



PARHA-MESSUTALON ENERGIAMITTAUSJÄRJESTELMÄN SEURANTA JA DOKUMENTOINTI

Opinnäytetyö

Timo Nevalainen

Sähkötekniikan koulutusohjelma
Energiahuolto

Hyväksytty _____

SAVONIA-AMMATTIKORKEAKOULU TEKNIikka KUOPIO		
Koulutusohjelma		
Sähkötekniikan koulutusohjelma		
Tekijä		
Timo Nevalainen		
Työn nimi		
Parha-messutalon energiamittausjärjestelmän seuranta ja dokumentointi		
Työn laji	Päiväys	Sivumäärä
Opinnäytetyö	21.03.2011	59 + 15
Työn valvoja	Yrityksen yhdyshenkilö	
yliopettaja Juhani Rouvali	Aki Partanen ja Harri Hakkarainen	
Yritys		
Kuopio Innovation Oy, Parha Oy ja Polar Import Oy		
Tiivistelmä		
<p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää aurinko- ja tulisijalämmitysjärjestelmän tehokkuutta ja tuotettuja energiamääriä Kuopion Saaristokaupungin Lehtoniemessä sijaitsevassa Parha Oy:n asunomessukohteessa. Työ toteutettiin 19.4.-18.6.2010 välisenä aikana lämmittämällä tulisijaa erillisen lämmityssuunnitelman mukaisesti ja seuraamalla samalla lämmitysjärjestelmästä saatavia energiamääriä. Työ liittyy osana Kuopio Innovation Oy:n hallinnoimaan ”Terveellinen ja turvallinen asuminen eli TERTU”-hankkeeseen ja sen tutkimus- ja kehitystyön piiriin. Työ soveltuu asunomessujen Motivan energiatehokkuus teemaan, jossa Parha-talo valittiin asunomessujen energiatehokkuuden mallitaloksi.</p> <p>Opinnäytetyön alkuosassa selvitetään perusasiat energiatehokkaasta rakentamisesta sekä käsitellään nykypäivän energiankulutusta. Lisäksi käsitellään tämän hetken tietoja uusiutuvasta energiasta pääpainon ollessa aurinkoenergiassa ja kotimaisessa bioenergiassa. Aurinkoenergian osuudessa esitetään mm. perustiedot aurinkoenergiasta sekä nykypäivän aurinkolämpöenergian talteenottolaitteistoja. Bioenergian osuudessa esitellään bioenergian osuutta yleisesti sekä tulisijojen määrää ja polttopuun hintoja Kuopion alueella.</p> <p>Työn loppupuolella keskitytään Parha-talon lämmitysjärjestelmään sen kokoonpanoon, mittauksiin sekä investointilaskelmiin. Lämmitysjärjestelmän kokoonpano esitellään ensin kokonaisuutena, mutta siihen perehdytään tarkemmin osuudessa lämmitysenergian tuottaminen lämminvesivaraajalle tulisijasta absorboitumalla sekä tyhjiöputkiaurinkokeräimillä. Analysoitavat mittauksien tulokset löytyvät kokonaisuutena työn liitteistä, mutta ne käsitellään viikkotuloksina mittauksissa. Investointilaskelmat tehdään vertaamalla normaalin lämmitysjärjestelmän investointia Parha-talon lämmitysjärjestelmän toteutuneeseen investointiin.</p> <p>Mittauksista analysoiduista tuloksista syntyi monenlaisia taulukoita ja kuvaajia, joilla järjestelmän toimivuutta kuvaillaan. Tulevaisuudessa asukkaille toimitetaan pitkäaikaista seurantaan varten olevat mittaustaulukot, joiden perusteella asukas voi seurata järjestelmästä saatavia energiamääriä. Paikallisten mittareiden lukeminen vaatii asukailta oma-aloitteisuutta, aktiivisuutta sekä paljon mielenkiittoa vaikuttaa oman talon tuottamiin energiamääriin. Mittausjakson tulosten perusteella järjestelmän vuosituotto on 1000 € ja järjestelmän takaisinmaksuaika on n 5,5 vuotta.</p>		
Avainsanat		
Aurinko- ja tulisijalämmitysjärjestelmä, aurinkoenergia, bioenergia, absorboituminen, tyhjiöputkiaurinkokeräin, tulevaisuuden lämmitysjärjestelmä,		
Luottamuksellisuus		
julkinen		

SAVONIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree Programme

Electrical Engineering

Author

Timo Nevalainen

Title of Project

Monitoring and Documentation of the Energy Source System in the Parha Exhibition House

Type of Project

Final Project

Date

21 March 2011

Pages

59 + 15

Academic Supervisor

Mr Juhani Rouvali, Principal Lecturer

Company Supervisor

Mr Aki Partanen and Mr Harri Hakkarainen

Company

Kuopio Innovation Ltd., Parha Ltd. and Polar Import Ltd.

Abstract

The aim of this final project was to study the effectiveness of heat production by solar energy and stove energy in the Parha exhibition house. This final project was carried out by heating a stove and simultaneously monitoring all the energy sources which include evacuated tube collectors on the roof, a heat exchanger in the stove and electricity. All the measurements were entered in the Excel based table. This final project was part of at the Health and Safety in Housing (TERTU) project by Kuopio Innovation Ltd. Motiva awarded a model house prize for the energy efficiency in the Parha exhibition house.

First, basic information about energy efficiency in construction engineering was studied. The consumption of energy in detached houses today was reviewed. Secondly, details about renewable energy were covered and the focus was on solar energy and domestic bioenergy in Finland. Then the energy source system at the Parha exhibition house was studied.

The investment calculations were made by comparing, the advanced energy source system at the Parha exhibition house for a traditional energy source system.

As a result of the monitoring and documentation it was shown that the planned use of renewable energy in a detached house can reduce the total costs of heating. The energy source system can save at least 1 000 € in a year and refund the investment money in 5.5 years.

Keywords

Solar energy, stove energy, evacuated tube collectors, exchanger in the stove, renewable energy,

Confidentiality

public

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty Kuopio Innovation Oy:n hallinnoiman ”Terveellinen ja turvallinen asuminen, TERTU”-hankkeen sekä Parha Oy:n tarjoamasta aiheesta vuoden 2010 aikana.

Haluan kiittää ohjausryhmän jäseniä työssä saamasta tuesta ja ohjauksesta: toimitusjohtaja Aki Partasta Parha Oy:stä, toimitusjohtaja Harri Hakkarasta Polar Import Oy:stä, yliopettaja Juhani Rouvalia Savonia-ammattikorkeakoulusta ja tuotekehityspäällikkö Osmo Miinalaista Savonia-ammattikorkeakoulusta.

Lisäksi kiitän Tulikivi Oyj:n projektissa mukana olleita henkilöitä, Parha Oy:n avuliasta henkilöstöä, Kuopio Innovation Oy:stä mukana olleita henkilöitä, Itä-Suomen yliopiston ympäristöinformatiikan tutkimusryhmän jäseniä sekä kaikkia Parha-talo projektiin osallistuneita.

Erityiskiitos rakkaalle tyttöystävälleni Merville kotona saamasta tuesta.

Kuopiossa 21. maaliskuuta 2011

Timo Nevalainen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	7
2	ENERGIAA SÄÄSTÄVÄ TALO.....	9
2.1	Matalaenergiatalon määritelmiä.....	10
2.2	Rakenteiden ominaisuuksia.....	11
2.3	Energiatodistus.....	11
2.4	Energiankulutus.....	13
2.5	Kohteen energiatehokkuus.....	14
2.6	Motiva Oy:n valitsema Energiatehokkuuden mallitalo.....	15
3	UUSIUTUVAT ENERGIALÄHTEET.....	17
3.1	Aurinkoenergia.....	20
3.1.1	Auringon säteily.....	21
3.1.2	Aurinkokeräimiin kohdistuva energia.....	22
3.1.3	Aurinkolämpökeräimet.....	25
3.1.4	Aurinkoenergian hyödyntäminen.....	29
3.2	Bioenergia.....	29
3.2.1	Tulisijat.....	30
3.2.2	Energiapuu.....	30
3.3	Tuulienergia.....	31
3.4	Vesienergia.....	31
3.5	Lämpöpumput.....	32
4	PARHA-TALON LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ.....	33
4.1	Lämmitysenergian tuottaminen.....	35
4.2	Tyhjiöputkiaurinkokeräin.....	36
4.3	Hybridivaraaja ja lämmönjakaminen.....	36
5	MITTAUKSET PARHA-TALOSSA.....	37
5.1	Paikalliset mittaukset.....	37
5.2	Seurantajakso 19.4.-18.6.2010.....	39
5.3	Tilanne seurantajakson valmistumisen jälkeen.....	43

6	INVESTOINTILASKELMAT	49
6.1	Sisäisen korkokannan menetelmä	49
6.2	Takaisinmaksuajan menetelmä.....	49
6.3	Työssä toteutuneet investointilaskelmat.....	50
6.4	Investoinnin herkkyyssanalyysi.....	52
7	TULOKSET JA POHDINTA	53
7.1	Johtopäätökset.....	54
7.2	Tulevaisuus.....	55
8	YHTEENVETO	56
	LÄHTEET	57
	LIITTEET	
	Liite 1: Energiatodistus.	60
	Liite 2: Teematalo kilpailukutsu.....	63
	Liite 3: Lämmitysjärjestelmän kuvaus.	64
	Liite 4: Seurantakortti.....	65
	Liite 5: Lämmityssuunnitelma.	66
	Liite 6: Vesitestien vaikutus.	67
	Liite 7: Seurantapöytäkirjat: huhtikuu, toukokuu ja kesäkuu.	68
	Liite 8: Energiantuotto kaavio.	74

1 JOHDANTO

Työn tarkoituksena on selvittää aurinko- ja tulisijalämmitysjärjestelmän tehokkuutta ja saatuja energiamääriä Kuopion Saaristokaupungin Lehtoniemessä sijaitsevan Parha Oy:n asunomessukohteessa. Työ toteutetaan lämmittämällä tulisijaa erillisen lämmityssuunnitelman mukaisesti ja seuraamalla lämmitysjärjestelmästä saatavia energiamääriä. Mahdollisuuksien mukaan Parha Oy:n asunomessutalosta saatavia lämmitysenergian mittaustuloksia vertaillaan alueella olevien samankokoisten kohteiden vastaaviin energiankulutuslukemiin.

Työ liittyy Kuopio Innovation Oy:n hallinnoimaan ”Terveellinen ja turvallinen asuminen eli TERTU”-hankkeeseen. Hankkeessa Kuopio Innovation Oy yhdistää asumisen terveellisyden ja turvallisuuden tutkimus-, kehitys-, ja yritystoiminnan hyödyntämällä tutkimusta ja tutkimustuloksia yritysten toiminnan kehittämiseen. Vuorovaikutteisella tutkimustyöllä vastataan asumisen ja rakentamisen alan uusien tuotteiden ja toimintamallien kysyntään sekä edistetään asumisen terveellisyden ja turvallisuuden avulla yleistä hyvinvointia. Työ kuuluu asunomessujen teemaan energiatehokkuus, joka soveltuu hyvin ”TERTU”-hankkeen tutkimus- ja kehitystyöhön. Hankkeen laajuuden vuoksi tämä työ rajataan matalaenergiaomakotitalon energiamittausseurantajärjestelmästä saatavien lämpötila- ja energiamittaustulosten analysointiin sekä suoritetaan pienimuotoinen katsaus tämän hetken uusiutuvien energioiden tuottamiseen sekä kuluttamiseen. Dokumentoituja mittaustuloksia vertaillaan vastaavantyyppisten järjestelmien kesken.

Parha Oy

Perheyritys Parha Oy on uudis- ja maanrakentamiseen sekä kuljetuspalveluihin erikoistunut yritys, joka on aloittanut toimintansa vuonna 1979 nimellä Partanen&Haatainen. Alkuperäisen yhtiön hajotessa vaihtui nimi samalla tapahtuneessa yhtiömuodon vaihdoksessa vuonna 1981. Siitä lähtien yhtiön toimintaa on laajennettu hallitusti tähän päivään saakka. Yhtiö on lähes koko historiansa ajan tehnyt tuotantoaan omarahoitteisesti ja myynyt asiakkailleen valmista tuotetta. Nykyään yritys työllistää 7 - 18 henkeä. (Parha Oy)

Yrityksen vankka vuosien kokemus rakentamisesta takaa luotettavan yhteistyökumppanin rakentamisen, maanrakennuksen sekä kuljetuspalveluiden saralla. Yrityksen kasvu on selkeä laadun ja ammattitaidon signaali, niin vanhoille kuin uusille asiakkaille. (Parha Oy)

Polar Import Oy

Parha-talon yhteistyökumppani Polar Import Oy on Harri Hakkaraisen suomalainen maahantuonti- ja tukkuliike. Yrityksen tuotevalikoima perustuu elektronikka- ja teollisuustarvikkeisiin. (Polar Import Oy)

Parhan asuntomessukohteeseen Polar Import Oy toimittaa Consoltyhjiöputkiaurinkokeräimet sekä koko lämmitysjärjestelmän paikallisenohjaus- ja mittausjärjestelmän. Näiden lisäksi se yhdistää lämmitysjärjestelmään kuuluvat eri laitteistot yhteensopivaksi tulevaisuuden lämmitysjärjestelmäksi.

Tulikivi Oyj

Perheyritys Tulikivi Oyj on maailman suurin varaavien tulisijojen valmistaja. Konserni tunnetaan tuotteistaan, joita ovat Tulikivi-vuolukiviunit, luonnonkivi-tuotteet, Kermansavi-uunit sekä monipuolinen käyttökeramiikka. Pörssinoteratun konsernin liikevaihto on n. 53 M€, josta vienti kattaa noin puolet. Konsernin kuuden tuotantolaitoksen palveluksessa on n. 500 henkilöä. (Tulikivi Oyj)

2 ENERGIAA SÄÄSTÄVÄ TALO

Opinnäytetyö tehdään Aki Partasen suunnittelemaan matalaenergiataloon, asuntomessukohde numero 24:ään, Parha-taloon (kuva 1). Talo sijaitsee Kuopion Lehtoniemen asuntomessualueella paikalla, josta on Kallavesinäkymät. Energiatodistuksen laajuustietojen mukaan Parha-talon tärkeimmät tunnusluvut ovat seuraavat (Lamit.fi, 2010, 2):

- bruttoala 145,0 brm²
- rakennustilavuus 493,5 rak-m³
- huoneistoala 128,2 hum²
- ilmatilavuus 336,0 m³.



Kuva 1. Asuntomessukohde 24, Parha-talo.

2.1 Matalaenergiatalon määritelmiä

Matalaenergiatalon rakentaminen nykytekniikalla on mahdollista ilman erityisjärjestelyjä. Passiivitalot ovat matalaenergiarakentamisen välivaihe, koska nykyään on mahdollista rakentaa taloja, joiden nettoenergian kulutus on nolla. Nykyisin voidaan myös rakentaa taloja, jotka tuottavat enemmän energiaa, kuin kuluttavat sitä. (Matalaenergiatalon määritelmiä)

- Vuoden 2010 alusta matalaenergiatalon vaatimukset tiukentuivat ja määritykset muuttuivat. Uusien määritysten mukaan matalaenergiarakennusta suunniteltaessa tulee laskennallisten lämpöhäviöiden olla korkeintaan 85 % rakennukselle määritellystä vertailulämpöhäviöstä. Matalaenergiatalo kuluttaa Etelä-Suomen alueella lämmitysenergiaa alle 60 kWh / brm² vuodessa; / vastaava luku Pohjois-Suomessa on alle 90 kWh / brm² vuodessa. (Matalaenergiatalon määritelmiä).
- Passiivitalo ei tarvitse ollenkaan lämmitys- eikä jäähdytysenergiaa. VTT:n määritelmän mukaan passiivitalo tarvitsee lämmitysenergiaa Etelä-Suomen alueella alle 20 kWh / brm² vuodessa; / Pohjois-Suomessa alle 30 kWh / brm² vuodessa. (Matalaenergiatalon määritelmiä).
- Nolla- ja plusenergiatalojen kerrotaan tuottavan uusiutuvaa energiaa vähintään sen, minkä ne kuluttavat uusiutumaton energiaa. (Matalaenergiatalon määritelmiä).

2.2 Rakenteiden ominaisuuksia

Matalaenergiarakentamisessa on otettava huomioon rakenteet ja niiden lämmönläpäisykertoimet eli ns. U-arvot (ennen K-arvot). Rakenteiden lämmönläpäisykertoimien vähimmäisvaatimukset eli suurimmat sallitut arvot annetaan rakennusmääräyksissä C3. Mitä pienempi U-arvo on, sitä vähemmän lämpöä menetetään rakenteen läpi. (Leppänen 2004, 8)

Energiatodistuksen mukaan Parha-talon rakenteiden U-arvot ovat (Lamit.fi, 2010, 2):

- ulkoseinä 0,14 W / m²K
- yläpohja 0,10 W / m²K
- alapohja 0,12 W / m²K
- ikkunat 0,85 W / m²K
- ovet 0,92 ja 1,10 W / m²K.

2.3 Energiatodistus

Nykyään yhtenä suunnittelukriteerinä pidettävän energiatodistuksen perusteella voidaan vertailla rakennusten energiatehokkuutta. Energiatodistus laaditaan rakennuslupavaiheessa ja sitä tarvitaan, jos vuoden 2008 jälkeen valmistunutta rakennusta tai sen tiloja myydään tai vuokrataan. (Energiatodistus)

Energiatodistus liittyy laajempaan kokonaisuuteen nimeltä energiaselvitys, joka sisältää Suomen rakentamismääräyskokoelman D3 mukaisia tarkasteluja (Energiatodistus):

- lämpöhäviöiden vertailulaskelmat ja niiden määräystenmukaisuuden osoittaminen
- ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho
- rakennuksen lämmitysteho
- kesäaikaisen sisälämpötilan arvio ja mahdollisesti arvio tarvittavasta jäähdytystehosta
- rakennuksen arvioitu energiankulutus sijaintipaikkakunnalla.

Energiatodistus varmennetaan vielä ennen rakennuksen käyttöönottoa, sillä osa laskennan aikaisista tiedoista voi hyvinkin muuttua rakentamisen aikana (Energiatodistus).

Pääsuunnittelija antaa uudelle rakennukselle energiatodistuksen. Jo olemassa olevalle pientalolle energiatodistuksen laatii päteväitynyt erillisen energiatodistuksen antaja, koska se tehdään toteutuneen kulutuksen perusteella aina laskennallisesti. (Energiatodistus)

Energiatodistuksessa jaetaan rakennuksen kokonaisenergiankäyttö bruttoalalla ja näin saadaan rakennuksen energiatehokkuusluku (ET-luku). Pientalojen laskentaan otetaan mukaan myös tilojen lämmitysenergia, lämpimän käyttöveden energia ja sähkölaitteiden käyttämä energia sekä selvitetään mahdollisen jäähdytysjärjestelmän käyttämä energiankulutus. (Energiatodistus.)

Energiatodistuksen perusteella Parha-talon energiatehokkuusluku on 148 kWh / brm² / vuodessa. Lasketun ET-luvun perusteella se kuuluu parhaimpaan A-luokkaan (liite 1). (Lamit.fi, 2010, 1).

Energiatodistuksen antaneen Lamit.fi-yhtiön velvollisuuksiin kuuluu kiinteistöjen energiatodistuksien säilyttäminen seuraavien 10 vuoden ajan. Rakennusaikaan annettu energiatodistus on voimassa neljä vuotta uusien asukkaiden muuttamisen jälkeen, minkä kuluessa energiatodistus muuttuu kulutusperusteiseksi. Olakseen ajantasainen pitäisi energiatodistus uusia 4 vuoden asumisen jälkeen. (Partanen, 2010)

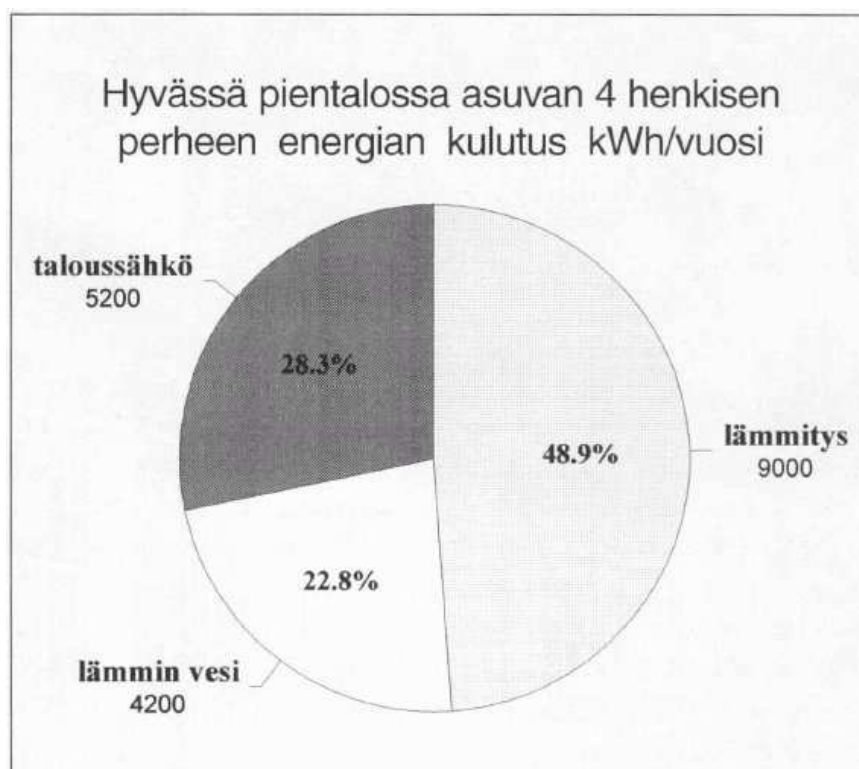
2.4 Energiankulutus

Pientalon energiankulutus vaihtelee vuosittain. Voimassa olevat määräykset ja ohjeet sekä huolellinen työn tekeminen sekä teettäminen vaikuttavat lämmityksessä kulutettavaan energiamäärään (Erkkilä 2003, 10).

Kokonaisenergian kulutus sisältää

- lämmitysenergian
- taloussähkön
- käyttöveden lämmityksen.

Esitetään esimerkki kotitalouksien energiankulutuksesta (kuva 2). Nelihenkisen perheen sähkölämmitteisen omakotitalon energiankulutuksen arvioidaan olevan yhteensä 18 400 kWh / vuodessa. (Erkkilä 2003, 10)



Kuva 2. Kotitalouden energiankulutuksen jakautuminen (Erkkilä 2003, 10).

Kuvasta huomataan talouden lämmityksen vievän noin 50 % kokonaisenergiankulutuksesta ja asukkaiden käyttämän lämpimän käyttöveden osuuden olevan noin 25 %. Yhteensä lämmitys ja lämmin käyttövesi kattavat talouden

koko energiankulutuksesta noin 75 %. Loput noin 25 % kuuluvat muulle talous-sähkölle. (Erkkilä 2003, 10)

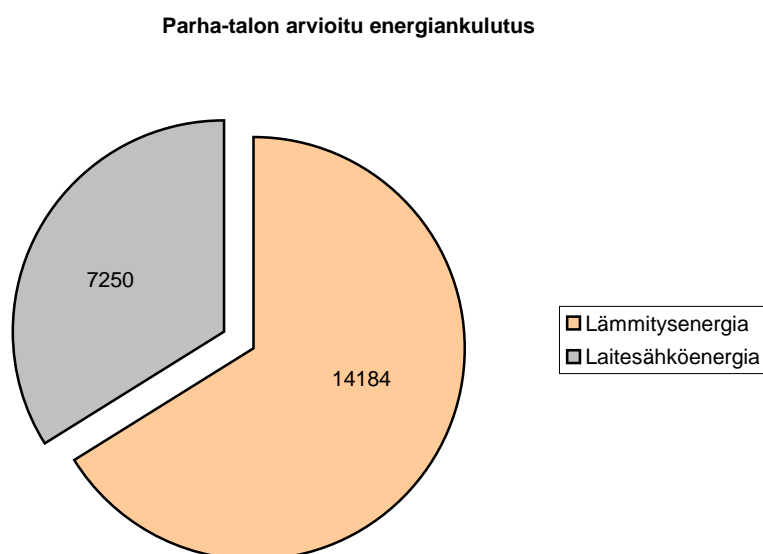
Vuoden aikana käyttöveden lämmittämiseen kulutetaan noin 1 000 kWh / henkilö, mikä tarkoittaa noin 50 l:aa lämmintä käyttövettä vuorokaudessa asukasta kohti. (Erkkilä 2003, 10)

2.5 Kohteen energiatehokkuus

Tässä messukohteessa pyritään halvoilla ja uusiutuvilla energiamuodoilla tuottamaan mahdollisimman paljon käyttöenergiaa ja pienentämään samalla kuluttajan vuoden aikana maksamaa sähkölaskua.

Energiatehokkuusluvun laskentaan käytetään energiatodistukseen merkattuja arvioituja kulutuslukuja (liite 1) (Lamit.fi, 2010, 2). Parha-talon energiakulutuksen jakaantuminen (kuva 3):

- lämmitysenergia 14 184 kWh / vuodessa
- laitesähköenergia 7 250 kWh / vuodessa
- jäähdytysenergia 0 kWh / vuodessa
- energiankulutus yhteensä 21 434 kWh / vuodessa.



Kuva 3. Parha-talon energiakulutuksen jakaantuminen.

Normaalisti aurinkolämmön osalta mielenkiinto kohdistuu enemmän vuodenajoista riippumattoman lämpimän käyttöveden kulutukseen kuin lämmittämiseen, johon tarvitaan energiaa kokonaismäärältään huomattavasti suurempia määriä kuin veden lämmitykseen. Lämmittämiseen käytettävää energiaa tarvitaan pääasiassa talvella, jolloin auringonsäteilystä ei saada otettua riittävästi lämpöä talteen. (Erkkilä 2003, 10)

Hakkaraisen (2010) selostuksen mukaan ”Parha-talossa kompensoidaan lämmityksen tarvitsemaa energiantuotantoa lämmönsiirtimellä varustetulla neste-kiertoisella tulisijalla sekä samaan keruupiiriin kytkettävillä tyhjiöputkiaurinkoke-
räimillä siten, että kahdesta heikommasta lähteestä saadaan yksi vahva ja toimiva ratkaisu. Keväisin, kun auringon säteily alkaa vaikuttaa ja tulisijan lämmittämistä tarvitaan harvenevasti sekä syksyisin, kun auringon säteily on edelleen vahvaa, tulisijaa ei tarvitse lämmittää. Tällöin järjestelmän osatekijät tukevat toisiaan ja turvaavat kohteelle riittävän lämpöenergiansaannin. Talvea varten järjestelmässä on tulisijan lisäksi lämminvesivaraajassa olevat sähkövastukset. Jos tulisijan lämmittäminen ei yksin riitä, voidaan tarvittava lisäenergia ottaa sähköverkosta. Vastaavasti kesällä aurinko riittää täydellisesti tuottamaan tarvittavan lämpimän käyttöveden sekä mahdollisen lämmitysenergian. Lämminvesivaraajan koko vaikuttaa huomattavasti järjestelmän toimivuuteen.”

2.6 Motiva Oy:n valitsema Energiatehokkuuden mallitalo

Saimme tiedon asuntomessut 2010 teematalon valintaan johtavasta kilpailusta 6.5.2010 (liite 2). Kilpailukutsussa Parha-talo oli sijoitettu talotekniikan näkökulman kategoriaan yhdessä kahden kilpailijan kanssa. Muut kategoriat olivat rakennustekniikka sekä energiatekniikka. Valmisteluaikaa aineistolle oli annettu vain kaksi päivää palautuspäivän ollessa 8.5.2010. Saimme materiaalin palautukseen lisäaikaa aina sunnuntaihin saakka. Tulikivi Oyj:n myyntipäällikön Aki Nevalaisen sekä Polar Import Oy:n Harri Hakkaraisen kanssa tehtiin materiaali kilpailua varten, jossa esiteltiin talon edistyksellinen lämmitysjärjestelmä. Tuolloin luulimme osallistuvamme talotekniikan osioon, mutta asuntomessujen lehdistöpäivänä tilanne selvisi kaikille. Sain tiedon valinnasta asuntomessujen toisen viikon alkupäivinä, kun olin etsimässä lisätietoa opinnäyte-työhöni Motiva Oy:n Internet-sivulta.

Motiva Oy:n valinta Kuopion asuntomessujen Energiatehokkuuden mallitaloksi kohdistui kohteeseen 24, Parha-taloon. Motiva Oy:n mukaan Parha-talo ei ollut messualueen energiatehokkain talo, mutta sen edustama nykyaikaisen matalaenergiarakentamisen tietotaito sekä talon sisältämä saatavilla oleva hyvä ja testattu nykytekniikka vaikuttivat Motiva Oy:n valintaan. Talon lämmityksessä sekä lämpimän käyttöveden tuottamisessa hyödynnetään vahvasti uusiutuvaa energiaa aurinkolämmön sekä nestesiirtimellä varustetun tulisijan muodossa. Nykytekniikka otetaan huomioon myös talon valaistuksessa, joka on toteutettu pääasiassa led-valoilla sekä muutamalla pienloistelampulla. Talon kompakti koko palvelee hyvin nykyaikaisen perhe-elämän tarpeita elämän eri vaiheissa ja talon sanotaan olevan sellainen, jonka jokainen voi kohtuullisella lisäinvestoinnilla itselleen rakentaa tai rakennuttaa. (Rautiainen, 2010)

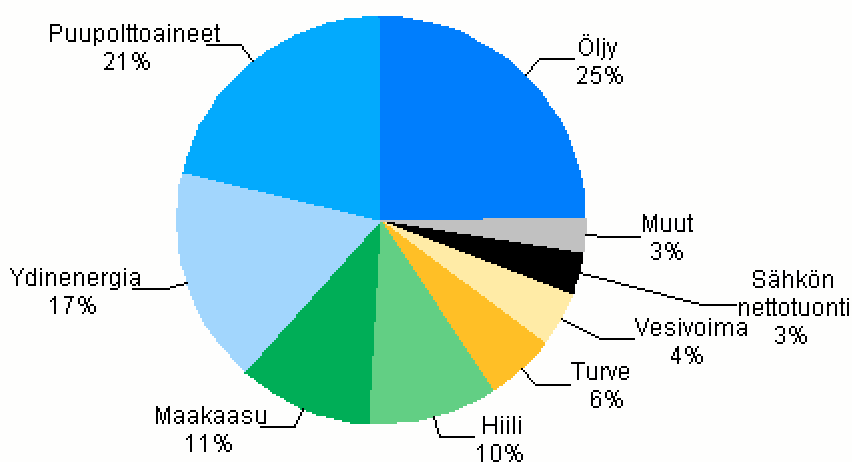
Rautiaisen kanssa käydyn puhelinkeskustelun (2010) mukaan Parha-talon valintaan vaikuttivat myös arkkitehtuuriset ratkaisut sekä hyvin valitut materiaalit. Yhtenä valintakriteerinä toimi myös kohdetalon lämmitysjärjestelmästä saatavilla ollut materiaali verrattuna moneen muuhun asuntomessukohteeseen. Rautiainen uskoo Parha-talon lämmitysjärjestelmän tyyppisten ratkaisujen yleistyvän tulevaisuudessa ts. lähiaikoina, kun omakotitalojen lämmitykseen käytettävän uusiutuvan energian osuus kasvaa uusien määräysten mukaan lähes 25 %.

3 UUSIUTUVAT ENERGIALÄHTEET

Energiaa on olemassa monenlaista ja useimmin kuulee puhuttavan siitä, että sitä tuotetaan ja kulutetaan. Kylmän ilmaston, teollisuuden rakenteen, harvan asutuksen sekä korkean elintason vuoksi energiankulutuksemme asukasta kohden on yksi maailman suurimpia. Teollisuuden tuotannon ja maamme rakennuskannan kaksinkertaistuminen ovat vaikuttaneet energian kokonaiskulutuksen huimaan yli puolitoistakertaiseen kasvuun 70-luvun alkuun verrattuna. (Saarinen 2004, 1)

Kotimaisella uusiutuvalla energialla tuotettiin vuoden 2008 maamme koko energiantarpeesta 28 % (kuva 4), joka ylittää EU:n asettamat uusiutuvan energian määrän tavoitteet energian loppukulutukseen nähden noin 4 - 5 % yksiköllä verrattuna kokonaiskulutuksesta laskettuun osuuteen. (Tilastokeskus 2009. Energiankulutus)

Uusiutuvan energian osuus maamme koko energiankulutuksesta riippuu mahdollisuudesta hyödyntää metsäteollisuuden sivutuotteiden käyttöä energiantuotannossa (Valtioneuvosto 2008. Pitkän aikavälin ilmasto- ja...).



Kuva 4. Energian kokonaiskulutus vuonna 2008 (Valtioneuvosto 2008. Pitkän aikavälin ilmasto- ja...).

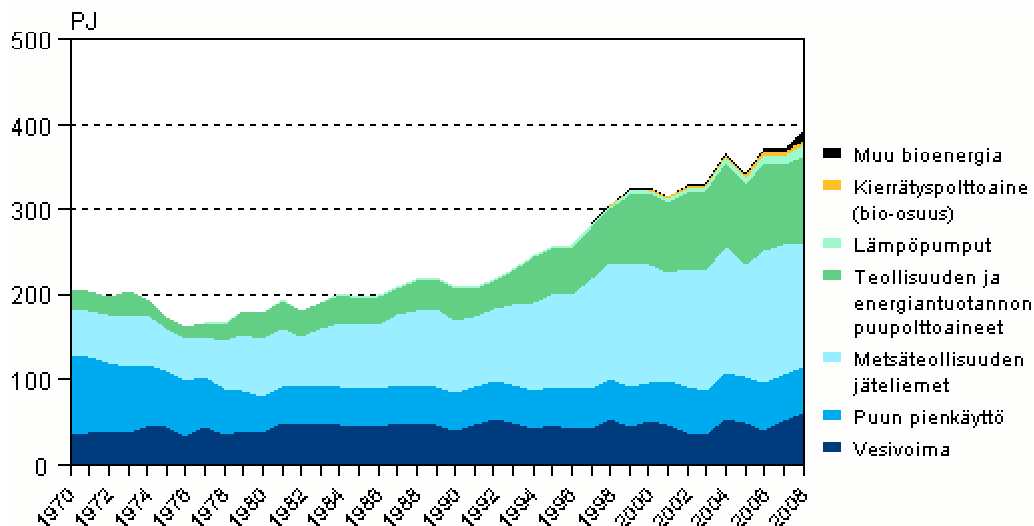
Tarkasteltaessa uusiutuvia energialähteitä tarkemmin huomataan vesivoiman ja tuulivoiman osuuksien kasvaneen edelliseen vuoteen nähden 21 ja 38 %. Tuulivoima säilytti energian kokonaiskulutuksessa osuutensa aiemman vuoden tasolla noin 0,07 %. Kiinteitä puupolttoaineita käytettiin lämpö- ja voimalaitoksissa 11 % enemmän edellisvuoteen nähden. Metsähaketta poltettiin ennätysellinen määrä, lähes 1,5 kertaa enemmän vuoteen 2007 verrattuna. Metsäteollisuudessa tuotettujen sivutuotteiden (sivutuotepuun ja mustalipeän) määrä puolestaan väheni huomattavasti edellisvuosiin verrattuna. (Tilastokeskus 2009. Energiankulutus)

Vuonna 2007 tuuli- ja aurinkoenergian sekä lämpöpumppujen, biokaasujen ja kierrätyspolttoaineiden yhteenlaskettuosuus oli hiukan alle 4 %. (Uusiutuvan energian käyttö Suomessa)

Uusiutuvia energialähteitä ovat

- aurinkoenergia
- bioenergia
- tuulienergia
- vesienenergia/ -voima
- lämpöpumput
- aaltojen- ja vuorovedenliike-energia
- (turve).

Uusiutuvan energian käyttöä on lisätty ja ollaan edelleen lisäämässä Suomen energiastategian ja kansallisen ilmastostrategian mukaisesti (kuva 5), jonka tarkoituksena on vähentää kasvihuonekaasuja. (Saarinen 2004, 1)



Kuva 5. Uusiutuvien energialähteiden käyttö 1970 - 2008. (Tilastokeskus 2009. Energiankulutus).

Vuoteen 2020 mennessä uusiutuvan energian osuus kaikesta käytettävästä energiasta pyritään nostamaan nykyisestä 30 % noin 38 %:iin. (kuva 6) (Uusiutuvan energian käyttö Suomessa)



Kuva 6. Uusiutuvilla energioilla tuotettu sähkö sekä 2020 tavoite (Tilastokeskus 2009. Energiankulutus ja Valtioneuvosto 2008. Pitkän aikavälin ilmasto- ja...).

Ilmaston lämpenemiseen johtavista kasvihuonekaasupäästöistä suurin osa on peräisin energian tuotannosta ja kulutuksesta sisältäen myös liikenteen päästöt. Ilmastonmuutoksen vuoksi maamme pyrkimys hiilineutraaliin energiajärjestelmään tukee tulevaisuuden visiota, jonka mukaan uusiutuvan energian osuus olisi 60 % vuoteen 2050 mennessä. (Lappalainen, Mustonen & Motiva Oy 2009, 2 - 3)

Maamme luonnonvarojen monipuolisuus mahdollistaa uusiutuvan energian käytön. Siirtymävaihetta uusiutuvan energian käyttöön tullaan tehostamaan erilaisilla tuki- ja ohjausjärjestelmillä. Tavoitteena on lisätä puuperäisen energian, jätepolttoaineiden, lämpöpumppujen, biokaasujen ja tuulienergian käyttöä. Samalla pyritään energian kokonaiskulutuksen vähentämiseen tehostamalla energiankäyttöä. Tulevaisuuden tavoitteisiin kuuluu, että kotitaloudet tuottavat käyttösähköä tuulella sekä aurinkopaneeleilla ja syöttävät mahdollisen ylijäämäenergian verkkoon toisten käytettäväksi. Käytettävissä oleva tekniikka mahdollistaisi toiminnan jo nykypäivänä. (Lappalainen ym. 2009, 3)

Käsitellään tarkemmin erilaisia uusiutuvia energiamuotoja pääpainon kohdistuessa aurinko- ja bioenergiaan. Katsauksen ulkopuolelle jätetään sopimattomien tuotanto-olosuhteiden vuoksi aalto- ja vuorovesienergia sekä hitaasti uusiutuvaksi luokiteltava turve ja sen hyödyntäminen. Lisäksi esitellään eri energiamuotojen yhteensopivuutta aurinko/ tulisija-lämmitysjärjestelmän kanssa.

3.1 Aurinkoenergia

Aurinko on kaasupallo, jonka energia on peräisin fuusioreaktiosta, jossa vetyatomien ytimet yhtyvät muodostaen heliumia ja energiaa. Tämän reaktion seurauksena syntynyt energia siirtyy säteilymenetelmällä ympäröivään avaruuteen. (Erkkilä 2003, 19)

Aurinko on ehtymätön energianlähde, jonka lämpöä olemme aina pyrkineet hyödyntämään. Uudella tekniikalla voidaan tehokkaasti hyödyntää auringonsäteilyä sekä lämmön, että sähkön tuottamiseen ilman hiilidioksidipäästöjä itse tuotetun energian ollessa täysin ilmaista. (Öster & Motiva Oy 2009, 2)

Lämmitysenergian tuottoon aurinkoenergiaa käytetään yleensä jonkun toisen lämmitysmuodon kanssa. Tällöin vähennetään päästöjä sekä pienennetään

lämmityskustannuksia. Aurinkoenergiasta voidaan tuottaa sähköä laitteistolla, joka on sähköverkkoon kytkettynä tai kesämökki tapauksissa erillään sähköverkosta. Lämmitykseen ja sähköntuotantoon tarkoitetut laitteistot ovat pitkäikäisiä sekä varsin huoltovapaita. (Öster & Motiva Oy 2009, 2)

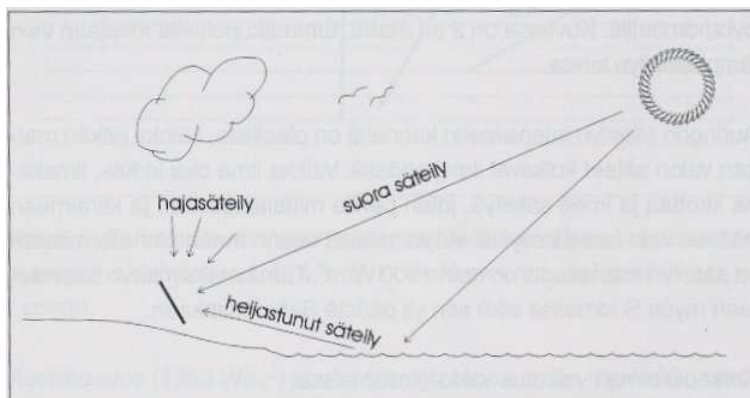
3.1.1 Auringon säteily

Tehon yksikkö on watti (W) ja säteilyteho on W / m^2 . Säteilyn intensiteetti on $1\ 000\ W / m^2$, joka tarkoittaa yhdelle neliön kokoiselle alueelle kohdistuvaa $1\ 000\ W$ säteilytehoa. Aurinkovakio ($1\ 353\ W / m^2$) on säteilyn teho maan ilmakehän ulkopuolella. Auringon säteilyn tehoon vaikuttavat (Erkkilä 2003, 20):

- maan etäisyys auringosta
- mittaustason asento auringon säteisiin nähden.

Tavoittaessaan maanpinnan auringonvalo on kuluttanut aikaa 8 min 18 s (Erat, Erkkilä, Löfgren, Nyman, Peltola & Suokivi 2001, 19).

Maanpinnalle saapuva säteily koostuu suorasta säteilystä, hajasäteilystä ja heijastuneesta säteilystä (kuva 7). Näiden osuudet vaihtelevat tarkastelupaikan, auringon korkeuskulman ja ilmakehän koostumuksen mukaan. Suoran säteilyn osuus kirkkaalla ilmalla on noin $800\ W / m^2$. Maksimiarvo $1\ 000\ W / m^2$ saadaan suoran ja hajasäteilyn summana. Heijastuneen säteilyn ansiosta huippulukemat voivat nousta yli $1\ 000\ W / m^2$, jos aurinko ei ole liian ylhäällä ja edessä on suuri heijastava pinta, esim. vesi, hanki tai peltikatto. (Erkkilä 2003, 22)



Kuva 7. Säteilyn komponentit (Erkkilä 2003, 22).

Suomessa saadaan vuodessa hyödynnettävää auringon säteilyä riittävästi, vaikka talvikautena auringon säteily jääkin varsin vähäiseksi. Valoisa kesä nostaa saadun säteilymäärän keskieurooppalaiselle tasolle, ehkä vielä suuremmaksikin. Vuoden aikana omakotitalon katolle saadaan moninkertaisesti enemmän aurinkoenergiaa kuin sitä kulutetaan. Keskivertotalossa kulutetaan vuoden aikana lämmitysenergiaa $140 \text{ kWh} / \text{m}^2$, kun katolle saadaan samassa ajassa noin $1\,000 \text{ kWh} / \text{m}^2$. (Erkkilä 2003, 22 – 23.)

Suoran säteilyn osuus pilvisellä säällä on varsin vähäistä, mutta tällöin voidaan tehokkaammalla laitteistolla hyödyntää pilvien läpi tunkeutunutta hajasäteilyä. Vuodenaikavaihteluja voidaan puolestaan kompensoida järjestelmän tarkemmalla mitoituksella sekä suunnittelulla. (Öster & Motiva Oy 2009, 2.)

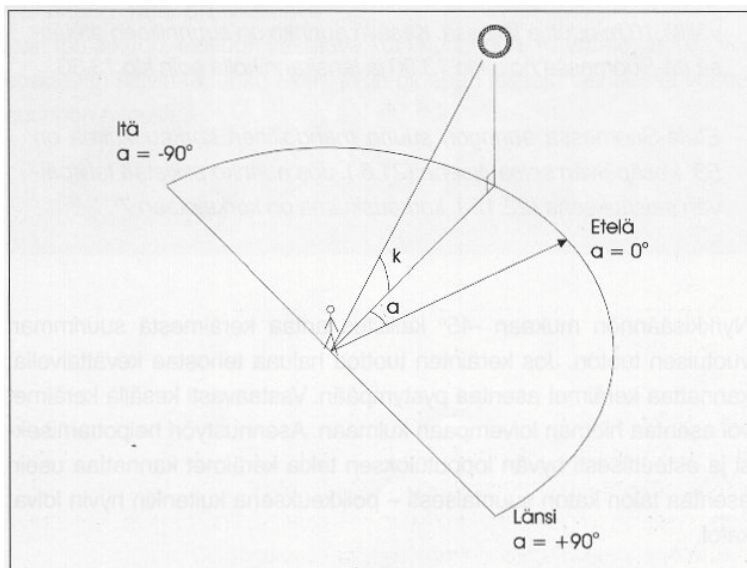
Suoran säteilyn määrää heikentävät pilvien laadun lisäksi auringon korkeuskulma sekä pilvien määrä sekä niiden paksuus. Yläpilvikerros vähentää huomattavasti suoraa säteilyä. Keskipilvet päästävät lävitseen vain osan säteilystä ja alapilvet eivät päästä säteilyä ollenkaan lävitseen. (Erat, Erkkilä, Löfgren, Nyman, Peltola & Suokivi 2001, 26.)

Pilvisuus vaihtelee vuodenajan, säätyypin sekä paikallisten tekijöiden mukaan. Talvisin vallitsee tasainen ja laaja pilvipeite. Maaliskuulla laajan pilvipeitteen lisäksi voi olla myös pilvettömiä jaksoja. Kesäaikaan sisämaassa tyypillisiä pilviä ovat keskipäivällä syntyvät ja illan aikana häviävät konvektiopilvet (cumuluspilvet). Kesäaikaan sisämaan ja rannikon pilvityypit eroavat toisistaan huomattavasti. (Erat, Erkkilä, Löfgren, Nyman, Peltola & Suokivi 2001, 26.)

3.1.2 Aurinkokeräimiin kohdistuva energia

Aurinkoenergiaa tehokkaasti hyödynnettäessä on tunnettava säteilyn ominaisuudet. Aurinkoenergialaitteen eli keräimen asento ilmoitetaan suuntakulmalla sekä kallistuskulmalla. Suuntakulma ilmaisee keräimen rintamasuunnan poikkeavuuden etelästä asteina. (Erkkilä 2003, 23)

Auringon asemaa tarkastelupaikan yllä kuvataan atsimuutti- ja korkeuskulmilla, joiden avulla määritetään auringon asema tiettyinä ajanhetkenä (kuva 8) (Erkkilä 2003, 23).



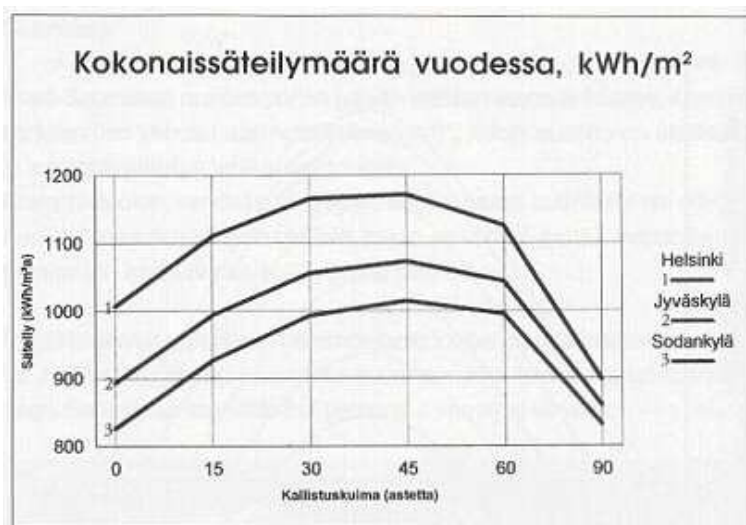
Kuva 8. Auringon asema tarkastelupaikkaan nähden (Erkkilä 2003, 23).

Atsimuuttikulmalla 0° aurinko on etelässä ja säteilyn teho on suurimmillaan. 0° on kokonaistuoton kannalta paras suuntakulma, mutta päivittäisen lämmöntarpeen sattuessa aamu- tai iltapäivään kannattaa keräin suunnata kaakkoon tai lounaaseen. Asennustyön helpottamiseksi sekä esteettisyyden vuoksi keräimet asennetaan katonsuuntaisesti 30° kulmaan. (Erkkilä 2003, 24)

Yleinen ohjeistus neuvoo asentamaan keräimet 45° kulmaan sekä kevättalven tuoton parantamiseksi käyttämään 60° kulmaa (Erat, Erkkilä, Löfgren, Nyman, Peltola & Suokivi 2001, 82.).

Katonsuuntaisesti asennetulla keräimellä voidaan hyödyntää aamu- ja iltauringonsäteilyä sekä maksimoidaan keräimelle saatua päivittäistä säteilyannosta, vaikka keskipäivän hetkittäisestä säteilymäärästä joudutaan hieman tinkimään (Hakkarainen 2010).

Kuvissa 9,10 ja 11 esitetään paikkakunnan sekä kallistuskulman vaikutukset taulukoituihin kokonaissäteilymääriin.



Kuva 9. Vuotuinen kokonaissäteily määrä eri paikkakunnilla ja kallistuskulmilla (Erkkilä 2003, 26).

Kokonaissäteily määrä vuodessa, kWh/m²

Kallistuskulma	Helsinki	Jyväskylä	Sodankylä
0	1007	893	826
15	1110	994	926
30	1165	1056	993
45	1171	1073	1015
60	1125	1044	995
90	898	860	832

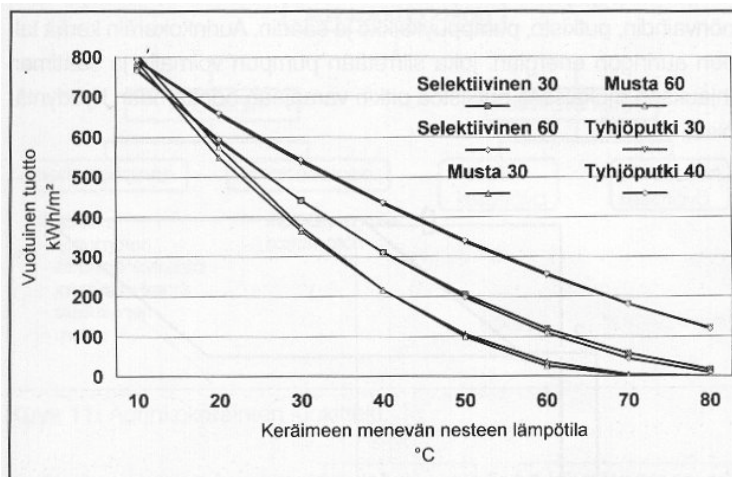
Kuva 10. Taulukoidut kokonaissäteily määrät vuodessa (Erkkilä 2003, 26).

Kuukausittainen säteily määrä, kallistus 30°, kWh/kk

Kuukausi	Helsinki	Jyväskylä	Sodankylä
tammi	13	6	1
helmi	36	43	23
maalis	100	107	103
huhti	132	137	150
touko	182	167	173
kesä	203	182	167
heinä	197	168	168
elo	149	120	111
syys	94	78	67
loka	44	38	27
marras	12	8	3
joulu	3	2	0
Yhteensä	1165	1056	993

Kuva 11. Kuukausittaiset säteily määrät kallistuskulma 30° (Erkkilä 2003, 26).

Esitettyjen tilastojen perusteella säteilyn määrä pystytään arvioimaan melko tarkasti, mutta hankalampaa on selvittää keräinten saamasta säteilyenergiasta niiden hyödyntämä määrä. Tuottoon vaikuttaa keräinten kytkentä järjestelmään ja niiden toimintalämpötila. Ominaisenergiatuotto-nimisellä suureella kuvataan onnistunutta mitoitus sekä järjestelmän toimintaa. Suure kertoo keräinliömetrin hyödyntämän vuotuisen lämpöenergian määrän. Keräinten ominais- tuoton laajaan vaihteluväliin vaikuttaa se lämpötila, missä niitä käytetään, joka tavallisesti on 40 - 70 °C. Keräimen rakenteella vaikuttaa tuoton putoamiseen lämpötilatason noustessa (kuva 12). Normaali aurinkolämpöjärjestelmän ominais- tuotto on 250 - 400 kWh / m². (Erkkilä 2003, 28 - 29)



Kuva 12. Lämpötilan vaikutus aurinkokeräimen tuottoon (Erkkilä 2003, 29).

Tyhjiöputken vuotuinen tuotto on tasokeräimeen verrattuna parempi, kun toimitaan lämpimän käyttöveden vaatimissa korkeissa lämpötiloissa mahdollisen bakteerivaaran vuoksi.

3.1.3 Aurinkolämpökeräimet

Auringon säteilyenergiaa muutetaan lämmöksi aurinkokeräimien avulla, joiden on mahdollisimman tehokkaasti ja häviöttömästi pystyttävä muuttamaan saapuva säteilyenergia hyödynnettäväksi lämpöenergiaksi. Vaihtoehtoisesti lämpöä siirretään keräimen läpi kiertävään ilmaan. (Komulainen 2006, 41)

Taso- ja tyhjiöputkikeräimien (kuvat 14 ja 15) tuottamalla lämmöllä voidaan lämmittää rakennusten käyttövettä tai koko rakennusta. Lisäksi sitä voidaan hyödyntää ilmastoinnissa tai teollisuuden prosessilämmössä. Tuotettaessa

lämpöä kaukolämpöverkkoon voidaan keräimistä rakentaa suuria integroituja keräinkenttiä. (Komulainen 2006, 41)

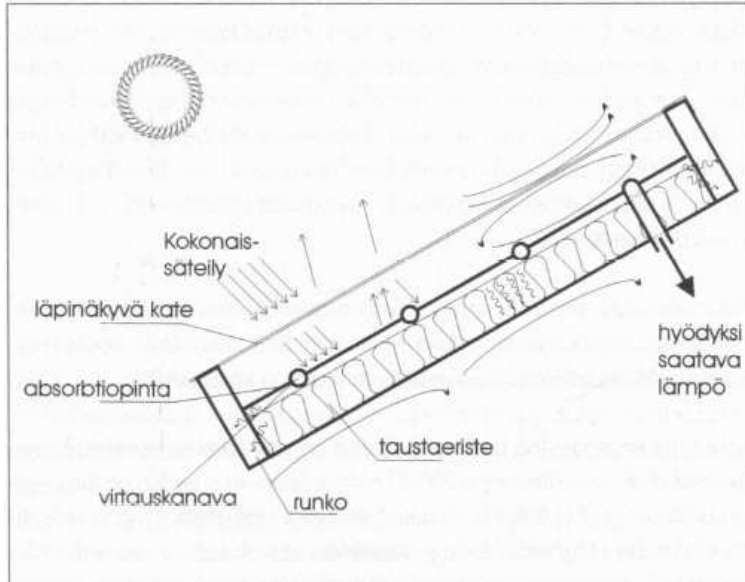
Kuluttajakäyttöön saatavilla olevia aurinkokeräintyypppejä ovat

- tasokeräin
- tyhjiöputkikeräin.

Tasokeräin

Tasokeräimen perusrakenne (kuva 13) koostuu seuraavista osista (Komulainen 2006, 42):

- keräimen runko
- kate
- eristekerros (taustaeriste)
- absorptiopinta
- lämmönsiirtoputkisto (virtauskanava).



Kuva 13. Tasokeräimen rakennekuva (Erkkilä 2003, 31).

Tasokeräimen toiminta

Alumiinisella rungolla ja läpinäkyvällä katelasilla suojataan tummalla selektiivisellä pinnoitteella päällystettyä kuparista, alumiinista tai teräksistä absorptiolevyä sekä alapuolista eristekerrosta. Eristekerros koostuu puhallus-, lasivilla tai polyuretaanista. Vähärautainen lasikate tai vastaavasti muovikate läpäisee auringonsäteilyn ja heijastaa lämpösäteilyn keräimen sisään. Lämpösäteily siirtyy lämmönsiirtoputkistossa käytettävään lämmönsiirtonesteeseen, joka on vettä tai glykoliseosta. (Komulainen 2006, 42 - 43)



Kuva 14. Katolle asennettu tasokeräin. (Leppänen, 2004, 20).

Tyhjiöputkikeräin

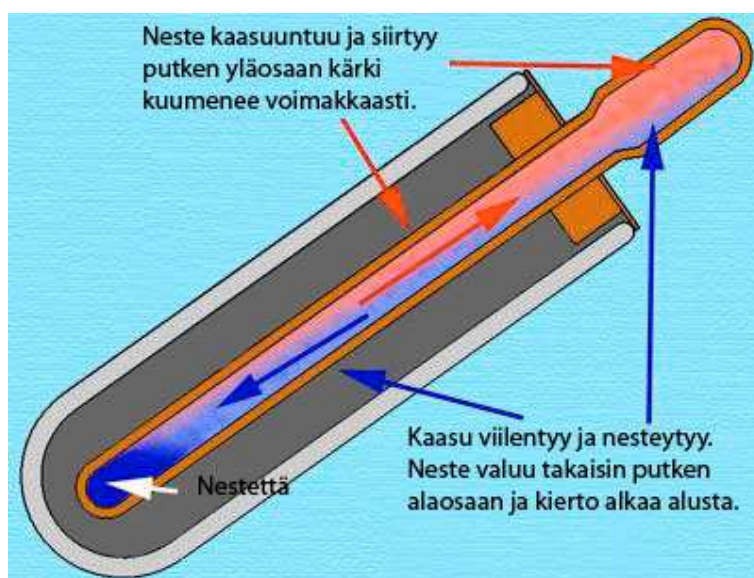


Kuva 15. Parha-talon katolla olevat tyhjiöputkikeräimet. (Arvinen, 2010).

Tyhjiöputkikeräin muodostuu yhdestä tai useammasta sarjaan kytketystä tyhjiöputkikennostosta. Kennosto sisältää useita jakotukkiin liitettäviä yksittäisiä tyhjiöputkia. Tyhjiöputkiaurinkolämpöjärjestelmän kokonaisteho on suoraan verrannollinen putkikennostojen määrään; mitä useampi kennosto, sitä suuremmat kokonaistehot.

Tyhjiöputki, rakenne ja toimintaperiaate.

Tyhjiöputki koostuu kahdesta lasipinnasta sekä niiden välissä olevasta tyhjiöstä. Kirkas päällimmäinen lasi laskee auringonsäteen läpi ja välissä olevalla tyhjiöllä lämpö eristetään putken sisälle. Sisemmällä tummalla lasipinnalla lämpö absorboidaan ja siirretään alumiinilevyihin, jotka siirtävät energian tyhjiöputken ytimessä olevaan kuparisauvaan. Lämmön vaikutuksesta sauvan sisällä oleva neste kaasuuntuu ja nousee voimakkaasti kuumenevaan putkenkärkeen, joka luovuttaa tuotetun lämmön järjestelmän lämmönsiirtonesteeseen (vesi tai glykoliseos). Kaasuuntunut neste kupariputken sisällä jäähtyy ja nesteytyy uudelleen. Neste valuu uudelleen takaisin putken alaosaan ja kierto alkaa uudelleen (kuva 16). (Polar Import Oy)



Kuva 16. Tyhjiöputken toimintaperiaate (Polar Import Oy).

3.1.4 Aurinkoenergian hyödyntäminen

Aurinkoenergiaa hyödynnetään aurinkolämmön sekä –sähkön tuottamisessa. Molemmissa järjestelmissä auringonsäteilyä siepataan ja sen sisältämää energiaa muokataan järjestelmästä riippuen lämmöksi tai sähköksi. Teknisesti laitteistot eroavat toisistaan, vaikka keräinten ja paneelien sijoittaminen sekä suuntaaminen noudattavat samaa periaatetta. (Öster & Motiva Oy 2009, 3)

Puhuttaessa aktiivisesta aurinkolämmityksestä auringonsäteilyn sisältämää energiaa otetaan talteen erillisellä keräinjärjestelmällä. Uusia rakennuksia suunniteltaessa tulisi hyödyntää myös passiivista aurinkolämmitystä. Tällöin talon sijainnilla, arkkitehtuurilla sekä talon rakenteilla voidaan optimoida auringonsäteilyn lämmittävää vaikutusta. (Öster & Motiva Oy 2009, 5)

Tuotettaessa energiaa aurinkokeräimillä pientalon lämmittämiseen voidaan lämmönjakotapana käyttää matalalämpöjärjestelmää, kuten vesikiertoista lattia-, ilma- tai vesipatterilämmitystä. (Öster & Motiva Oy 2009, 5)

Aurinkolämpöenergiaa hyödynnetään yleensä jonkin toisen lämmitysjärjestelmän kanssa ja sitä voidaan käyttää minkä tahansa lämmitysmuodon kanssa, jos kiinteistön lämmönjako tapahtuu matalalämpövesijärjestelmällä.

3.2 Bioenergia

Korvaamalla fossiilisia polttoaineita puhtaalla ja ympäristöystävällisellä bioenergialla vähennetään samalla haitallisia ilmakehän kasvihuonekaasu- ja rikkipäästöjä ja näin ollen torjutaan ilmastonmuutosta. (Bioenergia)

Maamme energiantuotosta noin viidennes katetaan puupolttoaineella (kuva 4). Koko bioenergian tuotannosta 98,5 % saadaan puusta ja puunjalostusteollisuuden puupohjaisista jäteliemistä. Bioenergiaa tuotetaan myös pieninä määrinä kierrätyspolttoaineilla, biokaasuilla, peltobiomassoilla ja biopohjaisilla polttonesteillä. Euroopan fossiilisten polttoainevarantojen heikkeneminen kasvattaa kiinnostusta bioenergiaa kohtaan. (Saarinen 2004, 2 ja Bioenergia)

3.2.1 Tulisijat

Maassamme on kaikkiaan 2 miljoonaa tulisijaa, joista puolet ovat varaavia tulisijoja ja loput ovat saunan kiukaita. Tulisijoissa käytetään polttopuuta yli 6 miljoonaa kuutiota vuosittain, joka on noin miljoona kuutiota yli metsähankkeen käytön tavoitteesta kuluvana vuonna. (Lappalainen 2005, 14)

Kun tulisijoissa käytetty puumäärä muutetaan lämmitysenergiaksi saadaan tulokseksi n. 15 TWh. Pientalojen energiankulutukseksi on laskettu n. 36 TWh, josta 40 % tuotetaan tulisijoilla (Nevalainen, 2010).

Muutaman vuosikymmenen hiljaiselon jälkeen tulisijojen arvostus on jälleen nousussa ja nykyisin varaava tai puolivaraava tulisija toimiikin lisälämmönlähteenä omakotitaloissa; vain harvoissa taloissa se toimii enää ainoana lämmönlähteenä. (Lappalainen 2005, 14)

Tulisijat ovat kehittyneet merkkituotteiksi, joita kehitetään tehokkaammin ja puhtaammin polttaviksi erilaisten ensiö- ja toisioilmankiertojen avulla. (Lappalainen 2005, 14)

3.2.2 Energiapuu

Polttopuumarkkinoilla puuta arvioidaan olevan 30 miljoonan euron arvosta, joka edustaa vain murto-osaa kaikesta poltettavasta puusta. Huomattava osa polttopuusta tehdään itse, saadaan sukulaisilta tai ostetaan harmailta markkinoilta. Tulevaisuudessa polttopuumarkkinoilla siirrytään uuteen aikakauteen, kun voimaan astuvat uudet laatustandardit ja muut määräykset. (Lappalainen 2005, 14)

Vuoteen 2020 asetettujen tavoitteiden mukaan energiapuun merkitys tulee korostumaan nykyisestä. Tavoitteiden mukaan metsähakkeen käytön tulee kolminkertaistua nykyiseen verrattuna. (Bioenergia)

Energiapuun hinta vaihtelee alueittain, puutyyppin ja klapin pituuden mukaan. Internetin mukaan Kuopion alueen myynnissä olevan polttopuun keskiarvo-hinta koivupuulle (pituus 40 – 50 cm) on n. 40 € /i-m³. (MottiNetti)

3.3 Tuulienergia

Maamme rannikko-, meri- ja tunturialueet sopivat erinomaisesti tuulivoiman tuotantoon. Tuulivoimapotentiaalia tullaan lisäämään nykyisestä 144 MW:sta merkittävästi noin 2 000 MW:iin vuoteen 2020 mennessä, joka tarkoittaa tuulivoimalla tuotetun sähkön osuuden nousua 6 TWh:iin. Nykyisellä kapasiteetilla, eli 118 voimalalla tuotetaan noin 0,3 % kulutetusta sähköstä. (Tuulienergia)

Tuulivoiman aiheuttamat ympäristövaikutukset ovat vähäisiä, koska sen tuotannosta ei synny lainkaan CO₂-päästöjä. Ainoat käytönaikaiset haitat aiheutuvat käyntiäänestä, maankäytöstä sekä voimalan aiheuttamasta maisemavai-
kutuksesta. (Tuulienergia)

Tulevaisuudessa laitosten teho kaksinkertaistuu nykyisistä 2 MW:sta noin 5 MW:iin (Tuulienergia).

3.4 Vesienergia

Vesienergia tai –voima on bioenergian jälkeen toiseksi suurin uusiutuva energialähteemme, jonka osuus vuonna 2007 kaikesta uusiutuvasta energiasta oli 14 % ja kaikesta energiantuotannosta noin 4 % vuonna 2008 (kuva 4). (Vesivoima)

Käytössä olevien 207 vesivoimalaitoksen yhteenlaskettu tuotantoteho on noin 3 000 MW, joilla tuotettiin sähköä 16,8 TWh vuoden 2008 aikana. Ympäristön-
suojelun vuoksi uuden vesivoiman rakentaminen on näillä näkymin erittäin epätodennäköistä ja siksi lisäkapasiteettia saadaan edullisimmin, kun kasvatetaan olemassa olevien laitosten tehoja. (Vesivoima)

3.5 Lämpöpumput

Perinteisen kotitalouden lämmöntuotannosta voidaan 40 - 66 % korvata uusiutuvaa energiaa hyödyntävillä lämpöpumpuilla. Säästöön vaikuttaa kohteen lämmöntarve sekä lämmityskohteen ominaisuudet, joita ovat mm. tilan koko ja käytetyt eristepaksuudet. (Lämpöpumpputeknologiat)

Lämpöpumpuilla siirretään maaperään tai veteen varastoitunutta lämpöä lämmönjakohuoneeseen ja siitä edelleen lämmönjakotavasta (vesi tai ilma) riippuen huoneistoon. Lämmönsiirto maasta, porakaivosta tai vedestä toteutetaan sitä varten asennetulla muoviputkikilillä, jossa kierrätetään jäätymätöntä liuosta. (Lämpöpumpputeknologiat)

Erilaisia lämpöpumpputekniikoita ovat

- ilmalämpö
- maalämpö
- vesistölämpö.

Omakotitalojen käyttöveden sekä huonetilojen lämmittämiseen käytetään maalämpöpumppuja, joilla otetaan talteen pintamaa-, kallio- tai vesistölämpöä. Lämmön talteen ottaminen voidaan tehdä myös ilmalämpöpumpuilla, mutta ne vaativat aina rinnakkaisen lämmitysvaihtoehdon, koska niitä ei voida käyttää alle kymmenen asteen pakkasessa. Keväisin ja syksyisin niillä voidaan pienentää lämmityskustannuksia. (Lämpöpumpputeknologiat)

4 PARHA-TALON LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ

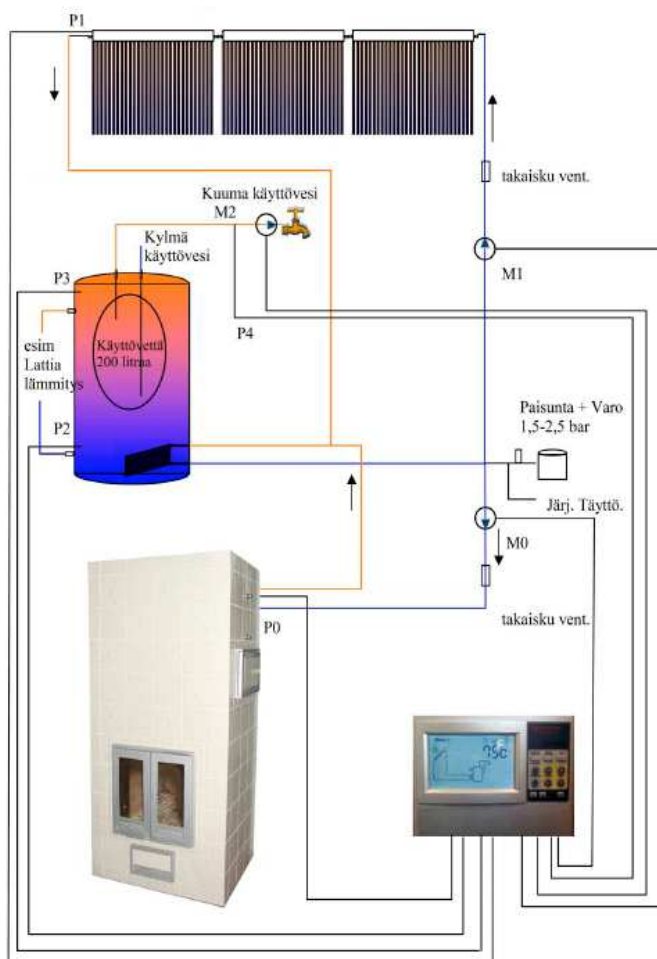
Parha-talon päälämmitysjärjestelmäksi on energiatodistuksessa ilmoitettu suora sähkölämmitys ja talon arvioitu energiankulutusmäärä on 21 434 kWh vuodessa, josta lämmitysenergian osuudeksi on ilmoitettu 14 184 kWh vuodessa. Suoran sähkölämmityksen rinnalle on rakennettu Tulikivi Oyj:n Kermansavimalliston Noora-tulisija (kuva 17), jonka kaakeloitu ulkokuori kätkee sisälleen yrityksen tulevaisuuden menestystuotteen.



Kuva 17. Noora-tulisija.

Tulisijassa on kaksoiskuorirakenne, jonka välissä olevassa ilmatilassa sijaitsee tulevaisuuden innovatiivinen Tulikivi-uutuus, yrityksen aiemmille tuotteille epätyypillinen absorptiolämmönvaihdin. Tulisijan lisäksi talon katolle Polar Import Oy:n Harri Hakkarainen on rakentanut ja asentanut lämmönvaihtimen kanssa samaan keräinpiiriin liitettävän tyhjiöputkiaurinkokerääjän. Tulisijan ja aurinko-tyhjiöputkikerääjän avulla tuotetaan energiaa talon teknisessä tilassa sijaitsevalle Jäspin hybridienergiavaraajalle.

Tulisija-aurinkokeräin-lämminvesivaraaja-yhdistelmää (kuva 18 ja liite 3) nimitetään kaikenkattavaksi koko talon lämmitysjärjestelmäksi, tulevaisuuden lämmitysjärjestelmäksi tai kolmannen sukupolven lämmitysjärjestelmäksi.



Kuva 18. Parha-talon lämmitysjärjestelmän kuva (Hakkarainen, 2010).

Tulisijassa sekä tyhjiöputkiaurinkokeräimissä kiertää lämmönsiirtoaineena glykoli-etyleni. Laitteistoa ohjaavalla automatiikalla säädetään mm. tulisijan ja aurinkokeräimen lämmönsiirtonesteen kiertovesipumppuja. Asetettujen lämpötilaerojen toteutuessa energiaa siirretään aina sieltä, missä sitä on tarjolla.

4.1 Lämmitysenergian tuottaminen

Tulikivi Oyj:n kaksoiskuorirakenteinen Noora-tulisija sisältää normaalisti toimivan takkaleivinuunin lisäksi absorptiolämmönsiirtimen (kuva 19), johon lämmityksen aikana uuninrakenteisiin varastoitunutta lämpöä siirretään. Lämmönsiirrin ei missään vaiheessa ole kosketuksissa savukaasujen kanssa, vaan lämpö johdetaan suoraan varaavasta massasta lämmönsiirtimen sisällä virtaavaan lämmönsiirtonesteeseen. Näin ollen järjestelmä on turvallinen, koska lämpötilat eivät pääse nousemaan liian korkeiksi. Innovatiivisen kaksoiskuorirakenteen avulla huonelämpötilat saadaan pysymään miellyttävällä tasolla tinkimättä leivinuunin paisto-ominaisuuksista.



Kuva 19. Tulikivi Green W10 –järjestelmä, lämmönsiirrinpaketilla varustetun tulisijan perusrakenne (Tulikivi Green, 2010).

Tulisijan lämmönsiirtimen nestemäärä riippuu tulisijamallista sekä lämmönsiirrinpaketinmallista. On olemassa kaksi erilaista lämmönsiirrinpakettia, joiden käytön määrää tulisijan rakenne sekä savuhormin kytkentäkohta. Noora-tulisijassa savuhormi lähtee tulisijan päältä, joka estää käyttämästä tulisijan yläpuoleista lämmönsiirrinpakettia. Tällöin lämmönsiirtimen kokonaisnestemäärä on 3 - 5 litraa.

4.2 Tyhjiöputkiaurinkokeräin

Tulisijan kanssa samaan keräinpiiriin on liitetty Parha-talon katolla sijaitsevat Polar Import Oy:n toimittamat Consol-tyhjiöputkiaurinkokeräimet. Keräinelementti sisältää 20 tyhjiöputkea (kuva 20). Katolla olevat 3 keräinelementtiä käyttävät yhteensä 60 tyhjiöputkea.



Kuva 20. Tyhjiöputkiaurinkokeräinelementti.

Yhden tyhjiöputken koko on 58 x 1 800 mm, ja sen tehoksi on ilmoitettu noin 60 W (säävarauksella). Keräinjärjestelmälle laskettu kokonaisteho aurinkoisena päivänä on 3 600 W. (Hakkarainen 2010.)

4.3 Hybridivaraaja ja lämmönjakaminen

Lämmönkeräyspiirin lämmönsiirtoneste noin 30 litraa sekä varalla olevat 2 x 6 kW:n vastukset lämmittävät yhdistelmäenergiavaraajan alakerrostuman vesivaroja, joilla puolestaan lämmitetään mm. yläkerrostuman käyttövesiosiota. Lämmönsiirtonesteena käytetään myrkytöntä glykoli-etyleeniseosta, jonka lämmönsiirto-ominaisuudet ovat hieman heikommät kuin puhtaan veden, mutta vastaavasti jäätymisenesto-ominaisuudet ovat paremmat. Lämmönsiirtonesteestä lämpö siirretään suureen vesimassaan hybridivaraajassa olevan aurinkokierukan avulla.

Tuotettu lämpöenergia jaetaan vesikiertoisella lattialämmityksellä sekä takaleivinuunin lämmityksen yhteydessä tapahtuvalla normaalilla lämpösäteilyenergialla.

5 MITTAUKSET PARHA-TALOSSA

Analysoitavia mittaustuloksia saadaan Parha-talossa kahdesta mittauspiiristä

- paikallisista mittauksista
- Itä-Suomen yliopiston ympäristöinformatiikan tutkimusryhmän suorittamista mittalaitteiden etäluennoista.

Ympäristöinformatiikan ryhmä analysoi asuntomessujen aikaan 11 eri talon tuloksia ja konstruktoi niistä erilaisia kuvaajia talon energiankulutuksesta (sähkö ja vesi), lämpötiloista sekä ilmanlaadusta (mm. hiilidioksidi, häkäarvot, kosteus, paine-erot). Lämmitysjärjestelmästä tehtyjen etäluettavien mittaustulosten analysoinnin keskeneneräisyyden vuoksi keskitytään analysoimaan tarkemmin paikallisia mittaustuloksia.

5.1 Paikalliset mittaukset

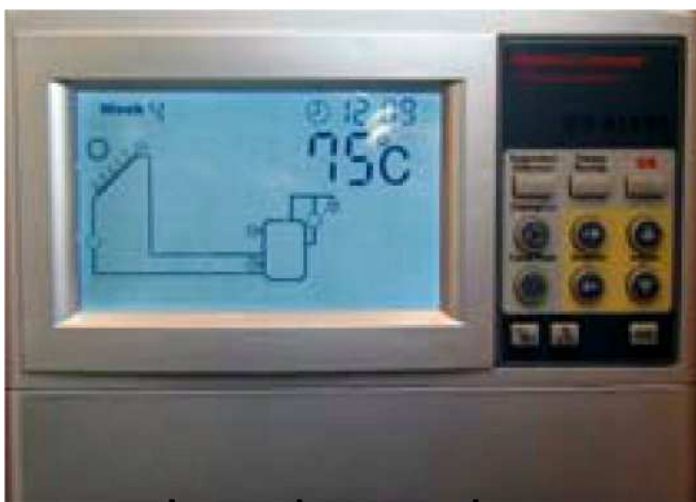
Paikalliset energiamittaukset suoritetaan Saint Gobain Pipe Systems Oy:n ulträänitoimisilla Hydrometer Sharky 773 -(aurinko)lämpöenergiamittareilla (kuva 21).



Kuva 21. Lämpöenergiamittarit sekä järjestelmän kiertovesipumput.

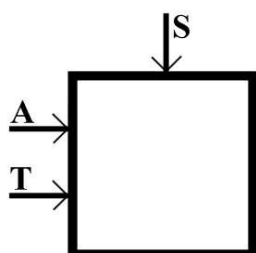
Paikallisten energiamittareiden ultraäänianturit ovat keruupiiriin menevissä putkissa (sijaitsevat kuvassa mittalaitteiden alla). Antureilla mitataan putken läpivirtausta. Mittalaitteisiin määritetyillä parametreillä saadut virtausarvot muutetaan hyödynnettäviksi energialukemiksi.

Lämmitysjärjestelmän ohjausjärjestelmässä on useita lämpötilan mittaustietoja (mm. Tulisijan ja aurinkokeräimen palaava neste, hybridivaraajan ala- ja yläkerrostuma). Ohjausyksikkö (kuva 22) ohjaa lämmönsiirtonesteen kiertovesipumppujen toimintaa palaavan nesteen lämpötilan ja lämminvesivaraajan alakerrostuman lämpötilaeron mukaan. Pumput käynnistyvät, kun asetettu lämpötilaero toteutuu. Sisätilan sekä uunin sisälämpötilan mittauksiin käytetään niihin sopivia lämpömittareita.



Kuva 22. Ohjausyksikkö, System Controller SR618C1.

Energia- sekä lämpötilamittausten lisäksi luetaan sähkömittarista päivittäiset sähköenergiankulutuslukemat. Järjestelmän "normaalissa käytössä" Parhatalolle tuotetaan käytettävää lämpöenergiaa auringolla (A), tulisijalla (T) sekä sähköllä (S) (kuva 23).



Kuva 23. Järjestelmän "Normaali käyttö".

5.2 Seurantajakso 19.4.-18.6.2010

Järjestelmä täytettiin ja säädettiin toimivaksi ennen seurantajakson alkua. Mitaukset aloitettiin 19.4.2010 ja ne kirjattiin Pekka Leppäsen lähettämien tietojen perusteella kehitettyyn Excel-taulukkolaskentapohjaiseen seurantakorttiin (kuva 24 ja liite 4). Seurantakorttiin otettiin päivittäiset tiedot järjestelmän ohjauslaitteen antamista lämpötiloista, Saint Gobain Pipe Systems Oy:n ultraäänitoimisista Hydrometer Sharky 773 -(aurinko)lämpöenergiamittareista saaduista energia- sekä tehoarvoista, ulkona vallitsevasta säätilasta, sisätilan- sekä uunilämpötilasta, lämmityskerran tarvitsemasta puumäärästä sekä kohteen kuluttamasta kokonaissähköenergian määrästä.

SEURANTAKORTTI, 2010					Hydrometer								
Huhtikuu	Uuni	Aurinko	Akerrost	Ykerrost	Uuni		Aurinko			Sisätila	Uuni sisä	Puu	Sähkö
Päivä/ aika	T0/°C	T1/°C	T2/°C	T3/°C	E/kWh	P/kW	E/kWh	P/kW	Säätila/ulkolämpö/yms. asiat	TS/°C	TU/°C	m/kg	E/kWh
1.4.													
2.4.													
3.4.													
4.4.													
5.4.													
6.4.													
7.4.													
8.4.													
9.4.													
10.4.													
11.4.													
12.4.													
13.4.													
14.4.													
15.4.													
16.4.													
17.4.													
18.4.													
19.4. / 11:42	41	34	20	17	41	1,83	50	3,38	Aur./p.pilvinen, 2-3 °C			20	
20.4. / 13:27	40	32	19	12	61	1,7	73	1,7	Puolipilvinen, 4-5 °C	18	260	19,8	
21.4. / 9:42	43	31	19	10	79	2,47	84	1,47	Aurinkoinen/ pilviharsoa, 5 °C	19	310	19	6028
22.4. / 10:39	26	25	20	14	99	-	106	1,17	Puolipilvinen 4 °C	19	-	-	6034
23.4.	38	25	21	8	114	-	-	-	Pilvinen, epävaka 1-2°C	19	250	19	
24.4.													
25.4.													
26.4. / 12:00	37	34	19	12	122	1,97	149	2,37	Aurinkoista 6°C	19	240	19	6102
27.4.	-	-	-	-	-	-	-	-	Pilvinen, sataa vettä 4-6 °C	19	-	-	-
28.4. / 11:00	59	55	48	14	132	1,71	161	1,76	Aurinkoista 6-8°C	19	320	18	6145
29.4. / 13:22	34	43	39	17	140	0	168	0	Pilvistä, 2-4 °C	19	-	-	6155
30.4. / 10:53	59	37	49	17	143	1,4	168	0	Pilvistä, 1-4 °C	21	290	18	6172

Kuva 24. Seurantakortti.

Seuraavissa taulukoissa 1 - 3 käsitellään viikoittain tuotettuja lämpöenergiämääriä.

Taulukossa 1 esitetään neljän ensimmäisen viikon aurinko-, tulisija- sekä sähköenergiamittausten tuloksia.

Taulukko 1. Mittaustulokset viikoilta 1-4 (viikot 16-19).

Aika	Aurinko	Tulisija	Yhteensä	Sähkö
vko	E/kWh	E/kWh	E/kWh	E/kWh
Viikko 16	99,9	106,3	206,2	6
Viikko 17	61,3	26,1	87,4	138
Viikko 18	66,4	71,6	138,0	142
Viikko 19	30,6	30,6	61,2	40

Ensimmäinen viikko oli hyvin viileä, joten lämmityssuunnitelman (liite 5) mukainen kolmen päivän peräkkäislämmitysjakso voitiin huoletta toteuttaa. Ensimmäiset tulisijasta saadut energiamittaustulokset (taulukko 1) olivat todella rohkaisevia, joiden perusteella tehtiin varovaisia laskelmia järjestelmän toimivuudesta ja tuotoista. Viikon kokonaistuotto oli 206,2 kWh.

Toisella viikolla tutkittiin saadun aurinkoenergian määrää sateisena aikana. Aurinkoenergian lisäksi tulisijaa lämmitettiin kolme kertaa ja sähköenergian kulutus oli 138 kWh. Toisen viikon kokonaistuotto oli 87,4 kWh.

Kolmannella viikolla tutkittiin järjestelmän kokonaistoimivuutta ja sitä, kuinka hyvin järjestelmän tuottavuus säilyy toisen energialähteen heikentyessä. Alkuvuokosta toteutettiin tulisijan lämmityssuunnitelmassa esitetty kahden päivän lämmitysjakso. Tulisijan kolmanneksi lämmityspäiväksi valittiin perjantai, koska haluttiin selvittää tulisijan tuottaman lämpöenergian riittävyys tulevan viikonloppun yli. Viikon kokonaistuotto oli 138 kWh.

Neljäs viikko alkoi pilvisen viikonloppun vuoksi heikosti ja pysyi samanlaisena koko viikon ajan. Lämminvesivaraajan alakerrostuman lämpötiloihin vaikutti omalta osaltaan Parha-talon uudet ovet sekä lattialämmityksen huonetermostaattien säätömahdollisuudet. Viikon kokonaistuotto oli 61,2 kWh.

Taulukko 2. Mittaustulokset viikoilta 5-9 (viikot 20-24).

Aika	Aurinko	Tulisija	Yhteensä	Sähkö
vko	E/kWh	E/kWh	E/kWh	E/kWh
Viikko 20	61,2	5,4	66,6	14
Viikko 21	57,6	1,8	59,4	54
Viikko 22	74,7	18,9	93,6	43
Viikko 23	82,8	4,5	87,3	67
Viikko 24	36,0	7,2	43,2	51

Viidennellä viikolla tarkasteltiin aurinkoenergian sekä sen tehon riittävyyttä asumattoman omakotitalon tarpeisiin. Sään puolesta aurinkoenergiaa oli tarjolla mainiosti, jopa järjestelmän varolaitteiden kestävyys yli. Torstaina järjestelmä kiehui ja testasi samalla järjestelmän varolaitteet. Toimenpiteinä suoritettiin pikainen säätäminen järjestelmän lauhdutukselle sekä samalla lisättiin kotona-poissa (holiday) toiminto ohjausyksikköön. Edellisestä tulisijanlämmityksestä oli kulunut aikaa jo viikko, kun päätin 19.4.2010 lämmittää tulisijaa aurinkoiseen aikaan ja seurata sen toimintaa tarkemmin. Seurasin palamista ja huomasin tulisijan puiden sytyttämisestä hiillosvaiheen alkuun kuluvan ajan olevan n. 3 tuntia. Viikon kokonaistuotto oli 66,6 kWh.

Kuudennen viikon aiheeksi valittiin kuumen käyttöveden kulutustestit. Ennen energialukemien kirjaamista tuli laskea kuumaa käyttövettä n. 15 min. ajan. Tällä testillä pyrittiin simuloimaan aamusuihkussa käyntiä. Putkitöiden kesken­eräisyyden vuoksi aloitus siirrettiin seuraavalle viikolle. Viikon kokonaistuotto oli 59,4 kWh. Kesäkuunvaihteessa tehdyn sähkömittarinvaihdon vuoksi maanantaina 31.5.2010 kirjattu sähkönkulutus on todellista kulutusta pienempi.

Kuumen käyttöveden testaukset suoritettiin pienistä ongelmista huolimatta seurantajakson kolmella viimeisellä viikolla. Ennen testiä järjestelmässä vallinneet lukemat kirjattiin talteen, jonka jälkeen vesihanasta laskettiin kuumaa vettä 15 min. ajan ja kirjattiin testin jälkeiset tulokset mittauskorttiin. Mittauksia tehtiin tulisijan lämmityksestä riippuen sekä sen vaikutuksista kuumen käyttöveden riittävyyteen, lämpötilaan yms. (taulukko 3 ja liite 6). Mittauksissa tutkittiin oliko testillä vaikutusta alkuperäisiin tuloksiin nähden. Tulisijan lämmityspäivän tulokset esitetään taulukossa 3 lihavoiduilla teksteillä.

Taulukko 3. Lämpötilatiedot vesitestien aikana.

Aika	Uuni	Aurinko	Akerrost	Ykerrost	Ero	Sisätila	Uuni sisä
Päivä/ klo	T0/°C	T1/°C	T2/°C	T3/°C	T0-T2	T S/°C	TU/°C
31.5. 12:07	22	49	38	51	-16	20	30
31.5. 12:38	22	51	39	46	-17		
1.6. 08:15	21	22	35	53	-14	20	
1.6. 08:40	21	27	37	43	-16	20	
1.6. 10:40	33	51	39	46	-6	21	350
1.6. 11:20	45	53	41	47	4	22	290
1.6. 11:42	49	51	37	42	12	24	280
2.6. 13:53	41	69	59	67	-18	24	42
2.6. 14:15	40	66	54	64	-14	24	42
3.6. 12:52	28	45	51	58	-23	23	20
3.6. 13:10	28	43	48	56	-20	23	20
4.6. 13:13	24	49	45	50	-21	22	18
4.6. 13:35	23	52	43	48	-20	22	18
7.6. 12:42	21	55	48	54	-27	22	10
7.6. 13:00	21	52	46	53	-25	22	10
8.6. 13:36	21	59	47	54	-26	21	10
8.6. 13:55	21	58	46	54	-25	21	10
9.6. 13:20	21	32	26	53	-5	21	10
10.6. 10:56	21	46	40	51	-19	22	10
10.6. 13:20	51	54	49	52	2	22	180
11.6. 16:50	38	56	53	63	-15	23	
14.6. 12:04	23	45	40	54	-17	22	10
14.6. 12:30	23	50	42	52	-19	22	10
15.6. 11:50	23	60	53	56	-30	21	10
15.6. 12:05	23	58	50	54	-27	21	10
16.6. 11:25	22	44	38	48	-16	22	10
16.6. 14:05	54	50	44	51	10	24	200
17.6. 12:13	45	63	56	57	-11	25	50
17.6. 12:30	45	57	53	56	-8	25	
18.6. 9:12	32	52	45	52	-13	23	25
18.6. 9:30	32	47	45	51	-13	23	

Taulukon tuloksista huomataan hybridivaraajan ylä- ja alakerrostumien (T2 ja T3) lämpötilojen muuttuvan kulutustestin aikana n. 2 °C.

Lämmitysjärjestelmän seurannan pituus oli kaksi kuukautta kestäen huhtikuun puolivälistä 19.4.2010 kesäkuun puoliväliin loppuen 18.6.2010. Jaksosta muotoutui lämmitysjärjestelmän toimivuutta kuvaava Excel-

taulukkolaskentapohjainen seurantapöytäkirja (liite 7). Siitä nähdään päivittäisten arvojen lisäksi viikoittaiset sekä kuukausittaiset kokonaislukemat sekä keskiarvot, koska tiettyjen arvojen analysoiminen kokonaisarvoilla ei ole mielekäästä. Suureiden keskiarvoilla saadaan paremmin järjestelmän toimivuutta kuvaavia arvoja ja kuvaajia. Mittausten edetessä seurantapöytäkirja sai toisen sivun, jonka tärkeimpänä viestinä ovat tulisijan lämmityskerroista saatavat puunlämpö- ja lämpösäteilyenergiat sekä prosentuaalinen jakautuminen varaajaan absorboituneen energian sekä normaalin lämpösäteilyn välillä.

5.3 Tilanne seurantajakson valmistumisen jälkeen

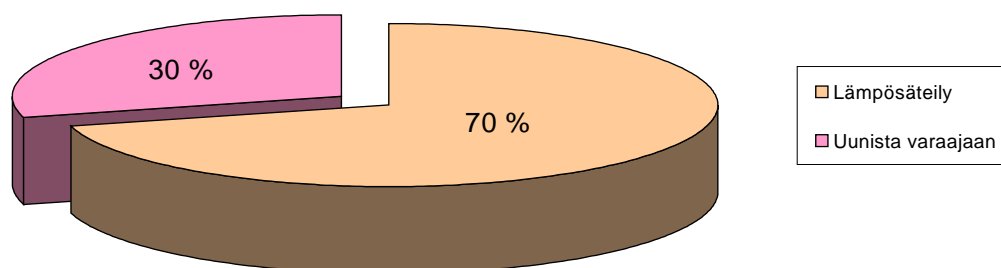
Kahden kuukauden seurantajakso päättyi ennen juhannusta. Seurantajaksole 19.4.- 18.6.2010 saatiin epävakaasta keväästä ja alkukesästä huolimatta sopimaan 17 lämmityskertaa, kuten seurantapöytäkirjasta nähdään (liite 7). Jokaisella kerralla tulisijaa lämmitettiin polttamalla noin 18 kg koivupuuta (Tulikivi Oyj:n lämmityssuunnitelman suositus), joka tarkoittaa lämmitysenergiana n. 54 kWh / lämmitys. Kesää kohden lämpösäteilyn ja lämmönvaihtimeen absorboituneen energian prosentuaalinen suhde pieneni. Seurantajakson alussa suhde oli 70 - 30 % ja kesäkuun loppupuolella absorboituneen energian määrä väheni suhteen ollessa 80 - 20 %. Koko seurantajakson keskiarvo pysyi suhteessa 70 - 30 % (taulukko 4 ja kuva 25).

Taulukko 4. Lämpösäteilyn ja absorboituneen energian osuudet puun kokonaislämpöenergiasta.

Aika	Puu	Puun lämpö-energia	Lämpö-säteily	Lämpö-säteily	Absorboitunut energia	Absorboitunut energia
kk	m/kg	E/kWh	E/kWh	%	E/kWh	%
Huhtikuu	132,8	398,4	266,0	66,8	132,4	33,2
Toukokuu	126,8	380,4	271,0	71,2	109,4	28,8
Kesäkuu	52,2	156,6	126,0	80,5	30,6	19,5
Yhteensä	311,8	935,4	663,0	70,9	272,4	29,1

Taulukon 4 prosentuaalisista arvoista piirretään kuva, joka esittää puun lämpöenergian jakaantumisen uunista varaajalle absorboituneeseen energiaan sekä normaaliin huoneelle/ savuhormiin siirtyneeseen lämpösäteilyenergiaan.

Seurantajakson 19.4- 18.6.2010 puun lämpöenergian jakaantuminen



Kuva 25. Lämpöenergian prosentuaalinen jakaantuminen.

Tulisijasta saatu energiamäärä riippuu lämmityskerroista sekä ajanjakson aurinkoisuudesta. Aurinkoisella säällä tulisijasta saatavan yhden lämmityskerran teho ei riitä auringosta saatavan tehon ylittämiseen, mutta on erittäin hyvänä lisänä silloinkin. Viikonlopun epävakampi säätila aiheuttaa sisätilojen viilenemisen, joka voidaan kompensoida nopeasti tulisijaa lämmittämällä tai vastaavasti hybridivaraajan sähkövastuksilla.

Normaalisti palamiseen kulunut aika oli noin kolme tuntia + hiillosvaihe, jolloin tulisijan pellit voidaankin jo sulkea ja lämmön absorboituminen lämminvesivaraajaan alkaa. Palaminen tapahtui ilman ongelmia, vaikka talolle suunniteltu tulisijan korvausilman saanti olikin välillä hieman ongelmallista. Kukaan ei osannut kertoa miten korvausilman venttiiliä ohjataan, joten välillä ilmanvaihtokoneen ollessa pois päältä jouduin avaamaan muutaman tuuletusikkunan korvausilmaa varten. Itä-Suomen yliopiston ympäristöinformatiikan ryhmän kehittämän AsTeKa-järjestelmän mukaan ainakin yhtenä lämmityskertana talossa oli häkää, joka johtui pysäytetystä ilmanvaihtokoneesta ja tulisijan lämpötilan tarkkailun vuoksi avattavasta leivinuunin luukusta. Alkupuolen lämmityskerroilla talon ovet olivat rakentamisen vuoksi jatkuvasti auki, joten tulisijan korvausilman saanti ei tuottanut ongelmia.

Paikallisten mittauksien mukaan tulisijan kokonaisenergiantuotto seuranta-ajanjaksolla oli 270 kWh, joka tarkoittaa keskiarvoisesti noin 5 kWh / päivä. Kun kokonaislukemaan lisätään poltetun puumäärän laskennallinen lämpösäteily 660 kWh saadaan kokonaislukemaksi 930 kWh, keskiarvolla 50 kWh / lämmitys. Jakson aikana tulisijassa poltettiin vähän yli 300 kg puupilkettä. Kerrotaan saatu tulos 3:lla (työtehoseuran suosittelema puunlämpöenergiämäärä, 1 kg polttopuuta on 3 kWh hyötylämpöä) päädytään uudelleen puunlämpöenergian kokonaismäärässä lukemaan noin 900 kWh (taulukko 5).

Lämmityksessä käytetty puumäärä oli 311,8 kg koivuhalkoja mikä tarkoittaa pino-kuutioiksi muutettuna 0,75 p-m³ tai irtokuutioiksi muutettuna 1,22 i-m³. Seurantajaksolla käytetyn puumäärän hinta toimittajasta riippuen määräytyy välille 50 - 60 €. Arvioidaan Parha-talon käyttämän polttopuun vuosikulutukseksi n. 10 i-m³. Käytetyn polttopuun hinnaksi saadaan n. 400 € / vuosi riippuen puuntoimittajasta. Arvio tehty kahden kuukauden toteutuneen tuloksen perusteella.

Taulukko 5. Tulisijan kuukausitason energiamäärät ja lämpötilatiedot.

Aika	Puu	Energiamäärät ja tehot				Lämpötilatietoja				Uuni sisä
		Uuni		Puun lämpö-energia	Lämpö-säteily	Uuni	Akerrost	Ykerrost	Ero	
kk	m/kg	E/kWh	P/kW	E/kWh	E/kWh	T0/°C	T2/°C	T3/°C	T0-T2	TU/°C
Huhtikuu	132,8	132,4	1,4	398,4	266,0	45,3	35,0	14,4	10,3	280,8
Toukokuu	126,8	109,4	0,5	380,4	271,0	32,3	37,9	60,9	-5,6	251,3
Kesäkuu	52,2	30,6	0,4	156,6	126,0	32,7	45,1	53,4	-12,4	220,0
Yhteensä	311,8	272,4	0,8	935,4	663,0	35,8	40,7	45,5	-4,9	243,0

Tulisijan hetkellistehon sarakkeessa P / kW on paikallisen mittausten kuukauden keskiarvo ja sama pätee myös lämpötila-arvoille kohdassa lämpötilatietoja. Huhtikuun yläkerrostuman vähäinen lämpötila johtuu ensimmäisen seurantaviiikon aikana olleesta alhaisesta lattialämmityksen lämpötilasta sekä auki olevista ovista. Lämpötilatiedoista uunin T0 ja alakerrostuman T2 välisen lämpötilaeron painuminen negatiiviselle johtuu tulisijan vähäisistä lämmityskerroista ja alakerrostuman saamista suurista auringonlämpöenergiälukumista. Harri Hakkarainen neuvoi pitämään silmällä uunin ja alakerrostuman välistä lämpötilaeroa ja otta- maan mukaan sen näihin mittaustuloksiin. Tulisijan sisällä lämmityksen jälkeen suoritettujen mittausten keskiarvo nousi yli 200 °C. Talossa mitattu sisälämpötila pysyi miellyttävällä 21 - 22 °C tasolla (mittaus suoritettu kauempana tulisijasta). Tulisijan lähellä lämpötila nousi selvästi, mutta tulisijassa olevan lämmönsiirti-

men vaikutus rajoittaa selvästi huoneelle säteilevää lämpösäteilyä. Tämä huomataan myös kosketuslämpöisestä tulisijan pinnasta, joka ei ole normaalien tulisijojen tapaan tulikuuma.

Alkuun suunnitellun kolmen tai neljän päivän lämmitysjakson aikana tulisijan ja lämminvesivaraajan alakerrostuman lämpötilaero tuntui olevan aivan liian suuri. Vaihtimen ensimmäisen viikon hyötysuhde ei ollut odotusten kaltainen. Harri Hakkaraisen mielestä järjestelmään ei saatu tarpeeksi virtausta, vähän yli 200 l tunnissa ei vastannut hänen odotuksiaan, jotka olivat n. 400 l tunnissa (perustuen laskelmiin, oman järjestelmänsä tuloksiin sekä muista vastaavista järjestelmistä saatuun kokemukseen). Järjestelmän säätämisen jälkeen virtausluke- mat saatiin paremmiksi. Muita ongelmia useamman peräkkäisen lämmityspäi- vän jaksossa ei havaittu.

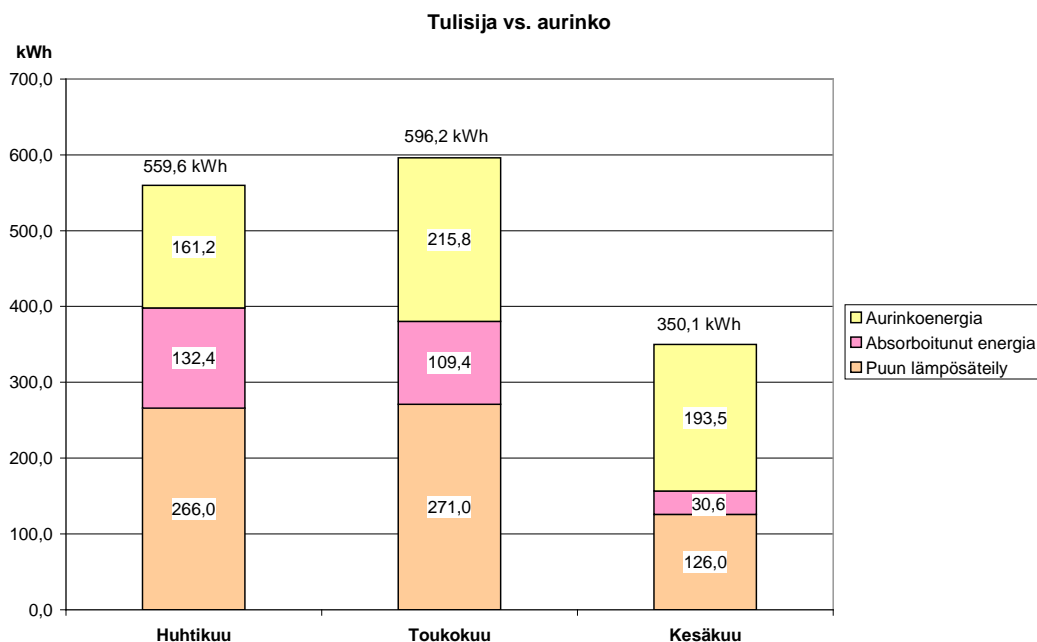
Lämmityssuunnitelman mukaisesti tuli järjestää samanlainen kolmen päivän lämmitysjakso silloin, kun Itä-Suomen yliopiston ympäristöinformatiikan tutki- musryhmä sai laitteet toimintaan. Huippulämpimien päivien sekä omien opiske- lukiireiden vuoksi lämmitysjakson toteuttaminen oli mahdotonta.

Tulisijasta ja auringosta saadut lämpöenergialukemat yhdessä nostavat järjes- telmän kokonaistuoton tasolle 1 500 - 1 600 kWh (taulukko 6). Nykyisillä ener- gianhinnoilla kokonaistuoton aikaansaama säästö seurantajaksolla on 150 - 160 €.

Taulukko 6. Tulisijan ja auringon lämpöenergialukemat.

Aika	Puun lämpö- säteily	Absorboitunut energia	Aurinko- energia	Yhteensä
kk	E/kWh	E/kWh	E/kWh	E/kWh
Huhtikuu	266,0	132,4	161,2	559,6
Toukokuu	271,0	109,4	215,8	596,2
Kesäkuu	126,0	30,6	193,5	350,1
Yhteensä	663,0	272,4	570,5	1505,9

Muodostetaan taulukosta 6 kuva 26, josta nähdään järjestelmän energiantuo- ton osuudet.

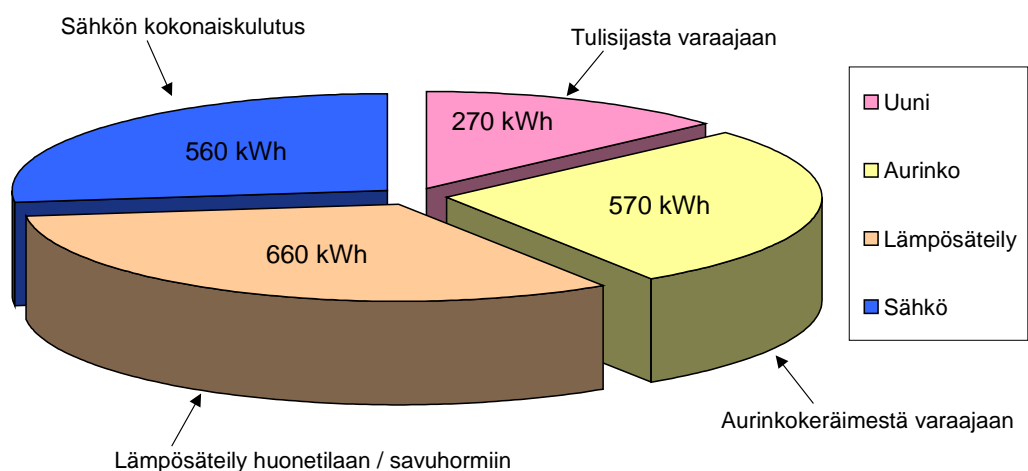


Kuva 26. Tulisijan ja auringon energiantuotto.

Kaikkien talossa käsiteltävien energiamuotojen vertailussa tulisija on ylivoimainen, kuten kuvasta 27 nähdään. Absorboitunut lämpöenergia (Uuni) sekä huonetilaan/ savuhormiin siirtyvä lämpösäteily kattavat puolet koko mittausjakson tuotetuista energiamääristä.

Energiamäärät seurantajaksolla 19.4- 18.6.2010

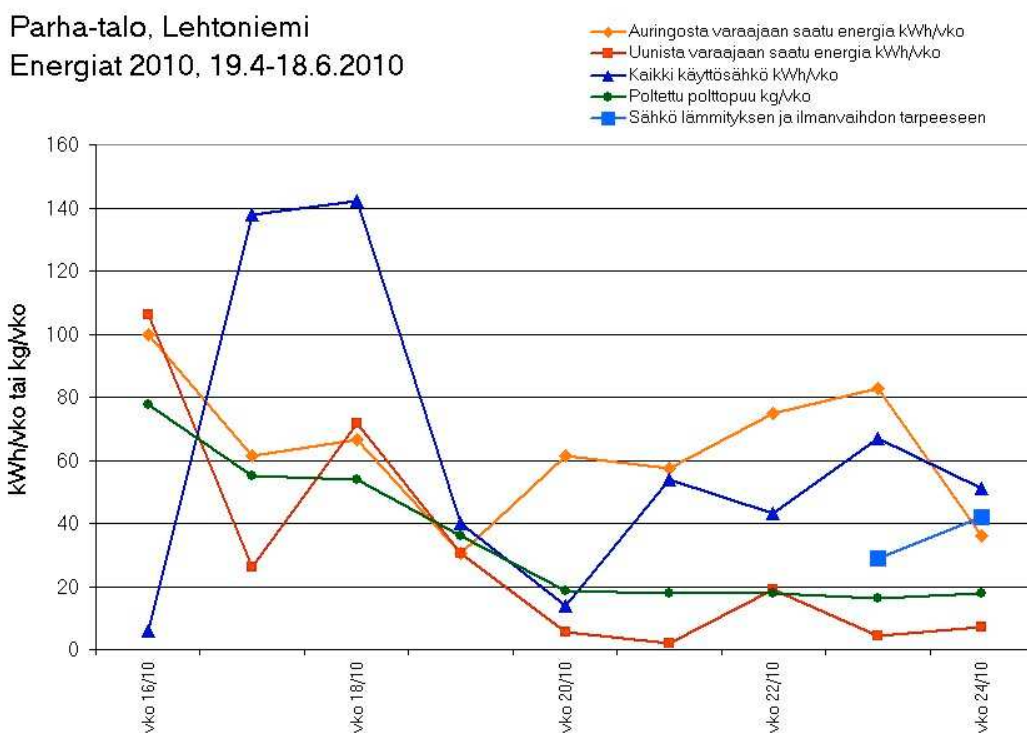
Parha- taloon tulisijalla, aurinkokeräimillä ja lämpösäteilyn voimalla tuotettu energiamäärä. Lisänä sähkön kokonaiskulutus.



Kuva 27. Energiamäärien jakaantuminen.

Sähkön kokonaiskulutukseen sisältyy rakennusaikainen sähkönkäyttö sekä myöhemmin toimintaan saadut ilmanvaihtokoneisto ja talon kodinkonelaitteet. Jos sähkön kokonaiskulutuksesta muutama 10 kWh ajatellaan lämmitykseen kuuluvaksi ja loput 550 kWh laite- sekä rakennusaikaiseksi kulutukseksi, huomataan kuvan muiden lohkojen muodostavan 75 % osuuden, joka on yleisesti tiedostettu lämmityksen ja lämpimän käyttöveden tuottamiseen kuluva osuus omakotitalojen energiankulutuksesta. Lämminvesivaraajasta kulutukseen siirtynyttä energiamäärää ei pystytä selvittämään paikallisista mittareista. Siihen tuotetut määrät ovat mitattavissa kiinteistön mittalaitteilla.

Tulisijan sekä aurinkolämpöenergian ansiosta sähkön kokonaiskulutuksessa on havaittavissa huomattavaa vähenemistä kahden ensimmäisen viikon kulutuksiin verrattuna (138 ja 142 kWh) (Kuva 28 ja liite 8).



Kuva 28. Energiantuotto kuvaaja.

6 INVESTOINTILASKELMAT

Tehdyn investoinnin yhteydessä suoritetaan myös asiaankuuluvat investointilaskelmat (taulukko 7), joista nähdään onko lämmityslaitteistoon tehty investointi kannattava. Suoritetaan investointilaskelmat käyttäen seuraavia menetelmiä:

- sisäinen korkokanta
- takaisinmaksuaika.

Investointiin liittyvät epävarmuustekijät selvitetään investoinnin herkkyyksanalyysissä.

6.1 Sisäisen korkokannan menetelmä

Sisäisen korkokannan menetelmällä selvitetään se korkokanta, jolla investoinnin nykyarvo tulee nolaksi. Tällöin nettotuotot ovat yhtä suuret kuin investointikustannukset. Investointi tulee kannattavaksi, kun sisäinen korko on vähintään yhtä suuri yrityksen tuottovaatimuksen kanssa. Suurin sisäinen korko määrää kannattavimman investointivaihtoehdon. (Havu 2004, 36)

6.2 Takaisinmaksuajan menetelmä

Takaisinmaksuaika on ajanjakso, minkä kuluessa investoinnin nettotuotot ylittävät perushankintakustannukset, eli tehty investointi maksaa itsensä takaisin. Takaisinmaksuaika lasketaan joko korottomana tai korollisena. Laskentatavat riippuvat yrityksen käytössä olevista takaisinmaksuaikavaatimuksista sekä investointien laajuuksista (Havu 2004, 38).

6.3 Työssä toteutuneet investointilaskelmat

Investoinnin suunniteltu käyttöikä on noin 30 vuotta. Siinä ajassa lämmitysjärjestelmää on jo uudistettu tai tullaan uudistamaan. Mahdollinen lisäinvestointi on lämminvesivaraajan uusiminen, jos sitä ei ole uusittu jo aiemmin. Lasketaan lämmitysjärjestelmän investointikulut kahdella eri tavalla

- Perusinvestointina
- Parha-talon kokoonpanolla.

Parha-talon lämmitysjärjestelmään tehty perusinvestointi sisältää:

- Tulisijan, Tulikivi Oyj, Kermansavi-mallisto, Noora-takkaleivinuuni, 6 210€
- Lämminvesivaraajan, Jäspi-hybridivaraaja 700 - 200, 2 000 €.

Peruslämmitysjärjestelmän hinta on yhteensä n. 8 000 €.

Parha-talon innovatiiviseen lämmitysjärjestelmään tehty investointi sisältää:

- Tulisijan, Tulikivi Oyj, Kermansavi-mallisto, Noora-takkaleivinuuni lämmönsiirrinpaketilla numero 1, lisähinta normaaliin tulisijaan verrattuna 1 500 €, eli yhteensä 7 710 €
- Aurinkolämpökeräimet, 60 kpl Consol tyhjiöputkia, 3 x 20 putken elementeissä, hinta 3 000 €
- Lämminvesivaraajan, Jäspi-hybridivaraaja 700 - 200, hinta 2 000 €, aurinkokierukalla varustettuna lisähintaa 500 €, yhteensä 2 500 €.
- koko systeemin ohjausjärjestelmä sekä säätäminen, sisältyy tyhjiöputkiaurinkokeräimien hintaan
- työt sekä tarvikkeet n 500 €.

Parha-talon lämmitysjärjestelmän hinta on yhteensä noin 13 500 €, josta innovatiivisen lämmitysjärjestelmän osuus on 5 500 €.

Investointilaskelmien ulkopuolelle jätetään Logi- valmis tekninen tilaratkaisu sekä Parha-talon lämmönjakotavan aiheuttamat kustannukset, koska asunto tarvitsee määräysten mukaan teknisen tilan ja lämmönjakotapa toteutuisi samalla tavalla ilman innovatiivista tulevaisuuden lämmitysjärjestelmää.

Lämmitysjärjestelmälle suoritetun mittausjakson perusteella kahden kuukauden säästö nykyisillä energiahinnoilla on 150 - 160 €. Varovasti arvioituna vuotuisen säästön määräksi saadaan asuntomessuilla messuvieraille ilmoitettu 1 000 €. Seurannan aikana talossa ei ollut normaalia kulutusta, joten takaisinmaksun arvioinnissa käytetään säästömääränä ensimmäisistä mittaustuloksista laskettua 1 000 € vuodessa, joka saadaan toteutumaan arvioidun normaaliasumisen perusteella.

Taulukko 7. Investoinnin takaisinmaksuaika sekä sisäinen korko.

0 % Laskentakorko						
Vuodet	Investointi	Nettotuotto	Jäännösarvo	Kassavirta	Nykyarvoinen	Nykyarvoinen
t	H	S	JA	yht.	kassavirta	kumulatiivinen
						kassavirta
0	-5500			-5500	-5500	-5500
1		1000		1000	1000	-4500
2		1000		1000	1000	-3500
3		1000		1000	1000	-2500
4		1000		1000	1000	-1500
5		1000		1000	1000	-500
6		1000		1000	1000	500
7		1000		1000	1000	1500
8		1000		1000	1000	2500
9		1000		1000	1000	3500
10		1000		1000	1000	4500
11		1000		1000	1000	5500
12		1000		1000	1000	6500
13		1000		1000	1000	7500
14		1000		1000	1000	8500
15		1000		1000	1000	9500
16		1000		1000	1000	10500
17		1000		1000	1000	11500
18		1000		1000	1000	12500
19		1000		1000	1000	13500
20		1000		1000	1000	14500
21		1000		1000	1000	15500
22		1000		1000	1000	16500
23		1000		1000	1000	17500
24		1000		1000	1000	18500
25		1000		1000	1000	19500
26		1000		1000	1000	20500
27		1000		1000	1000	21500
28		1000		1000	1000	22500
29		1000		1000	1000	23500
30		1000	2000	3000	3000	26500
Takaisinmaksuaika		5,5	vuotta	Sisäinen korko		18,1 %

Lämmitysjärjestelmän jäännösarvon arvioidaan 30 vuoden kuluttua olevan 2 000 €. Kumulatiivisen kassavirran nollakohta sijoittuu viidennen vuoden puoliväliin. Taulukon 7 mukaan lämmitysjärjestelmän lisäinvestoinnin takaisinmaksuajaksi saadaan 5,5 vuotta ja sisäisen koron määräksi 18,1 %.

6.4 Investoinnin herkkyyshanalyysi

Herkkyyshanalyysissä selvitetään investointiin liittyvät epävarmuustekijät ja tutkitaan samalla mahdollisten arviointivirheiden vaikutusta investoinnin kannattavuuteen yhden tai useamman kannattavuustekijän poiketessa käytetyistä investointilaskelman normaaleista arvoista (Havu 2004, 40)

Taulukoidaan yrityksen tekemän investoinnin herkkyyshanalyysi karkeita suunnitteluarvoja käyttäen (taulukko 8).

Taulukko 8. Muutosten vaikutus investoinnin takaisinmaksuaikaan.

Kannattavuustekijä	Suunnitteluarvo / €	Toteutuva arvo 50 % epäedullisempi	Investoinnin sisäinen korko / %	Takaisinmaksuaika / vuotta	Toteutuva arvo 50 % edullisempi	Investoinnin sisäinen korko / %	Takaisinmaksuaika / vuotta
Investointi	-5500	-8250	11,8	8,3	-2750	36,4	2,8
Nettotuotto	1000	500	8,6	11,0	2000	36,4	2,8
Jäännös	2000	1000	18,1	5,5	3000	18,1	5,5
Pitoaika	30	15	17,4	5,5	45	18,1	5,5

Taulukkoa 8 tutkittaessa huomataan herkemäksi 50 % epäedullisempi vaihtoehto. Järjestellään kannattavuustekijät kriittisyysjärjestyksessä taulukkoon 9 niiden herkkyyden mukaan, herkin eli kriittisin arvo ensimmäisenä.

Taulukko 9. Muutosten kriittisyysjärjestys.

Kannattavuustekijä	Investoinnin sisäinen korko	Suhteellinen lasku
	%	%
Nettotuotto	8,6	9,5
Investointi	11,8	6,3
Pitoaika	17,4	0,7
Jäännösarvo	18,1	0,0

Investoinnin kriittisiksi arvoiksi muodostuvat nettotuotto, itse investointi sekä pitoaika. Kaikilla näillä sisäinen korko on pienempi kuin työssä toteutuneessa investoinnissa.

7 TULOKSET JA POHDINTA

Työ onnistui TERTU-hankkeen puitteissa rajattujen tehtävien osalta erittäin hyvin. Työtä varten etsityn materiaalin ja tiedon perusteella rajaus tehtiin paikallisten mittaustulosten analysointiin. Mittauksissa edettiin Tulikivi Oyj:n lähettämän lämmityssuunnitelman mukaan ja saatuja tuloksia kirjattiin Pekka Leppäsen neuvojen mukaan tehtyyn mittaustaulukkoon. Työssä saadut tulokset ovat erittäin positiivisia ja paljon keskustelua herättäviä. Ihmisten aito kiinnostuminen huomiota herättävään energia-asiaan oli selvästi nähtävissä Kuopion asuntomessujen aikana. Energiahintojen nousu kannustaa suurta yleisöä etsimään uusia vaihtoehtoja nykyiseen energiantuotantorakenteeseen. Muutosta saadaan aikaan lämmityksen ja lämpimän käyttöveden tuottamisella, jotka ovat erittäin ratkaisevassa osassa nykyaikaisen omakotitalon energiankulutusympyrässä. Lämmitys ja lämminkäyttövesi kattavat omakotitalon energiankulutuksesta n. 75 %. Tuota osuutta pienentämällä vähenee myös loppusumma omakotiasujan sähkölaskussa.

Tulisija-aurinko-sähkö-hybridivaraaja yhdistettynä vesikiertoiseen matalalämmönjakojärjestelmään on erittäin varteenotettava vaihtoehto uusille sekä saneerausta ajatteleville omakotiasujille. Järjestelmän lisäkustannukset verrattuna peruslämmitysratkaisuun eivät nouse järjettömän suuriksi ja maksavat itsensä takaisin n. 5 - 6 vuoden aikana riippuen tulisijan lämmitysaktiivisuudesta sekä tulevien vuosien aurinkoisuudesta. Vuosittain Suomen leveysasteilla hyödynnettävää aurinkoenergiaa on saatavilla helmikuun puolivälistä aina marraskuulle saakka. Keväällä ja syksyllä säteilytehokkuus on heikompa, mutta siitä huolimatta auringon osuus vähentää muiden käytössä olevien energialähteiden osuuksia. Kesäisin lämmitysjärjestelmän toimiva jäähdytysratkaisu estää lämminvesivaraajan kiehumisen kääntämällä lämmönsiirtonesteen kulkusuunnan kohti katonvälitilassa sijaitsevaa jäähdytintä. Talvella lämmönriittävyttä varmistavat tulisijan tukena olevat hybridivaraajan sähkövastukset

Työn tuloksien käytännön mittaaminen on helppoa, joskin vaatii talon asukailta aktiivisuutta. Parha-talon asukkaat lukevat päivittäin energiamittareita

sekä monipuolisia lämpötilamittaustietoja ja pitävät luetuista tuloksista taulukkoa. Sillä voidaan laskea päivittäiset energiantuotot, käytetty sähköenergian määrä, järjestelmän lämpötilatiedot ja käytetty puumäärä sekä siitä saatava lämpöenergian määrä. Näiden tietojen perusteella saadaan tuotettua monipuolisia kuvaajia järjestelmän toimivuudesta ja toteutuvista energiasäästöistä. Laskettuna nykyisillä energiahinnoilla Parha-talon järjestelmän tuottama säästö tulee olemaan 1 000 € / vuosi ja vuosittaisen poltettavan puumäärän arvioidaan olevan n. 10 i-m³. Puumäärän kustannukset Kuopion alueen keskiarvohinnan perusteella ovat n. 400 € / vuodessa. Toteutuneiden energiantuottolukemien vertailu samankokoisten asuntomessukohteiden kanssa on vaikeaa, koska kyseiset tiedot eivät ole avoimesti saatavissa.

Työn tuloksista on tehty radiohaastattelu Yleisradioon kuuluvassa Kantti.net-portaalissa: Mahtuvatko asumisen energiatehokkuus ja terveellisyys saman katon alle / Energiatehokkuuden mallitalossa paino uusiutuvassa energiassa. Haastattelussa kerrotaan tarkempia työntuloksia sekä niiden vaikutusta omakotiasujan energiamalliin. Lisäksi Parha-talon tyhjiöaurinkoputkikerääjä esitellään sähkö- ja telealan ajankohtaislehden Sähkömaailma elokuun 2010 numerossa.

7.1 Johtopäätökset

Työhön tutustuessani sain paljon arvokkaita yhteystietoja. Otin yhteyttä Pekka Leppäseen ja kysyin millainen tiedonkeruujärjestelmä hänellä on käytössä. Sain vastauksen todella nopeasti ja hänen lähettämässään taulukoissa neuvottiin tiettyjä asioita, joiden perusteella tein omat tiedonkeruukorttini. Samaan aikaan otin yhteyttä lämmityssuunnitelman tiimoilta Tulikiven Martti Purtolaan, joka lähetti minulle yksityiskohtaisen lämmityssuunnitelman. Työn alkuvaiheessa kävin tutustumassa Polar Import Oy:n Harri Hakkaraisen oman lämmitysjärjestelmän saloihin ja mittausjärjestelmiin.

Työn alusta alkaen aikataulut oli vähän epävarmaa johtuen mittausajankohdasta, joka siirtyi alkuperäisestä suunnitelmasta poiketen kuukautta myöhemmäksi. Seurantajakson 17 lämmityskertaa loivat suuntaviivoja järjestelmän toimivuudesta ja ensimmäisen mittausviikon perusteella saadut tulokset yllättivät positiivisuudellaan kaikki projektissa mukana olleet.

7.2 Tulevaisuus

Tulevaisuudessa on tarkoitus tehdä Parha-taloon muuttaneille henkilöille pitkänajan valvontaa varten seurantapöytäkirjat, joihin he itse voivat kirjata järjestelmän toimivuutta kuvaavia energialukemia. Itä-Suomen yliopiston ympäristöinformatiikan tutkimusryhmä tulee seuraamaan tutkimusmielessä Parha-taloa sopimukseen kirjatun ajan.

8 YHTEENVETO

Tehtävänä oli suorittaa Parha-messutalon energiamittausjärjestelmän seurantaan ja dokumentointiin liittyvä mittausjakso ja mittausten analysointi. Jaksolla tuli tuottaa mittauksista mahdollisimman paljon lämmitysjärjestelmän toimivuutta havainnollistavaa dataa. TERTU-hankkeeseen kuuluvan AsTeKa-palvelun tuottaman datan liittämistä tähän kokonaisuuteen tutkittiin, mutta kesän lähestymisen vuoksi päädyttiin suorittamaan mittaukset Parha-talon paikallisista mittalaitteista. Näin ollen mittauksia päästiin suorittamaan heti, kun lämmitysjärjestelmä oli käyttöönottovalmiudessa. Haastavinta työssä oli vertailtavan mittausdatan löytyminen, koska aurinkolämpöenergian talteenottojärjestelmät kehittyvät koko ajan paremmiksi ei luotettavaa ja ajankohtaista mittausdataa ole saatavilla. Myös tulisijan mittausten ajankohta tuotti ongelmia alati lämpiävän ulkoilman vuoksi. Lämpimällä säällä tulisijan lämmittäminen tuntuu turhalta, kun aurinkoenergiaa on riittävästi saatavilla kuluttamattoman omakotitalon tarpeisiin nähden. Alkuperäistä mittausjaksoa jatkettiin toisella kuukaudella riittävien tulosten saamisen vuoksi ja näin ollen saatiin 17 tulisijan lämmityskertaa ja aurinkoenergiaa melkein joka päivältä. Sähkövastukset tuottivat lämminvesivaraajaan lämpöenergiaa useampana yönä ja se on nähtävissä suoraan sähkönkulutuslukemista.

Tämän tutkintotyön tietoja käyttäen voidaan selvittää tulevaisuuden lämmitysjärjestelmän laitteistojen toimittajat ja rakenteeseen kuuluvat laitteistot, niiden kytkentä sekä mittaukset. Lämmitysjärjestelmässä käytettävät kupariputkistot määräytyvät kohteen mukaan, joten olennaista ei ole se kuinka monta metriä kupariputkea on käytetty, vaan kohteen suunnittelu on ratkaisevaa.

Työ oli mielenkiintoinen ja haastava. Työn tulosten esittely Kuopion Lehtoniemen asuntomessualueella oli erittäin mielenkiintoinen kokemus. Järjestelmästä tehtyjä esitteitä jaettiin asuntomessujen aikana n. 1500 kappaletta. Ihmisten kiinnostuminen energia-asioihin oli odotettua suurempi ja yllätti monet messualueen toimijat. Opinnäytetyö laajensi tietoutta erilaisista lämmitysjärjestelmistä sekä tämän hetken uusiutuvan energian käytöstä sekä sen käyttötavoista.

LÄHTEET

Arvinen, M. 2010. Toimittaja, Sähköinfo Oy. *Valokuva*.

Bioenergia, Motiva Oy, [viitattu 7.6.2010]:

http://motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia

Energiatodistus, Motiva Oy, [viitattu 25.5.2010]:

<http://www.motiva.fi/rakentaminen/energiatodistus>

Erat, B., Erkkilä, V., Löfgren, T., Nyman, C., Peltola, S. & Suokivi, H., 2001, *Aurinko-opas, aurinkoenergiaa rakennuksiin*. Kirjakas ky, Nurmijärvi.

Erkkilä, V. 2003. *Aurinkolämpöopas rakentajille ja suunnittelijoille*. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.

Hakkarainen, H. Toimitusjohtaja. Polar Import Oy, *Henkilökohtainen tiedonanto*, 19.4.2010.

Havu, M. 2004. *Yritystalous*. Luentomateriaali.

Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu. Tietotekniikan koulutusohjelma.

Komulainen, K. 2006. *Aurinkolämpö – teknologia ja mahdollisuudet*. Pro gradu-tutkielma. Uusiutuvan energian koulutus- ja tutkimusohjelma. Jyväskylän yliopisto, Kemian laitos.

Lamit.fi, 2010. *Energiatodistus, Parha-talo*.

Lappalainen, I. 2005. Uusiutuvat energialähteet, *Motiva Xpress 3/2005: 14*.

Lappalainen, I., Mustonen S. & Motiva Oy. 2009. *Energiaa uusiutuvasti*. Lönnberg Print, Helsinki.

Leppänen, P. 2004. *Säästävä pientalo. Rannanpeltotalon mittaustulokset ja kokemukset 1997-2004*. Tammer-Paino Oy, Tampere.

Lämpöpumpputeknologiat, Motiva Oy, [viitattu 9.6.2010]:

http://motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat

Matalaenergiatalon määritelmiä, Motiva Oy, [viitattu 17.8.2010]:

http://www.motiva.fi/rakentaminen/millainen_on_energiatehokas_pientalo/matalaenergiatalon_maaritelmia

MottiNetti, [viitattu 20.9.2010]:

<http://www.mottinetti.fi/>

Nevalainen, A. Myyntipäällikkö. Tulikivi Oyj. *Kohti puhtaampia tulisijoja – paneelikeskustelu tulisijarakentamisesta ja tulisijojen päästörajoituksesta lauantaina 2.10.2010*. [viitattu 8.11.2010]:

http://www.astakoti.fi/liitetiedostot/editori_materiaali/868.pdf

Parha Oy, Perheyritys, Siilinjärvi, *Yritysesittely*, [viitattu 12.10.2010]:

<http://www.parha.fi/showpage.php?id=3>

Partanen, H. Lamit.fi – Myynti, Itä-Suomi, *Puhelinkeskustelu*, 14.9.2010.

Polar Import Oy, *Consol tyhjiöputkiaurinkokeräimet. Energiaa auringosta*, [viitattu 31.8.2010]:

<http://www.polarimport.com/pages/tuotteet/consol-tyhjiöputkiaurinkokeräimet.php>

Polar Import Oy, *Yritysesittely*, [viitattu 9.11.2010]:

<http://www.polarimport.com/pages/etusivu.php>

Rautiainen, K. 2010. *Kuopion Asuntomessujen Energiatehokkuuden mallitaloksi on valittu Parha-talo, kohde nro 24*. Motiva Oy, Tiedotteet 2010, [viitattu 13.9.2010]:

http://motiva.fi/ajankohtaista/motivan_tiedotteet/2010/?2909_m=3411

Rautiainen, K. Johtaja. Pientaloteollisuus PTT ry. *Puhelinkeskustelu*, 20.9.2010.

Saarinen, S. 2004. *Kodin Rakennustieto kevät 2004*. Lehti-artikkeli, Lämmitys, Kotimaiset energialähteet tuovat energiahuoltoon varmuutta.

Tilastokeskus 2009. *Energiankulutus*, [viitattu 25.5.2010]:

http://www.stat.fi/til/ekul/2008/ekul_2008_2009-12-14_tie_001_fi.html

Tulikivi Oyj, *Lyhyt yrityspäähkinä*, [viitattu 9.11.2010]:

<http://www.tulikivi.fi/www/kotifi.nsf/WWWMedia/EsittelysivuY!OpenDocument&id2=MY1>

Tulikivi Green –puhdasta lämpöä, 2010. Tulikivi Oyj, esite.

Tuulienergia, Motiva Oy, [viitattu 8.6.2010]:

http://motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/tuulienergia

Uusiutuvan energian käyttö Suomessa, Motiva Oy, [viitattu 3.6.2010]:

http://motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/uusiutuvan_energian_kaytto_suomessa

Valtioneuvosto 2008. *Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia*. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 6. päivänä marraskuuta 2008.

Vesivoima, Motiva Oy, [viitattu 8.6.2010]:

http://motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/vesivoima

Öster H. & Motiva Oy, 2009. *Auringosta lämpöä ja sähköä*. Yhteistyössä Aurinkoteknillisen yhdistys ry:n kanssa. Libris.

Liite 1: Energiatodistus.

01.1.2010/2010/energiatodistus.fi This document is created with **RAMM** PRO

ENERGIATODISTUS

Rakennus Rakennustyyppi: Pienet asuinrakennukset Osoite: Helmikuja 10 70840 KUOPIO	Valmistumisvuosi: 2010 Rakennustunnus: 297 - 33 - 26 - 5 Asuntojen lukumäärä: 1
---	--

Energiatodistus perustuu laskennalliseen kulutukseen ja on annettu

rakennuslupamenettelyn yhteydessä

erillisen tarkastuksen yhteydessä

ET-luku	Vähän kuluttava	Rakennuksen ET-luokka
-150		
151-170		
171-190		
191-230		
231-270		
271-320		
321-		
<i>Paljon kuluttava</i>		

Rakennuksen energiatehokkuusluku(ET-luku. kWh/bm²/vuosi): **148**

Energiatehokkuusluvun luokitteluasteikko: **Pienet asuinrakennukset**

Energiatehokkuusluokitus perustuu rakennuksen laskennalliseen energiankulutukseen. Todellinen kulutus riippuu rakennuksen sijainnista, asukkaiden lukumäärästä ja asumistottumuksista.

Todistuksen antaja: Aki Partanen Jännemäentie 51 70940 JÄNNEVIRTA	Todistuksen tilaaja: Parha Oy / Aki Partanen Jännemäentie 51 70940 JÄNNEVIRTA
Allekirjoitus:	
Todistuksen antamispäivä: 7.4.2010	Todistuksen viimeinen voimassaolopäivä: 7.4.2020

Energiatodistus perustuu lakiin rakennusten energiatodistuksesta (487/2007) ja 19.6.2007 annettuun ympäristöministeriön asetukseen energiatodistuksesta. Tämä energiatodistus on asetuksen lomakkeen 1 mukainen.

[8]

Energiatodistus.

ENERGIATODISTUKSEN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT					
Rakennuksen laajuustiedot					
Bruttoala	145,00 brm ²				
Rakennustilavuus	493,50 rak-m ³	Ilmatilavuus	336,00 m ³		
Huoneistoala	128,20 hum ²	Henkilömäärä	4		
Rakenteet					
Rakennusosat		Pinta-ala (m ²)	U-arvo (W/m ² K)		
Ulkoseinä		94,40	0,14		
Yläpohja		128,20	0,10		
Alapohja		128,20	0,12		
Ovet		4,20	0,92		
		2,10	1,10		
Ikkunat				g _{ikkuna}	F _{ikkuna}
Pohjoinen		5,44	0,85	0,40	0,75
Itä		6,72	0,85	0,40	0,75
Etelä		7,28	0,85	0,40	0,75
Länsi		4,20	0,85	0,40	0,75
Tehollinen lämpökapasiteetti C _{rak, omin.}		85 Wh(brm ² K)			
Ilmanvaihto					
Rakennuksen ilmanvuotoluku n ₅₀		Asuinrakennus:	2,0 1/h		
Ilmanvaihdon poistoilmavirta		SunAIR Premium 540:	0,047 m ³ /s		
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde		SunAIR Premium 540:	70 %		
Vedenkulutus					
Lämpimän käyttöveden kulutus			73,00 m ³ /vuosi		
Huoneistokohtainen vedenmittaus ja laskutus			kyllä <input checked="" type="checkbox"/>	ei <input type="checkbox"/>	
Lämmitysjärjestelmät					
Lämmönkehitys	Sähkölämmitys				
Sisältää käyttöveden lämmityksen				kyllä <input checked="" type="checkbox"/>	ei <input type="checkbox"/>
Lämmönjakotapa	Vesikiertoinen lattialämmitys (meno 40 °C/paluu 35 °C)				
Lämmönvaraajat	Lämmitysvesivaraaja: 1 x 0,50 m³				
	Käyttövesivaraaja: 1 x 0,20 m³				
Lämpimän käyttöveden kiertojohto				kyllä <input type="checkbox"/>	ei <input checked="" type="checkbox"/>
Kiertojohtoon on liitetty märkätilojen lämmityslaitteita				kyllä <input type="checkbox"/>	ei <input checked="" type="checkbox"/>
Energiatodistuksen laskenta					
Lämmitysenergian kulutus			14 184 kWh/vuosi		
Laitesähköenergian kulutus			7 250 kWh/vuosi		
Jäähdytysenergian kulutus			0 kWh/vuosi		
Rakennuksen energiankulutus yhteensä			21 434 kWh/vuosi		
Rakennuksen energiatodistuksen laskenta			148 kWh/brm²/vuosi		

Energiatodistus.

YHTEENVETO													
Lämpölämmit													
	tam	hel	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	lok	mar	jou	
Alapohja:	160	155	163	188	195	177	160	149	133	126	122	137	1 866 kWh
Yläpohja:	301	286	225	192	102	56	57	59	120	184	199	266	2 049 kWh
Seinät:	311	295	232	198	105	58	59	61	124	189	205	274	2 112 kWh
Ovet:	145	138	108	92	49	27	28	28	58	89	96	128	987 kWh
Ikkunat:	472	448	353	301	160	88	90	93	189	288	312	417	3 211 kWh
Vuotoima:	211	200	157	134	71	39	40	41	84	128	139	186	1 432 kWh
Iltanvaihto:	398	377	297	253	135	74	76	76	159	243	263	351	2 704 kWh
Jäikilämmityspatteri:	144	142	79	55	0	0	0	0	0	44	61	114	639 kWh
Käyttövesi													
	tam	hel	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	lok	mar	jou	
Käyttövesi:	362	327	362	350	362	350	362	362	350	362	350	362	4 258 kWh
Lämmitysjärjestelmät													
	tam	hel	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	lok	mar	jou	
Tilojen lämmitys:	732	701	594	584	456	308	319	319	446	594	722	732	6 507 kWh
Käyttöveden lämmitys:	389	351	389	376	389	376	389	389	376	389	376	389	4 577 kWh
Sähkölaitteet													
	tam	hel	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	lok	mar	jou	
Kiinteistö-/laitesähkö:	616	556	616	596	616	596	616	616	596	616	596	616	7 250 kWh
Lämpökuormat													
	tam	hel	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	lok	mar	jou	
Henkilöt:	99	89	99	95	99	95	99	99	95	99	95	99	1 160 kWh
Lämmitysjärjestelmä (tila):	512	491	416	409	319	216	223	223	312	416	505	612	4 555 kWh
Lämmitysjärjestelmä (vesi):	122	110	122	118	122	118	122	122	118	122	118	122	1 437 kWh
Sähkölaitteet:	394	356	394	381	394	381	394	394	381	394	381	394	4 640 kWh
Aurinko:	32	153	253	415	145	164	137	114	73	128	27	13	1 653 kWh
Jäähdytys													
	tam	hel	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	lok	mar	jou	
Jäähdytys:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 kWh
Yhteensä													
	tam	hel	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	lok	mar	jou	
Rakennuksen vaippa:	1 390	1 322	1 101	972	611	407	394	390	624	876	935	1 223	10 243 kWh
Lämpölämmit:	1 998	1 899	1 555	1 359	817	521	509	509	886	1 247	1 337	1 760	14 379 kWh
Lämmitysjärjestelmät:	1 121	1 052	983	960	845	684	707	707	822	983	1 098	1 121	11 084 kWh
Lämpökuormat:	1 159	1 199	1 283	1 419	1 079	975	975	951	980	1 158	1 127	1 140	13 444 kWh
Lämpökuormat (hyöd.):	1 157	1 194	1 237	1 234	800	519	508	508	826	1 078	1 084	1 134	11 279 kWh
Yhteensä:	2 578	2 314	1 916	1 681	1 478	1 282	1 325	1 325	1 459	1 767	1 948	2 362	21 434 kWh

Liite 2: Teematalo kilpailukutsu.

Arvoisamessurakentaja

Kohteesi on valittu Motiva Oy / Rakennusmestarit ja –insinöörit AMK RKL ry :n yhteistyössä valitseman kolmen mallikelpoisen rakentamisen teeman ennakoarviointi kohderyhmän yhdeksi valintakohteeksi. Valinta kohteita on, joka teemasarjassa kolme, joista ryhmä tekee valinnan.

Teemaryhmän aineistoa voit täydentää niillä suunnitelmilla ja lähtötiedoilla, joilla katsot olevan merkitystä teemaryhmän valinnan suoritukseen.

Kolmen teeman mukaan ryhmitelty rakentamisen näkökulma on seuraava:

Valitut kohteet:

- Rakennustekninen näkökulma.
Kohde 28 Aamunsäde, kohde29 Villa Valo ja kohde 30 Hirsikukko.
- Talotekniikan näkökulma.
Kohde 18 Sami-talo, kohde 24 Parha-talo ja kohde 26 RTV-pintamateriaalitalo.
- Energiatekniikan näkökulma.
Kohde 6 Terca Tiilitalo Kotikallio, kohde 31 Teematalo ja kohde 33/34 LämpöHelmi-paritalo.

Aineisto on lähetettävä aluevalvoja Esa Koposelle viimeistään perjantaina 8.5.2010 sähköpostilla esa.koponen@kuopio.fi

Tiedusteluihin vastaa Esa Koponen 0447185172 ja Matti Antikainen 0400670620.

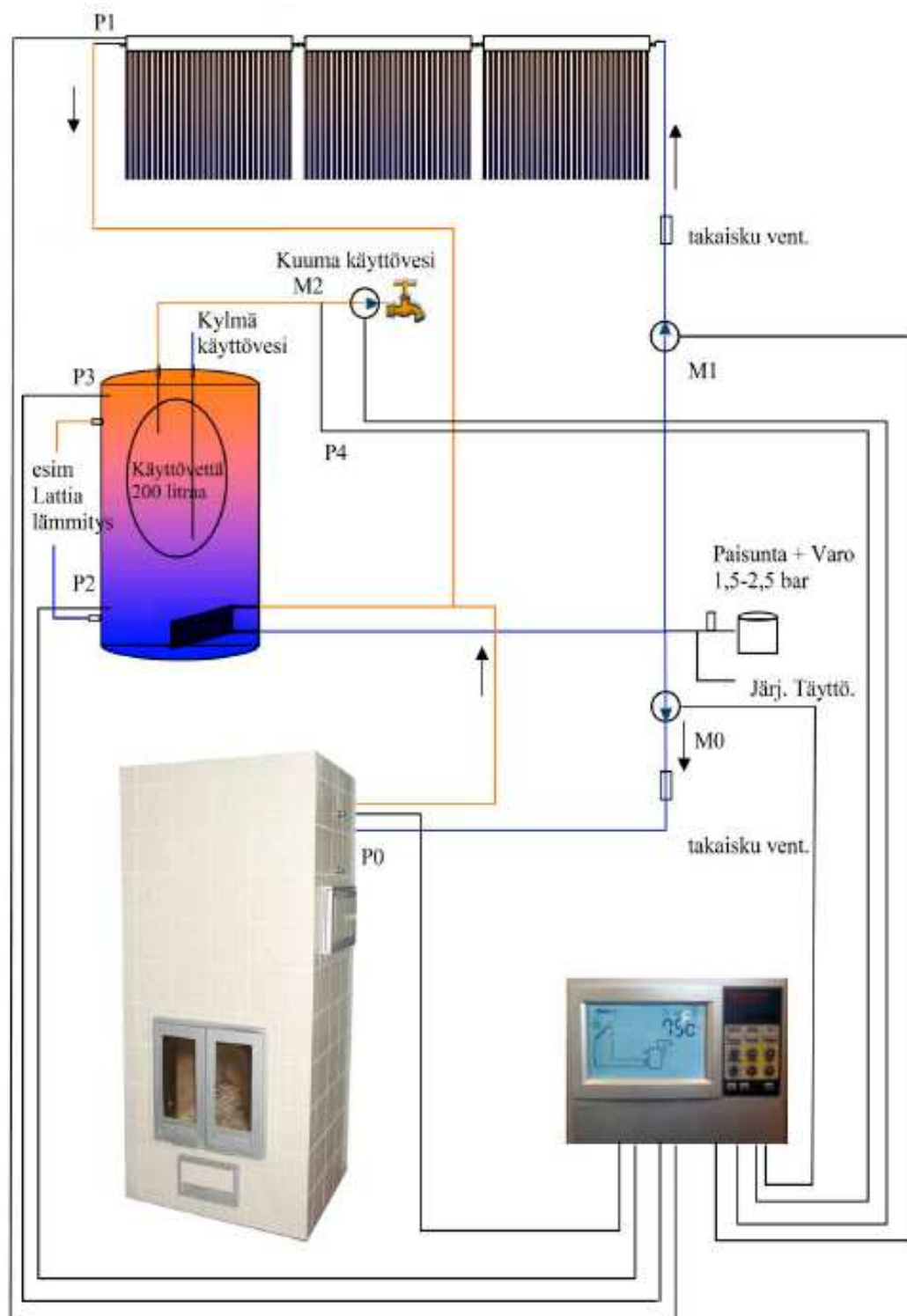
Terveisin

Valintaryhmä:

Puheenjohtaja Eero Reijonen kansanedustaja

Jäsenet; Ahti Juntila toimitusjohtaja Rakennusmestarit ja –insinöörit AMK RKL, Pasi Hulkkonen projektijohtaja Suomen asuntomessut Oy, Kimmo Rautiainen johtava asiantuntija Motiva Oy, Ilkka Salo toimitusjohtaja Teknologiateollisuus Oy, Aira Pesonen rakennusmestari Kuopion kaupunki, Esa Koponen paikallisvalvoja asuntomessut Kuopio 2010, sihteerinä Matti Antikainen Rakennusmestarit ja –insinöörit AMK RKL.

Liite 3: Lämmitysjärjestelmän kuvaus.



Lähde: Harri Hakkarainen

Liite 5: Lämmityssuunnitelma.

Suunnitelma 1 (1)

19.4.2010

LÄMMITYSSUUNNITELMA

Tulikiven intressi

Tulikiven intressinä on saada mahdollisimman paljon tietoa eri lämmitysjärjestelmien yhteiskäytöstä tulisijaan asennetun lämmönvaihtimen kanssa.

Laite

Lämmönvaihdin on asennettu Johanna Takkaleivinuuniin. Johanna takkaleivinuunin ohjeistettu kertapolttoannos on 18 kg polttopuuta.

Poltto

Koska lämmityskausi on loppuillaan, poltto suoritetaan joka toinen tai joka kolmas päivä lämmöntarpeen mukaan. Polttoja suoritetaan lopun lämmityskauden ajan. Lisäksi alussa poltetaan yksi jakso, jossa suoritetaan poltto päivittäin kolmena päivänä peräkkäin, jolloin voidaan todeta tällaisesta poltosta aiheutuvat ongelmat.

Jokaisen polton yhteydessä puut punnitaan ja niiden kosteus mitataan (mikäli mahdollista).

Data

Mittausdatana kerätään:

- tulisijan pintalämpötilat
- tulisijasta veteen siirtyvä energia
- muista järjestelmistä saatavat energiat
- asunnon kokonaislämmitysenergia
- tiedot järjestelmän toiminnasta (ongelmatilanteet, muut huomioitavat seikat)



TULIKIVI
Koska maailma on kylmä

Tulikivi Oyj, FI-03900 Juuka puh. 0207 636 285 fax 0207 636 XXX
jari.suvinen@tulikivi.fi www.tulikivi.com
VAT-tunniste FI 03800801, Y-tunnus 0380080-1 Kotipaikka Juuka

Liite 6: Vesitestien vaikutus.

Vesitestit	Uuni	Aurinko	Akerrost	Ykerrost	Ero	Uuni	Aurinko	Säätietiedot	Sisätila	Uuni sisä	Sähkö	
Päivä/ klo	T0/°C	T1/°C	T2/°C	T3/°C	T0-T2	E/kWh	E/kWh		TS/°C	TU/°C	E/kWh	
31.5. 12:07	22	49	38	51	-16	9,0	22,5	Aurinkoista, 13-15 °C	20	30	4	* Mittarinvaihto, viikonlopun sähkönkulutus ei ole tiedossa
31.5. 12:38	22	51	39	46	-17	0,0	0,9				1	
31.5. Yht						9,0	23,4				5	
1.6. 08:15	21	22	35	53	-14	0,0	11,7	Aurinkoista, 13 °C	20		9	Vesitesti 15 min, jossa 11 min ajan kuumaa vettä
1.6. 08:40	21	27	37	43	-16	0,0	0,9	Aurinkoista, 13 °C	20			Vastus päälle, sammui noin 9:40
1.6. 10:40	33	51	39	46	-6	0,0	1,8	Aurinkoista	21	350	10	
1.6. 11:20	45	53	41	47	4	0,0	0,9	Aurinkoista	22	290	1	Läm. vettä 5 min -> kylmää vettä, syy Holiday-asento
1.6. 11:42	49	51	37	42	12	0,0	0,9	Aurinkoista, 15-18 °C	24	28 0	1	Klo 12 lämmitysmuodot (uuni, aurinko ja sähkö) ja Holiday-
1.6. Yht						0,0	16,2				21	asento kytk. pois, legionella-toiminto lvv:ssä
2.6. 13:53	41	69	59	67	-18	9,9	17,1	Aurinkoista, 18 °C	24	42	11	15 min kuumavedenkulutustesti
2.6. 14:15	40	66	54	64	-14	0,0	0,9	Aurinkoista, 18 °C	24	42	1	
2.6. Yht						9,9	18,0				12	
3.6. 12:52	28	45	51	58	-23	0,0	9,0	Sadetta ja pilv. 13 °C	23	20	2	15 min kuumavedenkulutustesti
3.6. 13:10	28	43	48	56	-20	0,0	0,0	Sadetta ja pilv. 13 °C	23	20	1	
3.6. Yht						0,0	9,0				3	
4.6. 13:13	24	49	45	50	-21	0,0	7,2	Puolipilvistä, 13-15 °C	22	18	2	15 min kuumavedenkulutustesti
4.6. 13:35	23	52	43	48	-20	0,0	0,9	Puolipilvistä, 13-15 °C	22	18	0	Testin jälkeen vastus napsahti päälle
4.6. Yht						0,0	8,1				2	
7.6. 12:42	21	55	48	54	-27	0,0	30,6	Puolipilvinen, 12-13 °C	22	10	17	15 min kuumavedenkulutustesti
7.6. 13:00	21	52	46	53	-25	0,0	0,9	Puolipilvinen, 12-13 °C	22	10	0	
7.6. Yht						0,0	31,5				17	
8.6. 13:36	21	59	47	54	-26	0,0	18,9	Aurinkoista 15-16 °C	21	10	7	15 min kuumavedenkulutustesti
8.6. 13:55	21	58	46	54	-25	0,0	0,9	Aurinkoista 15-16 °C	21	10	0	
8.6. Yht						0,0	19,8				7	
9.6. 13:20	21	32	26	53	-5	0,0	9,9	Pilvistä 10-13 °C	21	10	7	Vesi poikki asennustöiden vuoksi. 13:39 alakerrostuman vastus
10.6. 10:56	21	46	40	51	-19	0,0	1,8	P.pilv./aur. 13-15 °C	22	10	16	päälle ja pois 13:41. Kiuas lisää sähkönkulutusta
10.6. 13:20	51	54	49	52	2	0,0	3,6	P.pilv./ aur. 15 °C	22	180	8	Tuparipäivän lämmitykset
10.6. Yht						0,0	5,4				24	Talo on valmis asuttavaksi. Tuparipäivä, kulutuksia n. 40
11.6. 16:50	38	56	53	63	-15	4,5	16,2	Puolipilvinen 18-20 °C	23		12	henkilön mukaan
14.6. 12:04	23	45	40	54	-17	0,0	5,4	Puolipilvinen, 12 °C	22	10	11	Tuparipäivän jälkeinen päivä, ei uunilämmitystä eikä kulutusta
14.6. 12:30	23	50	42	52	-19	0,0	0,0	Puolipilvinen, 12 °C	22	10	1	paitsi koneiden kuluttama taloussähkö
14.6. Yht						0,0	5,4				12	Sateisen v.lopun jälkeen, 15 min testi, lämmintä vettä näyttää
15.6. 11:50	23	60	53	56	-30	0,0	12,6	Puolipilvinen, 13 °C	21	10	9	Alakerrostuman vastus päälle 12:19
15.6. 12:05	23	58	50	54	-27	0,0	0,9	Puolipilvinen, 13 °C	21	10	1	
15.6. Yht						0,0	13,5				10	
16.6. 11:25	22	44	38	48	-16	0,0	2,7	Pilvistä satelee 8 °C	22	10	9	15 min kuumavedenkulutustesti
16.6. 14:05	54	50	44	51	10	0,9	1,8	Puolipilvinen 10 °C	24	200	5	
16.6. Yht						0,9	4,5				14	
17.6. 12:13	45	63	56	57	-11	6,3	8,1	Aurinkoista 15 °C	25	50	12	15 min kuumavedenkulutustesti
17.6. 12:30	45	57	53	56	-8	0,0	0,0	Aurinkoista 15 °C	25		0	
17.6. yht						6,3	8,1				12	
18.6. 9:12	32	52	45	52	-13	0,0	4,5	Aurinkoista 13-15 °C	23	25	2	15 min kuumavedenkulutustesti
18.6. 9:30	32	47	45	51	-13	0,0	0,0	Aur./ pilvharsoa 14 °C	23		1	
18.6. Yht						0,0	4,5				3	
YHT.						30,6	193,5				161,0	

Liite 7: Seurantapöytäkirjat: huhtikuu, toukokuu ja kesäkuu.

SEURANTAPÖYTÄKIRJA, 2010															
Huhtikuu Päivä/ aika	Uuni T0/°C	Aurinko T1/°C	Akerrost T2/°C	Ykerrost T3/°C	Ero T0-T2	Hydrometer				Säätölaulokolämpöyms. asiat	Sisättila TS/°C	Uuni sisä TU/°C	Puu m/kg	Sähkö E/kWh	Sähkö LTO E/kWh
						Uuni E/kWh	P/kWh	Aurinko E/kWh	P/kWh						
31.3.															
1.4.															
2.4.															
3.4.															
4.4.															
5.4.															
6.4.															
7.4.															
8.4.															
9.4.															
10.4.															
11.4.															
12.4.															
13.4.															
14.4.															
15.4.															
19.4. 11:42	41	34	20	17	21	36,9	1,8	45,0	3,4	Aur./p.pilvinen, 2,3 °C		20			
20.4. 13:27	40	32	19	12	21	21,7	1,7	25,2	2,5	Puolipilvinen, 4,5 °C	18	260	19,8		Vko
21.4. 9:42	43	31	19	10	24	16,2	2,5	9,9	1,5	Aur, pilviharsoa, 5 °C	20	310	19		16
22.4. 10:39	26	25	20	14	6	18,0		19,8	1,2	Puolipilvinen, 4 °C	19	Ei lämmitystä	6		
23.4. 8:00	38	25	21	8	17	13,5				Pilvinen, epävaka, 1,2 °C	19	250	19		Yht
	37,6	29,4	19,8	12,2	17,8	21,3	2,0	25,0	2,1		19	273,3	77,8	6	K.arvo
26.4. 12:02	37	34	19	12	18	7,2	2,0	44,2	2,4	Aurinkoista, 6,8 °C	19	240	19	68	
27.4.										Pilvinen, sataa vettä, 4-6 °C	19	Ei lämmitystä			
28.4. 11:00	59	55	48	14	11	9,0	1,7	10,8	1,8	Aurinkoista, 6 °C	19	320	18	43	Vko
29.4. 13:22	34	43	39	17	-5	7,2	0,0	6,3	0,0	Pilvistä, 2-4 °C	19	Ei lämmitystä	10		17
30.4. 10:53	59	37	49	17	10	2,7	1,4	0,0	0,0	Pilvistä, 1,4 °C	21	290	18	17	
	47,3	42,3	38,8	15,0	8,5	26,1	1,3	61,3	1,0		19,4	283,3	55	138	Yht
Yht.						132,4		161,2		Sää: Epävakaainen			132,8	144	K.arvo
K.arvot	45,3	39,7	35,0	14,4	10,4	9,5	1,4	17,3	1,3	loppukuukausi	19,3	280,8	18,6	29	Yht
Kuukausi 1															K.arvo
										26,7 kWh keskiarvo					kk 1

Seurantapöytäkirja, toukokuu.

Toukokuu	Uuni	Aurinko	Akerrost	Ykerrost	Ero	Uuni	Aurinko	Säätälä	Sisättilä	Uuni sisä	Puu	Sähkö	Sähkö LTO
Päivä/ aika	T0,°C	T1,°C	T2,°C	T3,°C	T0-T2	E/kWh	P/kWh	Säätälä/ulkolämpöyms. asiat	TS,°C	TU,°C	m/kg	E/kWh	E/kWh
3.5. 11:47	42	37	28	67	14	27,5	2,0	Aurinkoista 6-8 °C	19	170	18,0	65	
4.5. 11:49	36	30	22	63	14	16,2	2,0	Pilvistä, 4-6 °C	20	210	18,0	16	
5.5. 12:39	34	38	29	57	5	17,1	0,0	Aurinkoista, mutta pilviä 6°C	20	Ei lämmitystä		21	Vko 18
6.5. 12:36	21	33	28	61	-7	0,0	0,0	Puolipilvinen, 6°C	19	Ei lämmitystä		14	
7.5. 15:54	54	48	46	66	8	10,8	0,8	Puolipilvinen, 6°C	20	250	18,0	26	
						71,6					54,0	142	Yht
	37,4	37,2	30,6	62,8	6,8	14,3	0,9		20	210	18,0	28	K.arvo
10.5. 12:38	33	28	24	71	9	0,9	1,4	Pilvistä	20	260	18,0	30	
11.5. 13:00	33	37	31	69	2	18,0	0,0	Aurinkoista, 10 °C	19	50	Ei läm	3	Vko 19
12.5. 9:30	33	26	22	66	11	11,7	1,0	Aurinkoista, 10-12 °C	21	250	18,0	5	
13.5. 11:39	28	60	53	56	-25	0,0	0,0	Aurinkoista, 18 °C	22	39	Ei läm	2	
						30,6					36,0	40	Yht
	31,8	37,8	32,5	65,5	-0,8	7,7	0,6		21	255	18,0	10	K.arvo
17.5. 12:15	24	69	63	65	-39	0,0	0,0	Puolipilvistä, 20-22 °C	21	26	Ei läm	3	
18.5. 13:25	23	61	55	59	-32	0,0	0,0	Puolipilvistä, 21 °C	22	29	Ei läm	1	
19.5. 11:13	54	60	55	57	-1	0,0	0,0	Aurinkoista 22-24 °C	22	270	18,8	1	Vko 20
20.5. 14:02	41	76	69	71	-28	5,4	0,0	Aurinkoista 21-23 °C	25	60	Ei läm	4	
21.5. 11:49	31	60	45	47	-14	0,0	0,0	Aurinkoista 22-24 °C	25	40	Ei läm	5	
						5,4					18,8	14	Yht
	35	65	57	60	-23	1,1	0,0		23	270	18,8	3	K.arvo
24.5. 14:09	23	56	48	54	-25	0,0	0,0	Puolipilvistä/pilv. ja ukkosta 20°	20	Ei lämmitystä		5	
25.5. 09:11	21	32	33	45	-12	0,0	0,0	Puolipilvistä/pilvistä 11 °C	20	Ei lämmitystä		1	
26.5. 09:03	20	26	21	61	-1	0,0	0,0	Pilvistä/ satelee, 10 °C	20	Ei lämmitystä		6	Vko 21
27.5. 08:39	19	17	20	64	-1	0,0	0,0	Pilvistä/ satelee, 8 °C	19	25	Ei läm	20	
28.5. 11:40	43	42	28	59	15	1,8	1,7	Puolipilvistä, 10 °C	24	270	18,0	22	
						1,8					18,0	54	Yht
	25	35	30	57	5	0,4	0,3		21	270	18,0	11	K.arvo
31.5. 12:07	22	49	38	51	-16	9,0	0,0	Aurinkoista, 13-15 °C	20	30	Ei läm	4	
Yht.						109,4		Sää: Kesäistä sekä epävakaata			126,8	250	Yht
K.arvot	32,3	44,0	37,9	60,9	-5,6	5,8	0,5		20,9	251,3	18,2	13	K.arvo
Kuukausi 2						Vedenlämmitys		17,1 kWh keskiarvo					kk 2
Molemmat								43,8 kWh keskiarvo					
kuukaudet						241,8					259,6	394	
yht	38,8	41,8	36,4	37,7	2,4	7,6	0,9	20,1	266,0	18,4	21		

Seurantapöytäkirja, toukokuu.

Puu lä.energ EKWh	Lämpösäteily		Puu+aurinko EKWh	Puu teho vrk PKW		Varaajaan saadut tuntitehot/vrk				Säteilyteho		Säteilyenergia		Lämpösäteily %	Uunista varaajaan		Yht
	EKWh	EKWh		PKW	PKW	yht kW	uuni	aurinko	aurinko	PKW	PKW	EKWh	EKWh		%	Aurinko myös	
54,0				0,8	0,6	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	26,5	34,7	49,0	51,0	34,7	134,7
54,0				2,3	1,1	0,7	0,4	0,4	1,6	1,6	37,8	16,7	38,3	61,7	16,7	116,7	
0,0				0,0	1,0	0,7	0,3	0,3	-0,7	-0,7	-17,1						
0,0				0,0	0,7	0,0	0,7	0,7	0,0	0,0	0,0						
54,0				2,3	1,1	0,5	0,6	0,6	1,8	1,8	43,2			80,0	21,7	26,7	128,3
162,0	90,4	228,4									90,4			55,8	44,2	41,0	141,0
32,4	18,1	45,7		1,1	0,9	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	18,1			55,8	44,2	41,0	141,0
54,0				0,8	0,1	0,0	0,1	0,1	0,7	0,7	53,1			65,0	33,3	6,7	105,0
0,0				0,0	1,0	0,8	0,3	0,3	-0,8	-0,8	-18,0						
54,0				2,3	1,0	0,5	0,5	0,5	1,8	1,8	42,3			78,3	21,7	23,3	123,3
0,0				0,0	0,2	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0						
108,0	77,4	138,6		0,8	0,6	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	77,4			71,7	28,3	28,3	128,3
27,0	19,4	34,7		0,0	0,5	0,0	0,5	0,5	0,0	0,0	19,4			71,7	28,3	28,3	128,3
0,0				0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0						
56,4				2,4	0,2	0,0	0,2	0,2	2,4	2,4	56,4			90,4	9,6	6,4	106,4
0,0				0,0	0,9	0,2	0,7	0,7	-0,2	-0,2	-5,4						
0,0				0,0	0,3	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0						
56,4	51,0	117,6		0,5	0,4	0,0	0,3	0,3	0,4	0,4	51,0			90,4	9,6	108,5	208,5
11,3	10,2	23,5		0,0	0,6	0,0	0,6	0,6	0,0	0,0	10,2			90,4	9,6	108,5	208,5
0,0				0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0						
0,0				0,0	0,2	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0						
0,0				0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0						
54,0				2,3	0,5	0,1	0,4	0,4	2,2	2,2	52,2			80,0	20,0	16,7	116,7
54,0	52,2	111,6		0,5	0,3	0,0	0,3	0,3	0,4	0,4	52,2			80,0	20,0	106,7	206,7
10,8	10,4	22,3		0,0	0,4	0,1	0,3	0,3	-0,1	-0,1	10,4			80,0	20,0	106,7	206,7
0,0				0,0	0,4	0,1	0,3	0,3			-9,0						
380,4	271,0	596,2		0,7	0,5	0,2	0,3	0,3	0,5	0,5	271,0			71,2	28,8	56,7	156,7
54,6	14,5	31,5		0,7	0,5	0,2	0,3	0,3	0,5	0,5	14,5			26,6	10,6	20,8	57,9
																	171,1
778,8	537,0	1155,8		1,1	0,8	0,4	0,5	0,5	0,7	0,7	537,0			68,9	31,1	48,4	148,4
56,2	25,2	50,7												40,4	13,8	25,9	80,1

Seurantapöytäkirja, kesäkuu.

Kesäkuu Päivä/ aika	Uuni T0,°C	Aurinko T1,°C	Akerrost T2,°C	Ykerrost T3,°C	Ero T0-T2	Uuni		Aurinko		Säätiaulukolämpölyms. asiat	Sisättilä TS,°C	Uuni sisä TU,°C	Puu m/kg	Ei/kWh	Sähkö LTO E/kWh
						E/kWh	P/kWh	E/kWh	P/kWh						
31.5. 12:07	22	49	38	51	-16	9,0	0,0	22,5	2,4	Aurinkoista, 13-15 °C	20	30	Ei läm	4	
1.6. 11:42	49	51	37	42	12	0,0	2,1	17,1	2,2	Aurinkoista, 15-18 °C	22	280	18,0	22	
2.6. 14:15	40	66	54	64	-14	9,9	0,0	17,1	3,1	Aurinkoista, 18 °C	24	42	Ei läm	12	Vko
3.6. 13:10	28	43	48	56	-20	0,0	0,0	9,9	0,0	Vesiadetta ja pihvistä, 13 °C	23	20	Ei läm	2	22
4.6. 13:35	23	52	43	48	-20	0,0	0,0	8,1	2,5	Puolipilvistä, 13 °C	22	18	Ei läm	3	
						18,9		74,7					18,0	43	Yht
	32,4	52,2	44,0	52,2	-11,6	3,8	0,4	14,9	2,0		22	280	18,0	9	K.arvo
7.6. 13:00	21	55	48	54	-27	0,0	0,0	31,5	1,9	Puolipilvinen, 12-13 °C	22	10	Ei läm	17	
8.6. 13:55	21	58	46	54	-25	0,0	0,0	19,8	3,2	Aurinkoista 15-16 °C	21	10	Ei läm	7	4
9.6. 13:20	21	32	26	53	-5	0,0	0,0	9,9	1,1	Pilvistä 10-13 °C	21	10	Ei läm	7	3
10.6. 13:20	51	54	49	52	2	0,0	0,0	5,4	1,8	Puolipilvinen/ aurink. 15 °C	22	180	16,4	24	12
11.6. 16:50	38	56	53	63	-15	4,5	0,0	16,2	0,0	Puolipilvinen 18-20 °C	23	Ei lämmitystä		12	10
						4,5		82,8					16,4	67	Yht
	30,4	51,0	44,4	55,2	-14,0	0,9	0,0	16,6	1,6		22	180	16,4	13	7
14.6. 12:30	23	50	42	52	-19	0,0	0,0	5,4	2,4	Puolipilvinen, 12 °C	22	12	Ei läm	12	9
15.6. 12:05	23	58	50	54	-27	0,0	0,0	13,5	2,5	Puolipilvinen 13 °C	21	Ei lämmitystä		10	9
16.6. 14:05	54	50	44	51	10	0,9	3,8	4,5	3,5	Puolipilvinen 10-11 °C	24	200	17,8	14	12
17.6. 12:30	45	57	53	56	-8	6,3	0,0	8,1	2,4	Aurinkoista 15 °C	25	50	Ei läm	12	10
18.6. 9:30	32	47	45	51	-13	0,0	0,0	4,5	4,2	Aurinkoista /p-pilvistä 13-15 °C	23	25	Ei läm	3	2
						7,2		36,0					17,8	51	Yht
	35	52	47	53	-11	1,4	0,8	7,2	3,0		23	200	17,8	10	8
Yht.										Sää: Viileää ja epävakaista					
K.arvot	32,7	51,9	45,1	53,4	-12,3	2,0	0,4	12,9	2,2		22,3	220,0	52,2	161	71
Kuukausi 3						30,6		193,5					17,4	11	8
Kaikki										14,9 kWh keskiarvo					kk 3
Yht.										58,8 kWh keskiarvo					
	35,8	46,9	40,7	45,5	-5,0	4,8	0,7	13,6	2,1		21,2	243,0	311,8	555	71
													17,9	16	8

Seurantapöytäkirja, kesäkuu.

Puu läenerg EkWh	Lämpösäteily		Puu+aurinko EkWh	Puu teho wrk PikW	Varaajaan saadut tunnit/et/urk		Säteilyteho		Säteilyenergia EkWh	Lämpösäteily %	Uunista varaajaan		Yht
	EkWh	EkWh			yht kW	aurinko	PikW	EkWh			%	Aurinko myös	
0,0				0,0	0,4	0,1	0,3	-0,1	-9,0				
54,0				2,3	0,7	0,0	0,7	2,3	54,0	81,7	18,3	31,7	131,7
0,0				0,0	1,1	0,4	0,7	-0,4	-9,9				
0,0				0,0	0,4	0,0	0,4	0,0	0,0				
0,0				0,0	0,3	0,0	0,3	0,0	0,0				
54,0	35,1	128,7	0,5	0,6	0,1	0,5	0,5	0,3	35,1	65,0	35,0	138,3	238,3
10,8	7,0	25,7	0,0	0,4	0,0	0,4	0,4	0,0	7,0	65,0	35,0	138,3	238,3
0,0			0,0	0,8	0,0	0,8	0,8	0,0	0,0				
0,0			0,0	0,4	0,0	0,4	0,4	0,0	0,0				
49,2			2,1	0,2	0,0	0,2	0,2	2,1	49,2	90,9	9,1	11,0	111,0
0,0			0,0	0,9	0,2	0,7	0,7	-0,2	-4,5				
49,2	44,7	132,0	0,4	0,6	0,0	0,5	0,5	0,4	44,7				
9,8	8,9	26,4	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0				
0,0			0,0	0,6	0,0	0,6	0,6	0,0	0,0				
53,4			2,2	0,2	0,0	0,2	0,2	2,2	52,5	86,5	13,5	8,4	108,4
0,0			0,0	0,6	0,3	0,3	0,3	-0,3	-6,3				
0,0			0,0	0,2	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0				
53,4	46,2	89,4	0,4	0,3	0,1	0,3	0,3	0,4	46,2				
10,7	9,2	17,9	0,4	0,5	0,1	0,4	0,4	0,4	9,2				
156,6	126,0	350,1	0,4	0,5	0,1	0,4	0,4	0,4	126,0	80,5	19,5	123,6	223,6
52,2	8,4	23,3	0,4	0,5	0,1	0,4	0,4	0,4	51,9	99,4	3,9	24,7	128,0
													238,3
													183,1
935,4	663,0	1505,9	0,8	0,7	0,2	0,5	0,5	0,5	663,0	70,9	29,1	61,0	161,0
53,7	16,8	37,0							37,1	69,1	9,0	25,3	103,4

Liite 8: Energiantuotto kaavio.

Parha-talo, Lehtoniemi
 Energiat 2010, 19.4-18.6.2010

