		-145		-1484		-357

HOB = heat only boiler, lämpökattila

KPA = kiinteä polttoaine (tässä: puu, turve)

KESKITETYN AURINKOLÄMMÖN KANNATTAVUUS ESIMERKKEINÄ KÄYTETTYJEN YHTEISTUOTANTOLAITOSTEN YHTEYDESSÄ, AURINKOLÄMMÖN KERÄINALA 5 HA

	Puu/Turve 120 MW		Puu/Turve 50 MW		Kombi 2*60 MW		Hiili 120 MW	
	Ei aurinko- lämpöä	Aurinko- lämpöä	Ei aurinko- lämpöä	Aurinko- lämpöä	Ei aurinko- lämpöä	Aurinko- lämpöä	Ei aurinko- lämpöä	Aurinko- lämpöä
Tehontarve, MW	220	220	220	220	220	220	220	220
Lämmöntuotanto, GWh/a								
HOB, KPA	154,5	159,2	285,6	279,8	0	0	154,5	159,2
CHP, puu/turve	518,5	490,6	352,0	339,4	0	0	0,0	0,0
CHP, maakaasu	0	0	0	0	554,9	539,5	0	0
CHP, hiili	0	0	0	0	0	0	518,5	490,6
HOB, öljy	3,9	7,9	39,4	38,5	0	0	3,9	7,9
HOB, maakaasu	0	0	0	0	122,1	118,2	0	0
Aurinkolämpöinvestointi	0	19,4	0	19,4	0	19,4	0	19,4
Lämmöntuotanto yhteensä	677	677	677	677	677	677	677	677
Sähköntuotanto, GWh/a								
CHP	254,3	241,2	173,2	166,9	539,4	524,9	254,3	241,2
Apujäähditys	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,0
Sähköntuotanto yhteensä	254,4	241,2	173,2	166,9	539,5	525,0	254,4	241,2
Kustannustaseet, 1 000 EUR/a								
Muuttuvat tuotantokustannukset	20 837	20 308	20 822	20 216	57 328	55 713	25 493	24 713
Tuotetunsähkön arvo	13 964	13 241	9 510	9 163	24 765	24 098	11 675	11 071
Kiinteät käyttökustannukset, muutos	0	115	0	115	0	115	0	115
Pääomakustannus, muutos	0	773	0	773	0	773	0	773
Aurinkolämpöinvestointi, 1 000 EUR	0	9 640	0	9 640	0	9 640	0	9 640
Aurinkolämmön tuotantokustannus, EUR/MWh		46,5		46,5		46,5		46,5
Aurinkolämmön nettonykyarvo, 1000 € (5%, 20 a)		-13 445		-7 873		846		-8 848
Aurinkolämmön rajahinta		-9,3		13,8		49,5		9,8
CO₂-päästöt t/a		-2 402		-1 922		-7 903		-14 532

HOB = heat only boiler, lämpökattila

KPA = kiinteä polttoaine (tässä: puu, turve)

LIITE V

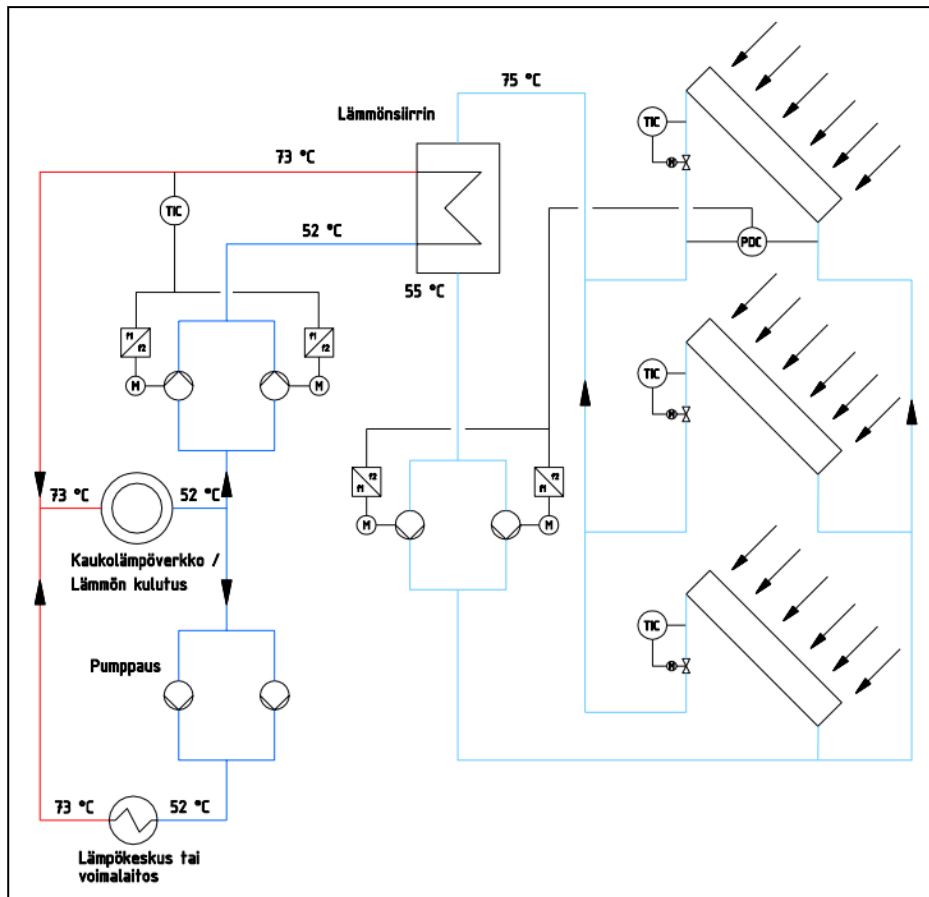
Aurinkolämmön kytkentäkaaviot

AURINKOLÄMMÖN KYTKENTÄKAAVIOT

Aurinkolämmön kytkemiseksi lämpöverkkoon on useita vaihtoehtoja. Seuraavassa on esitetty tässä työssä käytetyt aurinkolämmön kytkentämallit sekä keskitetyssä että hajautetussa tuotannossa.

Keskistetty tuotanto

Keskitetyn tuotannon kytkeminen kaukolämpöverkkoon on esitetty kuvassa 33.



Kuva 33: Aurinkolämmön kytkeminen lämpöverkkoon keskitetyssä tuotannossa.

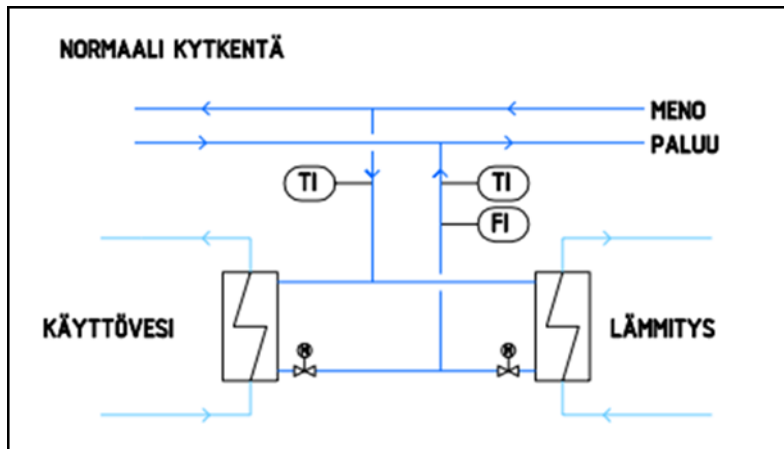
Keskitettyssä aurinkolämmön tuotannossa tuotetaan lähtökohtaisesti normaalin kaukolämmön lämpöistä vettä (70-80 °C). Aurinkokeräimet erotetaan kaukolämpöverkosta lämmönsiirtimellä, koska keräinten lämpöpiirissä on pakkasta kestävä kiertoaine ja painetaso on kaukolämpöjärjestelmää alhaisempi.

Aurinkokeräinjärjestelmä kytketään kaukolämpöjärjestelmään kuten muutkin lämmön tuotantolaitokset, jossa kaukolämpöpumpuilla kierrätetään kaukolämpövettä aurinkojärjestelmän lämmönsiirtimen kautta. Lämmönsiirtimessä kaukolämpö lämmitetään kaukolämmön normaaliksi menovedeksi.

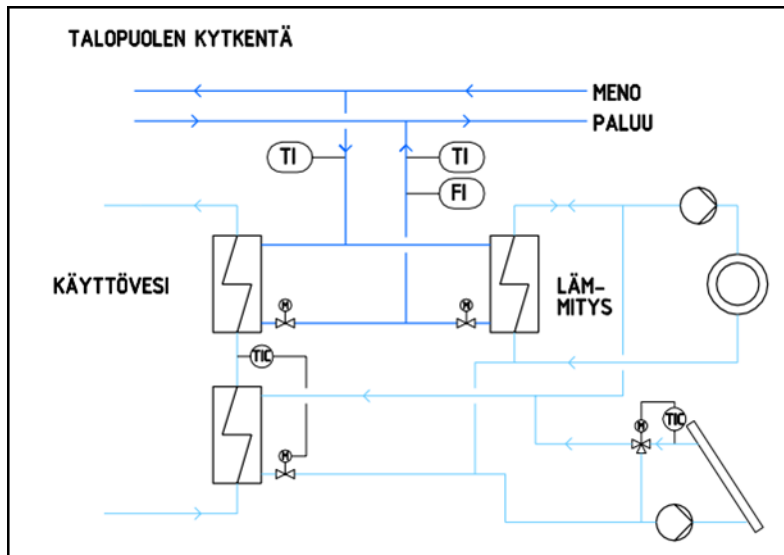
Keräinpiirissä säädetään vesivirtaa siten, että keräinten jälkeinen lämpötila pysyy vakiona. Aurinkojärjestelmän kaukolämpöpumppuja säädetään siten, että menoveden lämpötila kaukolämpöverkkoon on asetusarvon mukainen

Kiinteistökohtainen tuotanto

Kiinteistökohtaisen tuotannon kytkeminen kaukolämpöverkkoon on esitetty seuraavissa kuvissa.



Kuva 34: Normaali kiinteistön kaukolämpökytkentä



Kuva 35: Aurinkolämmön mahdollisimman yksinkertainen kytKentä kiinteistön lämmitysjärjestelmään.

Kuvassa 34 on esitetty normaali lämmönjakokeskuskytkentä, jolla kaukolämpökiinteistö liitetään kaukolämpöverkkoon ja jossa käyttövedelle ja lämmitykselle on omat lämmönsiirtimet.

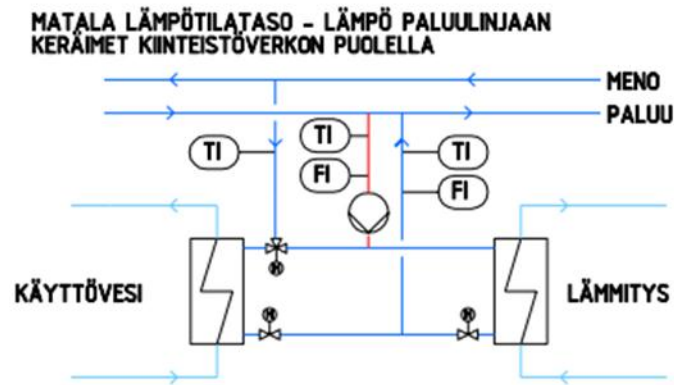
Kuvassa 35 on esitetty mahdollisimman yksinkertainen aurinkokeräinten kytKentä kaukolämmitettyyn kiinteistöön. Kaukolämpöverkkoon liityntä on normaali kaukolämpökytkentä. Keräimet puolestaan kytketään suoraan talon lämmitysjärjestelmään, jolloin lämmityspiirissä pitää olla glykolia tai keräinpiiri pitää tyhjentää talveksi.

Aurinkolämpö siirretään käyttöveteen erillisen lämmönsiirtimen kautta. Mikäli aurinkolämpöön tarvitaan lämpövaraaja, asennetaan se lämmityspiiriin lähelle keräimiä.

Kiinteistökohtaisen aurinkolämmön siirtäminen kaukolämpöverkkoon

Kytkenän toteutus riippuu keräinten suunnitellusta toimintalämpötilasta: Matalan lämpötilatason (65 °C / 40 °C) järjestelmässä keräimet kannattaa sijoittaa kiinteistön lämpöverkkoon ja korkean lämpötilan järjestelmässä puolestaan lämpöverkon ulkopuolelle.

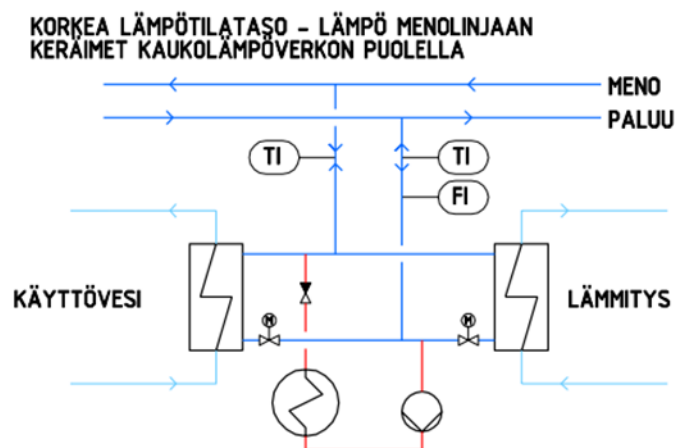
Matalan lämpötilan kytkentä on esitetty kuvassa 36. Tässä tapauksessa aurinkolämpö käytetään ensisijaisesti kiinteistön omaan tarpeeseen.



Kuva 36: Matalan lämpötilan järjestelmän kytkeminen kaukolämpöverkkoon.

Aurinkolämpö siirretään kaukolämmön paluulinjaan lämmityksen lämmönsiirtimen kautta. Kytkentä mahdollistaa käyttöveden priimaamiseen kaukolämmöllä. Normaaliin kytkentään verrattuna tämä ratkaisu vaatii kolmannen putken talojohtoon (kolmiputkijärjestelmä) sekä pumpun ja uuden mittauksen kaukolämpölinjaan.

Korkean lämpötilan kytkentä on esitetty kuvassa 37. Myös tässä tapauksessa aurinkolämpö käytetään ensisijaisesti kiinteistön omaan tarpeeseen.



Kuva 37: Korkean lämpötilan järjestelmän kytkeminen kaukolämpöverkkoon.

Tässä ratkaisussa aurinkolämpö siirretään kaukolämmön menolinjaan lämmityksen lämmönsiirtimen kautta. Keräimet voivat olla kytkettynä kaukolämpölinjaan tai kiinteistön lämpöverkkoon

Normaaliin kytkentään verrattuna tämä ratkaisu vaatii pumpun sekä automaatiota ja lisäksi virtausmittaukset molempiin suuntiin.