

Lappeenrannan teknillinen yliopisto

Teknillinen tiedekunta

Energiatekniikan koulutusohjelma

BH10A0200 Energiatekniikan kandidaatintyö ja seminaari

Maalämmön kannattavuus

The cost-effectiveness of geothermal heating

Työn tarkastaja/ohjaaja: Teemu Turunen-Saaresti

Lappeenranta 22.11.2012

Jari-Matti Satosalmi

TIIVISTELMÄ

Tekijän nimi: Jari-Matti Satosalmi

Opinnäytteen nimi: Maalämmön kannattavuus

Teknillinen tiedekunta

Energiatekniikan koulutusohjelma

Kandidaatintyö 2012

Sivuja 36, kuvia 12, taulukoita 3 ja liitteitä 1

Hakusanat: kandidaatintyö, maalämpö, kannattavuus

Kandidaatintyössä perehdytään maalämmön kannattavuuteen Suomessa ja maalämpöön. Maalämmössä tarkastellaan eri tapoja hyödyntää ja kerätä lämpöä maasta ja vesistöistä. Kandidaatintyössä tarkastellaan myös maalämpöpumppuprosessia. Kannattavuutta vertaillaan muihin Suomessa yleisesti käytettäviin lämmitysmuotoihin esimerkkilaskelmin.

SISÄLLYSLUETTELO

Tiivistelmä	2
Sisällysluettelo	3
Symboli- ja lyhenneluettelo	5
1 Johdanto	6
2 Maalämpöpumppu	7
2.1 Maalämpöpumpun mitoitus.....	7
2.2 Prosessi.....	8
2.2.1 Prosessin kulku.....	9
2.3 Maalämpöpumpun hyötysuhde	10
2.4 Viilentäminen maalämpöpumpulla	11
3 Maalämpö	11
3.1 Maaperään asennettava lämmönkeruuputkisto	12
3.2 Porakaivoon asennettava lämmönkeruuputkisto	13
3.3 Vesistöön asennettava lämmönkeruuputkisto	17
4 Käyttökohteet	18
5 Maalämmön kilpailukyky	19
5.1 Lämmitysjärjestelmien kustannusvertailu	19
5.1.1 Esimerkki laskelman lähtötiedot	20
5.1.2 Maalämmön hinta.....	20
5.1.3 Öljylämmityksen hinta	21
5.1.4 Kaukolämmön hinta.....	22
5.1.5 Sähkölämmityksen hinta	23
5.1.6 Pellettilämmityksen hinta.....	24
5.1.7 Yhteenveto laskelmasta.....	24
5.2 Vertailulaskenta.....	25
5.2.1 Rakennuksen koon vaikutus.....	26

5.2.2	Energian hinnan muutoksen vaikutus	27
5.2.3	Lainaan otetun koron vaikutus	28
5.2.4	Rakennuksen koon muutoksen vaikutus ilman korkokuluja.....	29
6	Yhteenveto	32
	Lähdeluettelo	33
	Liite 1. Esimerkkilaskelma	

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

Roomalaiset aakkoset

<i>A</i>	pinta-ala, amperi	m ²
<i>d</i>	halkaisija	m
<i>L</i>	pituus	m
<i>P</i>	teho	W
<i>T</i>	lämpötila	°C
<i>t</i>	aika	s, h
<i>V</i>	tilavuus	m ³
<i>x</i>	etäisyys	m
<i>z</i>	korkeus, syvyys	m

Kreikkalaiset aakkoset

Dimensiottomat luvut

Yläindeksit

Alaindeksit

Lyhenteet

COP lämpökerroin

1 JOHDANTO

Tämän työn tarkoituksena on perehdyttää lukija maalämpöön ja sen kannattavuuteen kiinteistön lämmitysmuotona. Maalämpö on erittäin ajankohtainen aihe puhuttaessa energian säästämisestä ja uusiutuvien energianmuotojen hyödyntämisestä. Aihe nousee myös esille rakentamismääräysten tiukentumisessa ja pakolliseksi tulevan energiatodistuksen myötä.

Työssä tarkastellaan yleisimpiä ratkaisuja toteuttaa lämmönkeruu maasta ja myös maasta saatavaan lämpömäärään vaikuttavia seikkoja. Työssä käsitellään lämpöpumpun toimintaa ja lämpöpumpun tärkeimpiä komponentteja. Maalämmön kannattavuutta vertaillaan Suomessa käytettäviin yleisimpiin lämmitysmuotoihin laskentaesimerkein. Laskentaesimerkeissä otetaan huomioon asunnon koon, energian hinnan ja korko prosentin muutosten vaikutus kannattavuuteen, joka vaikuttaa suoraan vuotuisen energiakustannuksen suuruuteen. Laskennoissa otetaan huomioon myös oman pääoman mahdollinen käyttö. Työn lopussa tarkastellaan vielä erilämmitysjärjestelmien takaisinmaksuaikoja ja vertaillaan niitä toisiinsa.

2 MAALÄMPÖPUMPPU

Maalämpöpumpun toimintaperiaate on yksinkertainen ja se eroaa muista lämpöpumpuista vain lämmönlähteen osalta. Maalämpöpumppu on helposti muokattavissa erilaisiin tarpeisiin ja kohteisiin sopivaksi parhaan hyötysuhteen saavuttamiseksi. Kuvassa 1 on maalämpöpumppu asennettuna rakennuksen tekniseentilaan. (SULPU 2012a.)



Kuva 1. Kuvassa maalämpöpumppuyksikkö teknisessä tilassa asennettuna. (Rakentaja. 2012a)

2.1 Maalämpöpumpun mitoitus

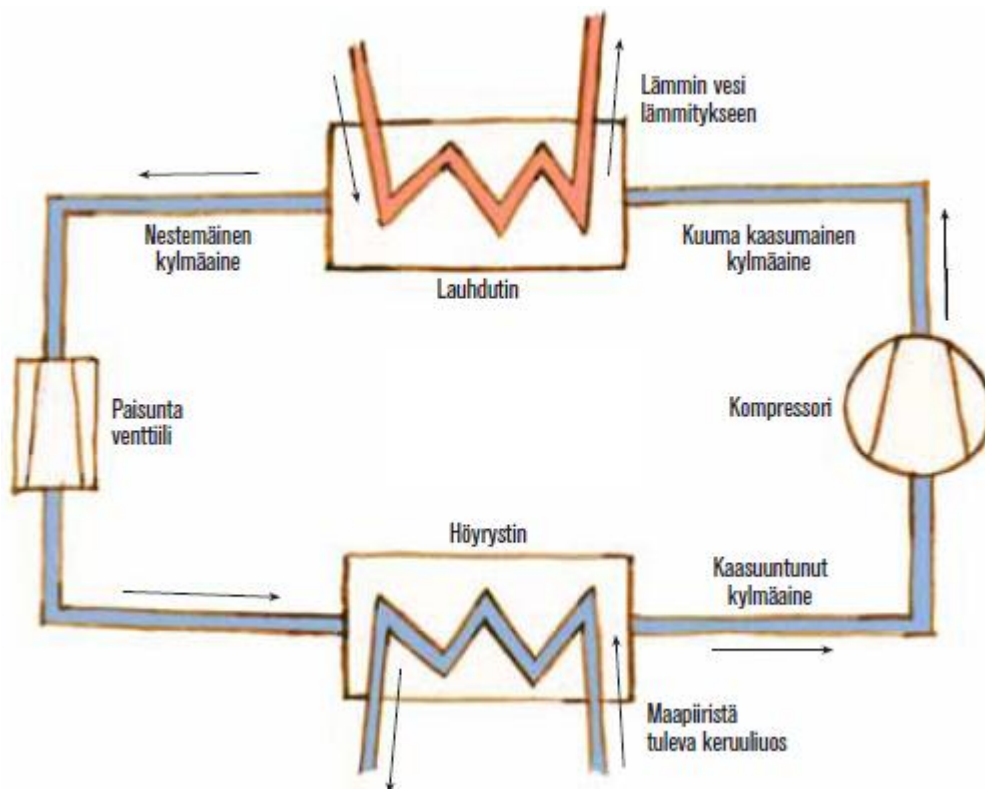
Maalämpöpumppu voidaan mitoittaa täys- tai osatehomitoitukselle. Täystehomitoitus tarkoittaa, että maalämpöpumppu pystyy tuottamaan kaiken rakennuksen tarvitseman lämmitystarpeen. Lämmitystarve käsittää käyttöveden ja rakennuksen lämmityksen ilman lisäsähkövastusta, myös kovimmilla pakkasilla. Tämä vaatii suuremman lämpöpumpun ja pitemmän lämmönkeruupiirin, joka tuo tuhansia euroja enemmän investointikustannuksia, kuin osatehomitoitettu maalämpöpumppujärjestelmä. Liian suuri mitoitus lisää sähkön kulutusta ja pienentää näin kokonaishyötysuhdetta.

Kokonaishyötysuhdetta pienentää kompressorin lyhyt ja jaksottainen käynti. Kompressorilla kestää käynnistytyään useita minutteja saavuttaa paras käymishyötysuhde. Täystehomitoitus tulee kysymykseen vain, jos maalämpöpumppu on varustettu invertterillä. Invertteriohjatulla maalämpöpumpulla saadaan tuotettua aina oikea määrä lämpöenergiaa ja näin saavutetaan hyvä hyötysuhde (Motiva 2011b, 3). (Juvonen 2009, 23.)

Osatehomitoituksessa maalämpöpumppu mitoitetaan tuottamaan 60 – 85 % rakennuksen lämmitystehon maksimitarpeesta. Näin maalämpöpumppu tuottaa kuitenkin suurimman osan rakennuksen lämmitysenergian tarpeesta ja loppuosa lämmitetään lisäsähkövastuksella. Lisälämpövastuksen käyttö tuo muutamien kymmenien eurojen lisälaskun vuodessa, mutta näin vältetään tuhansien eurojen kalliimman täystehomitoituksen tuomilta kustannuksilta (Senera 2012). Tällaisella mitoituksella maalämpöpumppu ja sen kompressorikäyttö jaksoisesti pitkiä aikoja ja hyvällä hyötysuhteella, sekä vältetään liian suuren kompressorin tuoman lisäsähkön kulutukselta. (Juvonen 2009, 23.)

2.2 Prosessi

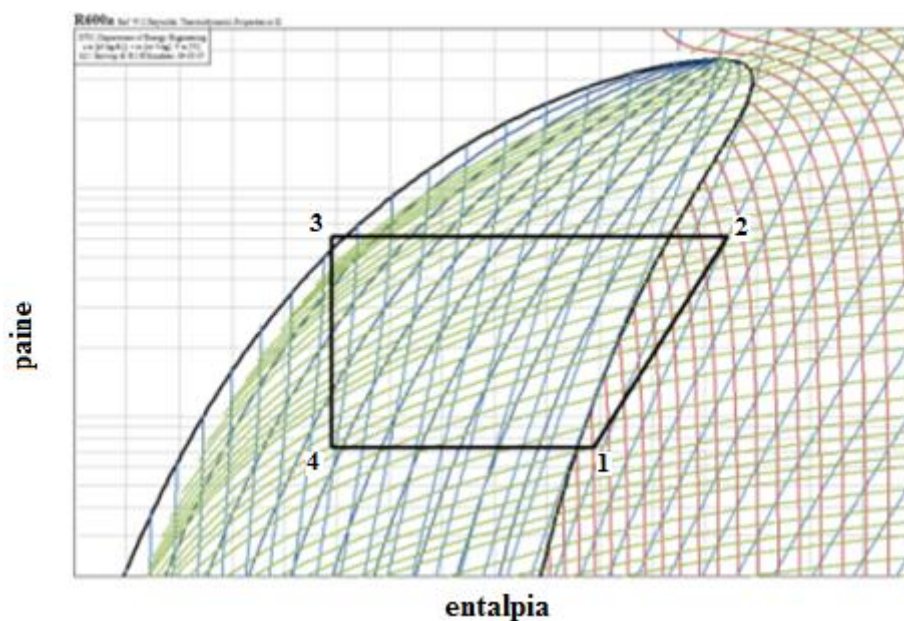
Maalämpöpumpun toiminta tapahtuu normaalin lämpöpumpun tavoin perustuen kiertoineen olomuodon muutokseen. Maalämpöpumpussa voidaan käyttää esimerkiksi R134a - kylmäainetta kiertoineena (IEA 2012a). Höyrystyessään kiertoine sitoo maasta saatavaa lämpöä itseensä ja luovuttaa sen tiivistyessään lämminvesivaraajaan tai suoraan kiinteistön lämmitysjärjestelmään. Lämpöpumppuprosessissa on neljä eri vaihetta, jotka vaativat neljä pääkomponenttia toimiakseen. Tärkein pääkomponentti on lämpöpumpun kompressorikäyttö ja se on useimmissa lämpöpumppumalleissa scroll-kompressorikäyttö, koska se on hiljainen ja tehokas muihin verrattuna. Kuvassa 2 on esitetty prosessi ja pääkomponentit. (Motiva 2012, 3.)



Kuva 2. Maalämpöpumpun prosessikuva (Motiva 2012a, 3)

2.2.1 Prosessin kulku

Kiertoaine saapuu lauhduttimelta nestemäisenä, jossa se paisuu paisuntaventtiilissä höyrystimen paineeseen. Höyrystyminen vaatii paljon energiaa, joka saadaan maasta tulevasta lämmöstä höyrystimen avulla siirtymään kiertoaineeseen. Lämmennyt ja kaasuuntunut kiertoaine jatkaa kompressorille alipaineen muodostaman imun ansiosta. Kompressori nostaa kiertoaineen paineen niin korkeaksi, että se tiivistyy lauhduttimessa takaisin nesteeksi ja näin luovuttaen lämmön lämmitysjärjestelmään. Kierto päättyy paisuntaventtiilille, josta alkaa taas uusi kierros. (IEA 2012b) Prosessi on kuvattu log p,h –piirroksessa kuvassa 3, jossa prosessinvaiheet numeroitu.



Kuva 3. Esimerkki lämpöpumppu prosessi kuvattu $\log p, h$ - piirroksessa. (Coolpack 2012)

Kuvassa 3 numeroidut prosessit kuvaavat kylmäaineen puristamista kompressorissa (1→2), höyryn lauhtumista nesteeksi ja jäähtymistä lauhduttimessa (2→3), kylmäaineen paineen ja lämpötilan laskemista sekä höyrystymistä paisuntaventtiilinläpi virratessa (3→4) ja lopullista kylmäaineen höyrystymistä itse höyrystimessä (4→1).

2.3 Maalämpöpumpun hyötysuhde

Maalämpöpumpun hyötysuhde ilmoitetaan COP- lämpökertoimen avulla (Coefficient Of Performance), joka ilmoittaa kuinka paljon yhdellä käytetyllä kilowattitunnilla sähköä saadaan lämpöä tuotettua pumpulla. Maalämpöpumppujen tehokkuutta kuvaava lämpökerroin on vuosittaisella keskiarvolla katsottuna noin kolme. Uusimmat lämpöpumput voivat päästä COP – luvuissa jopa lähelle neljää, mutta tyypillisin lämpökerroin on 2,5 – 3,5. Lämpökerroin vaihtelee vuoden aikana ja näin joudutaan ottamaan vuoden keskiarvo, koska lämpöpumpulla tuotetaan eri vuoden aikaan erilämpöistä vettä. Mitä kuumempaa vettä tuotetaan, sitä heikommalla hyötysuhteella pumppu toimii. (Laitinen et al. 2011. 21)

2.4 Viilentäminen maalämpöpumpulla

Asuinrakennuksen viilentäminen onnistuu ilmalämpöpumpun tavoin myös maalämpöpumpun avulla. Parhaiten tähän soveltuu porakaivoon sijoitettu lämmönkeruuputkisto. Veden lämpötila on porakaivosta tullessaan maksimissaan 10 celsius astetta kesäisin, joka on riittävän viileää jäähdytykseen (GTK 2008a, 4). Paluuvesi lämpenee hieman ja näin luovuttaa lämpöä takaisin maahan talvea varten. Tämä poistaa tarpeen erilliselle viilentämisjärjestelmälle tai laitteistolle. (Motiva 2012a, 5.)

Yleisimmin viilentäminen tapahtuu pumppaamalla kiertovesipumpulla keruupiirin neste ilmanvaihdossa olevaan jäähdytyspatteriin ja näin jäähdyttää huonetiloihin menevää tuloilmaa. Vaihtoehtona on käyttää lattialämmitysverkostoa viilentämiseen. Tämä vaatii kuitenkin erillisen lämmönvaihtimen toimiakseen. (Motiva 2012a, 5) Jos on tarpeen lämmittää ja viilentää samaan aikaan esimerkiksi ostoskeskuksissa, mistä löytyy useampia porakaivoja, niin toisista porakaivoista otetaan lämpöä käyttöön ja toisia käytetään viilentämiseen. (GTK 2008a, 3,4.)

Viilentämiseen kuluu sähköenergiaa vain kiertovesipumpun ja mahdollisen puhaltimen toimintaan ja tällöin saadaan huonetilojen lämpötilaa laskettua parilla asteella. Asentamalla erillinen vesikiertoinen jäähdytyspiiri käyttäen puhallinkonvektoria, voidaan lämpötilaa laskea jo reilu kuusi astetta. Puhallinkonvektori kasvattaa kuitenkin investoinnin suuruutta. (Motiva 2012a, 5.)

3 MAALÄMPÖ

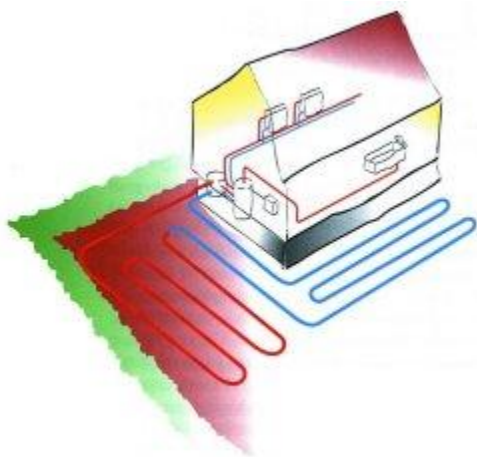
Maalämpö on suurimmalta osaltaan maan omaa geotermista lämpöä, jota voidaan kerätä porakaivoon asennettavalla keruuputkistolla. Vesistöön ja maan pintaosiin varastoituu lähinnä aurinkoenergiaa ja sen hyödyntäminen onnistuu samalla periaatteella, keruuputkisto vaakatasoon vesistön pohjaan tai maan alle asennettuna. (Motiva 2012a, 2-5.)

Lämmönkeruuputkisto voidaan asentaa usealla eri tavalla, joista valitaan paras maaperän, paikan ja mahdollisuuksien perusteella. Lämmönkeruuputkisto liitetään maalämpöpumppuun, joka siirtää kiertoaineeseen kertyneen lämmön rakennuksen lämmitysjärjestelmään. Maalämmön voi liittää vanhaan vesikiertoiseen lattia- tai patterilämmitykseen, koska maalämpöpumppu pystyy nostamaan 1 - 4 asteisen keruunesteen 30 – 60 asteen lämpötilaan kompressorilla. Tämä on riittävän korkea myös patterilämmitykseen ja lämpimän käyttöveden tuottamiseen (D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2012, 43). (Motiva 2012a, 2,3,7.)

3.1 Maaperään asennettava lämmönkeruuputkisto

Yksi maalämmön keruutapa on asentaa lämmönkeruuputkisto maaperään vaakatasoon, jossa kierrätetään jäätyvätöntä nestettä. Keruuputkistona käytetään tavallista vesijohtoputkea, joka asennetaan 0,7-1,2 metrin syvyyteen routarajan alapuolelle. Syvyys määräytyy tarkemmin maaperän laadun ja maantieteellisen sijainnin perusteella. Etelämmässä asennussyvyys on matalampi kuin pohjoisessa maaperästä saatavan suuremman lämpömäärän takia. (SULPU 2012b)

Kuvassa 4 on esitetty maalämmön keruuputkisto maan alle asennettuna vaakatasoon. Kuvassa sinisellä värillä kuvataan pumpulta tulevaa kylmää kiertoainetta, joka lämpenee maan alla. Punaisella merkattu kiertoaine on maan alla lämmennyttä kiertoainetta, joka palaa pumpulle vapauttamaan pumpun avulla lämmön rakennukseen.



Kuva 4. Kuvassa on esitetty lämmönkeruupiiri vaakatasoon asennettuna maan alle. (SULPU 2012b)

Maaperän laatu ja koostumus vaikuttavat suuresti sen lämmöntalteenottokykyyn. Maantieteellinen sijainti vaikuttaa siihen, kuinka paljon energiaa maaperään pääsee kertymään. Maaperän ja sijainnin vaikutus vuotuiseseen lämpöenergian määrään on esitetty taulukossa 1. (SULPU 2012b)

Taulukko 1. Maaperän ja sijainnin vaikutus saatavaan lämpö määrään. (Laitinen et al. 2011, 21)

Sijainti	Savimaa	Hiekkamaa	Yksikkö
Etelä-Suomi	50-60	30-40	kWh/m
Keski-Suomi	40-45	15-20	kWh/m
Pohjois-Suomi	30-35	0-10	kWh/m

Taulukosta 1 voidaan nähdä, miten hiekkamaan lämmöntalteenottokyky heikkenee merkittävästi pohjoiseen mentäessä, kun taas kosteasta savimaasta saadaan vielä pohjoisessa tarpeeksi lämpöä talteen lämmitysjärjestelmään. (SULPU 2012b)

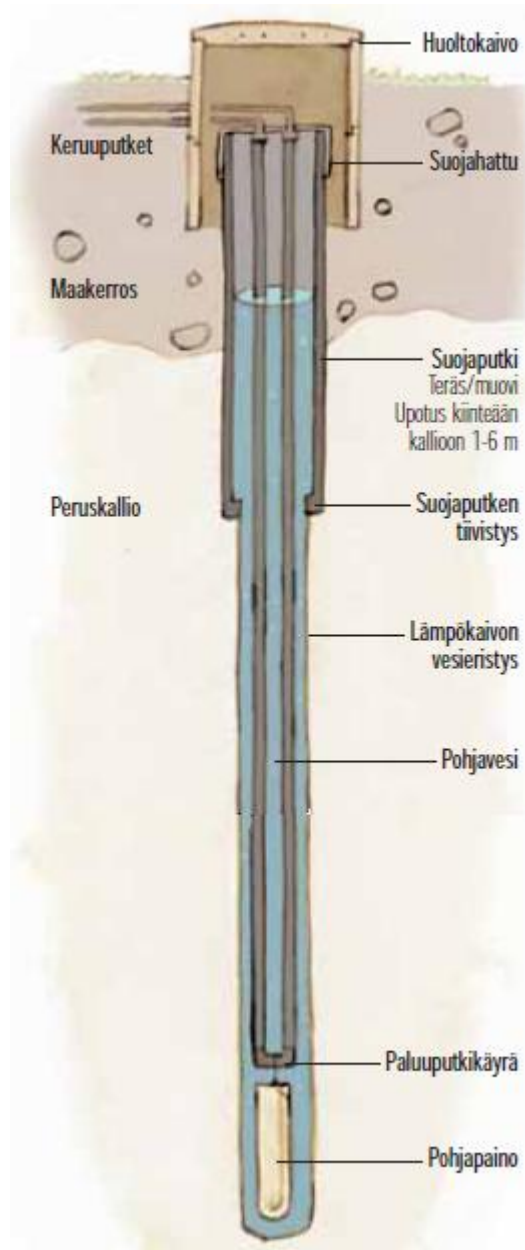
Tarvittavan keruuputkiston pituus mitoitetaan yleisesti vaadittavan lämmitystehon mukaan, joka voidaan laskea esimerkiksi rakennuksen lämmityskuutioiden määrän perusteella. Jokaista lämmitettävää kuutiota kohden tulee olla 1-2 metriä putkea ja jokaista putkimetriä kohden on varattava 1,5 m² maata tontilta lämmönsaannin varmistamiseksi. (SULPU 2012b)

3.2 Porakaivoon asennettava lämmönkeruuputkisto

Porakaivo on yleisin maalämmönkeruu muoto ja nimensä mukaan se on maaperään tai kallioon porattu syvä reikä. Porakaivo tuottaa kaksi kertaa enemmän lämpöä metriä kohden, kuin pinta-asennettu lämmönkeruuputkisto. Haittapuolena on vain porakaivon korkeampi hinta. (SULPU 2012c) Ennen porakaivon poraamisen aloittamista tulee hankkia paikalliselta viranomaiselta lupa. Joillakin alueilla voi olla kiellettyä porata maalämpöporakaivo pohjavesialueelle (Ympäristö 2012).

Kallioon poraaminen on helpompaa ja edullisempaa verrattuna maaperään poraamiseen, koska maahanporattuun reikään tulee asentaa suojaputki pitämään reikä auki. Reikään sijoitettava lämmönkeruuputkisto täytyy myös vesieristää estämään pintaveden pääsy pohjaveteen. Syvyys porakaivossa määräytyy lämmöntarpeen ja porakaivon vedentuoton mukaan. Porakaivo tuottaa yleensä itse vettä ja joskus jopa yli tarpeiden, jolloin sitä voi käyttää kasteluvetenä imupumpun avulla. Jos vedentuotto on vähäistä, kaivo täytetään vedellä. Porakaivon tulisi olla täynnä vettä, koska silloin saadaan aktiivisyvyyttä lisättyä ja näin enemmän energiaa siirtymään lämmönkeruuputkistoon. Maksimi aktiivisyvyydellä tarkoitetaan sitä osuutta kaivosta, joka on veden täyttämä ympäri vuoden. Tämä on käytännössä 200-250 metriä ja porattavan reiän halkaisijan tulee olla minimissään 130 mm. (SULPU 2012c)

Lämmönkeruu porakaivosta voidaan toteuttaa monella eri tapaa, mutta kuitenkin samalla periaatteella. Yleinen tapa on upottaa kaksi putkea porattuun reikään, jotka on liitetty toisiinsa alapäästä kuparisella U- kappaleella. U- kappaleeseen asennetaan putken pituudesta riippuen asennuspaino, joka vetää ja samalla myös pitää putket reiässä suorina. Toisina tapoina käytetään 3- ja 4- putkijärjestelmiä. 3-putkijärjestelmässä pumpataan lämmönkeruuliusta kahdessa putkessa reiän pohjaa päin, joka palaa kolmatta putkea pitkin lämpöpumpulle. Putket liitetään yhteen pohjassa 3 putken U- kappaleella. 4- putkijärjestelmässä reikään upotetaan rinnankytkennällä kaksi putkisilmukkaa. Kuvassa 5 on esimerkki yleisesti käytetystä kallioporakaivosta 2-putkijärjestelmällä, jossa eristetty lämmönkeruuputki tulee rakennuksesta porakaivoon. Porakaivossa lämmönkerupiiri kulkee suojaputkessa ja pysyy paikoillaan putkistoon kiinnitetyn painon avulla. Kiertoaine käyttäytyy samalla tavalla kuin vaakatasoon asennetussa lämmönkerupiirissä. (SULPU 2012c.)



Kuva 5. 2-putkijärjestelmä lämmönkeruuvaihtoehtona (Motiva 2012a. 4)

Edellä mainittuja tapoja voidaan soveltaa erilailla, jos kiinteistöä varten joudutaan poraamaan useampi porakaivo. Useampaa porakaivoa poratessa on otettava huomioon porakaivojen välinen etäisyys, joka tulee olla vähintään 10 metriä. Reiät voidaan myös porata viistoon, jolloin saada tarpeeksi etäisyyttä toisesta porauksesta ja näin taataan kaikille porakaivoille tarpeeksi lämmönkeruu maaperää. Viistoon porauksessa täytyy

huomioida tontin rajat. Reiät porataan kiinteistön ulkopuolelle ja putkiosuudet, jotka kulkevat huoltokaivolta kiinteistöön lämpöpumpulle, tulee eristää. Jos mahdollista, niin putket tulisi asentaa routarajan alapuolelle, jotta vältetään mahdollisilta routavaurioilta. (SULPU 2012c)

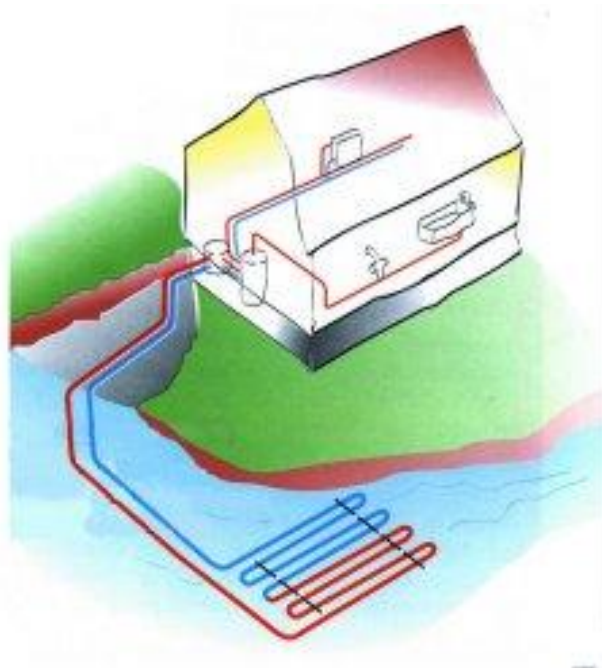
Kuvassa 6 näkyy rakennukselta saapuva lämmönkeruuputkisto ja porakaivo, johon lämmönkeruupiiri on kytketty. Lämmönkeruupiirinä käytetään 3 – putkijärjestelmää. Kuvan kohde tulee vielä eristää ja asentaa porakaivon kohdalle kaivonrengas huoltotoimenpiteitä varten.



Kuva 6. Lämmönkeruupiiri toteutettuna 3 - putkijärjestelmänä. (Rakentaja. 2012a)

3.3 Vesistöön asennettava lämmönkeruuputkisto

Vesistö voi toimia lämmönlähteenä kiinteistölle maalämmön tavoin. Vesistöistä meriä, järviä, lampia ja jokia voidaan hyödyntää, jos ne ovat rannan läheisyydessä 2 metriä syviä. Vesistö voi vetää jäihin talvella pohjaa myöten, jäädyttäen lämmönkeruuputkiston täysin. Siksi syvyys suosituksia tulee aina noudattaa. Kuvassa 7 on esitetty havainnollistava kuva vesistöön asennettavasta lämmönkeruupiiristä. (SULPU 2012d)



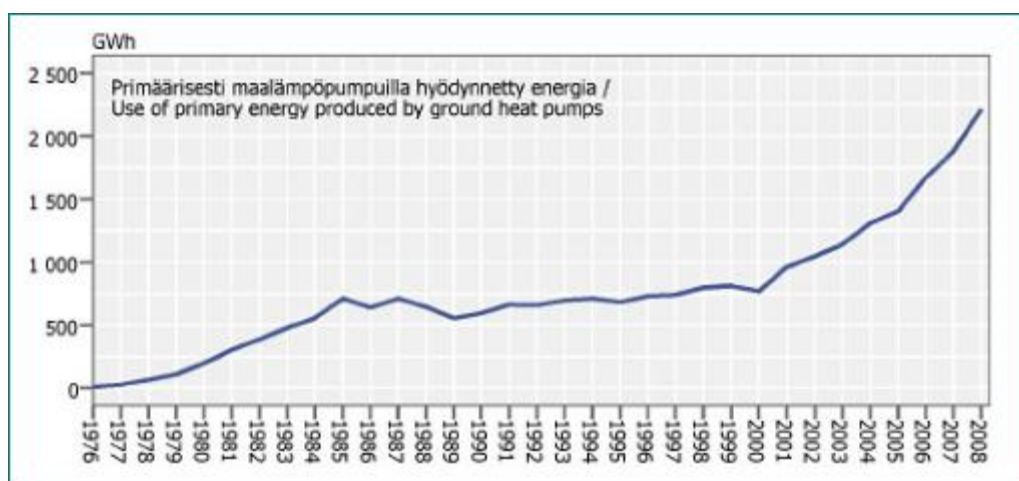
Kuva 7. Kuvassa on havainnollistettu lämmönkeruupiiri ja kiertoaineen lämpötilaa havainnollistettu värein. (SULPU 2012d)

Tekniikkana käytetään samaa kuin maahan pinta-asennettavassa putkijärjestelmässä. Ainoana eroina on, että putkisto tulee ankkuroida hyvin pohjaan betonipainoilla jään liikkumisen varalta ja suunnitteluvaiheessa tulee jo kysyä vesialueen omistajan lupa asennukseen. Putkiston paikasta on hyvä piirtää kartta talteen ja asentaa ankkuroinnin kiellot rannalle. (SULPU 2012d.)

Putkiston vienti rannasta kiinteistöön tulee asentaa jo rantavedestä asti routarajan alapuolelle. Eristys tulee laittaa koko matkalta putkeen, jotta vesistöstä saatu lämpö ei siirry kylmään maaperään. Vesistöstä saatava lämpömäärä on 70-80 kWh/m, joka on huomattavasti parempi kuin kosteasta savimaasta saatava lämpömäärä. Vesistöön asennettava lämmönkeruuputkisto on paras lämmönkeruumuoto ja se ei ole riippuvainen maantieteellisestä sijainnista. Tämä johtuu siitä, että veden lämpötila ei laske talvellakaan alle +4 °C pohjassa. Pohjois-Suomessa voi täten saada saman lämpömäärän kerättyä kuin Etelä-Suomessakin. (SULPU 2012d.)

4 KÄYTTÖKOHTEET

Maalämpöä voidaan hyödyntää lämmitykseen tai viilennykseen jokaisessa rakennuksessa, jossa on vesikiertoinen lämmönjakojärjestelmä. Maalämpö onkin yleistynyt Suomessa ja niiden asentaminen rakennuksiin on kiivaassa nousussa. Lämpöpumppuja oli asennettu vuonna 2008 jo yli 46000 kappaletta, joista maalämpöpumppuja oli 7500. Tämä tekee primäärisesti hyödynnetyssä energian määrässä 2200 GWh. Kuvassa 8 on esitetty maalämmöllä primäärisesti tuotetun energian määrä vuodesta 1976 lähtien. (GTK 2008b.)



Kuva 8. Maalämpöpumpulla primäärisesti hyödynnetty energiamäärä (GTK 2008b)

Isoimpina kohteina ovat yleistyneet tehdashallit, hotellit, uudet kerrostalot ja rivitalot. Öljylämmitystä käyttävät kiinteistöt, joiden öljykattilat ovat tulossa käyttöikänsä loppupäähän, harkitsevat maalämpöön siirtymistä. Kaukolämpöä saatavilla alueillakin maalämpö on varteenotettava vaihtoehto kaukolämpöhintojen noustessa. (Hellsten 2008.)

5 MAALÄMMÖN KILPAILUKYKY

Maalämmön kilpailukyky perustuu maasta saatavaan ilmaiseen lämpöenergiaan. Seuraavat kustannusvertailut ja laskelmat perustut rakentaja.fi lämmitystapavertailulaskuriin, johon voidaan asettaa tarkasti lähtötiedot eri lämmitysmuodoista ja saada vuosikustannukset tarkasti selville. Näitä lähtötietoja muuntelemalla voidaan demonstroida mahdollisia muutoksia tulevaisuudessa esimerkiksi energian hinnoissa tai koroissa. (Rakentaja 2012b)

5.1 Lämmitysjärjestelmien kustannusvertailu

Kustannusvertailun kohteeksi on valittu Porissa sijaitseva asuinrakennus ja täten esimerkkihinnat kerätään Porin alueelta. Sijainti vaikuttaa energian hintoihin, liittymä- ja kuukausimaksuihin ja ne ovat erisuuruiset eri toimittajilla. Sijainti vaikuttaa myös energian kulutukseen ja sitä kuluu lämmitykseen enemmän pohjoiseen päin mentäessä.

Hinnat ja mahdolliset hintoihin vaikuttavat tekijät, laitteiston hyötysuhde lämmöntuotannossa ja veden lämmityksessä, huollon kustannukset ja kiinteistön sähkön kulutus mainitaan jokaisen omassa laskennassa erikseen. Esimerkkirakennus varustetaan 3x25A sähköliittymällä, joka on yleinen rakennuksissa oleva liittymä. Laskennassa otetaan huomioon lämmitettävä pinta-ala ja asukkaiden lukumäärä, joka vaikuttaa lämpimän veden kulutukseen.

Lämmitysjärjestelmän alkuinvestoinnit sisältää itse laitteiston ja sen asennuksen. Kaukolämmityksessä alkuinvestoinnit sisältää myös kaukolämmön liittymismaksun.

Esimerkki laskelmassa jokaiselle lämmitysmuodolle lasketaan samoilla perustiedoilla vuotuiset kustannukset ja niitä verrataan toisiinsa. Lopussa taulukkoon kerätään myös eri vaihtoehtoilla ja perustiedoilla laskettuja tuloksia vertailua varten.

5.1.1 Esimerkki laskelman lähtötiedot

Porissa sijaitsevassa asuinrakennuksessa asuu 4 henkilöä, minkä pinta-ala 140 m². Vertailujaksona käytetään 20 vuotta eli lämmitysjärjestelmän kustannukset kuoletaan 20 vuodessa ja korkotasona kaikissa käytetään 5 %. Jokaisen lämmitysjärjestelmän korkokulut ja kokonaisinvestointi mainitaan erikseen. Lämmitysenergian kulutus on 120 kWh/m², käyttöveden lämmitys 800 kWh/asukas ja huoneistosähkön kulutus 50 kWh/m² vuodessa. Luvut ovat keskimääräisiä ja ne perustuvat Ympäristöministeriön D5 Suomen rakentamismääräyskokoilmaan. Kiinteistösähkö, joka sisältää ilmastoinnin ja lämmityslaitteiston käyttämän sähköenergian, vaihtelee eri lämmitystavoissa ja se vaikuttaa käyttösähkönenergiankulutukseen (D5 Rakennusmääräyskokoelma 2012, 32). Sähköenergian hinta sisältää siirtomaksun ja verot. Laitteiston huoltokustannukset vaihtelevat myös eri lämmitysjärjestelmissä ja ne ovat noin yhden prosentin investointikuluista vuodessa. Huoltokustannuksiin kuuluu yleisemmin suodattimien ja venttiilien puhdistusta ja paineiden tarkastamista. (Motiva 2011b. 3)

5.1.2 Maalämmön hinta

Maalämmön keruumuotona käytetään porakaivoa, joten laitteiston investoinnin hinnaksi muodostuu asennusten kanssa 15158 €. Korkoa kertyy 6373 € kahdessakymmenessä vuodessa, joten kokonaishinnaksi muodostuu 21531 €. Laitteiston huolto kustantaa vuosittain 112 €, joka on kuoletus ajalle laskettuna 2240 €. Kahdenkymmenen vuoden kokonaisinvestoinnin kustannuksiksi maalämmölle muodostuu 23771 €.

Esimerkkilasku on laskettu maalämmön hyötysuhteen ollessa 2,5 COP, jota pienentää häviöt lämmönsiirrossa. Lämmönsiirronhyötysuhteen ollessa 0,93 saadaan kokonaishyötysuhteeksi 232,5 %.

Maalämmön ollessa lämmitysmuotona lämmitykseen tarvitaan energiaa 8602 kWh vuodessa, joka sisältää rakennuksen ja käyttöveden lämmitykseen kuluvan energian.

Muu rakennuksen käyttämä käyttösähköenergiakulutus on 7980 kWh. Kokonaisenergiankulutukseksi muodostuu 16582 kWh vuodessa.

Sähköenergian hinta laskenta hetkellä on yleissähkölle 10,42 snt/kWh, joten lämmitykseen kuluu 896 € ja käyttösähköön 787 € vuodessa. Sähköliittymän, ei-sähkölämmittäjälle eli yleissähköliittymän hinta on 96,84 €/vuosi. Käytettävän energian kokonaishinnaksi muodostuu maalämpöä käyttäen 1683 € vuodessa ja kuoletusajalle laskettuna 33660 €.

Ottaen huomioon laitteiston investointikustannukset huoltoineen ja energian kulutuksen 20 vuoden kuoletusajalle muodostuu maalämmölle hintaa kokonaisuudessaan 57431 €. Tämä tarkoittaa laskennallisesti vuositasolla 2872 € ja kuukaudessa 239,33 €.

5.1.3 Öljylämmityksen hinta

Öljylämmityksen alkuinvestointi hinnaksi muodostuu asennuksineen 11058 €. Korkoa kertyy kahdenkymmenen vuoden kuoletus ajanjaksolle yhteensä 4649 € eli yhteensä kokonaishinnaksi muodostuu 15707 €. Huolto öljylämmitykselle kustantaa 122 € vuodessa, joka on 2440 € koko kuoletusajalle. Kokonaisinvestoinnin hinnaksi tulee 18147 €.

Öljylämmityksen polttoaineen kulutus on laskettu öljyn tehollista lämpöarvoa käyttäen, joka on 9,9541 kWh/dm³. Palamis- ja lämmityslaitteistohyötysuhteiden ollessa 0,95, polttoaineenkulutus suurenee hieman. Öljylämmityksen kokonaishyötysuhteeksi saadaan täten 93 %. Kokohyötysuhde huomioonottaen litrasta öljyä saadaan 9.26 kWh energiaa.

Lämmitykseen, johon kuuluu rakennuksen ja käyttöveden lämmitys, kuluu energiaa 21505 kWh öljylämmityksessä. Muuten rakennus käyttää sähköenergiaa 8120 kWh. Kaikenkaikkiaan kokonaisenergiankulutus on 29625 kWh vuodessa.

Öljyn hinta laskenta hetkellä on 108,24 snt/litra tilattaessa 2500 litraa Poriin toimitettuna. Yleisähkön ja -liittymän hinta on 10,42 snt/kWh ja 96,84 €/vuosi. Lämmitykseen kuluu 2328 € ja käyttösähköön 799 € vuodessa. Käytettävään energiaan

kuluu yhteensä 3167 € vuodessa, joten kokonaishinnaksi energialle muodostuu öljylämmityksessä koko kuoletusajalle laskettuna 62540 €.

Öljylämmityksen valinnalle muodostuu kokonaisuudessaan hintaa, ottaen huomioon investointi-, korko-, huolto- ja energiakustannukset, kahdenkymmenen vuoden kuoletusajalle 80687 €. Laskennalliseksi vuosikustannuksiksi saadaan 4034 € ja kuukausukustannuksiksi 336,17 €.

5.1.4 Kaukolämmön hinta

Kaukolämmön laitteiston investoinnin hinnaksi muodostuu asennuksineen ja liittymämaksuineen 11401 €. Kaukolämmön liittymämaksuissa on paikkakuntaakohtaisia eroja ja esimerkiksi Lahti energian ja Porin energian liittymämaksuissa löytyi noin parin sadan euron hintaero annetuilla lähtötiedoilla (Lahti energia 2012.).

Korkoa kertyy kuoletusajanjaksolle 4793 €, joka tekee kokonaishinnaksi 16194 €. Huoltokustannuksia syntyy vuodessa 57 € eli 1140 € kahdellekymmenelle vuodelle. Kokonaisinvestoinnin hinnaksi muodostuu 17334 €.

Kaukolämmön kokonaishyötysuhde on 93 %, johtuen lämmöntuottolaitteistosta ja eristämättömästä alajakokeskuksesta eli rakennuksen kaukolämpökeskustyksiköstä.

Käytettäessä kaukolämpöä lämmityksessä energiaa tarvitaan 21505 kWh vuodessa. Tämä sisältää rakennuksen ja käyttöveden lämmityksen. Muu sähköenergiankulutus rakennuksessa on 7840 kWh. Yhteensä kokonaisenergiankulutus on vuodessa 29345 kWh.

Sähkön ja sähköliittymän vuotuinen hinta yleissähkölle laskentahetkellä on 10,42 snt/kWh ja 96,84 €/vuosi. Kaukolämmön tilausteho esimerkkikohteessa on 7 kW, joka saadaan kertomalla pinta-ala 0,05. Minimi tilausteho on kuitenkin 10 kW. Tehomaksu Porin seudulla, 10 kW tilausteholla, kaukolämmölle on 631,6 € vuodessa laskentahetkellä. Energiamaksu on 4,389 snt/kWh. Näillä hinnoilla laskettaessa lämmitysenergian hinnaksi tulee 944 € vuodessa ja käyttösähkön hinnaksi 775 €.

Vuotuisiksi energian kokonaiskustannuksiksi tulee 2351 € ja kaikenkaikkiaan 20 vuoden kuoletusajalle 47020 €.

Kokonaiskustannukseksi kuoletusajanjaksolla kaukolämmölle tulee hinnaksi 64354 €, joka tarkoittaa laskennallisesti 268,17 € kuukaudessa ja 3218 € vuodessa.

5.1.5 Sähkölämmityksen hinta

Sähkön hinta muodostuu erilailla suoraa sähkölämmitystä käyttävälle kuin muille lämmitysmuodoille. Suoraa sähkölämmitystä, eli aikasähköliittymää, käyttävä saa käyttämänsä sähkön edullisemmin, mutta maksaa korkeampaa sähköliittymän perusmaksua.

Sähkölämmityksen laiteinvestoinnit, sisältäen lämmityspatterit ja varaajan, on asennuksineen 4955 € eli selvästi vertailun edullisin. Korkoa ehtii kertyä tarkastusajanjaksolla 2083 €, joka tekee yhteensä kokonaishinnaksi 7038 €. Laitteiston huolto maksaa vertailuajalla keskimäärin 48 € vuodessa eli 980 € kahdellekymmenelle vuodelle. Kokonaisinvestointi kustantaa 7998 €.

Suorasähkölämmityksessä hyötysuhde on 100 %, mutta lämminvesivaraaja pienentää hyötysuhdetta 95 %:iin.

Lämmitykseen tarvitaan energiaa suorasähkölämmityksessä yhteensä 20168 kWh, joka kuluu rakennuksen ja lämpimän käyttöveden lämmitykseen. Muuhun rakennuksen toimintaan kuluu sähköä 7560 kWh, joka on kokonaisenergiankulutuksena yhteensä 27728 kWh vuodessa.

Sähkölämmityksessä lämmitysenergian hinta muodostuu vain sähkön ja sähköliittymän hinnasta. Sähkön hinta on 9,08 snt/kWh ja sähköliittymän vuosimaksu 170,16 € vuodessa. Lämmitysenergian hinnaksi muodostuu 2102 € ja muun käyttösähkön 958 € eli yhteensä 3060 € vuodessa. Kokonaishinnaksi käytettävälle energialle kahdenkymmenen vuoden kuoletusajanjaksolle hintaa kertyy 61200 €.

Kokonaisuudessaan suorasähkölämmitykselle kustannuksia syntyy 69198 €, mihin sisältyy laitteistoinvestoinnit, korot, huolto ja energiamaksut. Laskennallisesti tämä tarkoittaa vuodessa 3460 € ja kuukaudessa 288,33 €.

5.1.6 Pellettilämmityksen hinta

Pellettilämmityslaitteiston investoinnit ovat 15758 € asennuksineen. Korkoa syntyy 5 % korolla 6625 € kahdenkymmenen vuoden aikana. Keskimääräisiksi huoltokustannuksiksi tulee vuosittain 170 € eli 3400 € kuoletusajalle laskettuna. Kokonaisinvestoinnit korkoineen ja huoltoineen ovat täten 25783 €.

Pellettilämmityksen hyötysuhde on 91 % lämmöntuottolaitteiston häviöistä johtuen. Pelletin tehollinen lämpöarvo on 4,7 kWh/kg, joten kilosta pellettiä saadaan lämpöä 4,28 kWh hyötysuhde huomioiden.

Lämmitykseen tarvitaan energiaa 21978 kWh ja muu rakennus käyttää sähköenergiaa yhteensä 8120 kWh vuodessa. Yhteensä energiaa kuluu kokonaisuudessaan 30098 kWh vuodessa.

Laskentahetkellä pelletti maksaa tuhannelta kilolta 246,44 € Poriin toimitettuna. Yleisähkön ja -liittymän hinta on 10,42 snt/kWh ja 96,84 €/vuosi. Pellettilämmityksen käyttämän pelletin hinnaksi muodostuu 5,2 snt/kWh, joka tekee lämmityskuluiksi 1143 € ja sähkönkulutus hinnaksi 799 € vuodessa. Yhteensä energiaa kuluu 1942 € edestä vuodessa ja kuoletusajalla 38840 €.

Kaikenkaikkiaan kokonaiskustannukset ovat kaikkineen 64623 €, joka on laskennallisesti jaettuna 3231 € vuodelle ja 269,25 € kuukaudelle kahdenkymmenen vuoden kuoletusajalla.

5.1.7 Yhteenveto laskelmasta

Laskelman perusteella nähdään, että maalämpö oli edullisin lämmitysmuoto suurista alkuinvestoinneista huolimatta valituilla lähtötiedoilla. Suurin säästö muihin verrattuna muodostui odotetusti lämmitysenergian hinnassa ja käytettävän energian kokonaishinnassa. Lähelle maalämpöä edullisuudessa pääsi kaukolämpö, joka on

laskennallisesti vuositasolla muutaman sata euroa kalliimpi. Ero syntyi käytettävän energian kokonaishinnassa koko kuoletusajalle. Taulukkoon 2 on kerätty koko kuoletusajalle syntyvät kokonaiskustannukset ja laskennallinen kuukausi- ja vuosikustannukset. Liitteessä 1 on kaikki laskennan tiedot taulukko muodossa.

Taulukko 2. Kustannusvertailu taulukko

	Suora- sähkö	Öljy- lämmitys	Maa- lämpö	Kauko- lämpö	Pelletti- lämmitys
Kokonaiskustannus kuoletusajalle	69198€	80687€	57431€	64354€	64623€
Laskennallinen vuosikustannus	3460€	4034€	2872€	3218€	3231€
Laskennallinen kuukausikustannus	288€	336€	239€	268€	269€

Kalleimmaksi osoittautui odotetusti öljylämmitys suuren käyttöenergian kokonaishinnan vuoksi. Toiseksi kallein, mutta edullisimmilla alkuinvestoinneilla on sähkölämmitys, joka öljyn tavoin kärsii kalliista energianhinnasta.

Edullisimman ja kalleimman lämmitysmuodon välille syntyi hintaeroa laskennallisesti vuositasolla 1162 €, joka tekee kokonais kuoletusajalla 23256 €. Tämä on merkittävä summa ja huomioon on otettava seikka, että oletuksena on käytettävän energian hinnan pysyminen vakiona koko kuoletusajan. Eroa tulee siis syntymään enemmän olettaen öljyn- ja sähkönhinnankehityksen jatkuvan samanlaisena.

5.2 Vertailulaskenta

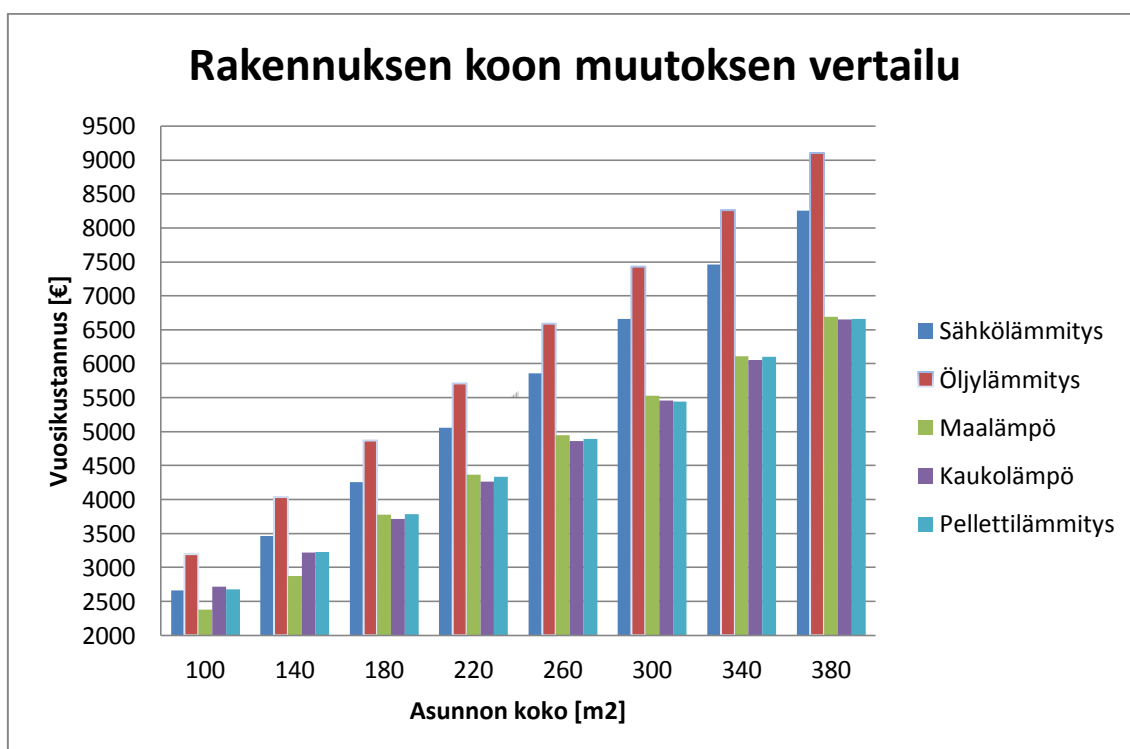
Vertailulaskennassa muutetaan esimerkkilaskennan lähtötietoja ja verrataan saatuja tuloksia keskenään. Lähtötietoja muutetaan esimerkiksi rakennuksen koon ja lämmitykseen käytettävän energian hinnan nousun osalta. Näin saadaan tietoa eri lämmitysjärjestelmän soveltuvuudesta eri kokoiselle rakennukselle ja miten hintojen

nousu vaikuttaa lämmitysjärjestelmän käyttökustannuksiin. Vertailussa huomioidaan myös koron muutoksen vaikutus ja se, jos investoinnit maksetaan omalla pääomalla. Takaisinmaksuaika lasketaan vertailtaessa eri lämmitysmuotojen energian ja laitteistohuoltojen vuosikustannuksia toisiinsa rakennus koon muuttuessa ilman investoinneista syntyviä kuluja.

5.2.1 Rakennuksen koon vaikutus

Rakennuksen koon muuttaminen suuremmaksi vaikuttaa merkittävästi rakennuksen lämmitysenergian kulutukseen. Tämä voi vaatia isompia investointeja lämmitysjärjestelmän laitteistoihin, jotta laitteiston teho pystyy kattamaan lämmitys tarpeen.

Suoritetaan rakennus koon muutoksen laskenta kahdeksalla eri asunto koolla aloittaen 100 neliömetristä aina 380 neliometriin. Laskennasta saatiin seuraavanlainen diagrammi vuosikustannuksille kahdenkymmenen vuoden ajanjaksolle laskettuna.



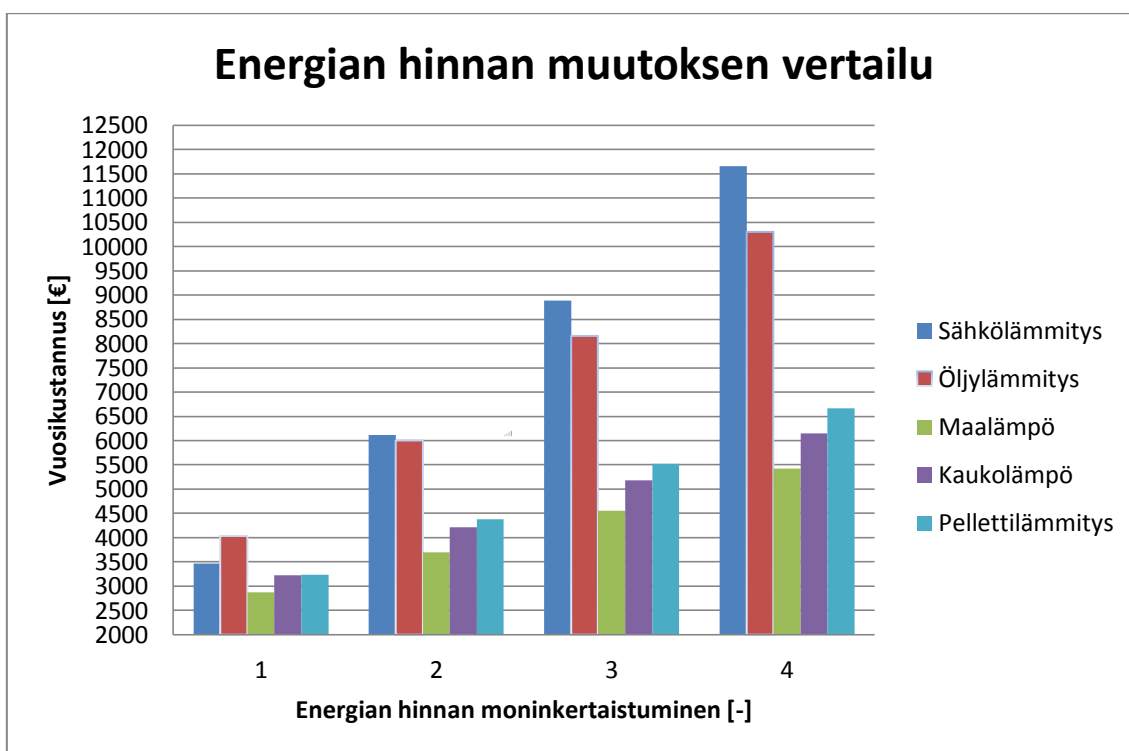
Kuva 9. Rakennus koon kasvamisen vaikutus vuosikustannuksiin.

Diagrammista huomataan kaikkien lämmitysmuotojen trendien olevan nousussa ja yhtä voimakkaasti. Laskennassa huomataan maalämmön vuosikustannuksien olevan lähes samat kuin kaukolämmöllä ja pellettilämmityksellä, vaikka maalämmön käyttämän energian vuosikustannukset ovat huomattavasti pienemmät kuin kauko- ja pellettilämmityksellä. Tasaisuus johtuu kuitenkin maalämmön alkuinvestointien voimakkaasta kasvamisesta muihin lämmitysmuotoihin nähden rakennuskoon suurentuessa. Maalämmön investoinnit nousevat voimakkaasti porauskaivojen lukumäärän lisääntyessä ja maalämpöpumppuyksikön koon tarpeen kasvamisen takia. Investointikustannuksien kasvaessa korkokulutkin nousevat merkittävästi. Muilla lämmitysmuodoilla alkuinvestointien kustannuksien suuruus ei kasva niin voimakkaasti ja täten korkokulutkin jäävät pienemmiksi.

5.2.2 Energian hinnan muutoksen vaikutus

Energian hinnan muutos vaikuttaa suuresti vertailuun. Se ei vaikuta investointeihin tai lämmitysenergian määrään. Lämmitysjärjestelmän valinnassa se tulee ottaa huomioon, koska energian hinnat ovat jatkuvassa nousussa.

Otetaan enenrgian hinnan muutoksien laskennassa huomioon mahdollinen hintojen raju nousu, joka nykymaailmassa on täysin mahdollista. Lasketaan energianhintojen nousun vaikutus vuosikustannuksiin, kun hinnat kaksin-, kolmin- ja nelinkertaistuvat. Laskennasta saatiin seuraavanlainen diagrammi.

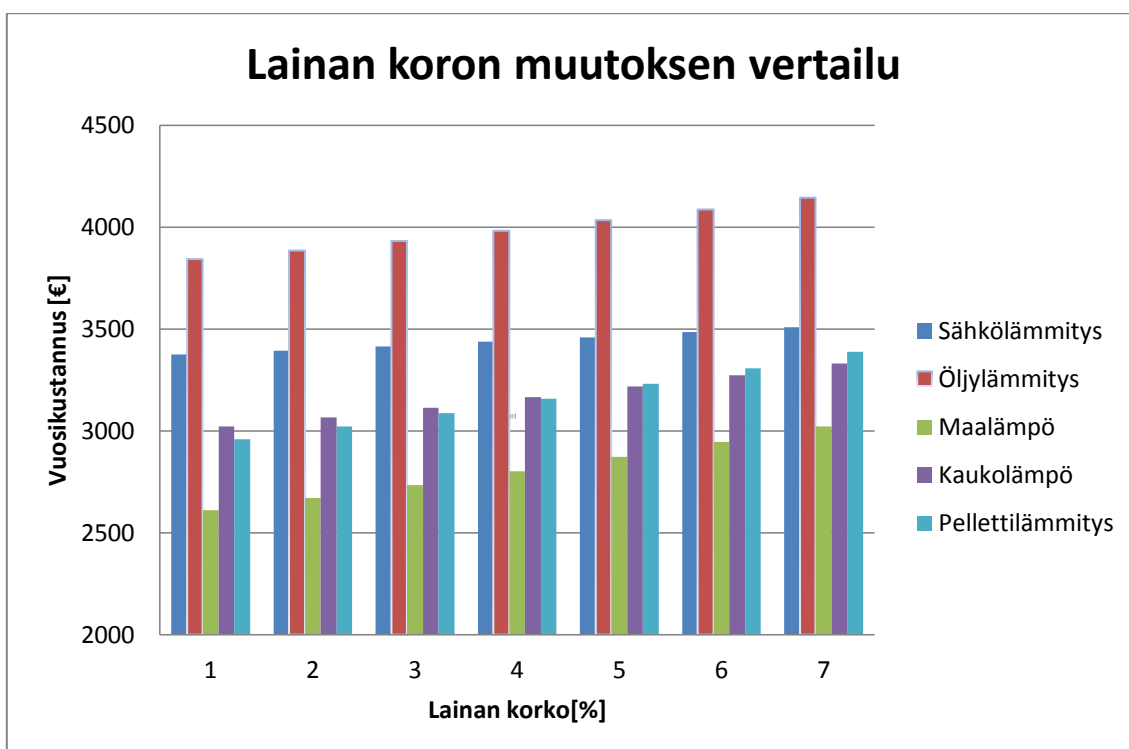


Kuva 10. Energianhinnan moninkertaistumisen vaikutus vuosikustannuksiin.

Diagrammista huomataan, että esimerkkilaskelman hintatasolla eri lämmitysmuotojen vuosikustanteet eivät ole vielä mahdolloman erisuuriset. Hintojen kaksinkertaistamisen jälkeen voidaan jo huomata selkeää eroa sähkö- ja öljylämmityksen vuosikustannuksissa muihin nähden. Kolmin- ja nelinkertaistamisen jälkeen ero on jo lähes tuplaantunut. Tästä voidaan päätellä, että maa- ja kaukolämpö sekä pellettilämmitys kestävät hyvin energianhintojen kohoamisen.

5.2.3 Lainaan otetun koron vaikutus

Vertaillaan mahdollisia koron muutoksen vaikutusta vuosikustannuksiin.. Laskennassa tarkasteltiin koron nousua yhdestä aina seitsemään prosenttiin yhden prosenttiyksikön välein. Laskennan perusteella voitiin muodostaa vuosikustannuksille seuraavanlainen diagrammi.

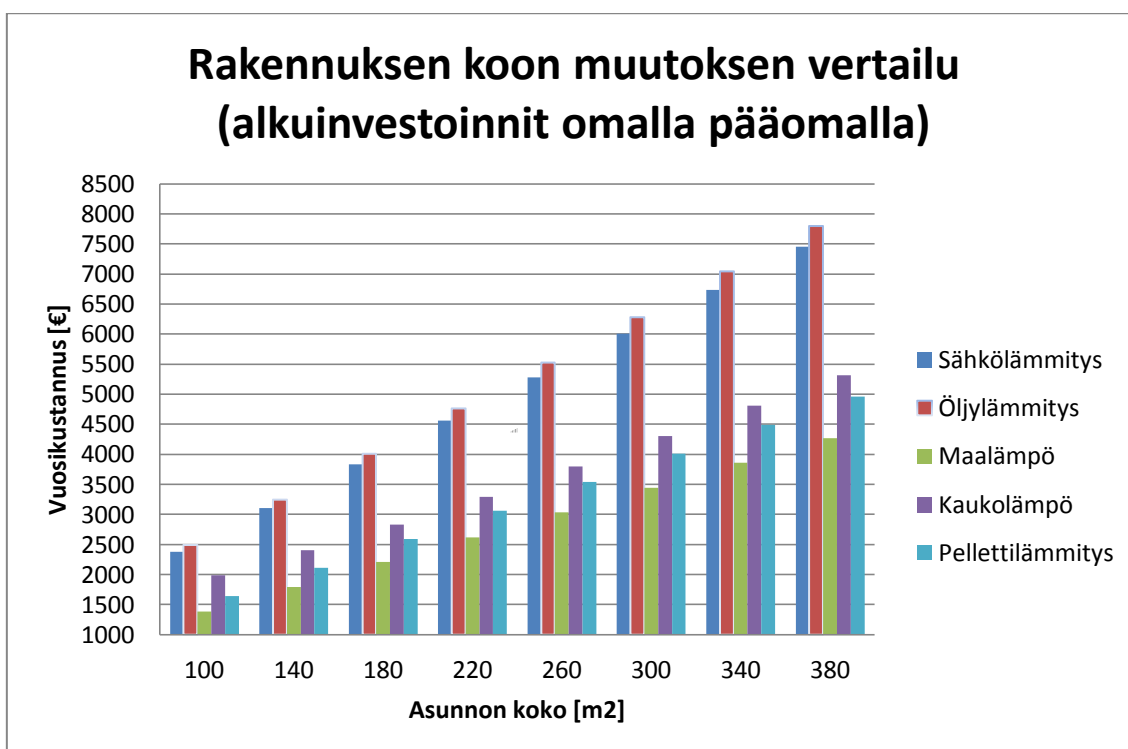


Kuva 11. Koron muutoksen vaikutus vuosikustannuksiin

Diagrammista voidaan huomata, että sähkölämmityksen trendi kasvaa loivimmin verrattuna muihin. Tämä johtuu sähkölämmityksen pienistä alkuinvestoineista ja tuottaa etua sähkölämmitykselle korkojen noustessa muihin lämmitysmuotoihin nähden.

5.2.4 Rakennuksen koon muutoksen vaikutus ilman korkokuluja

Vertaillaan rakennuksen koon muutoksen vaikutuksia vuosikustannuksiin, kun alkuinvestoinnit suoritetaan omalla pääomalla. Tämä poistaa kustannuksista lainan korkokulut ja jättää maksettavaksi kiinteistön vuosittain kuluttaman energian ja laitteiston huoltokustannukset. Laskennasta saadaan seuraavanlainen diagrammi.



Kuva 12. Kiinteistön energian ja laitteistonhuoltojen vuosikustannukset rakennuksen koon muuttuessa

Diagrammista voidaan havaita jo ennestään huomattu öljy- ja sähkölämmityksen suuret vuosikustannukset muihin kolmeen lämmitysmuotoon nähden. Kolmen muun lämmitysmuodon välillä alkaa kuitenkin syntyä pientä eroa maalämmön hyväksi vuosikustannuksissa verrattuna alkuinvestointien maksamiseen lainarahalla.

Diagrammista voidaan laskea syntyvät vuosittaiset säästöt eri lämmitysmuotojen välillä ja näin saadaan selville takaisinmaksuaika. Voidaan laskea esimerkiksi maalämmön kannattavuus ja mahdollisesti syntyvät säästöt asuinpinta-alaltaan 140 neliometriä omaavaan sähkölämmitteiseen taloon. Sähkölämmitteisen talon vuosikustannukset ovat 3100 € vuodessa sisältäen energia- ja laitteistonhuoltokustannukset. Maalämpöön vaihdettaessa talon vuosikustannukset olisivat 1800 €. Säästöä syntyy 1300€ vuodessa. Talon koko vaikuttaa maalämmön investointien suuruuteen ja pinta-alaltaan 140 neliometriseen taloon investoinnit ovat 15000 €. Maalämpöön vaihtaminen maksaisi itsensä takaisin 12 vuodessa ja 20 vuoden ajanjaksolla laskettuna säästöä ehtisi kertyä

yli 10000 €. Maalämpöön vaihtaminen olisi täten hyvin suositeltavaa, kun huomioidaan vielä maalämmön sietokyky energianhintojen nousua vastaan.

Lasketaan takaisinmaksuajat myös kaukolämmölle ja pellettilämmitykselle maalämmön tavoin. Kaukolämmitykseen vaihtaminen pudottaisi vuotuiset kustannukset 2400 €, joten säästöä syntyisi sähkölämmitykseen verrattuna 700 € vuodessa. Kaukolämmityksen alkuinvestoinnit 140 neliömetriseen taloon olisivat 11400 €. Kaukolämmitykseen vaihtaminen maksaisi itsensä takaisin reilussa 16 vuodessa ja 20 vuoden ajanjaksolla laskettuna säästöä syntyisi 2800 €. Tämä on vain reilu neljännes siitä, mitä maalämmöllä kertyisi säästöä.

Lämmityksen hoitaminen pelletillä maksaisi 2100 € vuodessa, joten verrattuna sähkölämmitykseen säästöä kertyisi 1000 € vuodessa. Pellettilämmityksen alkuinvestoinnit 140 neliömetriseen taloon olisivat 15700 €. Pellettilämmitys maksaisi itsensä takaisin 16 vuodessa ja 20 vuoden ajanjaksolla säästöä kertyisi 4000 €. Tämä on melkein puolet maalämmön syntyvistä säästöistä.

Taulukkoon 3 on kerätty edellä mainitut lähtötiedot tuloksineen eri lämmitysmuodoille.

Taulukko 3. Laskennan lähtötiedot ja tulokset 20 vuoden tarkasteluajanjaksolla

	Maalämpö	Kaukolämpö	Pellettilämmitys
Investointi	15 000 €	11 400 €	15 700 €
Vuosikustannukset	1 800 €	2 400 €	2 100 €
Vuotuinen säästö	1 300 €	700 €	1 000 €
Takaisinmaksuaika	12 vuotta	16 vuotta	16 vuotta
Kertyvä voitto	10 000 €	2 800 €	4 000 €

6 YHTEENVETO

Tämän työn alussa perehdyttiin lukija maalämpöön ja eri tapoihin hyödyntää sitä lämmitysmuotona asuinrakennuksissa. Työ käsitteli maalämmön kannattavuutta ja sitä tarkasteltiin esimerkkilaskelmin. Laskelmista tehtiin variaatioita eri muuttujilla ja tuloksia vertailtiin toisiin Suomessa yleisesti käytettäviin lämmitysmuotoihin.

Vertailussa huomattiin diagrammien perusteella kaikkien lämmitysmuotojen trendien olevan kasvavia. Esiin nousi kuitenkin muutamia huomioita. Lainan koron muuttuessa esiin nousi sähkölämmityksen vuosikustannusten hyvä sietokyky koron vaihteluun nähden. Energian hinnan muutoksen diagrammista voitiin huomata, että maa-, kauko- ja pellettilämmitys pystyivät hyvin vastaamaan energian hintojen nousuun. Diagrammista voitiin havaita myös, että maalämmön käyttämän sähköenergian hinnan nousu ei kuitenkaan nostanut huomattavasti maalämmön kokonaisvuosikustannuksien määrää. Tästä voidaan jo todeta maalämpö kannattavaksi, mutta alkuinvestointien suorittaminen omalla pääomalla korosti maalämmön kannattavuutta suhteessa muihin edullisiin lämmitysmuotoihin.

Tämä kandidaatintyö perustelee maalämmön kannattavaksi ja kilpailukykyiseksi lämmitysmuodoksi asuinrakennuksissa. Maalämmön tulevaisuus ja kilpailukyky näyttää hyvältä, sillä lämpöpumppujen tehokkuus ja lämpökerroin paranee jatkuvasti. Kilpailukykyä parantaa myös maalämpöpumppujen investointikustannusten alentuminen ja energianhintojen jatkuva nousupaine.

LÄHDELUETTELO

Coolpack. 2012. [verkkodokumentti]. [viitattu 15.11.2012]. Saatavissa: <http://www.ipu.dk/English/IPU-Manufacturing/Refrigeration-and-energy-technology/Downloads/CoolPack.aspx>

D5 Suomen rakennusmääräyskokoelma. 2012. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta [verkkodokumentti]. [viitattu 15.11.2012]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=135289&lan=fi>

GTK. 2008a. Maa- ja kalliolämpö – uusiutuvaa energiaa [verkkodokumentti] Geologian tutkimuskeskus, [viitattu 15.11.2012]. Saatavissa: <http://www.gtk.fi/export/sites/fi/ajankohtaista/painotuotteet/esitteet/MessuEsite.pdf>

GTK. 2008b. Geoenergia [verkkodokumentti] Geologian tutkimuskeskus, [viitattu 15.11.2012]. Saatavissa: <http://www.gtk.fi/geologia/luonnonvarat/geoenergia/index.html>

Hellsten, Johanna. 2008. Maalämpö yleistyy isoissa kiinteistöissä [verkkolehti], [viitattu 15.11.2012]. Rakennuslehti. Saatavissa: <http://www.rakennuslehti.fi/uutiset/uutiset/14509.html>

IEA Heat Pump Centre. 2012a. [verkkodokumentti]. [viitattu 15.11.2012] Saatavissa: <http://www.heatpumpcentre.org/en/aboutheatpumps/heatpumpworkingfluids/Sidor/default.aspx>

IEA Heat Pump Centre. 2012b. [verkkodokumentti]. [viitattu 15.11.2012] Saatavissa: <http://www.heatpumpcentre.org/en/aboutheatpumps/heatpumptechnology/Sidor/default.aspx>

Juvonen, Janne. 2009. Lämpökaivo, Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa [verkkodokumentti]. Suomen ympäristökeskus, [viitattu 15.11.2012]. Ympäristöopas. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=108597&lan=fi>

Lahti energia. 2012. Kaukolämmön liittymismaksut [verkkodokumentti]. [viitattu 15.11.2012]. Saatavissa: <http://www.lahtienergia.fi/lammitys/kaukolaempoe/liity-kaukolaempoeverkkoon/kaukolaemmoen-liittymismaksut>

Laitinen, Ari et al. 2011. Impacts of large penetration of heat pumps on the electricity use [verkkodokumentti]. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, [viitattu 15.11.2012]. Tutkimusraportti. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2011/VTT-R-03174-11.pdf>

Motiva. 2012a. Lämpöä omasta maasta [verkkodokumentti] [viitattu 15.11.2012]

Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/6058/Lampoa_omasta_maasta.pdf

Motiva. 2011b. Hanki hallitusti maalämpöjärjestelmä [verkkodokumentti] [viitattu 15.11.2012]. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/4764/Hanki_hallitusti_maalampojarjestelma.pdf

Rakentaja. 2012a [verkkodokumentti]. Väliaikatietoja [viitattu 15.11.2012]. Saatavissa: <http://www.rakentaja.fi/indexfr.aspx?s=/tv/tvtulostus.asp?id=573>

Rakentaja. 2012b [verkkodokumentti]. Lämmitysjärjestelmän vertailu [viitattu 15.11.2012]. Saatavissa: <https://www.rakentaja.fi/indexfr.aspx?s=/suorakanava/laskurit/lammitysjarjestelma4.asp>, vaatii tunnukset.

Senera. 2012. Maalämpö [verkkodokumentti] [viitattu 15.11.2012]. Maalämpö, Täysteho- vai osatehomitoitus. Saatavissa: <http://senera.fi/Maalampo#9>

SULPU. 2012a. Maalämpöpumput [verkkodokumentti]. Suomen lämpöpumppuyhdistys ry [viitattu 15.11.2012] Saatavissa: <http://www.sulpu.fi/lampopumpputyypit>

SULPU. 2012b. Maaperä lämmönlähteenä [verkkodokumentti]. Suomen lämpöpumppuyhdistys ry, [viitattu 15.11.2012] Saatavissa: <http://www.sulpu.fi/maapera-lammon-lahteenä>

SULPU. 2012c. Porakaivo lämmönlähteenä [verkkodokumentti]. Suomen lämpöpumppuyhdistys ry, [viitattu 15.11.2012] Saatavissa: <http://www.sulpu.fi/porakaivo-maalammon-lahteenä>

SULPU. 2012d. Vesistö lämmönlähteenä [verkkodokumentti]. Suomen lämpöpumppuyhdistys ry, [viitattu 15.11.2012] Saatavissa: <http://www.sulpu.fi/vesistot-lammonlahteenä>

Ympäristö. 2012. Pohjavesien suojelu maalämmön rakentamisessa [verkkodokumentti]. Valtion ympäristöhallinto, [viitattu 21.11.2012] Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=27141&lan=fi>

LIITE I

Lämmitettävä ala	140				
Asukkaiden määrä	4				
Sähköliittymän perusmaksut €/vuosi					
Aikasähkö	170,16				
Yleissähkö	96,84				
Sähköenergian hinta, siirto+myynti, snt/kWh					
Aikasähkö	10,42				
Yleissähkö	9,08				
Öljyn hinta snt/litra	108,24				
Pelletin hinta €/1000kg	249,8				
Kaukolämmön tehomaksu €/vuosi	631,6				
Kaukolämmön energiamaksu snt/kWh	4,389				
	Suorasähkö	Öljylämmitys	Maalämpö	Kaukolämpö	Pellettilämmitys
Laitteiston hinta	4955	11058	15158	11401	15758
Kuoletuusaika	20	20	20	20	20
Korko %	5	5	5	5	5
Korko €	2083	4649	6373	4793	6625
Kokonaisinvestointi	7038	15707	21531	16194	22383
Huolto					
Huoltokustannus €/vuosi	48	122	112	57	170
Huoltokustannus kuoletuusajalle	960	2440	2240	1140	3400
Kokonaisinvestointi kuoletuusajalle	7998	18147	23771	17334	25783
Laitteistokustannus / kuukausi	33,32	75,61	99,05	72,23	107,43
Energian kulutus					
Lämmitysenergian kulutus/neliö/vuosi (kWh)	120	120	120	120	120
Käyttöveden lämmitys kWh/asukas/vuosi (kWh)	800	800	800	800	800
Huoneistosähkön kulutus/neliö/vuosi (kWh)	50	50	50	50	50
Kiinteistösähkön kulutus/neliö/vuosi (kWh)	4	8	7	6	8
Energian tarve yhteensä kWh/vuosi (kWh)	27560	28120	27980	27840	28120
Lämmitystavan hyötysuhteet					
Lämmitystavan hyötysuhde lämmöntuotossa %	100	93	232,5	93	91
Lämmitystavan hyötysuhde veden lämmityksessä %	95	93	232,5	93	91
Energian kulutus					
Lämmitykseen tarvittava energia (kWh)	20168	21505	8602	21505	21978
Muu käyttösähköenergia (kWh)	7560	8120	7980	7840	8120
Energian kokonaiskulutus kWh/vuosi	27728	29625	16582	29345	30098
Energian hinta					
Lämmönlähteen käyttämän energian hinta snt/kWh	10,42	10,824	10,42	4,389	5,2
Lämmitysenergian hinta	2102	2328	896	944	1143
Käyttösähköenergian hinta	958	799	787	775	799
Käytettävän energian kokonaishinta/vuosi	3060	3127	1683	2351	1942
Käytettävän energian kokonaishinta kuoletuusajalle	61200	62540	33660	47020	38840
Kokonaiskustannus kuoletuusajalle	69198	80687	57431	64354	64623
Laskennallinen vuosikustannus	3460	4034	2872	3218	3231
Laskennallinen kuukausikustannus	288,33	336,17	239,33	268,17	269,25