

**Janne Svan**

**KOTINIEMEN PIENTALOALUEEN LÄMMITYSRATKAISU-  
JEN VERTAILU**

**Opinnäytetyö  
KESKI-POHJANMAAN AMMATTIKORKEAKOULU  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Huhtikuu 2011**

## TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

<b>Yksikkö</b> Tekniikan ja liiketalouden yksikkö Kokkola	<b>Aika</b> Huhtikuu 2011	<b>Tekijä</b> Janne Svan
<b>Koulutusohjelma</b> Kone- ja tuotantotekniikka		
<b>Työn nimi</b> Kotiniemen pientaloalueen lämmitysratkaisujen vertailu		
<b>Työn ohjaajat</b> TkT Martti Härkönen, KTT Pekka Nokso-Koivisto		<b>Sivumäärä</b> 47 + 7 liitettä
<b>Työelämäohjaaja</b> Hannu Seppälä		
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli verrata eri energiantuotantovaihtoehtojen kustannuksia Kotiniemen kaava-alueella. Työn toimeksiantajana oli Saarijärven kaupunki.</p> <p>Tutkimuksen tavoitteena oli ensin kartoittaa energiajärjestelmät, jotka soveltuvat lähtökohdaisesti alueen energiantuotantoon. Vertailussa olivat lämpöpumput, pelletti- ja hakejärjestelmät, suorasähkö- ja öljylämmitys, CPH-laitos ja aluelämpöskenaario. Tutkimukseen liitettiin myös lisälämmönlähteiden kannattavuuslaskelmat, jotka olivat aurinko- ja tuulienergiajärjestelmät sekä ilma-ilmalämpöpumput.</p> <p>Matalaenergiarakentaminen asettaa uudenlaisia haasteita ja mahdollisuuksia pientaloalueelle, joka suosii alhaisia investointikustannuksia lämpöenergian tuotannossa. Suoralla sähkölämmityksellä ja lämpöpumpuilla tuotettu lämpöenergia oli kokonaisuutta ajatellen edullisinta.</p>		

<b>Asiasanat</b> hajautetut energiajärjestelmät, kustannuslaskenta, vertailu
---

**ABSTRACT**

<b>CENTRAL OSTROBOTHNIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES</b>	<b>Date</b> April 2011	<b>Author</b> Janne Svan
<b>Degree programme</b> Mechanical and Production Engineering		
<b>Name of thesis</b> Comparing of heating methods for a Kotiniemi detached house area		
<b>Instructor</b> Martti Härkönen Pekka Nokso-Koivisto		<b>Pages</b> 47 + 7 Appendices
<b>Supervisor</b> Hannu Seppälä		
<p>The purpose of this thesis was to compare different energy solutions for Kotiniemi area of detached housing by comparing the costs. Thesis was commissioned by the town of Saarijärvi.</p> <p>The aim was to identify the energy systems which are in principle suitable for energy production. Heat pumps, pellets and chips systems, electric and oil heating systems, combined heat and power systems and district heating systems were compared. In the thesis also additional heat sources were considered: the solar panel systems, wind systems and air-air heat pumps.</p> <p>Low-energy housing gives new challenges and opportunities, which favors low investment costs of thermal energy productions. The cheapest options to produce thermal energy were heat pumps and direct electric heating.</p>		

**Key words**

distributed energy systems, cost accounting, comparison

## KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

U-arvo	lämmönläpäisykerroin ( $W/m^2K$ )
RM 2010	Suomen rakentamismääräyskokoelman 2010 mukainen talo
Matalaenergia	Suomen rakentamismääräyskokoelman 2010 mukainen matalaenergiatalo
kWh	energian tarvetta mitataan kilowattitunteina
MWh	megawattitunti on 1000 kWh
CHP-laitos	Combined Heat and Power, sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitos
$H_{joh}$	ominaislämpöhäviö $W/K$ , johtuminen
COP-luku	Coefficient of Performance, lämpökerroin
SPF-luku	vuoden keskimääräinen lämpökerroin
$Q_{ikv}$	lämpimän käyttöveden energiankulutus, kWh
$F_{läpäisy}$	ikkunan säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin
a	vuosi
$c_{pv}$	laskelmissa käytetty veden ominaislämpökapasiteetti 4,2 $kJ/(kgK)$
$c_{pi}$	laskelmissa käytetty ilman ominaislämpökapasiteetti 1,0 $kJ/(kgK)$
P	teho

**TIIVISTELMÄ  
ABSTRACT  
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY  
SISÄLLYS**

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>1</b>
<b>2 HAJAUTETUT ENERGIAJÄRJESTELMÄT</b>	<b>3</b>
2.1 Hajautetut energiajärjestelmät	3
2.2 Pientalon energiantarve	5
2.3 Kotiniemen pientaloalue	6
2.4 Energiantuotannon vaihtoehdot	7
2.5 Yleiset näkymät	7
<b>3 ENERGIANTUOTANTOJÄRJESTELMÄT</b>	<b>9</b>
3.1 Maalämpö	9
3.1.1 Maalämpöpumppu	10
3.1.2 Lämmönkeruuputkisto	10
3.1.3 Refla-energiaverkosto	11
3.2 Ilmalämpöpumput	12
3.2.1 Poistoilmalämpöpumppu	12
3.2.2 Ilma-vesilämpöpumppu	13
3.2.3 Ilma-ilmalämpöpumppu	13
3.3 Pellettilämmitys	13
3.4 Pientalon hake-, pilke- ja halkolämmitys	14
3.5 Aluelämpölaite	14
3.5.1 Aluelämpöverkko	15
3.5.2 Kuluttajan laitteet aluelämmössä	15
3.6 Suorasähkölämmitys	16
3.7 Aurinkolämpöjärjestelmä ja aurinkosähköpaneelit	16
3.8 Tuulivoima	17
3.9 Öljylämmitys	17
3.10 CHP-laitos	18
<b>4 KUSTANNUSLASKENNAN LÄHTÖKOHDAT</b>	<b>20</b>
4.1 Pientalojen energiankulutuksen laskenta	22
4.1.1 Käyttöveden lämmityksen tehontarve	22
4.1.2 Mitoitusvirtaama	23
4.1.3 Käyttöveden tuntikeskiteho	23
4.2 Arvioitu alueen vuosittainen energiankulutus ja huipputehot	24
4.3 Aluelämpöverkko	26
4.3.1 Aluelämpöverkon mitoitus	26
4.3.2 Aluelämpöverkon siirtohäviöt	27
4.4 Kiinteistökohtaisten lämpöjärjestelmien kustannukset	27
4.4.1 Kiinteistökohtaiset lämmönjakojärjestelmän kustannukset	27
4.4.2 Lämmöntuotantojärjestelmien kustannukset	28
4.4.3 Lämmönsiirtimet	28
4.5 Aluelämpölaite	28
4.6 Aluelämpöverkon liittymis- ja käyttömaksut	29
4.7 Energian hintakehitys	30

4.8 Laskennassa käytetyt energiahinnat ja lämpöarvot	30
4.9 Laskennassa käytetyt hyötysuhteet ja COP-luvut	31
<b>KUSTANNUSLASKENTA</b>	<b>32</b>
5.1 Investointilaskelmat	32
5.1.1 Annuiteettimenetelmä	32
5.1.2 Takaisinmaksuaika	33
5.1.3 Kustannusten riippuvuussuhteiden analyysi	33
5.2 Lämpöjärjestelmän investointilaskelmat	34
<b>6 ALUELÄMMÖN JA MATALAENERGIAVERKON KANNATTAVUUS</b>	<b>35</b>
6.1 Aluelämmön kannattavuus	35
6.2 Matalaenergiaverkon kannattavuus	37
<b>7 VERTAILUN TULOKSET SEKÄ LISÄENERGIALÄHTEET</b>	<b>39</b>
7.1 CHP-laitoksen sekä aurinko- ja tuulienergian kannattavuudet	41
7.2 Ilma-ilma- ja ilma-vesilämpöpumput	42
<b>8 JOHTOPÄÄTÖKSET</b>	<b>43</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>45</b>
<b>LIITTEET</b>	
Liite 1/1–1/4. Ominaislämpöhäviöt	
Liite 2. Käyttöveden lämmitys	
Liite 3. Auringon hyötyenergia	
Liite 4/1–4/2. Lämmitysenergian kulutus	
Liite 5/1–5/4. Kustannuslaskenta	
Liite 6. Liittymis- ja perusmaksut	
Liite 7. Asemakaava, lämpöjohdot	

## 1 JOHDANTO

Kotiniemen pientaloalue sijaitsee Saarijärven kaupungin Tarvaalan kaupunginosassa noin 5 kilometrin päässä keskustan palveluista. Tutkimuksen tarkoitus oli kartoittaa eri lämpöenergian tuotantojärjestelmien soveltuvuudet pientaloalueella ja vertailla niitä kustannuslaskelmien avulla. Alueen lämpöenergiatarve tulee olemaan vuositasolla noin 250 MWh ja käyttösähkön kulutus noin 100 MWh. Uusien rakennusmääräysten ja energiatehokkuusajattelun takia on järkevää liittää kaavoitusvaiheeseen kartoitus alueen energiantuotannon vaihtoehtoista. Jälkeenpäin tuleva ohjaus on vaikeaa; väärät päätökset voivat myöhemmin jopa vaikuttaa alueen kehittymiseen ja asumisviihtyvyyteen. Kustannuslaskelmat ja pohdinta eri vaihtoehtojen välillä antavat todellista tietoa päätöksentekijöille.

Uusien pientaloalueiden vähenevä energiantarve ja pitkät siirtomatkat ovat haasteita, jotka asettavat uudenlaisia vaatimuksia lämmitysjärjestelmän valinnalle. Ne on ratkaistava, jotta voidaan toteuttaa energiantuotantoa liiketoiminnallisesti kannattavasti esimerkiksi kaukolämmöllä. Tässä työssä käy selväksi siirtomatkojen merkitys osana kustannuksia ja kannattavuusajattelua. Hyötysuhteilla on myös merkittävä rooli valittaessa lämmitysjärjestelmää. Esimerkiksi bio- ja öljypohjaisilla polttoaineilla kesäaikainen hyötysuhde jää usein huonoksi vähäisen energiantarpeen ja lämpöhäviöiden vuoksi. Tämä suosii alueellista matalaenergiaverkon rakentamista.

Rakennusten energiakulutus on pyritty laskemaan riittävällä tarkkuudella esimerkiksi kitalojen avulla ottaen huomioon vuoden 2010 rakentamismääräykset. Energiankulutuksen vähentyessä tulee selvästi esille eri järjestelmien kustannusten vaikutus tuotetun energian hintaan. Hankintakustannuksiltaan edullisemmat lämpöjärjestelmät ovat hyvinkin kilpailukykyisiä pienillä kulutuksilla, vaikka ostoenergian muuttuvat kustannukset ovat suurempia. Vaikka energiankulutus vähenee, tarvittava lämmityksen huipputeho ei laske samassa suhteessa. Tämä on myös huomioitava suunniteltaessa aluelämpöjärjestelmää.

Pientalokohtainen vertailu suoritettiin öljy-, pelletti-, suorasähkö-, poistoilmalämpöpumppu-, aluelämpö- ja maalämpöjärjestelmien avulla. Aluelämpöjärjestelmän ja matalaenergiaverkon osalta tehtiin kannattavuusanalyysi ja investointilaskelmat, jotka antoivat todenmukaisen arvion kannattavuudesta. Aluelämpöjärjestelmän energiakustannuksia verrattiin Saarijärven kaukolämmön hintoihin. Aurinko- ja tuulienergian osalta arvioitiin takaisinmaksuaikaa ja pohdittiin lyhyesti kannattavuutta. CHP-laitoksen, ilma-ilma- ja ilmavesilämpöpumppujärjestelmien kannattavuutta arvioidaan lyhyesti.

Päästöillä ja ilmastopolitiikalla on yhä suurempi vaikutus ihmisten valinnoissa, ja ne herättävät keskustelua. Suunnitteluvaiheessa päätetään yleensä rakennuksen koko elinkaaren energiankulutus. Hankintakustannuksiltaan edullisin järjestelmä voi nykypäivänä olla myös ympäristöystävällinen. Tässä tutkimuksessa ei kuitenkaan vertailla järjestelmiä ympäristön tai kasvihuonepäästöjen näkökulmasta.



## 2 HAJAUTETUT ENERGIAJÄRJESTELMÄT

EU on asettanut kansallisia tavoitteita ja velvoitteita. Tästä esimerkkinä on uusiutuvan energian direktiivi (RES-direktiivi), jossa Euroopan unionin tavoitteena on nostaa uusiutuvan energian osuus 20 %:iin energian loppukulutuksesta vuoteen 2020 mennessä. Suomen tulee komission ehdotuksen mukaan nostaa uusiutuvan energian osuus 38 %:iin loppukulutuksesta. Suomessa käytettävistä uusiutuvista energiamuodoista tärkeimpiä ovat bioenergia, vesivoima, tuulivoima, maalämpö ja aurinkoenergia. Uusiutuvan energian lisäämisen katsotaan edellyttävän bioenergian (metsähakkeen, pellettien, peltobiomassan ja jätteiden) lisäkäyttöä, vesi- ja tuulivoiman sekä maalämmön hyvin suurta lisäystä. (Motiva Oy 2011a.)

Saarijärven kaupunki on myös sitoutunut pienentämään energiankulutustaan 9 % asteittain vuoteen 2016 mennessä. Energiansäästöksi lasketaan toimet, joilla vähennetään nykyistä kulutusta, tai toimet, joiden seurauksena tuleva kulutus on alhaisempi verrattuna tilanteeseen, jossa toimenpidettä ei olisi toteutettu. Tavoitteisiin pääsemiseksi pyritään esimerkiksi uusien kaava-alueiden kohdalla ohjaamaan käyttämään kaukolämpöä tai kiinteistökohtaisia uusiutuvan energian lähteitä. (Saarijärven kaupunki 2010.)

### 2.1 Hajautetut energiajärjestelmät

Hajautettujen energiajärjestelmien toimintasektori koostuu paikallisista pienimuotoisista sähkön, lämmön ja kylmäntuotannon teknologioista ja niihin liittyvistä palveluista. Hajautetulla energiantuotannolla on hyvin tiivis yhteys uusiutuviin energialähteisiin. Uusiutuvat energialähteet, kuten aurinko-, tuuli-, aalto-, biomassa- ja geoterminen energia ovat usein jakautuneet maantieteellisesti siten, että yhdessä paikassa ei ole suuria energiatihyksiä saatavilla. Primäärin energiarakenteen kuljetus saattaa olla myös epäkäytännöllistä. Suomessa hajautettujen energiajärjestelmien piiriin luetaan seuraavilla tuotantotavoilla tuotettu energia:

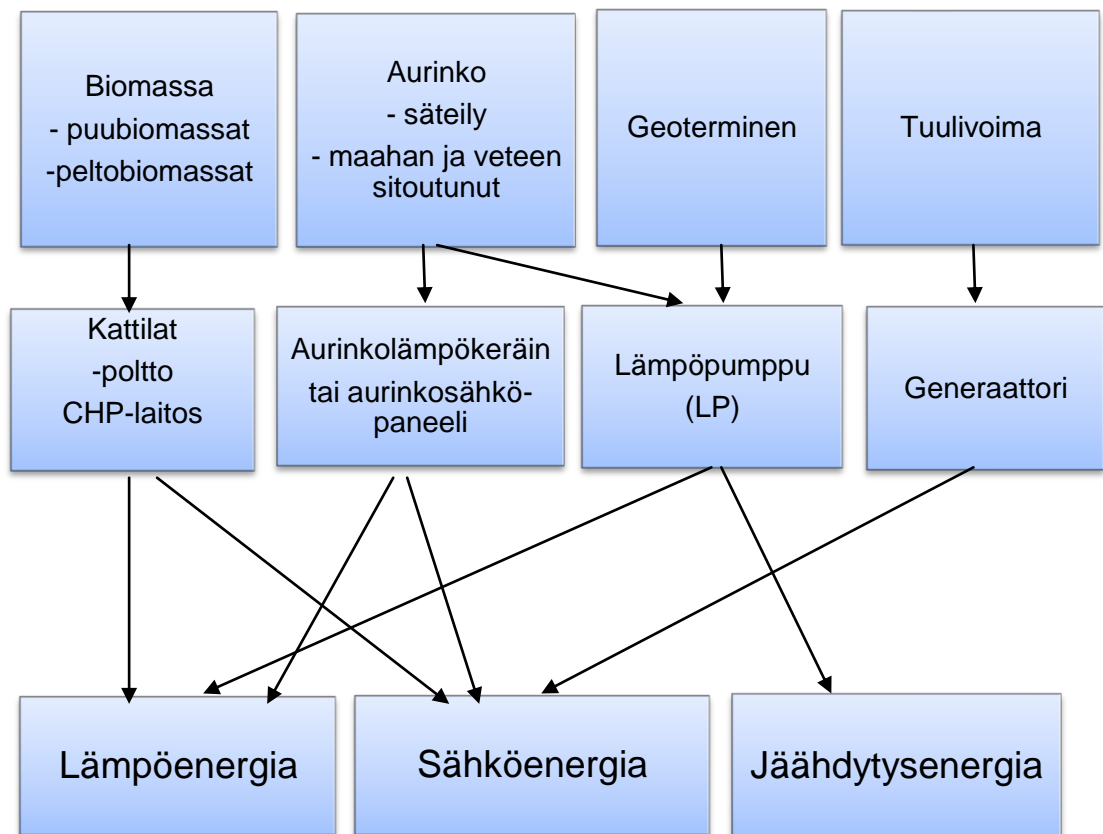
- pienvesivoima (alle 10 MW)
- kaikki tuulivoima
- aurinkoenergia
- puun pienkäyttö
- biokaasu
- biomassaan perustuva pienimuotoinen (< 10 MW) sähkön ja lämmön yhteistuotanto (CHP)
- polttokennot, vetytalous. (Tekes 2008.)

Näin voidaankin määritellä, että ominaista hajautetulle energiantuotannolle ovat seuraavat asiat:

- Energiantuotanto ja energiankulutus ovat lähellä toisiaan.
- Energian siirto ja jakeluverkot ovat pieniä, jolloin häviöt ovat pieniä.
- Hyödynnettävänä on paikallisia energialähteitä.
- Käyttö- ja kunnossapito hoidetaan paikallisesti. (Tekes 2008.)

Hajautetun energiantuotannon onnistumiselle voidaan määritellä seuraavat asiat:

- Teknologia on oltava luotettavaa ja pitkälle automatisoitua.
- Polttoainehuolto on varmistettu ja hinnan on oltava kohtuullinen.
- Soveltuu ympäristöön ja ympäristöystävällisyys on riittävä.
- On helppo käyttää, huoltaa ja ylläpitää myös pitkällä aikavälillä.
- Tarvittaessa voidaan liittää sähköverkkoon. (Tekes 2008.)



KUVIO 1. Uusiutuvat energialähteet – pienimuotoinen energiantuotanto

Kuviossa 1 on kuvattu uusiutuvat energialähteet, joita tässä työssä sovelletaan. Siinä näkyy myös teknologiat, joilla lämpö-, sähkö- ja jäähdytysenergiaa tuotetaan pientalojen tarpeeseen.

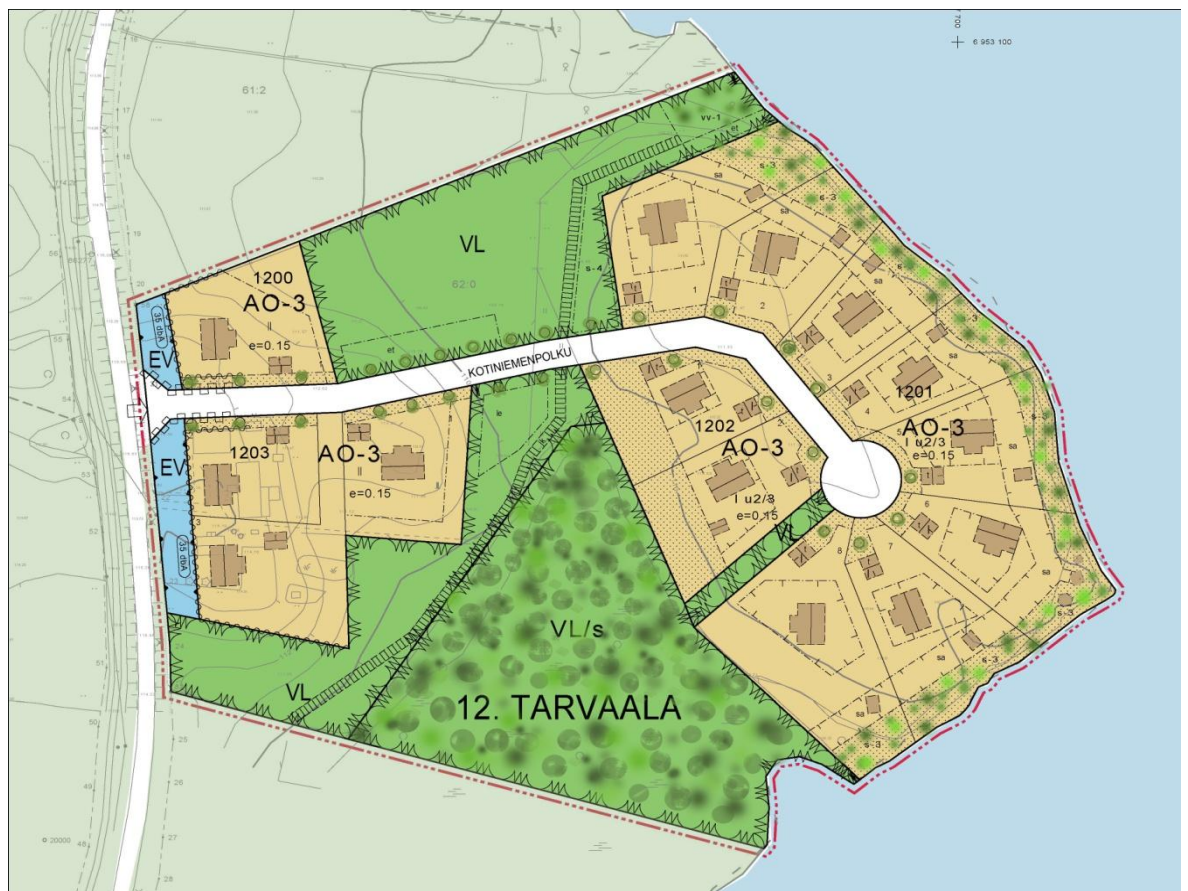
## 2.2 Pientalon energiatarve

Suomi on siirtynyt matalaenergiarakentamisen suuntaan vuonna 2010, jolloin rakentamismääräykset tiukentuivat noin 30 %. Vuonna 2012 on tarkoitus tiukentaa vielä 20 %. Energiatodistuksen mukaan pientalon energiankulutus on laskeutuva energiatodistusta varten. (Ympäristöministeriö 2010a.) Uusien pientalojen energiankulutus on pienempää, ja tämä antaa uusia mahdollisuuksia ratkaista energiantuotannon haasteet. Sisäisten lämpökuormien hyödyntäminen korostuu entisestään, jolloin rakennusmassaa hyödynnetään energian varastoinnissa. (RIL 2009, 111.) Tulevaisuudessa saattaa olla jo yksi valintakriteerijärjestelmä, jolla

voidaan jäähdyttää rakennusta kesäaikana. Lämpimän käyttöveden valmistus on iso osa rakennuksen energiankulutuksesta. Hukkalämpö on haitallista lämmityskauden ulkopuolella, jolloin saattaa syntyä ylitämpöä. (RIL 2009, 144.)

### 2.3 Kotiniemen pientaloalue

Saarijärvellä on tarkoitus toteuttaa kesällä 2012 omakotitalonäyttely. Näyttelyalueeksi on valittu Kotiniemen alue, joka sijaitsee Summasjärven rannalla Tarvaalan kylässä noin 5 kilometrin päässä Saarijärven keskustasta. Kotiniemen alueella voi toteuttaa unelman omasta talosta ja rantasaaunasta lähellä keskustan palveluja. Kuviossa 2 on Kotiniemen pientaloalueen asemakaava, josta näkyy tonttien sijoittelu ja virkistysalueet. Tontteja alueelle on kaavoitettu 14 kappaletta, joista kahdeksan rajoittuu järvenrantaan.



KUVIO 2. Kotiniemen asemakaava

Kuvion 2 tontin ovat suuria, keskikooltaan noin 3000 m<sup>2</sup>. Itse alue on noin 8,7 ha, ja maaperälajeja ovat siltti, savinen siltti ja laiha savi. Kallionpinta on alueella noin 5 metrin syvyydessä ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä +110—+115 mpy. Pientaloalue ei sijaitse pohjavesialueella.

## 2.4 Energiantuotannon vaihtoehdot

Kotiniemen pientaloalue on lähtökohtaisesti hyvä mahdollisuus toteuttaa erilaisia lämpöenergian tuotantomahdollisuuksia. Alueella voidaan hyödyntää hyvin erilaisia lämpöenergian tuotantomenetelmiä, kuten lämpöpumppuja, pelletti-, hake-, aurinkolämpö- ja sähköenergiaa sekä tuulivoima- ja aurinkosähköjärjestelmiä. Saarijärven kaukolämpö Oy ei ole kiinnostunut kohdealueesta pitkän lämmönsiirtoamatkan vuoksi.

Alueella voidaan toteuttaa energian tuotantoa joko alue-, taloryhmä- tai talokohtaisella ratkaisulla. Aluekohtaisessa ratkaisussa alueelle on rakennettava aluelämpöverkko, johon lämpöä jaetaan omasta lämpökeskuksesta. Aluelämmöllä voidaan tuottaa pientalojen lämmitysenergia ja lämmin käyttövesi. Talokohtaisessa järjestelmässä jokaiseen pientaloon rakennetaan oma lämpöjärjestelmä, jonka avulla tuotetaan tarvittava lämpöenergia ja lämmin käyttövesi. Taloryhmäkohtaisella järjestelmällä alueelle voidaan rakentaa keskitetysti pieniä lämpökeskuksia, esimerkiksi 4–5 taloa samaan verkkoon. Tällä voidaan tuottaa myös tarvittava lämpöenergia ja lämminkäyttövesi. Keskitetyt aurinkosähköjärjestelmät ja tuulivoimaratkaisut ovat myös mahdollisia kattamaan osan energiantarpeesta.

## 2.5 Yleiset näkymät

Onnistuessaan hajautettu energiantuotanto luo yrittäjyyttä seutukunnalle ja työllistää lähialueita. Lämpöyrittämiseen soveltuvat kohteet kunnan kannalta kannattaa hyödyntää. Metsän energiakäyttö lisää verotuloja, ja maaseutu pysyy vireämpänä. Kaavoituksella ja yleisellä asenteella on merkitystä projektien onnistumisessa ja

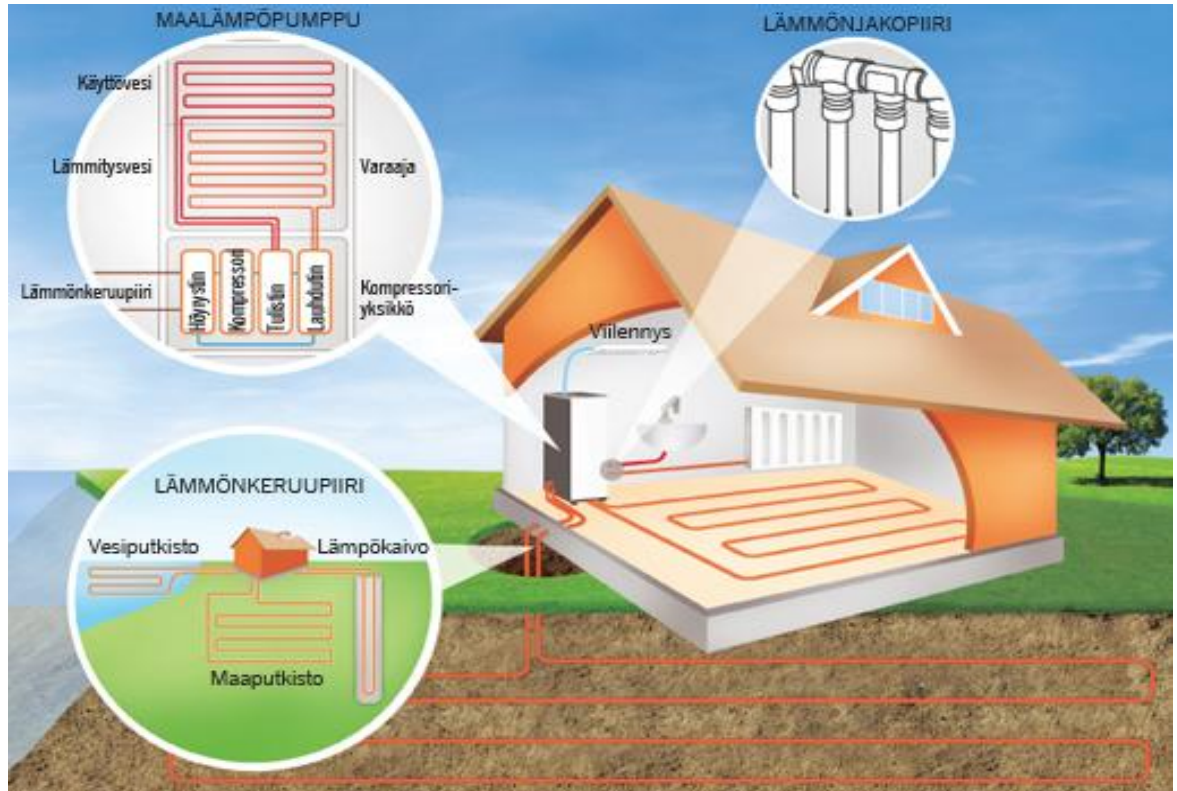
yhteiskunnan tuet on osattava hyödyntää. Puupohjaiset energialähteet luokitellaan päästöttömiksi.

Kestävän kehityksen yksi osa-alueista on ympäristönsuojelu, jonka tavoitteena on estää ja vähentää ympäristön saastumista sekä edistää kestäväällä kulutuksella ja tuotannolla talouskasvun ja ympäristön pilaantumisen välinen yhteys. Otetaan huomioon luonnonvarojen rajallisuus ja varmistetaan ympäristönsuojelun korkea taso. (Euroopan unionin neuvosto 2006, 3.)

### 3 ENERGIANTUOTANTOJÄRJESTELMÄT

#### 3.1 Maalämpö

Maalämpö on aurinkoenergiaa, joka varastoituu maaperään tai vesistöön auringonpaisteen, lämpimän ilman ja sateiden avulla. Lämpökaivon energia on osittain maan sisäosan geotermistä energiaa. Maalämpöä saadaan hyödynnettyä vesistöä, lämpökaivosta tai pintamaasta. Maalämmön hyödyntämiseen pientaloalue soveltuu hyvin maaperän laadun, vesistön läheisyyden, peruskallion läheisyyden ja tonttien suuren koon vuoksi. Maalämmön etuna voidaan pitää sen ympäristöystävällisyyttä, ja maasta saatava energia on ilmaista. Maalämmön hyödyntämiseen tarvitaan maalämpöpumppu ja maalämmön lämmönkeruuputkisto tai verkosto. Maalämpölaitteilla voi lämmittää ja myös viilentää rakennusta kesäaikana. (Motiva Oy 2011f.) Kuviossa 3 on kuvattu maalämpöjärjestelmän rakennetta.



KUVIO 3. Maalämpötekniikan kuvaus (Suomen lämpöpumpputekniikka Oy 2010.)

### 3.1.1 Maalämpöpumppu

Maalämpöpumpulla lämpö kerätään lämpökaivoon, vesistöön tai maahan upotetussa putkisilmukassa virtaavaan jäätymättömään keruunesteeseen kiertovesipumpun avulla. Maalämpöpumppu koostuu kolmesta eri lämpöpiiristä, lämmönottopiiristä, lämmönsiirtopiiristä sekä lämmönluovutuspiiristä. Lämmönsiirtopiirissä tapahtuu höyrystyminen ja lämmönluovutuspiirissä lauhtuminen. Lämmönkeruunesteenä käytetään vesiglykoliseosta tai vesietanoliseosta. Liuos luovuttaa energiaansa höyrystimessä, jolloin kylmäaine höyrystyy. Muodostuneen höyryn painetta nostetaan kompressorilla, jolloin höyryn lämpötila nousee samalla voimakkaasti. Kuumentunut paineinen kylmäaine siirtyy lauhtuttimeen, jossa höyry luovuttaa energiaansa lämmitettävään veteen ja nesteytyy. Nestemäinen ja samalla energiaansa menettänyt kylmäaine purkautuu paisuntaventtiilin kautta takaisin höyrystimeen, sen paine laskee ja samalla lämpötila voimakkaasti. Kylmäaine alkaa uudelleen kerätä lämpöä liuksesta. (Perälä 2009, 30.)

Maalämpöpumpulla pystytään tuottamaan oikein mitoitettuna koko vuoden lämpöenergiatarve. Maalämpöpumpun tuottama lämpöenergia leviää huonetiloihin tehokkaimmin vesikiertoisen lattialämmityksen kautta, jossa putkisto on upotettu betonilattiaan. Kiertoveden lämpötilaksi riittää yleensä runsas 30 °C. Lämpöä voidaan jakaa myös tavallisella vesikiertoisella patteriverkostollakin, mutta lämpöpumpun lämpökerroin kärsii hieman. Tämä johtuu siitä, että vesikiertoisessa patteriverkossa tarvittava kiertoveden lämpötila on korkeampi. Maalämpöjärjestelmällä voidaan hoitaa kesäaikana myös viilennys. Jotkut pumppumallit tarvitsevat viilennykseen erillisen lämmönvaihtimen. (Perälä 2009, 66.)

### 3.1.2 Lämmönkeruuputkisto

Lämmönkeruuputkiston tarkoituksena on siis kerätä energiaa siinä virtaavaan liuokseen maasta tai vesistöstä. Maaperään vaakasuoraan asennettavan lämmönkeruuputkiston suunnitteluun ja mitoitukseen on syytä kiinnittää huomiota, koska kaikki kohteet ovat ainutkertaisia. Merkittävimmät mitoitustekijät ovat maaperän lämmönjohtavuus ja kosteuspitoisuus. Putkisto kaivetaan noin 0,7–1,2 metrin sy-



vyyteen niin, että putkilenkin väli on noin 1,5 metriä. Keski-Suomessa savisesta maaperästä saatava lämpöenergia on noin 40–45 kWh/metri putkea vuodessa. Lämpökaivo on yleensä 80–200 metriä syvä riippuen energiantarpeesta. Saatava energia on noin kaksinkertainen jokaista metriä kohden verrattuna maaperään. Lämmönkeruuputkisto asennetaan lämpökaivoon painon avulla. Vesistöön sijoitettu lämmönkeruuputkisto vaatii jo rannan läheisyydessä noin 2 metrin syvyyttä jäätymisriskin takia. Lämmönkeruuputkistoa asennettaessa on varmistettava, että se ei pääse liikkumaan tai jäätymään. Vesistöistä saatava lämpöenergia on noin 70–80 kWh/metri putkea. (SULPU ry 2011.)

### 3.1.3 Refla-energiaverkosto

Rakennettava pientaloalue soveltuu varsin hyvin Refla-energiaverkoston rakentamiseen, jossa Refla-energiakaivo on verkoston runko. Se kerää lämmitys- tai viilennysenergiaa yhdestä tai useammasta lämmönlähteestä ja jakaa energiaa yhteen tai useampaan lämmitys- tai viilennyskohteeseen. Energiakaivoja voidaan yhdistellä, joten saadaan verkosto. Verkostoa voidaan laajentaa tarpeen mukaisesti. Energian keräykseen käytettävä Refla-energiaputki täydentää verkostoa. Sen avulla voidaan kerätä energiaa kalliosta, maasta ja vesialueen pohja sedimentistä. Suuren keräyspinta-alan vuoksi Refla-energiaputki on tehokas lämmönkerääjä ja siinä on pieni painehäviö. (Mateve Oy 2011.)

Sopivin vaihtoehto Refla-energiaverkoston toteuttamiselle olisi, että lämmönkeruuputkisto porattaisiin järven sedimenttikerrokseen ja tuleva lämpöenergia jaettaisiin verkoston avulla asuntojen hyödynnettäväksi (Lieskoski, henkilökohtainen tiedonanto 3.12.2010). Energiaverkosto voidaan rakentaa aktiiviseksi tai passiiviseksi. Passiivisella verkostolla tarkoitetaan putkilinjastoa, jossa liuoksen kierrättämiseen käytetään lämpöpumppujen omia liuospumppuja. Aktiivisella verkostolla tarkoitetaan putkilinjastoa, jossa keskitetty pumppu kierrättää liuosta verkostossa. Talon lämmönjakohuoneessa venttiili säätelee virtaamaa lämmönsiirtimen läpi lämmöntarpeen mukaan. Verkosto mitoitetaan kattamaan koko alueen lämpöenergian tarpeen. (Geoenergia 2011.)

## 3.2 Ilmalämpöpumput

Ilma sisältää myös hyödynnettävää energiaa, joka riippuu lämpötilasta ja kosteusprosentista. Ilman energia on lähtöisin auringosta. Ilman energian hyödyntämiseen tarvitaan lämpöpumppu, joita ovat poistoilmalämpöpumppu, ilma-ilmalämpöpumppu ja ilma-vesilämpöpumppu. Ilma-ilmalämpöpumput ovat yleensä lisälämmittäjiä, mutta sopivia laitteita löytyy myös päälämmittäjiksi. Poistoilmalämpöpumppu lisävastuksilla ja ilma-vesilämpöpumppu kykenevät tuottamaan koko lämmitysenergiatarpeen. (Motiva Oy 2011b.)

Ilmalämpöpumppujen toiminta perustuu kylmäaineen höyrystymiseen ja lauhtumiseen, jossa höyrystimeen vapautunut ja voimakkaasti jäähtynyt kylmäaine kerää lämpöenergiaa ulkoilmasta ja höyrystyy. Kompressori puristaa kylmäainehöyryn korkeampaan paineeseen, jolloin höyry lämpenee voimakkaasti. Kuumentunut ja paineinen kylmäaine luovuttaa lämpönsä rakennukseen. Samalla kylmäaine jäähtyy ja tiivistyy nesteeksi. Jäähtynyt ja nestemäinen kylmäaine purkautuu paisunta-venttiilin kautta takaisin höyrystimeen, ja sen paine ja lämpötila laskevat samalla voimakkaasti. Kylmäaine alkaa uudelleen kerätä lämpöä itseensä, ja kierto jatkuu. (Perälä 2009, 30.)

### 3.2.1 Poistoilmalämpöpumppu

Poistoilmalämpöpumppu ottaa talteen lämmitysenergiaa talosta poistettavasta ilmasta. Pumppu vaatii toimiakseen jatkuvaa poistoilmavirtaa, joka on noin 0,5 kertaa talon ilmatilavuus tunnissa. Poistoilmalämpöpumpulla voidaan tuottaa lämmintä käyttövetä, hoitaa tuloilman lämmitys ja tuottaa lämmitys vesikiertoiseen lämmönjakojärjestelmään. Poistoilmalämpöpumppu vaatii yleensä lisälämmönlähteen, joka hoidetaan sähkövastuksella. Poistoilmalämpöpumpulla voidaan säästää lämmitysenergian kulutuksesta noin 40 %. (Motiva Oy 2011b.) Jotkut poistoilmalämpöpumppumallit mahdollistavat myös kesäaikaisen viilennyksen. Kesäaikana lämpöpumppu alkaa viilentää tuloilmaa ottamalla siitä lämpöä käyttöveteen. (Perälä 2009, 78.)

### 3.2.2 Ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumppu kerää energiaa ulkoilmasta ilmalämpöpumpun tapaan ja luovuttaa sen suoraan vesivaraajaan, josta lämpöä voidaan jakaa normaalilla vesikierrolla huonetiloihin. Ilma-vesilämpöpumpun ulkoyksikkö voi kerätä lämpöä aina  $-25\text{ °C}$ :een asti. Ilma-vesilämpöpumpulla voi säästää lämmitysenergiasta parhaimmillaan jopa 65 % verrattuna suoraan sähkölämmitykseen. Useimmissa ilma-vesilämpöpumpuissa kylmätekniikka sijaitsee kokonaan ulkoyksikössä. Ilma-vesilämpöpumppu ei kuitenkaan sovellu sisätilojen kesäaikaiseen jäähdyttämiseen kuten ilmalämpöpumppu. (Perälä 2009, 73.)

### 3.2.3 Ilma-ilmalämpöpumppu

Ilma-ilmalämpöpumppu ottaa lämpöä talteen ilmasta, ja sen lämpökerroin on parhaimmillaan silloin, kun sisä- ja ulkotilojen lämpötila ero on pieni. Ulkolämpötilan laskiessa  $-15\text{ °C}$ ...  $-20\text{ °C}$  lukemiin, ilma-ilmalämpöpumppu ei kykene tuottamaan riittävästi lämpöenergiaa. Tämän vuoksi ilma-ilmalämpöpumpulla voidaan alentaa lämmityskustannuksia ja rakennuksen pääasiallinen lämmitysjärjestelmä on mitoitettava kattamaan koko lämpöenergian tarve. Ilma-ilmalämpöpumpulla voidaan jäähdyttää rakennusta kesäaikana. (Perälä 2009, 55.)

## 3.3 Pellettilämmitys

Pellettilämmitysjärjestelmä koostuu kattilasta, polttimesta, siirtoruuvista ja varastosiilosta. Pelletit varastoidaan siiloon, joka sijaitsee kattilahuoneen läheisyydessä. Siilosta pelletit siirretään siirtoruuvien avulla polttimelle, joka lämmittää vettä kattilan avulla. Polttimen ohjausyksikkö säätelee siirtoruuvien, palamisilmapuhaltimen ja polttimen toimintaa lämmöntarpeen mukaan. Pellettipoltin voidaan asentaa erityisesti pelletin polttoon tarkoitettuun kattilaan, mutta yhä useammin myös puu- ja öljykattiloihin. Pelleteissä on puuenergiaa tiiviissä muodossa. Esimerkiksi yksi kuutio pellettejä sisältää saman energiamäärän kuin 300–330 litraa kevyttä polttoöljyä. Omakotitalossa sopiva siilon koko on noin  $8\text{ m}^3$ , jolloin siihen on mahdollista va-

rastoida vuoden aikana käytettävät pelletit. Pellettikattilat on nuohottava ja tuhkat poistettava säännöllisesti. Kattilan säädöistä sekä polttimen ja kattilan puhdistuksesta huolehtiminen pitää myös palamisen pienhiukkaspäästöt pieninä. (Motiva Oy 2011c.)

### **3.4 Pientalon hake-, pilke- ja halkolämmitys**

Puukattilat jaotellaan kolmeen luokkaan, jotka ovat ylä-, ala- ja käänteispalokattilat. Pilkkeen poltto on mahdollista kaikissa kattiloissa. Hakkeen poltto onnistuu parhaiten alapalokattilassa ja vaatii hakkeen syöttölaitteen eli stokerin. Puukattilalla voidaan myös hyödyntää pellettejä tai öljyä liittämällä kattiloihin tarkoituksenmukaiset polttimet. Kattilan rinnalla on yleensä lämminvesivaraaja, johon saadaan muutaman tunnin lämmityksellä varattua koko vuorokauden energiantarve. Lämmönjakojärjestelmänä on yleensä vesikierteinen patteri- tai lattialämmitysjärjestelmä. Puulämmitys vaatii hieman aikaa ja mahdollisuuden varastoida polttoainetta. Esimerkiksi halkoja tarvitaan noin 20 pinokuutiometriä vuodessa ja haketta noin 25 irtokuutiometriä vuodessa. (Motiva Oy 2011d.)

### **3.5 Aluelämpölaitos**

Aluelämpölaitos voidaan toteuttaa alueelle konttiratkaisuna. Konttiratkaisuja on saatavilla joko pelletti- tai hakekäyttöön. Konttiratkaisut sisältävät yleensä kaikki lämpökeskuksen tarvitsemat laitteet. Kontteihin on mahdollista liittää varavoimaa tarpeen mukaan. Esimerkiksi Ariterm Oy markkinoi hakekontteja kokoluokissa 200–500 kW ja pellettikontteja kokoluokissa 60–1000 kW. Kattilat toimivat hyvin myös osateholla, joten kesäaikainenkin käyttö on mahdollista kohtalaisella hyötysuhteella. Lämpökontteihin on saatavissa monipuoliset varusteet, kuten tuhkanpoisto, verkostopumppu, lambda-ohjaus, sunttiohjaus ja etäohjaus. Aluelämpölaitos on huomioitava kaavoituksessa, ja sen sijoituksen on oltava käytettävyyden kannalta hyvin suunniteltu. (Ariterm Oy 2011.)

Aluelämpölaitos soveltuu hyvin lämpöyrittämiseen, jossa yrittäjä kustantaa lämpölaitoksen ja lämpöverkoston. Myös kaupunki voi toimia lämmöntuottajana. Aluelämpölaitoksen suunnittelu ja investointilaskelmat on syytä tehdä huolella. Esimerkiksi pientaloalueella lämmöntuotantoteho on laskettava huipputehon tarpeen mukaan, vaikka huipun käyttöaika jää suhteellisen pieneksi. Toisaalta alle 300 kW:n teholuokissa huippu- tai peruskuormakattiloiden hintaero on suhteellisen pieni.

### **3.5.1 Aluelämpöverkko**

Suomessa kaukolämpöenergiaa siirretään kaksiputkijärjestelmällä, joka toimii maksimissaan 120 °C:n lämpötilassa. Kiinni vaahdotetuissa kaukolämpöjohdoissa on polyuretaanieristeellä liitetty kiinteästi yhteen virtausputki ja polyeteenisuoja-kuori. Virtausputkina käytetään hitsattuja tai saumattomia teräsputkia. Virtausputkena voi olla myös joustavissa johdoissa kupariputki tai korrugoitu ohutseinämäinen teräsputki. Muovivirtausputkia voidaan käyttää, kun veden lämpötila on enintään 90 °C. Normaaleissa käyttökohteissa ja olosuhteissa johtoelementtien sekä niiden valmisosien teknisen käyttöiän ja pitkäaikaisen lämpötilakestävyyden tulee olla pitkä, esimerkiksi alle 115 °C:n käyttölämpötilassa yli 50 vuotta. Johtoelementtejä on saatavilla 6–12 metrin mittaisena ja koot aina DN 20:stä DN 1200:aan asti. Kaksiputkijohdossa on sekä meno- että paluupuolen virtausputket ja yhteinen polyeteenisuojaputki liitetty yhteen polyuretaanieristeellä. Kaksiputkijohtojärjestelmän lämpöhäviöt ovat pienemmät kuin vastaavan yksiputkisen, ja jatkosten tekeminen vähentyy puoleen. (Energiateollisuus ry 2006, 137–140.)

### **3.5.2 Kuluttajan laitteet aluelämmössä**

Kuluttaja tarvitsee aluelämmössä lämmönsiirtoon laitteiston, joka sijoitetaan lämmönjakohuoneeseen. Jakelulaitteet sisältävät yleensä erilliset lämmönvaihtajat käyttövetä ja lämmitystä varten. (Vuorinen 2009, 116.) Joissakin malleissa on kaksi lämmityspiiriä, joten kosteiden tilojen lämmitys onnistuu erikseen, ja ne voidaan pitää kesäajalla päällä. Piirien säädöt tapahtuvat elektronisesti, esimerkiksi ulkoilman lämpötilan mukaan. Lämmitys voidaan lopettaa automaattisesti asetetun

lämpötilan mukaan, joten siitä ei tarvitse itse huolehtia. Säätokeus liitetään sähköverkkoon pistotulpalla ja ulkoanturi kytketään säätokeukseen liittimellä. (Danfoss Suomi 2011.)

### **3.6 Suorasähkölämmitys**

Sähkölämmityksen yleisin muoto on suorasähkölämmitys, jossa sähköenergiaa tuodaan suoraan lämmittimelle tarpeen mukaan. Radiaattoreita on pääsääntöisesti kolmenlaisia, kuten tasoradiaattorit, virtauslämmittimet ja sekalämmittimet. Lämpötilan säätö hoidetaan termostaattilla, joka on yleensä huonekohtainen. Lämmittimissä on yleensä lämpötilan pudotuksen mahdollisuus, jonka avulla huoneen lämpötilaa voidaan laskea haluttu määrä. Suoran sähkölämmityksen eräitä muotoja ovat myös lattia- ja kattolämmitys. Lattialämmityksessä käytetään lämpökaapeleita, jotka valetaan betoniin ja lämpötilansäätö voidaan hoitaa huonekohtaisilla termostaateilla. Kattolämmityksessä lämpökeltu asennetaan kattoon esimerkiksi pintamateriaalin alle. (Vuorinen 2009, 120–122.)

### **3.7 Aurinkolämpöjärjestelmä ja aurinkosähköpaneelit**

Aurinkolämpöjärjestelmän toiminta perustuu lämmönkeruuputkissa kiertävän jäätymättömän nesteen lämmittämiseen auringon säteilyllä. Kiertovesipumpun avulla keräysneste siirtää lämmön lämminvesivaraajaan. Paras hyöty aurinkolämmöstä saadaan yhdistämällä se käyttövesi- sekä lämmitysjärjestelmään. Järjestelmä soveltuu parhaiten täydentämään muita järjestelmiä, kuten öljy-, maalämpö-, pelletti- tai sähkölämmitystä. (Oilon home Oy 2010.) Aurinkolämpöjärjestelmän tuotto ja teho riippuvat monesta tekijästä, kuten tyypistä, lämmönläpäisykertoimista, auringon säteilytehosta sekä keräimen ja ympäristön välisestä lämpötilaerosta. Saatat vuosituotot keskimäärin ovat 200–400 kWh/m<sup>2</sup>/a. (Ympäristöenergia Oy 2011.)

Aurinkosähköpaneelilla auringonsäteily muutetaan suoraan sähköenergiaksi. Aurinkosähköjärjestelmiä on saatavilla useita erilaisia ja eritehoisia. Omakotitalokäyttöön soveltuvat ja sähköverkkoon kytkettävät järjestelmät voidaan mitoittaa tar-

peen mukaan. Aurinkosähköjärjestelmän käyttö on täysin automaattista, ja sähköverkkoon liitettäessä tarvitaan paikallisen sähköverkkoyhtiön lupa. Aurinkosähköjärjestelmän teho on suoraan verrannollinen paneelien pinta-alaan. Nimellistehot ovat luokkaa  $150 \text{ W/m}^2$ . Nyrkkisääntönä energiantuottoon (Wh) voidaan pitää, että nimellisteho kerrotaan tuhannella. Suuremmilla kokonaisuuksilla saadaan tuotettua merkittävä osa rakennuksen sähköenergiantarpeesta. (Finnwind Oy 2011.)

### 3.8 Tuulivoima

Tuulivoimassa ilmapinnan liike-energia muutetaan siipien avulla generaattorissa sähköenergiaksi. Tuulivoima on uusiutuvaa energiaa, joka syntyy auringon säteilyenergian vaikutuksesta. Tuulivoiman tuotto riippuu paikallisista tuulioloista, hyötysuhteista ja maston korkeudesta. Paikan päällä kannattaa tehdä tuulimittauksia, jotta varmistetaan soveltuvuus. Tuulivoima soveltuu hyvin hajautettuun energiantuotantoon. Riittävän suurella tuulivoimalalla voidaan tuottaa yli puolet pientalon energiantarpeesta, joskin tämä vaatii jo 4–10 kW:n tuulivoimalan. Rakennuslupamenettely vaihtelee kunnittain. Tuulivoiman liittäminen sähköverkkoon vaatii paikallisen sähköverkkoyhtiön kanssa sopimuksen, ja tuotetulle energialle tulee löytää ostaja. Sähköveroon on tulossa vuoden 2011 aikana muutoksia, jossa esitetään pientuottajien verotuksen poistoa. (Motiva Oy 2011e.)

### 3.9 Öljylämmitys

Öljylämmityksessä lämmöntuottojärjestelmä sisältää öljykattilan, öljypolttimen, öljysäiliön ja savuhormin. Lämmönjakojärjestelmänä voi olla joko vesikiertoinen lattialämmitys, vesikiertoinen patterilämmitys tai näiden yhdistelmä. Lämmin käyttövesi tuotetaan vesitilassa olevalla kierukalla. Öljylämmityksessä lämpöenergiaa tuotetaan öljykattilassa, jossa kattilan tulipesään liitetty poltin polttaa lämmitysöljyä ja lämmittää vesitilassa olevaa vettä. Nykyaikaisella poltintekniikalla sekä laitteiden säätöautomaatiikan ansiosta päästään yli 90 %:n hyötysuhteeseen. Öljylämmityksen rinnalla voidaan käyttää lisäenergiälähteitä, kuten aurinkolämpöjärjestelmiä, puuta tai ilma-vesilämpöpumppuja. Aurinkolämpöjärjestelmää tai ilma-vesilämpö-





Kuvion 4 CHP-laitoksen toiminta perustuu myötävirtakaasutukseen, jossa hake kulkeutuu kuivumis-, pyrolyysi-, kaasutus- ja polttovyöhykkeiden läpi. Puhdistettu kaasu johdetaan polttomoottoriin, joka pyörittää generaattoria. Hukkalämpö hyödynnetään kaukolämpönä. (VVT Prosessit 2004, 245.)

#### 4 KUSTANNUSLASKENNAN LÄHTÖKOHDAT

Laskennan lähtökohtana on arvioida rakennettavien pientalojen energiankulutusta. Kohteen rakennustyypeiksi valittiin kaksi erilaista pientaloa, joiden koot ovat 159 m<sup>2</sup> ja 210 m<sup>2</sup>. Energiankulutukset mallinnetaan kahdelle erilaiselle talotyypille, jotka ovat Suomen rakentamismääräyskokoelman 2010 mukaiselle talolle ja matalaenergiatalolle. Rakennusten energiankulutuksen laskennassa käytetyt tarkemmat tiedot löytyvät taulukosta 1.

TAULUKKO 1. Rakennusten perustiedot

Rakennustyyppi	Talojen lkm.	Huonekorkeus [m]	Rakennuksen muoto X/Y	X:n suunta [m]	Y:n suunta [m]	Asukasmäärä Kpl
Omakotitalo 159 m <sup>2</sup>	10	2,7	0,5	17,88	8,94	4
Omakotitalo 210 m <sup>2</sup>	4	3,0	0,5	20,5	10,25	4

Laskennassa käytetyt U-arvot löytyvät taulukosta 2, ja ilmanvaihtoluvut sekä ilmastoinnin vuosihyötysuhteet löytyvät taulukosta 3.

TAULUKKO 2. Energiankulutuksen laskennassa käytetyt U-arvot

	U-arvot [W/m <sup>2</sup> K]				
	Ulkoseinä	Alapohja	Yläpohja	Ikkunat	Ovi
RM2010	0,17	0,16	0,09	1	1
Matalaenergiatalo	0,12	0,11	0,08	0,85	0,85

Laskennassa käytetyt U-arvot perustuvat vuoden 2010 rakentamismääräyksiin lämmöneristyksen osalta. (Ympäristöministeriö 2010b.)

TAULUKKO 3. Energiankulutuksen laskennassa käytetyt ilmanvaihdon arvot

	Ilmanvaihto	
	LTO:n vuosihyötysuhde [%]	Vuotoilmanvaihto
RM2010	50	0,08
Matalaenergiatalo	70	0,04

Taulukossa 3 oletetaan, että vuotoilmankerroin tunnetaan ja lukuja käytetään laskennassa (Ympäristöministeriö 2007a, 21). Laskennassa käytetyt pinta-alat ja ikkunoiden suuntaukset löytyvät taulukosta 4 ja 5. Alueelle on kaavoitettu 14 tonttia, joten tätä määrää pidetään laskennan perusteena. Alueen kokonaisenergiankulutuksen laskennassa on käytetty taulukon1 tietoja talojen lukumäärän osalta.

TAULUKKO 4. Pinta-alat ja ikkunoiden suuntaukset 159 m<sup>2</sup>

Pinta-alat	[m <sup>2</sup> ]	Ikkunoiden suuntausalat	
Yläpohja	159	[m <sup>2</sup> ]	
Alapohja	159	Etelä	11
Ulkoseinä	116	Pohjoinen	6,5
Ovi	6	Länsi	2,7
Ikkunat	22,9	Itä	2,7

TAULUKKO 5. pinta-alat ja ikkunoiden suuntaukset 210 m<sup>2</sup>

Pinta-alat	[m <sup>2</sup> ]	Ikkunoiden suuntausalat	
Yläpohja	210	[m <sup>2</sup> ]	
Alapohja	210	Etelä	15
Ulkoseinä	149,5	Pohjoinen	8
Ovi	6	Länsi	3,5
Ikkunat	30	Itä	3,5

Laskennassa oletetaan, että rakennusten lämmitys hoidetaan vesikiertoisella lattialämmityksellä ja ilmanvaihdon esilämmitys hoidetaan vesikiertoisesti. Suoran sähkölämmityksen osalta rakennuksessa on huonekohtainen lattialämmitys, lämminvesivaraaja ja ilmanvaihdon esilämmitys sähköenergialla. Mitoitettava ulkoilman lämpötila on -32 °C, joka on säävyöhykkeen 3 mitoituslämpötila. Lämmitystarveluna käytetään vertailupaikkakunnan Jyväskylän arvoja, joissa Saarijärven kerroin on 1. Lämmitystarveluvut ovat saatavissa Ilmatieteen laitokselta. (Ilmatieteen laitos 2011.)

## 4.1 Pientalojen energiankulutuksen laskenta

Rakennusten ominaislämpöhäviö (H) eri talotyypeille on laskettu Suomen rakentamismääräyskokoelman D3 kohdan 2.2 mukaan, jossa katetaan rakennuksen, ilmanvaihdon ja ilmanvuodon osuudet (Ympäristöministeriö 2010c). Tarkemmat laskelmat löytyvät liitteistä (LIITE 1/1–1/4). Käyttöveden kulutus on laskettu Suomen rakentamismääräyskokoelman D5 taulukon 5.1 mukaan, eli asuinrakennus huoneistokohtainen mittaus ja laskutus  $50 \text{ dm}^3$ / henkilö vuorokaudessa. Käyttöveden lämmittämiseen tarvittava lämpöenergia ( $Q_{\text{lkv,netto}}$ ) on laskettu Suomen rakentamismääräyskokoelman D5 kaavan 5.1 mukaan. (Ympäristöministeriö 2007a.) Tarkemmat laskelmat löytyvät liitteestä 2. Käyttöveden lämmityksen ja lämmityksen lämpöhäviöinä on huomioitu  $30 \text{ kWh/kuukausi}$ , ja ne ovat pääsääntöisesti varaajahäviöitä. Laitesähkön kulutukseksi on arvioitu  $7200 \text{ kWh}$  vuodessa. Lämpökuormia hyödynnetään valaistuksen, henkilökuorman ja laitesähkökuorman osalta  $3600 \text{ kWh}$  vuodessa, joka siis korvaa muuta lämmitystä lämmityskaudella. Tämä arvio perustuu omaan arvioon, eikä sitä ole tarkemmin laskettu, vaikka matala-energiarakentamisessa hyöty on huomattavaa.

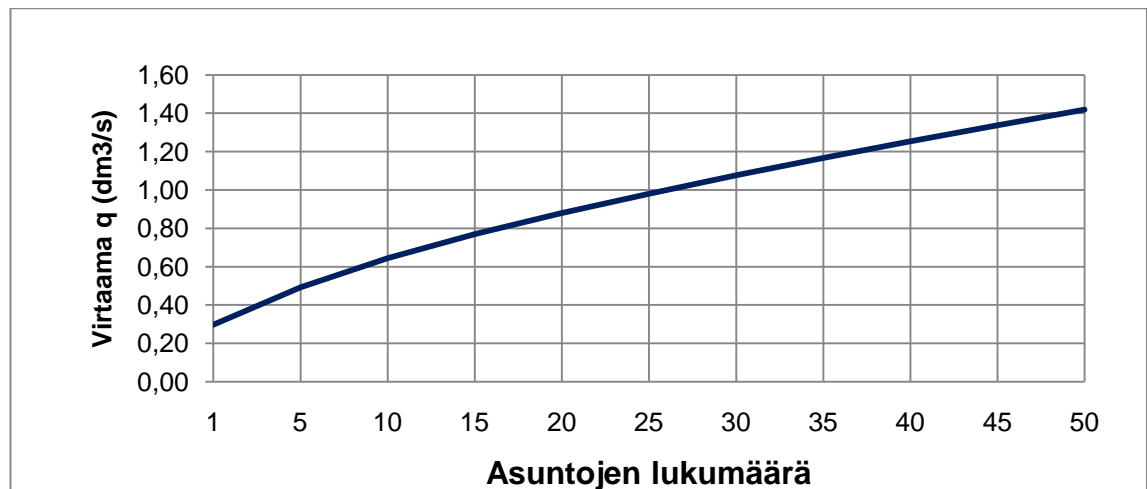
Auringon hyötyenergia ikkunoiden kautta on laskettu liitteessä 3, jossa kokonaisyötysuhde ( $F_{\text{läpäisy}}$ ) on arvioitu olevan  $0,15$ . Auringon kokonaissäteilyenergian arvot ovat Suomen rakentamismääräyskokoelman D5 liitteestä 1/4. (Ympäristöministeriö 2007a.) Jäähdytysenergian tarvetta ei ole huomioitu näissä laskelmissa.

### 4.1.1 Käyttöveden lämmityksen tehontarve

Pientalon käyttöveden lämmityksen tehontarve on laskettu Suomen rakentamismääräyskokoelman D5 kaavan (9.10) mukaan, jossa mitoitusvirtaama on kuvion 5 mukaan. (Ympäristöministeriö 2007a.) Käyttöveden lämmityksen pientalokohtaiset tehontarpeet on esitetty taulukossa 6. Aluelämpöverkon käyttöveden lämmityksen tehontarpeen arviointiin vaikuttaa asuntojen määrä ja sitä kautta risteily. Mitoitusta ja tehontarvetta varten on laskettu käyttöveden tuntikeskiteho ( $\Phi_{\text{lkv}}$ ) ja käyttöveden tehontarve ( $\Phi$ ) Energiateollisuus ry:n kaavoilla, jotka on tarkemmin esitetty kuviossa 6 ja kuviossa 7.

#### 4.1.2 Mitoitusvirtaama

Jakojohtoon mitoitusvirtaamat on laskettu Suomen rakentamismääräyskokoelman D1 liitteen 2 mukaan (Ympäristöministeriö 2007b, 36).

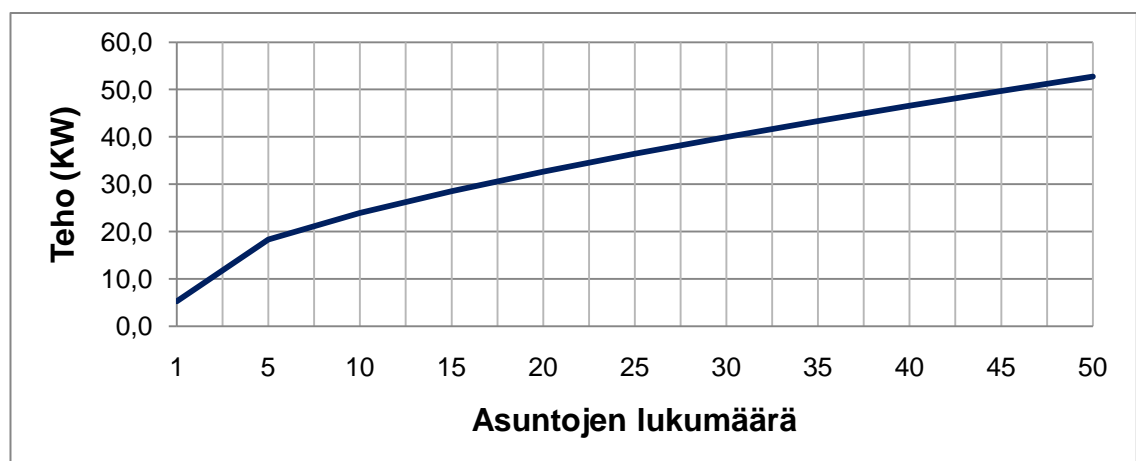


KUVIO 5. Käyttöveden virtaama

Mitoitusvirtaamat asuntojen lukumäärän mukaan löytyvät kuviosta 5.

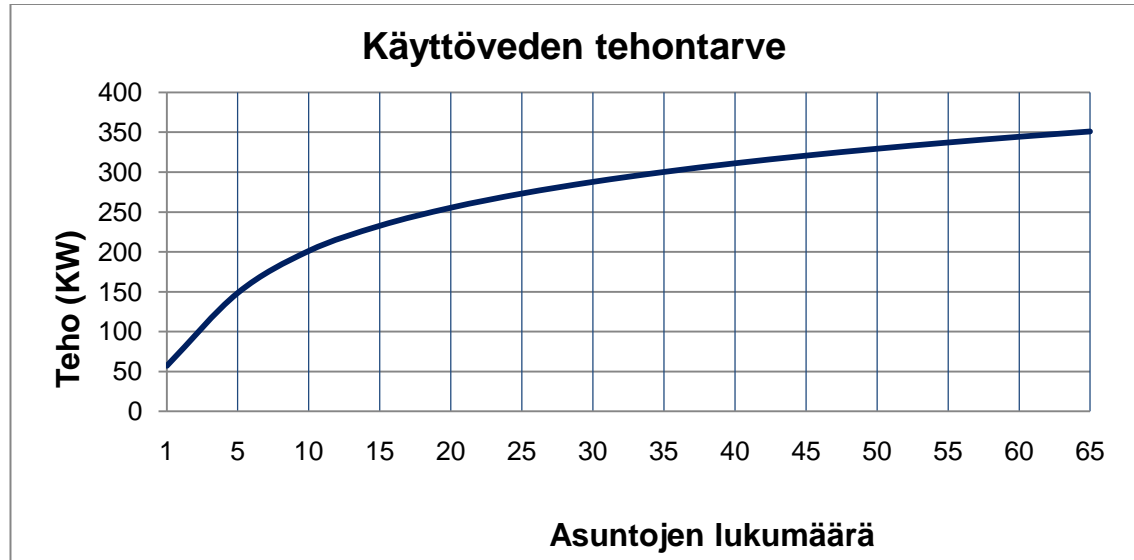
#### 4.1.3 Käyttöveden tuntikeskiteho

Käyttöveden keskituntiteho on laskettu Energiateollisuus ry:n kaavalla (3.29) (Energiateollisuus ry 2006, 65). Asuntojen lukumäärän mukaan käyttöveden keskituntitehot löytyvät kuviosta 6.



KUVIO 6. Käyttöveden keskituntiteho

Käyttöveden tehontarve on laskettu Energiateollisuus ry:n kaavalla (3.25), jossa on huomioitu risteily (Energiateollisuus ry 2006, 64). Kuviossa 7 on esitetty käyttöveden lämmityksen tehontarve asuntomäärän kasvaessa



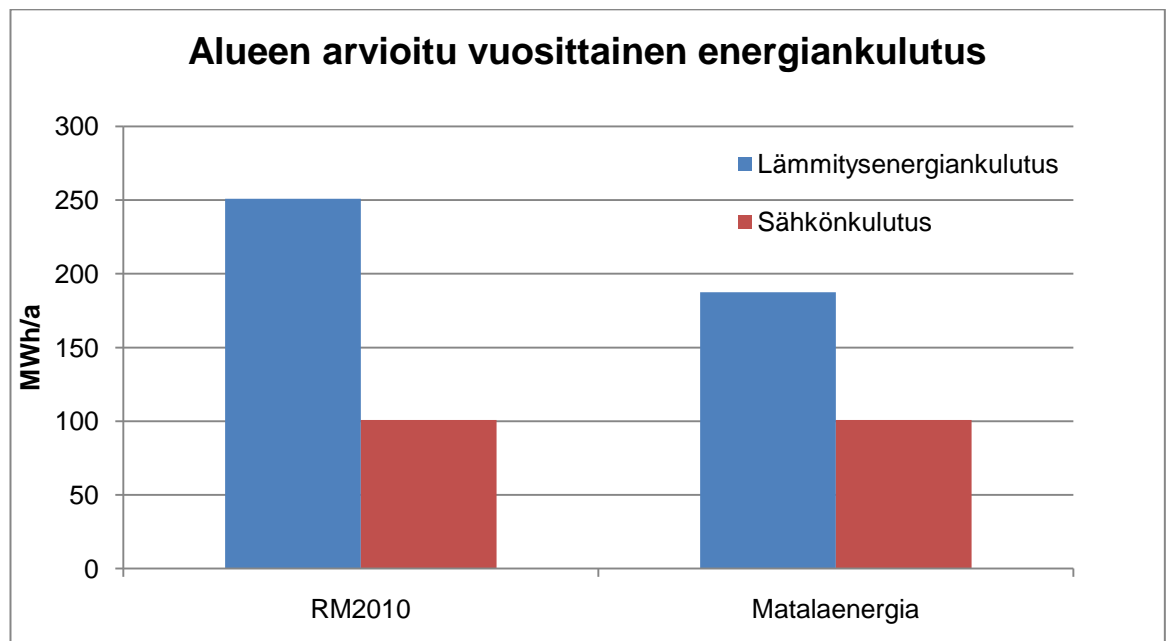
KUVIO 7. Käyttöveden tehontarve

Kuvion 7 käyttöveden tehontarve on laskettu kaavalla:  $\Phi = 57 + 15,3[\ln(N^3 - N^2 + 1)]^{1,17}$ , jossa N on asuntojen lukumäärä. Kuvion 6 käyttöveden keskituntiteho on laskettu kaavalla:  $\Phi_{kv} = 0,49 \times N + \sqrt{60,3 \times N - 24,3} - 1,3$ , jossa N on asuntojen lukumäärä.

#### 4.2 Arvioitu alueen vuosittainen energiankulutus ja huipputehot

Lämmitys- ja käyttöveden kokonaisenergian kulutukset eri talomalleille on laskettu liitteisiin 4/1–4/2. Kuviossa 8 on kuvattu alueen kokonaisenergian tarve esimerkkirakennusten avulla, ja laskennan perusteeksi on otettu 10 kappaletta 159 m<sup>2</sup>:n ja 4 kappaletta 210 m<sup>2</sup>:n pientaloja. Kuvion 8 mukaista energiantarvetta käytetään myöhemmin kustannuslaskelmissa.

Sähkökulutus on arvioitu RM 2010:ssä ja matalaenergiarakennuksissa samaksi mutta matalaenergiarakennusten osalta se vähentää lämmitysenergiantarvetta hieman enemmän. Laskelmissa ei ole huomioitu tätä.



KUVIO 8. Esimerkkirakennusten kokonaisenergiantarve vuodessa

Taulukkoon 6 on laskettu lämmityksen ja käyttöveden tarvitsemat huipputehot eri pientalomallille, ja käyttöveden huipputehon tarve on kuvion 7 mukaan.

TAULUKKO 6. Huipputehon tarpeet

Rakennus- tyyppi	Ominaisläm- pöhäviö W/K $\sum H_{\text{joht}}$	Mitoituslämpöti- la ( $T_s - T_{u,\text{mitoitus}}$ ) °C	Johtumis- lämmitysteho $P_{\text{joh}}$ (kW)	Käyttöveden tehon- tarve P (kW)
RM2010 159 m <sup>2</sup>	135,6	53	7,2	63
Matalaenergia 159 m <sup>2</sup>	101,6	53	5,4	63
RM2010 210 m <sup>2</sup>	183,2	53	9,7	63
Matalaenergia 210 m <sup>2</sup>	131,4	53	7,0	63

jossa,

$$P_{\text{joh}} = \sum H_{\text{joht}} \times (T_s - T_u)$$

### 4.3 Aluelämpöverkko

Aluelämpöverkossa lämpöenergiaa siirretään kaksiputkijärjestelmällä. Runkolinjan pituus on noin 300 metriä, ja talojohdot ovat noin 20–60 metriä. Talojohdot ovat yhteensä noin 470 metriä. Pituudet on laskettu lämpöjohtojen asemakaavan mukaan, joka löytyy liitteestä 7. Runkolinjan putkikooksi on valittu DN 50 ja talojohdot putkikooksi on valittu DN 25 tehojen perusteella. Rakentamiskustannukset ovat näille (Lahtela, henkilökohtainen tiedonanto 4.2.2011) noin 155 €/metri + arvonlisävero 23 %. Tämän lisäksi kustannuksia aiheuttavat pientaloihin tulevat venttiilit ja mahdolliset läpiviennit. Mahdollisia kiintopisteitä ja sulkuja ei huomioida laskelmissa.

Aluelämpöverkon painehäviöt koostuvat verkoston osalta runko- ja talojohdot painehäviöstä sekä kertavastuksista. Alajakokeskusten, mittalaitteiden ja tuotantolaitoksen sisäiset painehäviöt on myös huomioitava. (Energiateollisuus ry 2006, 172.) Asiakkaan kaukolämpölaitteille on varattava vähintään 60 kPa:n minimipaine-ero (Energiateollisuus ry 2006, 214). Talojohdot mitoituspainehäviönä voidaan käyttää 200 kPa/km ja runkojohtojen osalta 100 kPa/km (Energiateollisuus ry 2006, 156). Pumppaustehoa voidaan arvioida painehäviöiden perusteella kaavalla: (Energiateollisuus ry 2006, 170.)

$$P = \frac{\Delta p \times \dot{V}}{\eta} \quad (1)$$

josta pumppaustehoksi saadaan 500 W, kun paine-ero on 250 kPa, tilavuusvirta on 0,0012 m<sup>3</sup>/s ja kiertovesipumpun hyötysuhde 0,6. Pumppauskustannukset ovat vuodessa noin 450 euroa. Arvonlisävero on 0 %.

#### 4.3.1 Aluelämpöverkon mitoitus

Talo- ja runkojohtojen mitoitus perustuu tässä työssä käyttöveden huipputehontarpeen mukaan. Talojohdot koko määräytyy yhden asunnon mukaan, joka on (KUVIO 7) mukaan 63 kW. Runkolinjan koko määräytyy 14 asunnon mukaan, joka on (KUVIO 7) mukaan 227 kW, huomioituna risteily.



### 4.3.2 Aluelämpöverkon siirtohäviöt

Aluekohtaisessa energiantuotantoratkaisussa on huomioitava aluelämpöverkon aiheuttamat lämmönsiirtohäviöt. Siirtohäviöt on laskettu valmistajan taulukoita hyväksi käyttäen vuosikeskiarvona, jossa menoveden lämpötila on 90 °C ja paluuv veden lämpötila 55 °C (Logstor Oy 2011). Talajohtojen pituus alueella on noin 470 metriä ja lämpöhäviö on 15,3 W/m. Runkojohtojen pituus alueella on noin 300 metriä ja lämpöhäviö on 18,9 W/m. Lämpöhäviöt ja niiden osuus kokonaistuotannosta on laskettu taulukkoon 7.

TAULUKKO 7. Siirtohäviöt

	RM2010 MWh/a	Matalaenergia MWh/a
Kokonaislämpöenergian kulutus	251	187,6
Siirtohäviöt	112,7	112,7
Lämmöntuotanto yhteensä	363,7	300,3
Lämpöhäviöt % tuotannosta	31 %	38 %

### 4.4 Kiinteistökohtaisten lämpöjärjestelmien kustannukset

Lämpöjärjestelmien kustannukset koostuvat lämmönjakojärjestelmistä, lämmönjakotilasta, putkistoista, aluelämpöverkosta ja lämmöntuotantolaitoksista. Lämmönjakotilan kustannuksena on käytetty 1500 euroa/m<sup>2</sup>. (Suomen virallinen tilasto 2011.)

#### 4.4.1 Kiinteistökohtaiset lämmönjakojärjestelmän kustannukset

Vesikiertoisen lämmönjakojärjestelmän rakentamiskustannukset vaihtelevat voimakkaasti. Kustannuksiin vaikuttaa käytetty säätöautomaatio ja lattiapinta-ala. Esimerkiksi matalaenergiarakennuksen lämmitystehon on oltava pieni yllilämmön estämiseksi. Lämmityspinta-alaa tulee karsia, ja lämmityskaistat voidaan toteuttaa vain ulkoseinien viereen ja märkätiloihin. (RIL 2009, 121.) Vesikiertoisen lämmön-

jakojärjestelmän hinnaksi on arvioitu tässä työssä 5000 euroa ja hinta-arvio perustuu Uponorin tuotehinnastoon. (Uponor Oy 2011.) Sähkölämmitys on yksinkertaisin toteuttaa ja myös kustannuksiltaan edullisin. Sähkölämmityksen hinta-arvio perustuu Enston tassu S -sarjaan huonekohtainen termostaatti. (Ensto Oy 2011.) Laskennassa käytetty hinta-arvio sähkölämmityksen osalta on 4500 euroa, jossa lämminvesivaraajan osuus noin 800 euroa.

#### **4.4.2 Lämmöntuotantojärjestelmien kustannukset**

Maalämpöpumpun ja poistoilmalämpöpumpun kustannukset perustuvat IVT:ltä saatuihin hintoihin, joiden perusteilla maalämpöpumpun kustannus on noin 10 000 euroa ja poistoilmalämpöpumpun kustannus on noin 5000 euroa. Maalämpöpumpun kustannus sisältää jäähdytyspiirin. Maalämpöpumpun tarvitseman keruuputkiston kustannuksen on arvioitu olevan 5000 euroa. Pelletti- ja öljylämmityksen laitehinnat perustuvat rautakauppojen hinnoitteluun ja osittain Ariterm Oy:n tuotehinnastoon. Kustannukset on eritelty tarkemmin liitteissä 5/1–5/4.

#### **4.4.3 Lämmönsiirtimet**

Talokohtaiset lämmönsiirtimet tarvitaan kun liitytään aluelämpöverkkoon. Lämmönsiirtimen kustantaa yleensä kiinteistön omistaja, joka valitsee omaan tarpeeseensa sopivan ratkaisun. Esimerkiksi Danfossin kolmepiirisen PKL 113:n hinta on noin 4000 euroa (Danfoss Suomi 2011). PKL 113 -lämmönjakokeskus sisältää lämminkäyttövesipiirin lisäksi kaksi lämmityspiiriä.

#### **4.5 Aluelämpölaitos**

Aluelämpölaitos hoitaa koko alueen lämmityksen ja käyttöveden tehontarpeen. Käyttöveden tuntikeskiteho koko alueella on noin 30 kW (KUVIO 6, sivulla 23). Lämmityksen huipputeho määräytyy rakennustyyppien mukaan, joka on RM2010 mukaan 109 kW ja matalaenergiarakennusten osalta 82 kW. Aluelämpöverkon

lämpöhäviöt ovat noin 13 kW. Yhteensä RM2010 on 152 kW ja matalaenergia on 125 kW. Käytännössä lämpimän käyttöveden hetkellinen tehontarve on huomattavasti suurempi (KUVIO 7, sivulla 24), joten lämpölaitos on mitoitettava hieman suuremmaksi. Pelkän lämpölaitoksen kustannusarvio noin 110 000 euroa (Paananen, henkilökohtainen tiedonanto 14.1.2011).

Aluelämpölaitoksen kiinteät kulut koostuvat sähkönkulutuksesta, kunnossapidosta, poistoista ja varallaolosta. Muuttuvia kustannuksia ovat käytettävät polttoainekustannukset. Aluelämpölaitoksen vuosihyötysuhteena käytetään  $\eta=0,85$ .

#### 4.6 Aluelämpöverkon liittymis- ja käyttömaksut

Aluelämpöverkon liittymis- ja käyttömaksut perustuvat tilausvesivirtaamaan. Liittymismaksuilla pyritään kattamaan lämpöverkon ja lämpölaitoksen kustannuksia ja perusmaksuilla katetaan lisäksi muita kiinteitä ja muuttuvia kuluja. Käyttö- ja liittymismaksut perustuvat Saarijärven kaukolämpö Oy:n voimassa oleviin maksuihin.

TAULUKKO 8. Pientalojen liittymis- ja käyttömaksut

Rakennustyyppi	Tilausvesivirtaama, V (m <sup>3</sup> /h)	Liittymismaksu €	Perusmaksu €
RM2010 159 m <sup>2</sup>	0,2126	3957,6	414
Matalaenergia 159 m <sup>2</sup>	0,1817	3702,4	354
RM2010 210 m <sup>2</sup>	0,2554	4311,0	498
Matalaenergia 210 m <sup>2</sup>	0,2091	3928,7	408
Keskiarvo	0,2147	3974,9	418

Kustannuslaskelmissa käytetyt liittymis- ja käyttömaksut on esitetty taulukossa 8, jossa maksut sisältävät arvonlisäveron 23 %. Tarkemmat laskelmat maksuperusteista on esitetty liitteessä 7.

#### 4.7 Energian hintakehitys

Energian hinnan kehitystä voidaan arvioida seuraamalla sen kehitystä viimeisen 10 vuoden aikana. Esimerkiksi sähkön hinta on noussut koko ajan, joten voidaan olettaa sen nousevan myös jatkossa. Öljyn hinta on myös noussut viimeisen 10 vuoden aikana, poikkeuksena ovat pienet heilahtelut. Bioraaka-aineen hinta seuraa yleensä öljyn hintaa, esimerkiksi pelletin osalta tämä on hyvinkin havaittavissa. Hallituksen verolinjauksilla ja ilmastonmuutoskeskustelulla on myös vaikutusta energian hintoihin. Lämpöyrittäjän tuottama energia sidotaan yleensä hakkeen, turpeen ja/tai öljyn hintaan. Herkkyysanalyysien teko energian hinnannousun ja/tai päästökaupan vaikutusten suhteen saattaa olla tarpeen.

#### 4.8 Laskennassa käytetyt energiahinnat ja lämpöarvot

Polttoaineiden teholliset lämpöarvot, joita työssä käytetään, on esitetty taulukossa 9. Taulukossa 10 on esitetty energian ostohinnat.

TAULUKKO 9. Polttoaineiden teholliset lämpöarvot

Polttoaine	Tehollinen lämpöarvo (Q)
Kevyt polttoöljy	10,0 kWh/litra
Puupelletit	4,7 kWh/kg
Polttohake	700–800 kWh/irto-m <sup>3</sup>
Turvepelletit	4,5–5,2 kWh/kg

TAULUKKO 10. Energian yksikköhinnat, sisältää arvonlisäveron 23 %

Sähkö, energia + siirto	12,8 c/kWh
Kevyt polttoöljy	10,2 c/kWh
Puupelletit	236,16 euroa/tonni = 5,02 c/kWh
Hake	noin 3,5 c/kWh
Turvepelletit	173,65 euroa/tonni = 3,34 – 3,86 c/kWh
Aluelämpö	58 euroa/MWh = 5,8 c/kWh

Taulukon 10 hinnat Vattenfall, Neste Oil, Vapo ja hakkeen hinta ovat paikalliselta toimittajalta. Hinnat on kerätty vuoden 2011 alkupuolella.

#### 4.9 Laskennassa käytetyt hyötysuhteet ja COP-luvut

Taulukossa 11 on esitetty laskennassa käytetyt hyötysuhteet ja COP-luvut. Lämpöpumppujen osalta olisi syytä käyttää SPF-lukua, koska COP-luku riippuu voimakkaasti lämpötilaeroista. SPF-luvun arviointi taas on haasteellista, varsinkin poistoilmalämpöpumpun osalta. Pelletti-, öljy- ja aluelämmön kesäaikaiset hyötysuhteet eivät ole taulukossa 11 esitetyn suuruisia, mutta niitä käytetään laskennan helpottamiseksi.

TAULUKKO 11. Hyötysuhteet ja COP-luvut

	Hyötysuhde	COP-luku
Maalämpöpumppu		3
Poistoilmalämpöpumppu		3–4
Ilma-ilmalämpöpumppu		2
Pellettilämmitys	0,85	
Öljylämmitys	0,9	
Suorasähkölämmitys	1	
Aluelämpö, kuluttaja	1	
Aluelämpö, tuottaja	0,85	

Laskelmissa oletetaan, että poistoilmalämpöpumpun SPF-luku on 2. Eli käytännössä puolet lämmitysenergiantarpeesta saadaan ilmaiseksi. Loppu energiantarve hoidetaan sähkövastuksilla tai muulla sopivalla tavalla. Tässä työssä on oletettu vesikiertoinen lattialämmitys ja varaajassa sähkövastus. Maalämpöpumpun SPF-lukuna käytetään kolmea. Eli kaksi kolmasosaa on ilmaista energiaa.

## 5 KUSTANNUSLASKENTA

Pelkillä yksittäisillä kustannustiedoilla ei ole vielä merkittävää arvoa. Kustannustieto saa merkityksen vasta, jos sitä verrataan samassa suhteessa muuhun tietoon. Tämän takia kustannustietoa on tarpeen suhteuttaa tietoon toisista kustannuksista, tiedoista tai muista havaittavista hyödyistä. Kustannustietoja suhteuttamalla saadaan käsitys eri vaihtoehtojen edullisuudesta. Käsitys kannattavuudesta on suhteessa aina tiettyyn laskentakohteeseen ja sen ajanjaksoon. Vaikka taloudellisuus- ja kannattavuusarviointia tapahtuu todellisuudessa intuitiivisesti, voi taitavasti laadituista kannattavuuslaskelmista olla korvaamatonta hyötyä, erityisesti tärkeiden asioiden arvioimisessa. Laskelmat auttavat myös saamaan etäisyyttä päätöksenteon kohteiden käsittelyssä ja antavat mahdollisuuden tarkastella asioita pelkästään kannattavuuteen liittyvien asioiden valossa. (Pellinen 2006, 163–164.)

### 5.1 Investointilaskelmat

Pitkälle aikajaksolle sijoittuvat päätökset ovat useimmiten hyvin tärkeitä ja haastavia. Käytettävissä olevan tiedot puutteellisuus ja tiedon epätäydellisyys vaikeuttavat tilannetta entisestään. Investoinnit määritellään menoiksi, joissa euromäärät ovat suuria ja tulon odotusajat pitkiä. Investointikohteelle voidaan ajatella myös jäännösarvo laskennallisen käyttöajan päättyessä. Realistinen investoinnin arviointi vaatii paljon taustatyötä ja edellyttää taloudellisten tekijöiden monimuotoista arviointia. Tällaisia tekijöitä ovat yleensä investointikohteen koko, sijainti, tyyppi, investoinnin ajoitus, verotuksen huomioiminen ja rahoitusmahdollisuuksien käytön huomioiminen. (Pellinen 2006, 170–171.)

#### 5.1.1 Annuiteettimenetelmä

Annuiteettimenetelmän avulla pääoma muutetaan samansuuruisiksi jaksollisiksi eriksi, joissa investoinnin vuosikuoletus asettaa investoinnin keskimääräisen vuosituoton vähimmäistason (Pellinen 2006, 174). Annuiteettitekijän voi katsoa taulu-

kosta, taulukkolaskentaohjelmalla tai laskemalla. Vuosikustannukset  $k$  saadaan laskettua yhtälöllä:

$$k = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \times H + q \quad (2)$$

jossa  $i$  = korkokanta,  $n$  = investoinnin laskenta-aika vuosina,  $H$  = hankintameno ja  $q$  = vuosittaiset juoksevat kulut.

### 5.1.2 Takaisinmaksuaika

Takaisinmaksuajan menetelmällä määritetään se aika, jonka kuluessa investoinnista kertyy nettotuottoa perushankintakustannusten verran. Mitä nopeammin rahat investoinnista palautuvat, sitä parempana investointia voidaan pitää. (Pellinen 2006, 175.) Takaisinmaksuajan perusteella on helppo antaa peukalosääntöisiä hyväksymiskriteerejä investoinneille. Menetelmän ongelmana on sen rajoittuneisuus, koska se ei huomioi takaisinmaksuajan jälkeisiä kassavirtoja eikä rahan aika-arvoa, vaan keskittyy pelkästään likviditeettivaikutukseen. Takaisinmaksuajan menetelmä suosii myös enemmän lyhyen ajan projekteja, vaikka pitkän ajan projekteilla voi myös olla positiivinen nettonykyarvo. (Puolamäki 2007, 198.)

### 5.1.3 Kustannusten riippuvuussuhteiden analyysi

Kustannusten riippuvuussuhteiden analyysi perustuu olettamukseen kustannusten ja suoritteiden välisestä lineaarisesta suhteesta. Tässä analyysissä käytetään hyväksi kustannuksia, joita voidaan määritellä, esimerkiksi kiinteät kustannukset ja muuttuvat kustannukset. Kustannukset perustuvat voimakkaasti aikaisempaan kokemukseen. Kustannusten riippuvuutta kuvaa seuraava lineaarinen kustannusfunktio:

$$K = a + bx \quad (3)$$

jossa  $K$  = kokonaiskustannukset,  $a$  = kiinteät kustannukset,  $b$  = muuttuvat yksikkökustannukset ja  $x$  = suoritteiden määrä. (Puolamäki 2007, 191.)

## 5.2 Lämpöjärjestelmän investointilaskelmat

Lämpöjärjestelmää valittaessa tehdään valituille järjestelmille kustannusvertailu, joka perustuu vuosikustannuksiin. Arvioitu energian kulutus lasketaan myös vuositasolla ja lisätään investointikuluihin. Investoinnit kohdistetaan laitehankintaan, lämpöjärjestelmään, liittymismaksuihin ja lämmönjakotilaan eli pyritään kattamaan mahdollisimman tarkasti todelliset kulut. Pääomakustannusten pitoaika voidaan määrittellä teknologian kestoajan mukaan. Laskentakorkoa määriteltessä on huomioitava mahdollinen riskilisa, lainakorko ja mahdollinen tuottotavoite.

Lämpöyrittämisen kannalta kannattavuuteen vaikuttaa investoinnin kokoluokka ja sitä kautta myydyin energian määrä. Yrittäjän liikevaihto koostuu energian myynnistä, joten mitä enemmän päästään myymään energiaa, sitä pienemmiksi muodostuvat pääomakustannukset. Perus- ja liittymismaksut ovat myös tapa kattaa investoinnin kustannuksia. Pääomakustannuksiin vaikuttavat myös välilliset kustannukset, joita ovat energiapuunkorjuu, haketus, toimitus ja tarvittava laitekanta, jos yrittäjä toimittaa haketta omasta metsästä.

Aluelämmön investoinnit voidaan hoitaa monella eri tavalla, esimerkiksi energian ostaja tekee laiteinvestoinnin, johon lämpöyrittäjä hoitaa bioraaka-aineen toimitukset ja laitteiden käytön. Lämpöyrittäjä tekee koko investoinnin, jolloin investoinnin kustannukset peritään hiljalleen energian ostajalta.

Kannattavuustarkastelulla osoitetaan yleensä taloudellinen kannattavuus, joka on yleisin päätöksentekoon liittyvä peruste. Joskus saattaa olla muitakin perusteita, jotka on syytä huomioida tehtäessä toteutus päätöstä. Lämmitysjärjestelmää valittaessa tulee mieleen ainakin kestävä kehitys ja sitä kautta ympäristönäkökulma, kestoikä, hyvinvointi ja kaavoituksen vaatimukset. Käytetyillä rakennusmateriaaleilla voi olla joitain ehtoja lämmityksen suhteen.



## 6 ALUELÄMMÖN JA MATALAENERGIAVERKON KANNATTAVUUS

### 6.1 Aluelämmön kannattavuus

Aluelämmön hinta saa olla enintään sama, jolla Saarijärven kaukolämpö toimittaa energiaa, jotta se olisi edes varteenotettava vaihtoehto alueen energiantuotannossa. Aluelämmön tulevaa hintaa voidaan arvioida kannattavuuslaskelmalla. Taulukossa 12 on kustannukset, jotka vähintään voidaan kohdistaa aluelämmölle.

TAULUKKO 12. Investointikustannukset

Pääomantarve	Euroa
Maa-alueet	0
Lämpöverkosto	150 000
Lämpölaitos	110 000
Liittymiskulut	10 000
<b>Pääomantarve yhteensä</b>	<b>270 000</b>

Taulukossa 13 on esitetty mahdollisen lämpörittäjän rahoitussuunnitelma, jossa sijoitetun pääoman korkotuottovaatimus on 15 %.

TAULUKKO 13. Rahoitus

Rahoitus	Euroa
Oma sijoitus	60 000
Liittymismaksut	46 000
Vieras rahoitus	96 500
Avustukset/ TE-keskus 25 %	67 500
<b>Rahoitus yhteensä</b>	<b>270 000</b>

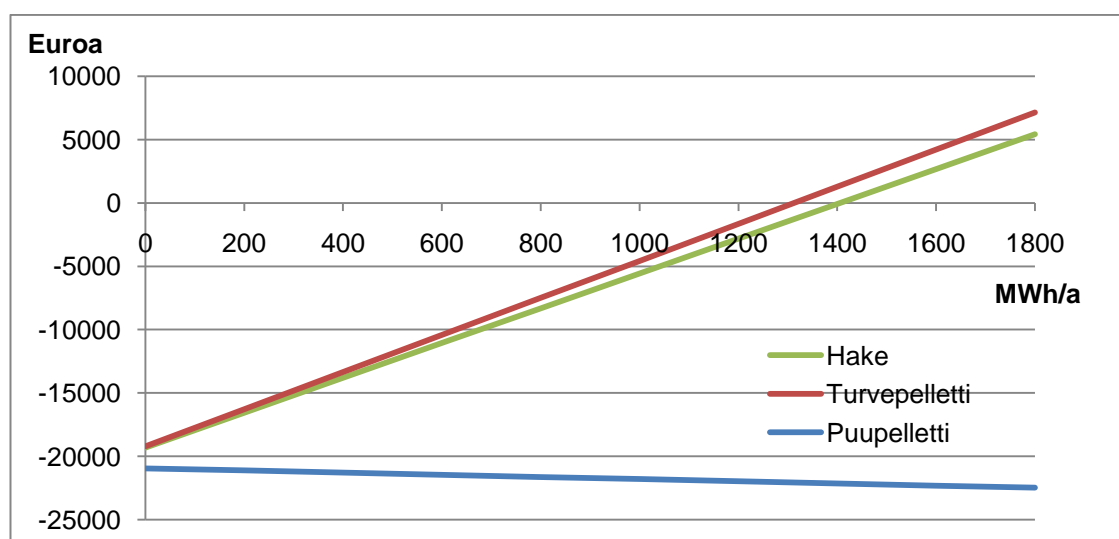
Taulukossa 14 on esitetty kustannuslaskenta vuositason tasolla, jossa on huomioitu lämpöverkon siirtohäviökustannukset (TAULUKKO 8) ja lämpölaitoksen hyötysuh-

teena on käytetty arvoa 0,85. Siirtohäviöt ovat vuodessa 112,7 MWh. Polttoaineiden hinnat arvonlisävero 0 %. Mahdollista jäännösarvoa ei huomioida laskelmissa.

TAULUKKO 14. Tulot ja menot

Menot/vuosi	Puupelletit euroa	Turvepelletit euroa	Hake euroa
Polttoaineet/ 430 MWh	17 544	11 885	12 235
Oma sähkö/ noin 10 000 kWh	1 000	1 000	1 000
Huolto/käyttö/varalla olo	1 000	1 000	1 000
Pääoman tuottovaatimus 15 % /vuosi	9 000	9 000	9 000
Lainat/15 vuotta/5 %	9 300	9 300	9 300
<b>Yhteensä</b>	<b>37 844</b>	<b>32 185</b>	<b>32 535</b>
<b>Tulot/vuosi</b>			
Lämmön myynti/251 MWh	11 750	11 750	11 750
Käyttömaksut/vuosi	4 760	4 760	4 760
<b>Yhteensä</b>	<b>16 510</b>	<b>16 510</b>	<b>16 510</b>

Kuviossa 9 on esitetty alueelle rakennetun aluelämpölaitoksen kannattavuutta suhteessa myytävään energianmäärään, kun energian myyntihinta on 58 euroa/MWh. Polttoaineiden hinnat laskelmissa ovat taulukosta 10.



KUVIO 9. Kannattavuus energianmyynnin kasvaessa

Kuviosta 9 on hyvin havaittavissa pelletin huono kustannuskehitys. Pelletin ostohinta on niin korkea, että kustannuskehitys jää negatiiviseksi, vaikka energianmyynti kasvaisi. Negatiiviseen hintakehitykseen vaikuttavat myös voimakkaasti aluelämpöverkoston lämpöhäviöt ja kattilan hyötysuhde. Hakkeella ja turvepelleillä energianmyynnin olisi oltava huomattavasti suurempaa pientaloalueella (KUVIO 8, sivulla 25), jotta esimerkkilaskelmien arvoilla päästään positiiviseen kassavirtaan. Toinen vaihtoehto päästä kannattavalle tasolle on myydyn energian hinnan nosto. Esimerkiksi pellettijärjestelmällä lämpöenergiasta pitäisi saada noin 130 euroa/MWh.

## **6.2 Matalaenergiaverkon kannattavuus**

Matalaenergiaverkon rakentamiskustannus olisi alueelle noin 140 000 euroa. (Lieskoski, henkilökohtainen tiedonanto 18.12.2010). Lisäksi kustannuksia kertyy pumpun sähkönkäytöstä sekä tarvittavista huolto- ja tarkastuskäynneistä. Matalaenergiaverkon voi kustantaa kunta, tai asukkaat voivat perustaa esimerkiksi lämpöosuuskunnan. Kunnan rakentaman matalaenergiaverkon investointikustannukset voitaisiin kerätä takaisin esimerkiksi talon neliömäärän mukaan. Osuuskuntamallissa rakentamiskustannukset voitaisiin kerätä liittymismaksuna, ja vuosittaiset käyttökustannukset perustuisivat todellisiin kustannuksiin. Kustannuslaskelmat on esitetty taulukossa 15, jossa kumpikin vaihtoehto on oletettu lähtökohtaisesti samanhintaiseksi. Jos kunta haluaa ohjata matalaenergiaverkon käyttöön, silloin hinnoittelulla on vaikutusta liittymishalukkuuteen.

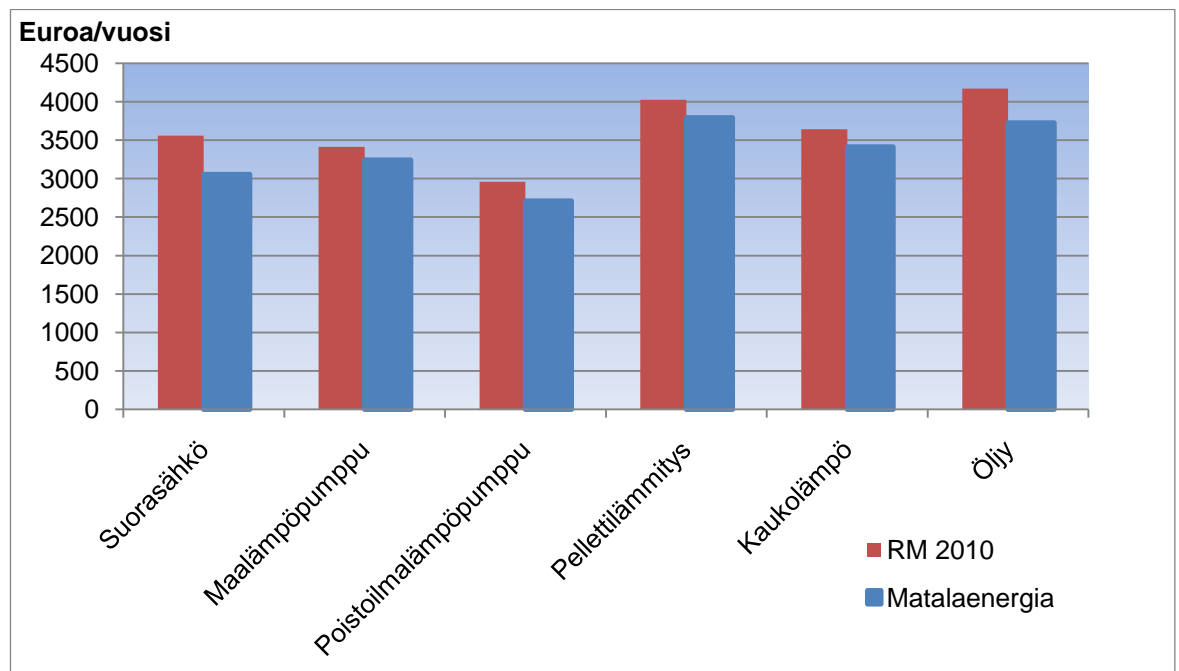
TAULUKKO 15. Matalaenergiaverkon kustannusjaottelu

		Kaupunki	Osuuskunta
Pääomantarve	eur	140 000	140 000
Avustukset TE-keskus 20 %	eur	28 000	28 000
Yhteensä	eur	112 000	112 000
Pitoaika			
	vuosi	20	20
Laskentakorko			
	%	5,00	5,00
Annuiteetti			
	%	8,02	8,02
Kertamaksu			
	eur		8 000
Omasähkö			
	kWh	30 000	30 000
Vuosikustannukset			
Sähköenergia	eur	3 840	275
Käyttö ja huolto	eur	1 000	71
Pääoma	eur	8 985	642
Yhteensä	eur	13 825	988

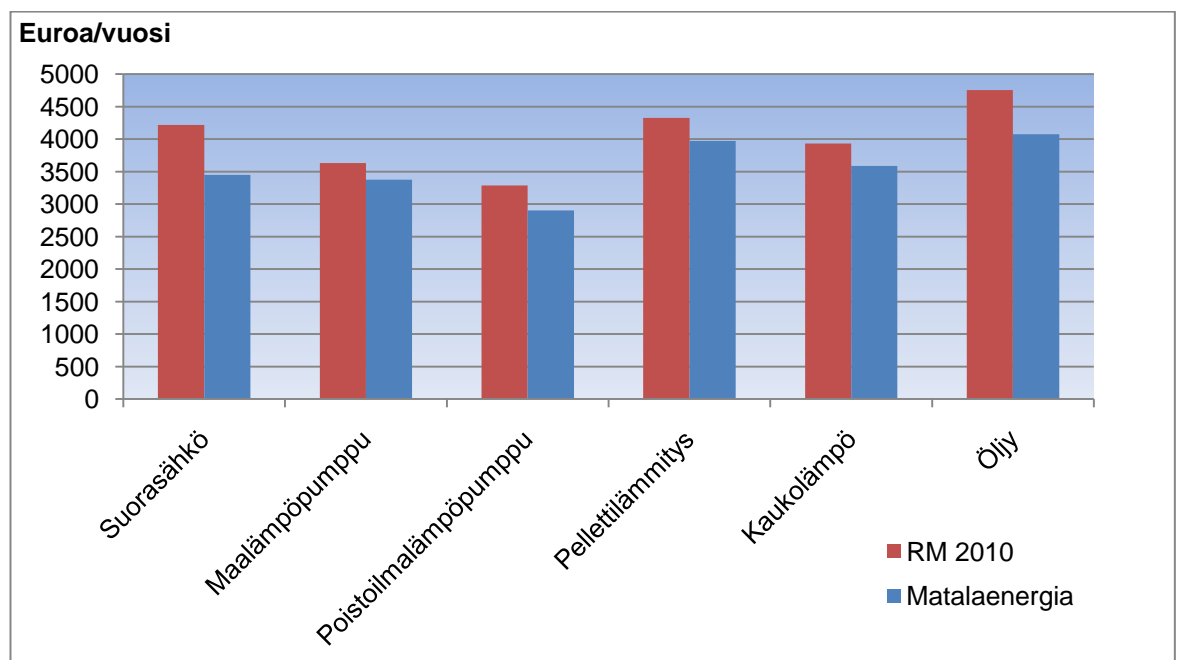
Taulukon 15 mukaan matalaenergiaverkko on periaatteessa parempi ratkaisu kuin aluelämpöskenaario. Matalaenergiaverkon rakennuskustannukset jäävät talokohdaisesti pienemmiksi kuin aluelämpöjärjestelmässä. Käyttökustannukset ovat suunnilleen samat. Lämpöhäviöt eivät myöskään lisää kustannuksia samassa suhteessa kuin aluelämpöjärjestelmässä. Tarvittaessa pientalokohtainen kesäaikainen jäähdytys on edullinen toteuttaa matalaenergiajärjestelmässä.

## 7 KIINTEISTÖVERTAILUN TULOKSET SEKÄ LISÄENERGIALÄHTEET

Tarkemmat kustannusvertailut on laskettu liitteisiin 5/1–5/4, ja tulosten yhteenveto on nähtävissä eri talomalleille kuviosta 10 ja kuviosta 11.



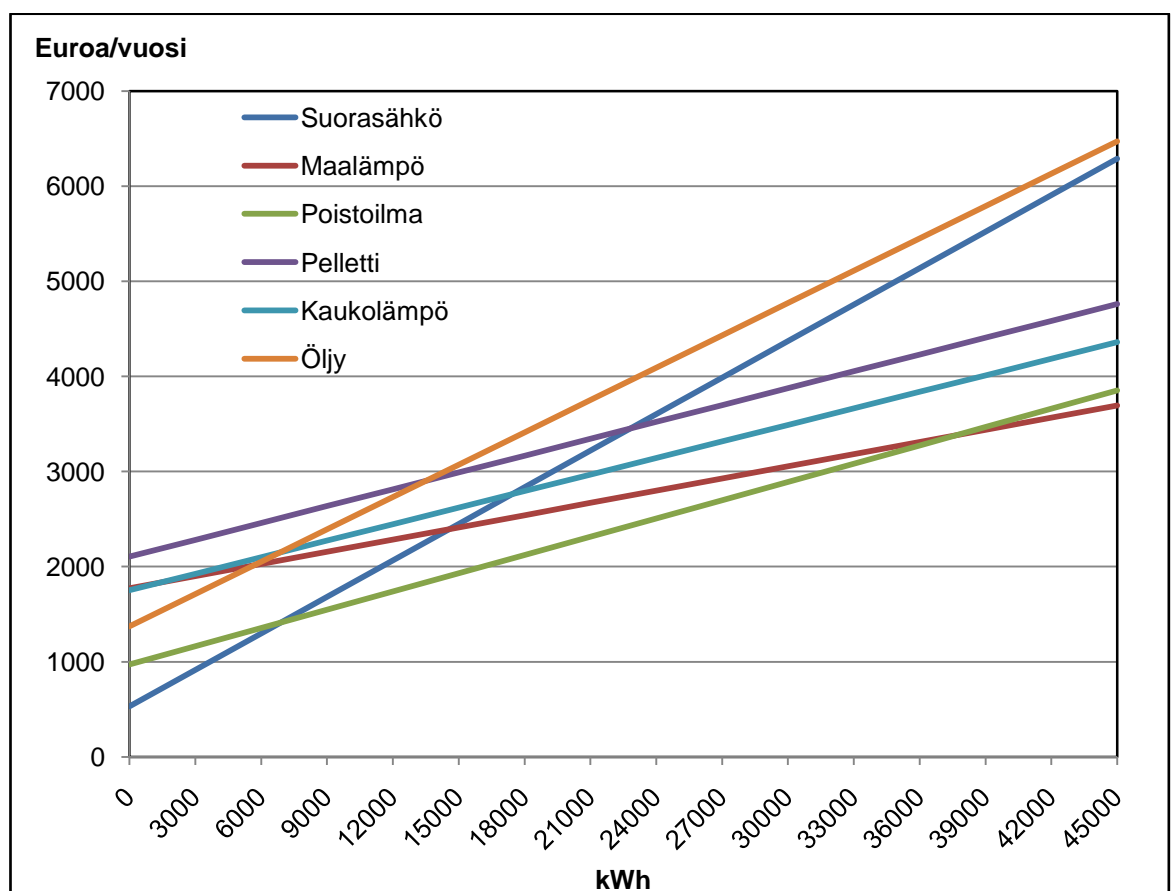
KUVIO 10. Lämpöjärjestelmien kustannusvertailu esimerkkitalolla 159 m<sup>2</sup>



KUVIO 11. Lämpöjärjestelmien kustannusvertailu esimerkkitalolla 210 m<sup>2</sup>

Kuvioista 10 ja 11 on havaittavissa, että esimerkkitalojen kohdalla edullisin lämmitysjärjestelmä on poistoilmalämpöpumppu ja sähkövastus. Kaukolämpö ja maalämpöpumppu ovat esimerkkirakennusten kohdalla yhtä kilpailukykyisiä. Suorasähkölämmitys on edullisin pienillä kulutuksilla, mutta esimerkkitalojen kulutuksen osalta se on pelletti- ja öljylämmityksen kanssa kustannuksiltaan epäedullisin.

Kuviossa 12 on esitetty eri lämmöntuotanto järjestelmien kustannuskehitys lämpöenergian kulutuksen kasvaessa. Laskelmat perustuvat kaavaan (3) ja investointikustannukset liitteisiin 5/1–5/2.



KUVIO 12. Lämpöenergian tuotantokustannukset eri järjestelmillä energiantarpeen kasvaessa

Kuviosta 12 on tarkemmin nähtävissä energiankulutuksen vaikutus kustannuksiin. Suorasähkölämmitys on edullisin noin 6 000 kWh:iin asti. Kokonaisuutta ajatellen poistoilmalämpöpumppu ja sähkövastus ovat edullisimmat aina 36 000 kWh:iin

asti. Öljy- ja suoran sähkölämmityksen kustannukset nousevat kaikista jyrkimmin energiantarpeen kasvaessa.

## 7.1 CHP-laitoksen sekä aurinko- ja tuulienergian kannattavuudet

Aurinkosähköjärjestelmän ja aurinkolämpöjärjestelmän kannattavuuksia voidaan arvioida niiden takaisinmaksuajan perusteella. Finnwind Oy markkinoi E270-aurinkosähköjärjestelmää, jonka kannattavuusarviointi on esitetty taulukossa 15. E270-aurinkosähköjärjestelmä soveltuu suoraan sähköntuottoon ja se voidaan liittää sähköverkkoon.

TAULUKKO 15. Aurinkosähköjärjestelmän kannattavuus

Paneeliteho E270	3,6 kW
Tuotto/vuosi	3 600 kWh
Energianhinta	0,128c/kWh
Järjestelmän kustannusarvio	19 800 euroa
Takaisinmaksuaika	43 vuotta

TERMO-line- aurinkolämpöjärjestelmän kannattavuus kombivaraajalla on laskettu taulukkoon 16, jossa järjestelmänä on SH 1440 AD. Järjestelmien tehot riippuvat suoraan paneelipinta-alasta, joten pinta-alaa kasvattamalla saadaan suurempia kokonaisuuksia.

TAULUKKO 16. Aurinkolämpöjärjestelmän kannattavuus

Apertuuri pinta-ala	14,24 m <sup>2</sup>
TERMO- kombivaraaja	1000 litraa
Energian hinta	0,128 c/kWh
Tuotto/vuosi	4 300 kWh
Kustannusarvio*	7 684 euroa
Takaisinmaksuaika	14 vuotta

(\*Hintatiedot [www.energiakauppa.com](http://www.energiakauppa.com))

Tuulivoimalan kannattavuutta arvioidaan myös takaisinmaksuajan perusteella. Esimerkiksi Finnwind Oy markkinoi Tuule E -sarjaa, joka voidaan liittää sähkö-

verkkoon. Tuulivoimalan nimellisteho on 4 kW, kun tuulennopeus on 10m/s. Tuulivoimalassa on vakiona 18 metrin masto ja käynnistystuulennopeus on noin 2 m/s. Taulukossa 17 on esitetty tuulivoimalan kannattavuutta. Tuotetun energian määrän on arvioitu olevan laskelmassa noin 5000 kWh/vuodessa. (Vrt. luku 3.8.)

TAULUKKO 17. Tuulivoimalan kannattavuus

Tuulivoiman teho	4 kW
Tuotto	5000 kWh/vuosi
Energianhinta	0,128 c/kWh
Kustannusarvio	16 200 euroa
Takaisinmaksuaika	25 vuotta

CHP-laitoksen kannattavuutta en lähde tässä työssä arvioimaan kustannuslaskelmilla. Kotiniemen pientaloalue ei tule olemaan omavarainen energiantuotannossa, joten laskelmissa olisi huomioitava verotus- ja syöttötariffisäädökset. Lisäksi asukkaiden tulisi hyväksyä uudenlainen kulutustottumus ja sitoutua energian säästämiseen CHP-laitoksen ehdoilla. Tämä vaatii yleensä yhteistä tahtoa, kiinnostusta asiaan ja tekniikan tuntemusta. Jossain tapauksessa on myös oltava valmis maksamaan energiasta hieman enemmän.

## 7.2 Ilma-ilma- ja ilma-vesilämpöpumput

Ilma-vesilämpöpumput ovat suosiossa nykyään eteläisessä Suomessa. Ilma-vesilämpöpumput eivät olleet kustannusvertailussa mukana, vaikka nykyaikaisilla laitteilla voidaan saada merkittävää säästöä pientalon energiamaksuihin. Ne soveltuvat kumminkin paremmin eteläiseen Suomeen ilmaston takia sekä ahtaampien tonttien vuoksi. Ilma-vesilämpöpumput ovat kuitenkin hyvä vaihtoehto alueelle, jossa kallionpinta on syvässä tai ei ole mahdollista laittaa lämmönkeruuputkistoa. Ilma-ilmalämpöpumput ovat pääsääntöisesti lisälämmönlähteitä ja soveltuvat paremmin päälämmitysjärjestelmän rinnalle. Uudisrakennukseen, johon on valittu suorasähkölämmitys, ilma-ilmalämpöpumput soveltuvat hyvin, ja suuriakin säästöjä lämmityskustannuksiin on saatavissa.



## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Nykyisten rakentamismääräysten mukaisten normi- ja matalaenergiarakennusten lämpöenergian kulutus vaatii uudenlaisia energiantuotantoratkaisuja. Sisäisten lämpökuormien hyödyntäminen tehostuu, ja kesäaikainen jäähdytys on jo tarpeen. Lämmityksen huipputehontarpeet pysyvät suunnilleen ennallaan, mutta lämmityskausi rajoittuu enää kylmille talvikuukausille, joten kesäaikainen lämpöenergiankulutus perustuu käyttöveden lämmittämiseen. Pienentyneen energiankulutuksen johdosta isoja investointeja lämmitysjärjestelmään ei ehkä enää kannata tehdä. Pienen kustannuksen järjestelmät ovat erittäin kilpailukykyisiä, vaikka energian yksikkökustannukset ovat suurempia.

Aluelämpöverkoston rakentaminen ei ole liiketoiminnallisesti kannattavaa alueen pienen vuosittaisen energiantarpeen vuoksi. Alueen väljä kaavoitus ja sitä kautta pieni lämpötiheys lisäävät verkoston lämpöhäviöitä. Kesäaikainen energian käyttö perustuu lähinnä käyttöveden lämmittämiseen, ja nykyaikainen matalaenergiarakentaminen lyhentää lämmityskautta edelleen. Huomioitava on myös se, että tuleva rakennuskanta ei ole vielä täysin tiedossa. Liiketoiminnallisesti kannattavalle tasolle aluelämpöskenaariossa vaaditaan vähintään nelinkertaista energianmyyntiä ja pienempää rakennustiheyttä.

Matalaenergiaverkko on lähtökohtaisesti mielenkiintoinen, ja se on pitkällä aikavälillä ja huolella toteutettuna kilpailukykyinen vaihtoehto. Tämä tietenkin vaatisi rakentajat sitoutumaan maalämmön käyttäjiksi. Tarvittava tiedonanto ja opastus tulisi olemaan haasteellinen tehtävä, joka vaatii kunnalta panostuksia ja halua toteuttaa verkon rakentaminen. Kiinteistökohtaiset kustannukset matalaenergiaverkon osalta ovat hieman suuremmat, kun sitä vertaa tontille kaivettujen keruuputkien kustannuksiin. Järven sedimentistä saatava lämpöenergia on kuitenkin tasaisempaa, ja lämpöpumput toimivat paremmalla vuosittaisella SPF-luvulla.

Hajautetuissa energijärjestelmissä aurinkosähkön ja tuulivoiman osuus tulee varmastikin kasvamaan jonkin verran. Esimerkiksi tuulivoiman osalta soveltuvilla

kaava-alueilla kysyntä tulee kasvamaan. Lisälämmönlähteitä käytettäessä saadaan yleisesti pienennettyä energiakustannuksia. Mutta ne tarvitsevat aina päälämmönlähteen. Aurinkolämpöjärjestelmien takaisinmaksuajat ovat jo kohtuullisella tasolla, joten niiden käyttöä voidaan pitää kannattavana kesäaikaisessa lämpimän käyttöveden valmistamisessa. Näiden käyttö aluelämpöskenaariossa on myös kyseenalaista, joskin asia on selvitettävä tarkemmin.

Vertailussa ei mikään vaihtoehto noussut ylitse muiden kustannuksiltaan tai kannattavuudeltaan. Kaikilla järjestelmillä on hyviä ja huonoja puolia, joten valinta on haastavaa. Tulevien rakentajien omat toivomukset on syytä kartoittaa. Lämmönjakojärjestelmien kustannukset vaihtelevat voimakkaasti käytetyn tekniikan mukaan. Tämä lisää haastetta suorittaa laskelmat. Toisaalta uusi tekniikka tuo säästöjä lämmityskustannuksiin. Elinkaariajattelu olisi myös vaihtoehtoinen tekniikka arvioitaessa kannattavuuksia. Elinkaariajattelulla voitaisiin arvioida kasvavia rakentamiskustannuksia matalaenergiarakentamisessa suhteessa energiankulutukseen. Hiilijalanjäljen tutkiminen on syytä tehdä erikseen, jos sitä halutaan painottaa valintaperusteeksi.

## LÄHTEET

Ariterm Oy 2011. Biolämpöopas. Www-dokumentti. Saatavissa:  
<http://195.198.92.151/ariterm/Biolampo%20opas.pdf>. Luettu 9.2.2011.

Danfoss Suomi 2011. Tuote-esite PKL-113. Www-dokumentti. Saatavissa:  
[http://lampo.danfoss.com/PCMPDF/VCKEB220\\_PKL-113-0905.pdf](http://lampo.danfoss.com/PCMPDF/VCKEB220_PKL-113-0905.pdf). Luettu 10.1.2011.

Energiateollisuus ry. 2006. Kaukolämmön käsikirja. Helsinki: Libris Oy.

Ensto Oy 2011. Sähkölämmitysratkaisut. Www-dokumentti. Saatavissa:  
[http://www.ensto.com/instancedata/prime\\_product\\_julkaisu/ensto/embeds/enstowwwstructure/76da5b070718839a6e1db09856403a8078ee3667.pdf](http://www.ensto.com/instancedata/prime_product_julkaisu/ensto/embeds/enstowwwstructure/76da5b070718839a6e1db09856403a8078ee3667.pdf) Luettu 23.3.2011.

Euroopan unionin neuvosto 2006. EU:n uudistettu kestävän kehityksen strategia. Www-dokumentti. Saatavissa:  
[http://ec.europa.eu/sustainable/docs/renewed\\_eu\\_sds\\_fi.pdf](http://ec.europa.eu/sustainable/docs/renewed_eu_sds_fi.pdf). Luettu 2.3.2011.

Finnwind Oy 2011. Aurinko E-sarja yleisesite. Www-dokumentti. Saatavissa:  
[http://www.finnwind.fi/web-content/esitteet/Aurinko\\_E\\_sarja\\_yleisesite\\_fin.pdf](http://www.finnwind.fi/web-content/esitteet/Aurinko_E_sarja_yleisesite_fin.pdf). Luettu 5.3.2011.

Fortel Components Oy 2011. Ekokortteli. Www-dokumentti. Saatavissa:  
<http://www.fortel.fi/components/ekokortteli>. Luettu 5.3.2011.

Gasek Oy 2011. CHP-laitos. Www-dokumentti. Saatavissa:  
[http://www.gasek.fi/epages/PPO.sf/fi\\_FI/?ObjectPath=/Shops/22082008-1/Categories/%22CHP%20voimala%22](http://www.gasek.fi/epages/PPO.sf/fi_FI/?ObjectPath=/Shops/22082008-1/Categories/%22CHP%20voimala%22). Luettu 12.3.2011.

Geoenergia 2011. Uudet ratkaisut 2011. Www-dokumentti. Saatavissa:  
[http://www.geoenergia.fi/uudet\\_ratkaisut\\_fi.html](http://www.geoenergia.fi/uudet_ratkaisut_fi.html). Luettu 14.2.2011.

Ilmatieteen laitos 2011. Lämmitystarveluvut. Www-dokumentti. Saatavissa:  
<http://ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut>. Luettu 5.1.2011.

Logstor Oy 2011. Lämpöhäviöt. Www-dokumentti. Saatavissa:  
<http://www.logstor.com/getfile.php?objectid=3203674>. Luettu 11.1.2011.

Lämpöenergiayhdistys 2010. Öljylämmittäjän palveluopas 2010. Www-dokumentti. Saatavissa:  
<http://www.epaper.fi/reader/?issue=17529;e4e22f6c7621edeaca3291e21419d448>. Luettu 1.3.2011.

Mateve Oy 2011. Refla-energiaverkosto. Www-dokumentti. Saatavissa:  
<http://www.mateve.fi/index.php?sivu=refla-energiaverkosto>. Luettu 16.2.2011.

Motiva Oy 2011a. Uusiutuvan energian direktiivi (RES-direktiivi). Www-dokumentti. Saatavissa:

[http://www.motiva.fi/taustatietoa/ohjauskeinot/direktiivit/uusiutuvan\\_energian\\_direktiivi\\_\(res-direktiivi\)/](http://www.motiva.fi/taustatietoa/ohjauskeinot/direktiivit/uusiutuvan_energian_direktiivi_(res-direktiivi)/). Luettu 23.1.2011.

Motiva Oy 2011b. Lämpöä ilmassa, ilmalämpöpumput. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.motiva.fi/files/3120/Lampoa\\_ilmassa\\_Ilmalampopumput.pdf](http://www.motiva.fi/files/3120/Lampoa_ilmassa_Ilmalampopumput.pdf). Luettu 6.2.2011.

Motiva Oy 2011c. Pellettilämmitys. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/eri\\_lammitysmuodot/pellettilammitys](http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/pellettilammitys). Luettu 8.2.2011.

Motiva Oy 2011d. Hake-, pilke- ja halkokattilat. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/eri\\_lammitysmuodot/hake-pilke-ja-halkokattilat](http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/hake-pilke-ja-halkokattilat). Luettu 7.3.2011.

Motiva Oy 2011e. Omaa tuulienergiaa. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.motiva.fi/files/3036/Omaa\\_tuulienergiaa.pdf](http://www.motiva.fi/files/3036/Omaa_tuulienergiaa.pdf). Luettu 25.2.2011.

Motiva Oy 2011f. Lämpöä omasta maasta. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.motiva.fi/files/3378/Lampoa\\_omasta\\_maasta\\_maalampopumput.pdf](http://www.motiva.fi/files/3378/Lampoa_omasta_maasta_maalampopumput.pdf). Luettu 8.2.2011.

Oilon home Oy 2010. Solarpro esite. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://netfi.oilon.com/cms400/uploadedFiles/OilonHome2010/Products/Solar\\_heating/Solarpro\\_FI.pdf](http://netfi.oilon.com/cms400/uploadedFiles/OilonHome2010/Products/Solar_heating/Solarpro_FI.pdf). Luettu 6.3.2011

Pellinen, J. 2006. Kustannuslaskenta ja kannattavuusajattelu. 2. uudistettu painos. Helsinki: Talentum Media Oy.

Perälä, R. 2009. Lämpöpumput, Suomalainen käsikirja aikamme lämmitysjärjestelmästä. Helsinki: Alfamer Oy.

Puolamäki, E. 2007. Strateginen johdon laskentatoimi. Helsinki: Tietosanoma Oy.

RIL 2009. RIL 249–2009. Matalaenergiarakentaminen, asuinrakennukset. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 3. korjattu painos. Helsinki: Saarijärven Offset Oy.

Saarijärven kaupunki 2010. Energiatehokkuuden edistäminen Saarijärven kaupungissa. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.saarijarvi.fi/filebank/4481-Saarijarvi\\_Hannu\\_Seppala.pdf](http://www.saarijarvi.fi/filebank/4481-Saarijarvi_Hannu_Seppala.pdf). Luettu 8.12.2010.

SULPU – Suomen lämpöpumppuyhdistys ry 2011. Maalämpöpumppu. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.sulpu.fi/index.php?option=com\\_content&task=view&id=20&Itemid=114](http://www.sulpu.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=114). Luettu 10.1.2011.

Suomen virallinen tilasto (SVT). Kiinteistöjen hinnat. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.stat.fi/til/kihi/2010/04/kihi\\_2010\\_04\\_2011-03-11\\_tie\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/kihi/2010/04/kihi_2010_04_2011-03-11_tie_001_fi.html) Luettu 23.3.2011.

Suomen lämpöpumpputekniikka Oy 2011. Maalämpö. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.lampoassa.fi/maalampo.html>. Luettu 16.2.2011.

Tekes 2008. DENSITY-ohjelman loppuarviointi. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.tekes.fi/fi/community/Uutiset/404/Uutinen/1325?name=DENSITY-ohjelman+loppuarviointi+valmistunut> . Luettu 22.1.2011.

Uponor Oy 2011. Hinnasto ja tuoteluettelo, osa 03 lattialämmitys. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.uponor.fi/~media/Files/Uponor/Finland/General%20information/Priselist%202011/Osa\\_03\\_Lattialammitys\\_16032011.ashx](http://www.uponor.fi/~media/Files/Uponor/Finland/General%20information/Priselist%202011/Osa_03_Lattialammitys_16032011.ashx) Luettu 23.3.2011.

VTT Prosessit. 2004. Energia Suomessa. 3. täysin uudistettu painos. Helsinki: Edita Prima Oy.

Vuorinen, A. 2009. Energiankäyttäjän käsikirja. Espoo: Ekoenergo Oy.

Ympäristöministeriö 2007a. D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, ohjeet 2007. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/normit/29520-D5-190607-suomi.pdf>. Luettu 15.12.2010.

Ympäristöministeriö 2007b. D1 Suomen rakentamismääräyskokoelma Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot määräykset ja ohjeet 2007. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.finlex.fi/data/normit/28208-D1\\_2007.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/28208-D1_2007.pdf). Luettu 15.12.2010.

Ympäristöministeriö 2010a. Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=120444>. Luettu 3.3.2011.

Ympäristöministeriö 2010b. C3 Suomen rakentamismääräyskokoelma Rakennusten lämmöneristys, määräykset 2010. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.finlex.fi/data/normit/34163-C3-2010\\_suomi\\_221208.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/34163-C3-2010_suomi_221208.pdf). Luettu 15.12.2010.

Ympäristöministeriö 2010c. D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma Rakennusten energiatehokkuus, määräykset ja ohjeet 2010. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.finlex.fi/data/normit/34165-D3-2010\\_suomi\\_22-12-2008.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/34165-D3-2010_suomi_22-12-2008.pdf). Luettu 15.12.2010.

Ympäristöenergia Oy 2011. aurinkokeräin teho ja tuotto. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.y-energia.com/aurinkolampo/teho\\_ ja\\_tuotto/teho\\_ ja\\_tuotto.html](http://www.y-energia.com/aurinkolampo/teho_ ja_tuotto/teho_ ja_tuotto.html). Luettu 7.3.2011.

## Haastattelut

Lieskoski. M, toimitusjohtaja, Mateve Oy, 3.12.2010.

Paananen.P, laatupäällikkö, Ariterm Oy, 14.1.2011.

Lahtela. V, projektipäällikkö, Saarijärven kaukolämpö Oy, 4.2.2011.

## Ominaislämpöhäviöt

### Rakennuksen tiedot (RM 2010)

Rakennuksen pinta-ala	159 m <sup>2</sup>
Huonekorkeus	2,7 m
Ilmatilavuus, V, lämpimät tilat	429,3 m <sup>3</sup>

Perustiedot			Ominaislämpöhäviö, W/K [ $H_{\text{loht}}=A \cdot U$ ]
	Pinta-alat, m <sup>2</sup> [A]	U-arvot, W/(m <sup>2</sup> K) [U]	
Ulkoseinä	116	0,17	19,72
Yläpohja	159	0,09	14,31
Alapohja	159	0,16	25,44
Ikkunat	22,9	1	22,9
Ulko-ovet	6	1	6
<b>Yhteensä</b>	<b>462,9</b>		<b>88,37</b>
Vaipan ilmavuodot			Ominaislämpöhäviö, W/K [ $H_{\text{vuotoilma}}=1200 \cdot q_{v,v}$ ]
	Ilmanvuotoluku, 1/h [ $n_{50}$ ]	Vuotoilmanvirta, m <sup>3</sup> /s [ $q_{v,v}=n_{50} \cdot V/3600$ ]	
<b>Lämpimät tilat</b>	<b>2</b>	<b>0,00954</b>	<b>11,448</b>
Ilmanvaihto			Ominaislämpöhäviö, W/K [ $H_{iv}=1200 \cdot q_{v,p} \cdot (1-\eta_a)$ ]
	Poistoilmanvirta, m <sup>3</sup> /s [ $q_{v,p}$ ]	LTO:n vuosihyötysuhde, % [ $\eta_a$ ]	
<b>Lämpimät tilat</b>	<b>0,0596</b>	<b>50</b>	<b>35,76</b>
<b>Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä</b>			Ominaislämpöhäviö, W/K [ $H=H_{\text{loht}}+H_{\text{vuotoilma}}+H_{iv}$ ]
			<b>135,578</b>

## Ominaislämpöhäviöt

### Rakennuksen tiedot (matalaenergia)

Rakennuksen pinta-ala	159 m <sup>2</sup>
Huonekorkeus	2,7 m
Ilmatilavuus, V, lämpimät tilat	429,3 m <sup>3</sup>

Perustiedot			Ominaislämpöhäviö, W/K [ $H_{\text{joht}}=A \cdot U$ ]
	Pinta-alat, m <sup>2</sup> [A]	U-arvot, W/(m <sup>2</sup> K) [U]	
Ulkoseinä	116	0,12	13,92
Yläpohja	159	0,08	12,72
Alapohja	159	0,11	17,49
Ikkunat	22,9	0,85	19,465
Ulko-ovet	6	0,85	5,1
<b>Yhteensä</b>	<b>462,9</b>		<b>68,695</b>
Vaipan ilmavuodot			Ominaislämpöhäviö, W/K [ $H_{\text{vuotoilma}}=1200 \cdot q_{v,v}$ ]
	Ilmanvuotoluku, 1/h [ $n_{50}$ ]	Vuotoilmanvirta, m <sup>3</sup> /s [ $q_{v,v}=n_{50}/25 \cdot V/3600$ ]	
<b>Lämpimät tilat</b>	<b>1</b>	<b>0,00954</b>	<b>11,448</b>
Ilmanvaihto			Ominaislämpöhäviö, W/K [ $H_{iv}=1200 \cdot q_{v,p} \cdot (1-\eta_a)$ ]
	Poistoilmanvirta, m <sup>3</sup> /s [ $q_{v,p}$ ]	LTO:n vuosi- hyötysuhde, % [ $\eta_a$ ]	
<b>Lämpimät tilat</b>	<b>0,0596</b>	<b>70</b>	<b>21,456</b>
<b>Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä</b>			Ominaislämpöhäviö, W/K [ $H=H_{\text{joht}}+H_{\text{vuotoilma}}+H_{iv}$ ]
			<b>101,599</b>

## Ominaislämpöhäviöt

### Rakennuksen tiedot (RM2010)

Rakennuksen pinta-ala	210 m <sup>2</sup>
Huonekorkeus	3 m
Ilmatilavuus, V, lämpimät tilat	630 m <sup>3</sup>

Perustiedot			Ominaislämpöhäviö, W/K [ $H_{\text{joht}}=A \cdot U$ ]
	Pinta-alat, m <sup>2</sup> [A]	U-arvot, W/(m <sup>2</sup> K) [U]	
Ulkoseinä	149,5	0,17	25,415
Yläpohja	210	0,09	18,9
Alapohja	210	0,16	33,6
Ikkunat	30	1	30
Ulko-ovet	6	1	6
<b>Yhteensä</b>	<b>605,5</b>		<b>113,915</b>
Vaipan ilmavuodot			Ominaislämpöhäviö, W/K [ $H_{\text{vuotoilma}}=1200 \cdot q_{v,v}$ ]
	Ilmanvuotoluku, 1/h [ $n_{50}$ ]	Vuotoilmanvirta, m <sup>3</sup> /s [ $q_{v,v}=n_{50}/25 \cdot V/3600$ ]	
Lämpimät tilat	2	0,014	16,8
Ilmanvaihto			Ominaislämpöhäviö, W/K [ $H_{iv}=1200 \cdot q_{v,p} \cdot (1-\eta_a)$ ]
	Poistoilmavirta, m <sup>3</sup> /s [ $q_{v,p}$ ]	LTO:n vuosihyötysuhde, % [ $\eta_a$ ]	
Lämpimät tilat	0,0875	50	52,5
<b>Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä</b>			Ominaislämpöhäviö, W/K [ $H=H_{\text{joht}}+H_{\text{vuotoilma}}+H_{iv}$ ]
			<b>183,215</b>



**Ominaislämpöhäviöt****Rakennuksen tiedot (matalaenergia)**

Rakennuksen pinta-ala	210 m <sup>2</sup>
Huonekorkeus	3 m
Ilmatilavuus, V, lämpimät tilat	610 m <sup>3</sup>

Perustiedot			Ominaislämpöhäviö, W/K [ $H_{\text{joht}}=A \cdot U$ ]
	Pinta-alat, m <sup>2</sup> [A]	U-arvot, W/(m <sup>2</sup> K) [U]	
Ulkoseinä	149,5	0,12	17,94
Yläpohja	210	0,08	16,8
Alapohja	210	0,11	23,1
Ikkunat	30	0,85	25,5
Ulko-ovet	6	0,85	5,1
<b>Yhteensä</b>	<b>605,5</b>		<b>88,44</b>
Vaipan ilmavuodot			Ominaislämpöhäviö, W/K [ $H_{\text{vuotoilma}}=1200 \cdot q_{v,v}$ ]
	Ilmanvuotoluku, 1/h [ $n_{50}$ ]	Vuotoilmanvirta, m <sup>3</sup> /s [ $q_{v,v}=n_{50}/25 \cdot V/3600$ ]	
Lämpimät tilat	1	0,00954	11,448
Ilmanvaihto			Ominaislämpöhäviö, W/K [ $H_{iv}=1200 \cdot q_{v,p} \cdot (1-\eta_a)$ ]
	Poistoilmanvirta, m <sup>3</sup> /s [ $q_{v,p}$ ]	LTO:n vuosihyötysuhde, % [ $\eta_a$ ]	
Lämpimät tilat	0,0875	70	31,5
<b>Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä</b>			Ominaislämpöhäviö, W/K [ $H=H_{\text{joht}}+H_{\text{vuotoilma}}+H_{iv}$ ]
			<b>131,388</b>

**Käyttöveden lämmitys**

	Käyttövedenkulutus m <sup>3</sup> /kk	Häviöt kWh	Käyttöveden lämmitys kWh	Yhteensä kWh
Tammikuu	6,2	30	362	392
Helmikuu	5,6	30	327	357
Maaliskuu	6,2	30	362	392
Huhtikuu	6	30	350	380
Toukokuu	6,2	30	362	392
Kesäkuu	6	30	350	380
Heinäkuu	6,2	30	362	392
Elokuu	6,2	30	362	392
Syyskuu	6	30	350	380
Lokakuu	6,2	30	362	392
Marraskuu	6	30	350	380
Joulukuu	6,2	30	362	392
<b>Yhteensä</b>	<b>73</b>			<b>4618</b>



**Pientalon 159 m<sup>2</sup> lämmitysenergian kulutus, RM2010**

	Lämmitys KWh	Käyttövesi KWh	Q <sub>ikkunat</sub>	Q <sub>laitesähkö,</sub> ihmiset, valaistus	Yhteensä
Tammikuu	2568	392	23	300	2637
Helmikuu	2366	357	117	300	2306
Maaliskuu	2115	392	173	300	2034
Huhtikuu	1510	380	270	300	1320
Toukokuu	706	392	292	300	506
Kesäkuu	140	380	331	300	380
Heinäkuu	42	392	270	300	392
Elokuu	205	392	254	300	392
Syyskuu	817	380	166	300	731
Lokakuu	1390	392	97	300	1385
Marraskuu	1875	380	20	300	1935
Joulukuu	2359	392	9	300	2442
<b>Yhteensä</b>					<b>16460</b>

**Pientalon 159 m<sup>2</sup> lämmitysenergian kulutus, matalaenergia**

	Lämmitys KWh	Käyttövesi KWh	Q <sub>ikkunat</sub>	Q <sub>laitesähkö,</sub> ihmiset, valaistus	Yhteensä
Tammikuu	1924	392	23	300	1993
Helmikuu	1773	357	117	300	1713
Maaliskuu	1585	392	173	300	1504
Huhtikuu	1131	380	270	300	941
Toukokuu	529	392	292	300	329
Kesäkuu	105	380	331	300	380
Heinäkuu	32	392	270	300	392
Elokuu	154	392	254	300	392
Syyskuu	612	380	166	300	526
Lokakuu	1041	392	97	300	1036
Marraskuu	1405	380	20	300	1465
Joulukuu	1768	392	9	300	1851
<b>Yhteensä</b>					<b>12522</b>

**Pientalon 210 m<sup>2</sup> lämmitysenergian kulutus, RM2010**

	Lämmitys KWh	Käyttövesi KWh	Q <sub>ikkunat</sub>	Q <sub>laitesähkö,</sub> ihmiset, valaistus	Yhteensä
Tammikuu	3469	392	31	300	3530
Helmikuu	3196	357	156	300	3097
Maaliskuu	2858	392	230	300	2720
Huhtikuu	2040	380	357	300	1763
Toukokuu	954	392	386	300	660
Kesäkuu	189	380	436	300	380
Heinäkuu	57	392	355	300	392
Elokuu	277	392	337	300	392
Syyskuu	1104	380	221	300	963
Lokakuu	1877	392	130	300	1839
Marraskuu	2533	380	25	300	2588
Joulukuu	3188	392	11	300	3269
				<b>Yhteensä</b>	<b>21593</b>

**Pientalon 210 m<sup>2</sup> lämmitysenergian kulutus, matalaenergia**

	Lämmitys KWh	Käyttövesi KWh	Q <sub>ikkunat</sub>	Q <sub>laitesähkö,</sub> ihmiset, valaistus	Yhteensä
Tammikuu	2488	392	31	300	2549
Helmikuu	2293	357	156	300	2194
Maaliskuu	2050	392	230	300	1912
Huhtikuu	1463	380	357	300	1186
Toukokuu	684	392	386	300	390
Kesäkuu	136	380	436	300	380
Heinäkuu	41	392	355	300	392
Elokuu	199	392	337	300	392
Syyskuu	792	380	221	300	651
Lokakuu	1347	392	130	300	1309
Marraskuu	1816	380	25	300	1871
Joulukuu	2286	392	11	300	2367
				<b>Yhteensä</b>	<b>15593</b>

RM 2010/159 m<sup>2</sup>

Lämmitystapa		Suora- sähkö	Maalämpö- pumppu	Poistoilma- lämpöpumppu	Pelletti- lämmitys	Kauko- lämpö	Öljy
Lämmönkulutus	kWh	16460	16460	16460	16460	16460	16460
Sähkönkulutus							
Lämmityssähkö	kWh	16460	5487	8230			
Kiinteistö sähkö	kWh		100	100	200	100	100
Taloussähkö	kWh	7200	7200	7200	7200	7200	7200
Yhteensä	kWh	23660	12787	15530	7400	7300	7300
Investoinnit							
Lämmönjakotila	eur	1500	1500	1500	9000	3000	6000
Laitteinvestointi	eur		10000	5000	6000	4000	4000
Maaputkisto	eur		5000				
Säiliö/Siilo	eur				2500		
Lattialämmitys- putkisto/kaapeli		4500	5000	5000	5000	5000	5000
Liittymismaksut						4000	
Sekalaiset					2500		1500
Yhteensä		6000	21500	11500	25000	16000	16500
Pääomakustannukset							
Pitoaika	vuosi	20	20	20	20	20	20
Laskentakorko	%	5	5	5	5	5	5
Annuiteetti	%	8,02	8,02	8,02	8,02	8,02	8,02
Yhteensä		481	1724	922	2005	1283	1323
Hinnat							
Kaukolämpö	eur/MWh					58	
Sähkö	c/kWh	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	
Pelletti	c/kWh				5,02		
Öljy	c/kWh						10,2
Vuosikustannukset							
Sähköenergia	eur	3028	1637	1988	947	934	934
Polttoaineet	eur				972		1865
Perusmaksut	eur					418	
Kaukolämpö	eur					955	
Käyttö	eur	50	50	50	100	50	50
Pääoma	eur	481	1724	922	2005	1283	1323
<b>Kokonaiskulut</b>	<b>eur/a</b>	<b>3559</b>	<b>3411</b>	<b>2960</b>	<b>4024</b>	<b>3640</b>	<b>4172</b>

Matalaenergia 2010/159 m<sup>2</sup>

Lämmitystapa		Suora- sähkö	Maalämpö- pumppu	Poistoilma- lämpöpumppu	Pelletti- lämmitys	Kauko- lämpö	Öljy
Lämmönkulutus	kWh	12522	12522	12522	12522	12522	12522
Sähkönkulutus							
Lämmityssähkö	kWh	12522	4174	6261			
Kiinteistö sähkö	kWh		100	100	200	100	100
Taloussähkö	kWh	7200	7200	7200	7200	7200	7200
Yhteensä	kWh	19722	11474	13561	7400	7300	7300
Investoinnit							
Lämmönjakotila	eur	1500	1500	1500	9000	3000	6000
Laiteinvestointi	eur		10000	5000	6000	4000	4000
Maaputkisto	eur		5000				
Säiliö/Siilo	eur				2500		
Lattialämmitys- putkisto/kaapeli		4500	5000	5000	5000	5000	5000
Liittymismaksut						4000	
Sekalaiset					2500		1500
Yhteensä		6000	21500	11500	25000	16000	16500
Pääomakustannukset							
Pitoaika	vuosi	20	20	20	20	20	20
Laskentakorko	%	5	5	5	5	5	5
Annuiteetti	%	8,02	8,02	8,02	8,02	8,02	8,02
Yhteensä		481	1724	922	2005	1283	1323
Hinnat							
Kaukolämpö	eur/MWh					58	
Sähkö	c/kWh	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	
Pelletti	c/kWh				5,02		
Öljy	c/kWh						10,2
Vuosikustannukset							
Sähköenergia	eur	2524	1469	1736	947	934	934
Polttoaineet	eur				740		1419
Perusmaksut	eur					418	
Kaukolämpö	eur					726	
Käyttö	eur	50	50	50	100	50	50
Pääoma	eur	481	1724	922	2005	1283	1323
<b>Kokonaiskulut</b>	<b>eur/a</b>	<b>3055</b>	<b>3243</b>	<b>2708</b>	<b>3792</b>	<b>3411</b>	<b>3726</b>

RM 2010/210 m<sup>2</sup>

Lämmitystapa		Suora- sähkö	Maalämpö- pumppu	Poistoilma- lämpöpumppu	Pelletti- lämmitys	Kauko- lämpö	Öljy
Lämmönkulutus	kWh	21593	21593	21593	21593	21593	21593
Sähkönkulutus							
Lämmityssähkö	kWh	21593	7198	10796			
Kiinteistö sähkö	kWh		100	100	200	100	100
Taloussähkö	kWh	7200	7200	7200	7200	7200	7200
Yhteensä	kWh	28793	14498	18096	7400	7300	7300
Investoinnit							
Lämmönjakotila	eur	1500	1500	1500	9000	3000	6000
Laiteinvestointi	eur		10000	5000	6000	4000	4000
Maaputkisto	eur		5000				
Säiliö/Siilo	eur				2500		
Lattialämmitys- putkisto/kaapeli		4500	5000	5000	5000	5000	5000
Liittymismaksut						4000	
Sekalaiset					2500		1500
Yhteensä		6000	21500	11500	25000	16000	16500
Pääomakustannukset							
Pitoaika	vuosi	20	20	20	20	20	20
Laskentakorko	%	5	5	5	5	5	5
Annuiteetti	%	8,02	8,02	8,02	8,02	8,02	8,02
Yhteensä		481	1724	922	2005	1283	1323
Hinnat							
Kaukolämpö	eur/MWh					58	
Sähkö	c/kWh	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	
Pelletti	c/kWh				5,02		
Öljy	c/kWh						10,2
Vuosikustannukset							
Sähköenergia	eur	3686	1856	2316	947	934	934
Polttoaineet	eur				1275		2447
Perusmaksut	eur					418	
Kaukolämpö	eur					1249	
Käyttö	eur	50	50	50	100	50	50
Pääoma	eur	481	1724	922	2005	1283	1323
<b>Kokonaiskulut</b>	<b>eur/a</b>	<b>4217</b>	<b>3630</b>	<b>3288</b>	<b>4327</b>	<b>3934</b>	<b>4754</b>



Matalaenergia 2010/210 m<sup>2</sup>

Lämmitystapa		Suora- sähkö	Maalämpö- pumppu	Poistoilma- lämpöpumppu	Pelletti- lämmitys	Kauko- lämpö	Öljy
Lämmönkulutus	kWh	15593	15593	15593	15593	15593	15593
Sähkönkulutus							
Lämmityssähkö	kWh	15593	5198	7797			
Kiinteistö sähkö	kWh		100	100	200	100	100
Taloussähkö	kWh	7200	7200	7200	7200	7200	7200
Yhteensä	kWh	22793	12498	15097	7400	7300	7300
Investoinnit							
Lämmönjakotila	eur	1500	1500	1500	9000	3000	6000
Laiteinvestointi	eur		10000	5000	6000	4000	4000
Maaputkisto	eur		5000				
Säiliö/Siilo	eur				2500		
Lattialämmitys- putkisto/kaapeli		4500	5000	5000	5000	5000	5000
Liittymismaksut						4000	
Sekalaiset					2500		1500
Yhteensä		6000	21500	11500	25000	16000	16500
Pääomakustannukset							
Pitoaika	vuosi	20	20	20	20	20	20
Laskentakorko	%	5	5	5	5	5	5
Annuiteetti	%	8,02	8,02	8,02	8,02	8,02	8,02
Yhteensä		481	1724	922	2005	1283	1323
Hinnat							
Kaukolämpö	eur/MWh					58	
Sähkö	c/kWh	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	
Pelletti	c/kWh				5,02		
Öljy	c/kWh						10,2
Vuosikustannukset							
Sähköenergia	eur	2918	1600	1932	947	934	934
Polttoaineet	eur				921		1767
Perusmaksut	eur					418	
Kaukolämpö	eur					904	
Käyttö	eur	50	50	50	100	50	50
Pääoma	eur	481	1724	922	2005	1283	1323
<b>Kokonaiskulut</b>	<b>eur/a</b>	<b>3449</b>	<b>3374</b>	<b>2904</b>	<b>3973</b>	<b>3589</b>	<b>4074</b>

## Liittymis- ja käyttömaksut

Tilausvesivirtaama (V) on laskettu kaavalla:

$$V = \frac{\Phi_{\text{lkv}} + \Phi_{\text{lämmitys}}}{c_{\text{pv}} \times \Delta T}$$

missä,  $\Phi_{\text{lkv}}$  on kuvion 3 mukaan 5.2 kW,  $\Phi_{\text{lämmitys}}$  on taulukon 6 mukaan,  $c_p$  on veden ominaislämpökapasiteetti 4,2 kJ/kgK ja  $\Delta T$  on 50 °C

Liittymismaksu (L) perustuu seuraavaan laskentakaavaan:

$$L = K1 \times K2 [1000 + 3750 \times V] \times 1.23 \text{ €}$$

Kustannuskertoimen K1 arvoa on 1,79025

Ikähyvityskertoimen K2 arvon päättää hallitus jokaisen liittymän osalta erikseen. Ikähyvityskertoimen lähtöarvona K2 on yksi.

Kiinteät perusmaksut (P) perustuvat seuraavaan laskentakaavaan:

$$P = K \times 1,23[874,50 \times V] \text{ €/vuosi}$$

Hallituksen päättämä kiinteiden kulujen mukainen vakiokerroin  $K = 1,812$

# Asemakaava, lämpöjohdot

