

# OMAKOTITALON LÄMMITYSJÄRJESTELMIEN KUSTANNUSVERTAILU

Sakari Autio

Opinnäytetyö  
Tekniikka ja liikenne  
Rakennustekniikka  
Insinööri (AMK)

2015

Tekniikka ja liikenne  
Rakennustekniikka

---

<b>Tekijä</b>	Sakari Autio	Vuosi	2015
<b>Ohjaaja</b>	Kai Ryyänen		
<b>Toimeksiantaja</b>	Juha Peteri		
<b>Työn nimi</b>	Omakotitalon lämmitysjärjestelmien kustannusvertailu		
<b>Sivu- ja liitemäärä</b>	24		

---

Työn tavoitteena oli selvittää halvin lämmitysjärjestelmä 20 vuoden käyttöajalla kohteeseen, joka on suunniteltu eristemäärältään nykyisten minimivaatimusten mukaisesti. Kohteen lämmitettävä pinta-ala on 162 neliometriä ja keskimääräinen huonekorkeus 3,0 metriä.

Tämän opinnäytetyön laskelmat perustuvat Tornion alueen hintoihin, mutta ne ovat vertailukelpoisia myös muihin kohteisiin Lapin läänin alueella, jotka ovat lämmitettävän kuutiolavuuden suhteen lähellä samaa kuin kyseisessä kohteessa. Myös eristyskyvyn täytyy olla sama. Kustannuslaskelmissa on otettu huomioon käyttö- ja huoltokustannukset 20 vuoden ajalla, lainan korkokulut ja energian hinnan nouseminen.

Tulokseksi saatiin, että maalämpö on vertailtavista lämmitysjärjestelmistä halvin, riippumatta siitä rakennetaanko järjestelmä velkarahalla vai ei.

School of Technology  
Civil Engineering Programme

---

<b>Author</b>	Sakari Autio	Year	2015
<b>Supervisor(s)</b>	Kai Ryyänen		
<b>Commissioned by</b>	Juha Peteri		
<b>Subject of thesis</b>	Detached house with heating cost comparison		
<b>Number of pages</b>	24		

---

The aim of this thesis was to find out the cheapest way to warm a house for twenty years. The calculations are based on the local prices in Tornio area, but they can be used also elsewhere in Lapland area. To compare the prices the houses must be about the same size and the insulation amount must be the same. The prices include the investment costs, service costs, the interest rate on the loan and the estimated increase in energy prices.

Comparison was made for most common heating systems. The district heating was not available to the area what is in question.

The cheapest heating system was geothermal heating. It was cheapest system if building it with loan or not. It is also the best system if thinking the increase in energy costs.

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
2	KOHDE .....	6
3	VERTAILTAVAT LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT .....	7
3.1	Suora sähkölämmitys.....	7
3.2	Varaava sähkölämmitys.....	7
3.3	Maalämpö .....	8
3.4	Puupelletti .....	9
3.5	Poistoilmalämpöpumppu + sähkö .....	10
3.6	Ilma-vesilämpöpumppu + sähkö .....	11
4	LASKENNAN PERUSTEET .....	12
4.1	Energian tarve ja hintakehitys.....	12
4.2	Lainan korkokulut.....	13
5	INVESTOINTI- JA KÄYTTÖKUSTANNUKSET 20 VUODEN AIKAJAKSOLLA	
	14	
5.1	Suora sähkölämmitys.....	14
5.2	Varaava sähkölämmitys.....	15
5.3	Maalämpö .....	16
5.4	Puupelletti .....	16
5.5	Poistoilmalämpöpumppu + sähkö .....	17
5.6	Ilma-vesilämpöpumppu + sähkö .....	18
6	TULOSTEN ANALYSOINTI .....	19
7	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	21
8	POHDINTA .....	22
	LÄHTEET .....	23

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni aiheena on vertailla eri lämmitysjärjestelmien investointi- ja käyttökustannuksia nettoalaltaan 162-neliöiseen omakotitalokohteeseen. Kohde on uudisrakennus, jonka olen suunnitellut toimeksiannon mukaisesti.

Vertailtaviksi lämmitysjärjestelmiksi olen valinnut Suomessa yleisimmin käytetyt lämmitysjärjestelmät, jotka esittelen työssäni lyhyesti. Vertailussa olen ottanut huomioon lämmitysjärjestelmien oletetun käyttöiän ja kokonaiskustannukset kahdenkymmenen vuoden ajanjaksolta. Työssäni käyvät ilmi kustannuslaskelmat, jotka perustuvat tämän hetkiseen hintatasoon Tornion kunnan alueella, kotiin toimitettuna. Laskelmissa olen huomionnut oletettavat hinnannousut ja lainankorkojen osuuden.

Tutkimuksen ja laskelmien johtopäätöksenä esitetään suotuisinta lämmitysjärjestelmää kyseiselle kohteelle.

## 2 KOHDE

Kustannusvertailun kohteena on uudisrakennus johon olen suunnitellut toimeksiantajan mukaisesti pohjapiirroksen, julkisivut ja kantavat rakenteet. Toimeksiantaja ei löytänyt itselleen sopivaa kokonaisratkaisua valmiista talopaketeista ja halusi myös enemmän tietoa eri lämmitysjärjestelmien vaihtoehdoista sekä kustannuksista kyseiseen kohteeseen.

Kyseessä on lämmitettävältä nettoalaltaan 162-neliöinen omakotitalo yhdessä kerroksessa. Kohde sijaitsee Tornion kunnan alueella, kaavoittamattomalla alueella. Rakenteet on suunniteltu siten, että ne täyttävät eristykseltään tämänhetkiset minimivaatimukset. Rakennukseen tulee muurattu leivinuuni, jonka tuottama lämmitysenergia vähennetään vertailussa kokonaislämmitysenergian tarpeesta.

Vertailu on rajattu yleisimmin omakotitaloissa käytettyihin lämmitysjärjestelmiin. Kyseisellä alueella ei ole kaukolämpöverkkoa, joten se ei tule kyseeseen tässä kohteessa. Puulämmitys ei tule kyseeseen sen työläyden ja puun suuren varastointitilan vuoksi. Energian hintoina käytetään tämän opinnäytetyön tekohetken hintoja Torniossa, kotiin toimitettuna. Vertailu lasketaan 20 vuoden käyttöajalla sisältäen investointikustannukset, huoltokustannukset, lainan koron ja arvioidun energian hinnan nousun. E-luvun laskemiseen ei tässä opinnäytetyssä perehdytä tarkemmin.

### 3 VERTAILTAVAT LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT

#### 3.1 Suora sähkölämmitys

Suoran sähkölämmityksen etuna on edullinen investointikustannus, nopea reagointi ja tarkkuus lämmönsäätelyssä sekä korkea hyötysuhde, 99 prosenttia. Energiakustannukset ovat taas kalleimmasta päästä. (Energiatehokas koti 2013, Sähkölämmitys)

Suora sähkölämmitys toteutetaan lattialämmityskaapelilla, radiaattoreilla, ilmalämmityksenä tai kattolämmityselementeillä. Lattialämmitys voidaan toteuttaa jatkuvatoimisena tai varaavana. Klinkkerilattioiden ja pesutilojen lattialämmitys suunnitellaan jatkuvatoimisena. Esimerkiksi betonilaatan päälle asennettuun parkettilattiaan voidaan lattialämmitys asentaa joko jatkuvatoimisena tai varaavana. Radiaattori eli patterilämmitys asennetaan yleensä ikkunoiden alle. Patterit tuottavat lämmön siihen tilaan mihin ne ovat asennettu, joten hyötysuhde on erittäin hyvä. Patterit reagoivat nopeasti lämmöntarpeen vaihteluun. Ilmalämmitys kannattaa toteuttaa hyödyntäen ilmanvaihtokanavistoa siten että ilmanvaihtokone, joka on täydennetty sähkövastuksella, jakaa lämmön tilaan. Ilmalämmitys voidaan toteuttaa myös esimerkiksi poistoilmalämpöpumpulla. Ilmalämmitys sopii erityisen hyvin pienehköihin matala- ja passiivienergiataloihin. Kattolämmitys toteutetaan asentamalla sisäkattoon lämmityskelmut, jotka lämmittävät katon verhoilumateriaalin. Tästä lämpö siirtyy lämpösäteilynä huoneistoon. Kattolämmitystä säädetään huonetermostaateilla. (Energiatehokas koti 2013, Sähkölämmitys; Energiatehokas koti 2013, Huonekohtainen Sähkölämmitys).

#### 3.2 Varaava sähkölämmitys

Varaavalla sähkölämmityksellä tarkoitetaan yleensä vesikiertoista sähkölämmitystä. Kun vesikeskuslämmityksen lämmönlähteenä on sähkö, lämmöntuottolaitteena käytetään sähkökattilaa tai sähkövastuksella varustettua varaajaa. Vesi-varaajan optimaalinen koko on kohteesta riippuen yleensä 100–500 litraa. Käytännössä kuitenkin olemassa olevat vesivaraajat ovat 1000–5000 litran suurui-

sia. Varaajasta saadaan sekä lämmitysenergia että lämpimän käyttöveden tarvitsema energia. (Energiatehokaskoti 2013, Vesikiertoinen sähkölämmitys).

### 3.3 Maalämpö

Maalämpö voidaan mitoittaa tuottamaan vuotuinen lämmitys- ja käyttövesi ilman sähkövastusta. Lämmönkeruupiiri mitoitetaan tilojen lämmityksen ja käyttöveden vuotuisen energiantarpeen mukaisesti. Tehokkainta on mitoittaa maalämpöpumppu tuottamaan 95–99 prosenttia vuotuisesta energiantarpeesta ja tuottaa loput maalämpöpumpun vara/lisälämmitysvarauksella. Vuosilämpökerroin on yleisesti noin 2.5–3.5. Maalämpö sopii keskisuurille ja suurille taloille, järjestelmä voidaan yleensä toteuttaa pienellekin tontille. Maalämpöpumppu on lämpökertoimeltaan paras lämpöpumpputyyppeistä, erityisesti talvikauden teho on ylivoimainen. Investoinniltaan maalämpöpumppu on taas kallein. (Energiatehokas koti 2014, Ilmalämpö- ja maalämpöpumput; Energiatehokas koti 2015, Maalämpöpumppu).

Yli 60 prosenttia maalämmöstä tuotetaan lämpökaivon avulla. Etelä-Suomessa osuus on 80 prosenttia. Kyseessä on porakaivo, johon asennetussa putkistossa kiertää lämmönkeruuliuos. Maalämpöpumppu kerää veteen, kallioon ja maaperään varastoitunutta auringon lämpöä. Syvimmissä lämpökaivon osissa lämpöä saadaan pohjavesivirtauksista ja maapallon ytimeistä kallioon johtuvasta fissioenergiasta. (Energiatehokas koti 2014, Ilmalämpö- ja maalämpöpumput; Energiatehokas koti 2015, Maalämpöpumppu).

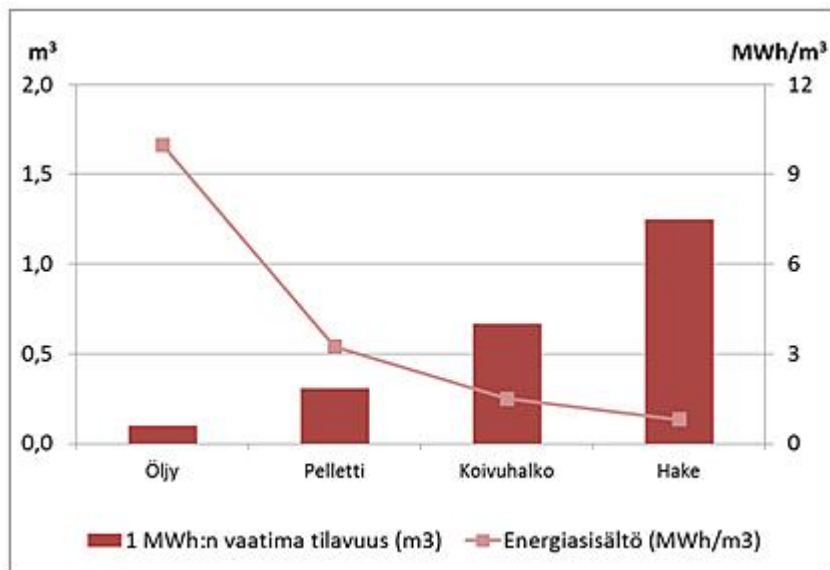
Noin 30 prosenttia maalämmöstä tuotetaan hyväksikäyttäen maaperän pintakerroksen varastoitunutta auringon lämpöenergiaa. Lämmönkeruuseen käytetään lämmönkeruuputkistoa, joka on asennettu vaakatasoon, ilmastovyöhykkeestä riippuen, noin metrin syvyyteen maaperään. Vaakaputkisto on lämmönkeruutavoista yleensä edullisin. Kyseisellä alueella putki täytyy asentaa vähintään 1,5 metrin syvyyteen. (Energiatehokas koti 2014, Ilmalämpö- ja maalämpöpumput; Energiatehokas koti 2015, Maalämpöpumppu).



Noin 5 prosenttia maalämmön keruuputkistoista asennetaan vesistöihin, kuten mereen, järveen tai suurivirtauksiin ojiin. Lämmönkeruuputkisto ankkuroidaan painojen avulla vesistön pohjaan. Vesistöissä sijaitsevista keruuputkista saata- vat energiamäärät ja tehot ovat suurempia, käyttö kuitenkin edellyttää ettei ve- den lämpötila laske alle +1 celsiusasteen. Pientaloille asennettava vesistön ke- ruuputkisto on hieman edullisempi kuin lämpökaivo. Keruuputkiston asennus vaatii kuitenkin erikoisvalmisteluja- ja kalustoa, joten asennus on kannattavam- paa suuremmille kohteille. (Energiatehokas koti 2014, Ilmalämpö- ja maaläm- pöpumput; Energiatehokas koti 2015, Maalämpöpumppu).

### 3.4 Puupelletti

Pelletti on tiivistettyä puuenergiaa, yhdessä kuutiossa pellettejä on sama määrä energiaa kuin noin 300 litrassa kevyttä polttoöljyä. Pelletti tarvitsee huomatta- vasti vähemmän varastointitilaa suhteessa energiasisältöön kuin muut puupolt- toaineet (Kuvio 1). Pelletti on kotimaista, ympäristökuormitukseltaan pientä polt- toainetta. Pellettijärjestelmä koostuu polttimesta, kattilasta, siirtoruuvista ja va- rastosiilosta. Polttimen ohjausyksikkö säättää palamisilmapuhaltimen, polttoai- neen syöttöruuvien ja polttimen toimintaa lämmöntarpeen mukaan. Pellettikatti- lasta tulee poistaa tuhkat ja nuohota säännöllisesti, kattilasta riippuen 1–2 kuu- kauden välein, täysautomaattikattilassa muutaman kerran vuodessa. Lämmön- jakojärjestelmänä käytetään yleensä lattialämmitysverkkoa tai vesikiertoista pat- teriverkostoa. (Energiatehokaskoti 2013, Pellettilämmitys).



Kuvio 1. Pelletin energiasisältö. (Energiatehokas koti 2013, Puulämmitys).

### 3.5 Poistoilmalämpöpumppu + sähkö

Poistoilmalämpöpumppu ottaa lämmitysenergiaa ilmanvaihtoputkiston kautta poistettavasta ilmasta. Pumppu siirtää lämmön sen hetkisen tarpeen mukaan käyttöveteen, tuloilmaan tai vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Osalla poistoilmalämpöpumpuista voidaan myös viilentää ilmaa. Pumppu tarvitsee tuloilma- ja poistoilmakanaviston, erillistä ilmanvaihtokonetta ei tarvita, sillä poistoilmalämpöpumppu huolehtii myös ilmanvaihdosta. Poistoilmasta saatava vuotuisen hyöty on noin 60–70 prosenttia. Energian talteen saaminen edellyttää tarpeeksi tehokasta ilmanvaihtoa. Energiaa saadaan sitä paremmin talteen, mitä enemmän sähkölaitteita ja valoja käytetään. Talon ollessa tyhjiällä useampia viikkoja, joudutaan todennäköisesti lisälämpöä tuottamaan vesivaraajan sähkövastuksella. (Energiatehokas koti 2014, Ilmalämpö- ja maalämpöpumput).

Poistoilmalämpöpumppu ei pysty tuottamaan koko talon tarvitsemaa energiaa. Erityisesti pakkasjaksojen aikana tarvitaan lisälämmitystä esimerkiksi puulämmityksen kautta. Kannattavinta on asentaa poistoilmalämpöpumppu matala-energia-uudistaloon, sillä lämmönlähteenä on tasainen 21 asteen sisäilma, joten pumppu toimii ympärivuoden vakioteholla. (Energiatehokas koti 2014, Poistoilmalämpöpumppu).

### 3.6 Ilma-vesilämpöpumppu + sähkö

Ilma- vesilämpöpumppu ottaa lämpöenergian ulkoilmasta. Pumppu asennetaan yleensä kohteisiin, joihin ei kannata tai voida asentaa maalämpöjärjestelmää. Toisinaan pumppu asennetaan hybridikäyttöön esimerkiksi öljylämmityksen tueksi. Ilma-vesilämpöpumpun asennus on edullisempaa kuin maalämpöjärjestelmän, mutta ilmaisenergiaa saadaan vuositasolla huomattavasti vähemmän. Kovimmilla pakkasilla lämpöpumpun lämpökerroin heikkenee vastaten sähkölämmitystä. (Energiehokas koti 2014, Ilmalämpö- ja maalämpöpumput)

Ilma-vesilämpöpumppuja on pääasiassa kahta mallia: split-laitteita ja monoblock-laitteita. Split-laitteessa on sisä- ja ulkoyksikkö, joiden välillä kiertää kylmäaine. Monoblock-laitteessa on pelkästään ulkoyksikkö; sisällä olevan varaajan ja ulkoyksikön välillä kiertää vesi. Markkinoilla on myös sisälle asennettavia laitteita sekä inverter-malleja, joita säädetään kompressorin kierroslukua ohjaamalla. (Energiehokaskoti 2014, Ilma-vesilämpöpumppu).

## 4 LASKENNAN PERUSTEET

### 4.1 Energian tarve ja hintakehitys

Energiantarve määräytyy lämmitettävän kuutiolavuuden ja eristyskyvyn mukaan. Lämmitettävä kuutiolavuus lasketaan rajoittavien sisäpintojen mukaan eli sisäpintapintamateriaalien pinnoista laskettavien mittojen mukaan. Lämmitysenergian tarve lasketaan Motivan verkkosivujen laskurin mukaisesti. Määrittävät tekijät ovat pinta-ala, keskimääräinen huonekorkeus, asukasmäärä, energiatehokkuus ja rakennuksen sijainti. Kyseisessä rakennuksessa pinta-ala on 162 neliometriä ja keskimääräinen huonekorkeus on 3,0 metriä. Rakennuksen energiatehokkuutena käytetään vuodesta 2010 eteenpäin voimassaolevia minimivaatimuksia. Rakennus sijaitsee IV- vyöhykkeen alueella, joka tarkoittaa käytännössä entisen Lapin läänin aluetta. (Eneuvonta.fi 2013).

Lämmitysenergian kokonaistarve vuodessa on 25 800 kWh. Rakennukseen tulee perinteisellä menetelmällä muurattu leivinuuni riippumatta lämmitysjärjestelmästä, jonka tuottama lämmitysenergia vähennetään kokonaistarpeesta, koska se tuottaa saman määrän lämmitysenergiaa riippumatta päälämmitysjärjestelmästä. Käyttäjän aikaisempien kokemusten perusteella puuta poltetaan leivinuunissa 6 irtokuutiota vuodessa. Puut tehdään itse omasta metsästä. Tällä polttopuun määrällä, päälämmitysjärjestelmällä tuotettava energiamäärä pienee noin 4 300 kWh:a vuodessa. Polttopuun tuottama energia lasketaan seuraavan taulukon mukaisesti, oletettavan puun käytön suhteen. (Taulukko 1).

Taulukko 1. Polttopuiden energiasisältö (Halkoliiteri 2015)

Puulaji	Lämpöarvo kWh/kg	Energiasisältö kWh/i-m <sup>3</sup>	Energiasisältö kWh/p-m <sup>3</sup>
Koivu	4,15	1010	1700
Mänty	4,15	810	1360
Kuusi	4,10	790	1320
Leppä	4,05	740	1230
Haapa	4,00	790	1330

Puolet koivua 1 010 kWh/i-m<sup>3</sup> ja puolet kuusta 790 kWh/i-m<sup>3</sup>. Leivinuunin hyötysuhteena käytetään 80%:a.

$$\left( \frac{1010 \text{ kWh/im}^3 + 790 \text{ kWh/im}^3}{2} \right) * 6 \text{ im}^3 * 0,8 \approx 4\,300 \text{ kWh}$$

Lämmitysenergian kokonaistarpeeksi päälämmitysjärjestelmän suhteen saadaan 25 800 kWh–4 300 kWh = 21 500 kWh. Lämmitysjärjestelmien vertailu lasketaan tällä lämmitysenergian tarpeella.

Yleisesti ottaen energian hintakehityksenä pidetään arviolta 4 prosentin vuotuis- ta nousua energian tuotantomuodosta riippumatta.

#### 4.2 Lainan korkokulut

Lainan korkokuluina käytetään 4 prosentin vuotuista korkoa. Lainan korkokulut ovat merkitseviä esimerkiksi maalämmön investointia laskettaessa, sillä investointikustannukset ovat korkeat. Lainan lyhennykseksi arvioidaan lämmitysjärjestelmän osalta 150 euroa kuukaudessa eli 1800 euroa vuodessa. Lyhennysmäärä suhteutetaan omakotitalon lainan kokonaismäärään.

## 5 INVESTOINTI- JA KÄYTTÖKUSTANNUKSET 20 VUODEN AIKAJAKSOLLA

Tässä opinnäytetyössä verrataan eri lämmitysjärjestelmien investointi- ja käyttökustannuksia kahdenkymmen vuoden aikajaksolla. Hintavertailu on tehty nimenomaan tässä työssä käsiteltävään omakotitalokohteeseen. Vuotuisen energian tarpeen laskennassa käytetään hyväksi Motivan verkkosivujen laskuria (Eneuvonta.fi 2013). Sähkön siirtohintaa lasketaan kyseisen alueen toimittajan mukaan, joka on 0,0575 euroa/kWh (Tornionlaakson Sähkö Oy 2015). Sähköenergian toimitushinta lasketaan halvimman tämän hetken hinnan mukaan, joka on 0,0442 euroa/kWh (Nordic Green Energy 2015). Käyttö- ja huoltokustannusten arvioinnin suhteen käytetään apuna lämmitysjärjestelmien elinkaarikustannusten verkkosivua. (Energiatehokas koti 2014, Lämmitysjärjestelmien elinkaariri).

### 5.1 Suora sähkölämmitys

Investointikustannukseksi arvioidaan 5000 euroa lattialämmityskaapeleilla ja huonekohtaisilla termostaateilla. Hyötysuhteena laskennassa käytetään 100 prosenttia. Ostettavaa lämmitysenergiaa kuluu vuodessa 21 500 kWh. Sähkön hintana käytetään laskennassa 0,102 euroa/kWh tämän hetken siirto- ja energiahinnoittelun mukaisesti. Tästä saadaan ensimmäiselle vuodelle  $21\,500 \text{ kWh/vuosi} \cdot 0,102 \text{ euroa/kWh} = 2\,193 \text{ euroa}$ . Energian hinnaksi 20 vuodessa saadaan 4 prosentin vuotuisella nousulla yhteensä 67 915 euroa. Lainan korkokustannukseksi saadaan 5000 euron investointikustannuksella ja 4 prosentin korolla yhteensä 406 euroa. Lisäksi oletetaan, että termostaatit täytyy vaihtaa kyseisellä ajanjaksolla kertaalleen, joiden kustannukseksi arvioidaan 1 200 euroa.

Investointi- ja käyttökustannuksiksi saadaan ilman lainan korkoa yhteensä 74 115 euroa.

Investointi- ja käyttökustannuksiksi lainan korkokustannuksineen saadaan yhteensä 74 521 euroa.

## 5.2 Varaava sähkölämmitys

Investointikustannukseksi arvioidaan 7000 euroa, sisältäen lämmönjaon vesikiertoisella lattialämmityksellä. Hyötysuhteena käytetään 95 prosenttia. Ostettavan lämmitysenergian määräksi saadaan  $21\,500 \text{ kWh} / 0,95 = 22\,632 \text{ kWh}$  vuodessa. 90 prosenttia lämmitysenergiasta tuotetaan yöaikaan ja 10 prosenttia päiväaikaan. Sähkön hintana yöaikaan käytetään 0,082 euroa/kWh ja päiväaikaan 0,116 euroa/kWh. (Tornionlaakson Sähkö Oy 2015; Nordic Green Energy 2015).

Yösähkön osuudeksi saadaan  $0,90 * 0,082 \text{ euroa/kWh} * 22\,632 \text{ kWh} = 1\,670$  euroa. Päiväsähkön osuudeksi saadaan  $0,10 * 0,112 \text{ euroa/kWh} * 22\,632 \text{ kWh} = 263$  euroa. Yhteensä ensimmäisen vuoden summaksi saadaan 1670 euroa + 263 euroa = 1 933 euroa. 20 vuoden käyttöajalla energian hinnaksi saadaan 4 prosentin vuosittainen nousu huomioon ottaen yhteensä 59 863 euroa. Lisäksi huomioidaan 2-tariffisähkön perusmaksu, joka on 112 euroa kalliimpi kuin 1-tariffisähkön perusmaksu vuodessa. Tästä tulee lisäkustannuksia 20 vuotta \* 112 euroa = 2 240 euroa. Lainan korkokustannukseksi saadaan 7 000 euron investointikustannuksella ja prosentin korolla yhteensä 767 euroa. Kustannuksiin huomioidaan myös vastuksen vaihto kertaalleen, jonka hinnaksi arvioidaan 300 euroa.

Investointi- ja käyttökustannuksiksi ilman lainan korkoa saadaan yhteensä 69 403 euroa.

Investointi- ja käyttökustannuksiksi lainan korkokustannuksineen saadaan yhteensä 70 170 euroa.

### 5.3 Maalämpö

Investointikustannukseksi arvioidaan 20 000 euroa sisältäen lämmönjaon vesikiertoisella lattialämmityksellä. Hyötysuhteena käytetään 300 prosenttia. Ostettavan lämmitysenergian määräksi saadaan  $21\,500 \text{ kWh} / 3 = 7\,167 \text{ kWh}$  vuodessa. Tästä saadaan ensimmäisen vuoden kustannukseksi  $7167 \text{ kWh/vuosi} * 0,102 \text{ euroa/kWh} = 731 \text{ euroa}$ . Energian hinnaksi saadaan 20 vuodessa 4 prosentin vuotuisella nousulla yhteensä 22 638 euroa. Lainan korkokustannukseksi saadaan 20 000 euron investointikustannuksella ja 4 prosentin korolla yhteensä 6 976 euroa. Lisäksi oletetaan, että kompressori täytyy vaihtaa kyseisellä ajanjaksolla kertaalleen, jonka kustannukseksi arvioidaan 3000 euroa.

Investointi- ja käyttökustannuksiksi ilman lainan korkoa saadaan yhteensä 45 638 euroa.

Investointi- ja käyttökustannuksiksi lainan korkokustannuksineen saadaan yhteensä 52 614 euroa.

### 5.4 Puupelletti

Investointikustannukseksi arvioidaan 16 000 euroa sisältäen lämmönjaon vesikiertoisella lattialämmityksellä. Hyötysuhteena käytetään 85 prosenttia. Ostettavan lämmitysenergian määräksi saadaan  $21\,500 \text{ kWh} / 0,85 = 25\,294 \text{ kWh}$  vuodessa. Muunnetaan energia megajouleiksi, koska pelletin lämpöarvo on 18 MJ/kg.  $25,294 \text{ MWh} * 3\,600 \text{ sekuntia} = 91\,058 \text{ megajoulea}$ . Pelletin kulutukseksi saadaan  $(91058 \text{ MJ}) / (18 \text{ MJ/kg}) = 5\,060 \text{ kilogrammaa}$ . 1 000 kiloa pellettiä maksaa 278 euroa (Agrimarket 2015). Pelletin hinnaksi ensimmäiselle vuodelle saadaan  $5,06 \text{ tonnia} * 278 \text{ euroa/tonni} = 1\,407 \text{ euroa}$ . Pelletin hinnaksi saadaan 20 vuodessa 4 prosentin vuotuisella nousulla yhteensä 43 543 euroa. Lainan korkokustannukseksi saadaan 16 000 euron investointikustannuksella ja 4 prosentin korolla yhteensä 4 170 euroa. Lisäksi oletetaan, että poltin täytyy vaihtaa kyseisellä ajanjaksolla kertaalleen, jonka kustannukseksi arvioidaan



1000 euroa. Käyttökustannuksiin lisätään myös huollon tarpeet, joiden hinnaksi arvioidaan keskimäärin 100 euroa vuodessa.

Investointi- ja käyttökustannuksiksi ilman lainan korkoa saadaan yhteensä 62 543 euroa.

Investointi- ja käyttökustannuksiksi lainan korkokustannuksineen saadaan yhteensä 66 713 euroa.

### 5.5 Poistoilmalämpöpumppu + sähkö

Investointikustannukseksi arvioidaan 13 000 euroa sisältäen lämmönjaon vesikiertoisella lattialämmityksellä. Poistoilmalämpöpumpulla pystytään tuottamaan 60 prosenttia lämmitysenergiasta. Lämpöpumpun hyötysuhteena käytetään 300 prosenttia. Lämpöpumpun osuudeksi lämmitysenergiasta saadaan  $(0,60 * 21\,500 \text{ kWh}) / 3,0 = 4\,300 \text{ kWh}$ . Sähkövastuksen osuudeksi saadaan  $0,40 * 21\,500 \text{ kWh} = 8\,600 \text{ kWh}$ . Yhteensä energiankulutukseksi saadaan  $4300 \text{ kWh} + 8\,600 \text{ kWh} = 12\,900 \text{ kWh}$ . Energian hinnaksi ensimmäiselle vuodelle saadaan  $0,102 \text{ euroa/kWh} * 12\,900 \text{ kWh} = 1\,316 \text{ euroa}$ . Energian hinnaksi saadaan 20 vuodessa 4 prosentin vuotuisella nousulla yhteensä 40 755 euroa. Lainan korkokustannukseksi saadaan 13 000 euron investointikustannuksella ja 4 prosentin korolla yhteensä 2 654 euroa. Lisäksi oletetaan, että kompressori täytyy vaihtaa kyseisellä ajanjaksolla kertaalleen, jonka kustannukseksi arvioidaan 1500 euroa.

Investointi- ja käyttökustannuksiksi ilman lainan korkoa saadaan yhteensä 55 255 euroa.

Investointi- ja käyttökustannuksiksi lainan korkokustannuksineen saadaan yhteensä 57 909 euroa.

## 5.6 Ilma-vesilämpöpumppu + sähkö

Investointikustannukseksi arvioidaan 13 000 euroa sisältäen lämmönjaon vesikiertoisella lattialämmityksellä. Ilma-vesilämpöpumpulla pystytään tuottamaan 80 prosenttia lämmitysenergiasta. Lämpöpumpun hyötysuhteena käytetään 200 prosenttia. Lämpöpumpun osuudeksi lämmitysenergiasta saadaan  $(0,80 * 21\,500 \text{ kWh}) / 2,0 = 8\,600 \text{ kWh}$ . Sähkövastuksen osuudeksi saadaan  $0,20 * 21\,500 \text{ kWh} = 4\,300 \text{ kWh}$ . Yhteensä energiankulutukseksi saadaan  $4\,300 \text{ kWh} + 8\,600 \text{ kWh} = 12\,900 \text{ kWh}$ . Energian hinnaksi ensimmäiselle vuodelle saadaan  $0,102 \text{ euroa/kWh} * 12\,900 \text{ kWh} = 1\,316 \text{ euroa}$ . Energian hinnaksi saadaan 20 vuodessa 4 prosentin vuotuisella nousulla yhteensä 40 755 euroa. Lainan korkokustannukseksi saadaan 13 000 euron investointikustannuksella ja 4 prosentin korolla yhteensä 2 654 euroa. Lisäksi oletetaan, että kompressori täytyy vaihtaa kyseisellä ajanjaksolla kertaalleen, jonka kustannukseksi arvioidaan 1500 euroa.

Investointi- ja käyttökustannuksiksi ilman lainan korkoa saadaan yhteensä 55 255 euroa.

Investointi- ja käyttökustannuksiksi lainan korkokustannuksineen saadaan yhteensä 57 909 euroa.

## 6 TULOSTEN ANALYSOINTI

Suoran sähkölämmityksen investointikustannukset ovat edellä esiteltyjä lämmitysjärjestelmiä vertailtaessa edullisimmat. Suoran sähkölämmityksen käyttökustannuksiin vaikuttavaa sähkön hinnan nousua on vaikea ennustaa. Vaikka tällä hetkellä sähkön hinta ei ole nousussa, oletettavasti hinta tulee kuitenkin noustamaan. Pelkän suoran sähkölämmityksen käyttö ei ole kannattavaa juurikin oletettavan hinnannousun vuoksi. Mikäli kohteeseen asennettavaa tulisijaa käytetään lisälämmönlähteenä, voidaan käyttökustannuksia pienentää. Tässäkin on kuitenkin huomioitava käytettävän puun kustannukset. Todettakoon siis, että mikäli puut voidaan tuottaa omavaraisesti, voi suoran sähkön käyttö, lisänä puulämmitys, olla varteenotettava vaihtoehto, jos eristemäärää kasvatetaan.

Varaavan sähkölämmityksen investointikustannukset ovat hieman suuremmat verrattaessa suoraan sähkölämmitykseen. Varaavan sähkölämmityksen käyttökustannukset ovat kohtuullisen korkeat, koska nykyään yöajan sähkön hinta ei ole enää merkittävästi halvempi kuin päiväsähkön hinta. Lisäksi yösähkön siirtohinnassa tulee huomioida kalliimpi perusmaksu. Etuna kuitenkin voidaan nähdä se, että investointikustannukset ovat kohtuulliset ja lämmitysjärjestelmä on myöhemmin muunnettavissa muunlaiseksi lämmitysjärjestelmäksi, esimerkiksi maalämmöksi tai yhdistelmälämmitysjärjestelmäksi, esimerkkinä poistoilmalämpöpumppu. Näin ollen investointikustannukset pysyvät kohtuullisempina rakennusvaiheessa kuin esimerkiksi suoraan maalämpöjärjestelmän asennuksessa.

Maalämpö on investointikustannuksiltaan näitä lämmitysjärjestelmiä vertailtaessa kallein. Kyseiseen rakennukseen maalämpö olisi todennäköisesti varmempaa toteuttaa lämpökaivon kautta tuottavana energiana, sillä vaakaputkiston asentaminen voisi tuottaa hankaluuksia vaihtelevan maaperän vuoksi. Maalämpö on energiakustannuksiltaan edullisin, esimerkiksi suoraan sähkölämmitykseen verrattuna kustannukset ovat vain noin kolmasosan. Maalämmön epäedullisia puolia on se, että lämmitysjärjestelmän kompressori pitää uusia noin 15-vuoden välein. Kustannuksia tästä syntyy noin 3000 euroa. Lainan korkokulut ovat suurimmat, mutta kyseisellä ajanjaksolla maalämpö on näiden laskelmien

perusteella halvin lämmitysjärjestelmä tarkasteltavaan kohteeseen. Jos lainaa ei tarvitse ottaa, maalämpö on selkeästi halvin lämmitysjärjestelmä tässä tapauksessa

Puupelletti sijoittuu investointikustannuksiltaan sähkölämmityksen ja maalämmön välimaastoon. Puupellettiä suunniteltaessa on huomioitava lämmitysjärjestelmän vaatima tila, omakotitalokohteeseen tarvitaan noin 8 kuutiometrin kokoinen sillo. Tämä vaikuttaa talon rakennuskustannuksiin, ei kuitenkaan merkittävästi. Kyseisen kohteen vuotuinen pelletin tarve on noin viisituhatta kiloa, jonka kustannus on tällä hetkellä noin 1400 euroa. Mietittäessä puupelletin käyttökustannuksia, on huomioitava vuosittaiset huollot, jotka ovat kustannuksiltaan suunnilleen 100 euroa/vuosi. Käyttökustannuksien määrä riippuu paljon siitä, kuinka paljon järjestelmää pystytään itse hoitamaan. Käyttökustannuksissa on huomioitava myös polttimen vaihto, joka tulee ajankohtaiseksi suunnilleen 15-vuoden välein. Kustannuksiltaan polttimen uusiminen maksaa noin 1000 euroa.

Poistoilmalämpöpumppu sijoittuu investointikustannuksiltaan pellettilämmityksen ja sähkölämmityksen väliin. Poistoilmalämpöpumpun kokonaiskustannukset ovat selvästi halvemmat kuin pelletti- tai sähkölämmityksen kustannukset. Poistoilmalämpöpumpun investointi kyseiseen kohteeseen olisi varteenotettava vaihtoehto, koska sen elinkaarikustannus on lähellä maalämmön kokonaiskustannuksia, kyseisellä 20 vuoden käyttöajalla. Poistoilmalämpöpumpulla voidaan mallista riippuen myös jäähdyttää ilmaa, joka on lämpiminä kesinä hyvä lisä lämmitysjärjestelmää valittaessa. Jäähdytyksen kulutusosuutta ei ole kustannuksissa laskettu, mutta se tulisi olemaan hyvin pieni, koska jäähdytyksen tarve on hyvin pieni verrattuna lämmityksen määrään.

Ilma-vesilämpöpumpun investointikustannus on täsmälleen sama kuin poistoilmalämpöpumpun. Käyttökustannukset ovat myös samat kuin poistoilmalämpöpumpulla. Ilma-vesilämpöpumpun odotettu elinkaari on lyhyempi kuin poistoilmalämpöpumpun ja sitä ei voida tarvittaessa käyttää jäähdytykseen. Tällä ei kuitenkaan ole suurta merkitystä ajateltaessa 20 vuoden käyttöikä.

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Suotuisinta lämmitysjärjestelmää miettiessäni, olen huomionut lämmitysjärjestelmien käyttöiän ja kokonaiskustannuksen kahdenkymmenen vuoden ajanjaksoilta. Olen huomionut lämmitysjärjestelmien elinajanodotuksen ja siihen liittyvät huollontarpeet.

Näihin laskelmiin perustuen suosittelisin kyseiseen kohteeseen maalämpöä. Vaikkakin maalämpö on investointikustannuksiltaan kallein, mikä tulee huomioida lainan koroissa, on se silti pitkällä tähtäimellä edullisin vaihtoehto. Jos lainaa ei tarvitse ottaa, on maalämpö selkeästi halvin vaihtoehto kyseiseen kohteeseen.

Pellettilämmityksen investointikustannukset ovat edullisemmat kuin maalämmön, mutta käyttökustannukset tulevat pitkällä tähtäimellä kalliiksi. Maalämmön käyttö on huolettomampaa verrattuna pellettiin. Pellettilämmityksen toimivuus vaatii huoltoa ympäri vuoden, jotta se toimisi hyvin.

Varteenotettavana vaihtoehtona voidaan pitää myös poistoilmalämpöpumppua, joka käyttöiän odotteen mukaan on parempi kuin ilma-vesilämpöpumppu. Poistoilmalämpöpumpun hinta, lainan korko mukaan laskettuna, on melko lähellä maalämmön kokonaiskustannuksia. Arvioitu elinkaari molemmilla lämmitystavoilla on liki sama.

## 8 POHDINTA

Oikean lämmitysjärjestelmän valinta on haasteellista, koska on hyvin vaikeaa ennustaa energian hinnan käyttäytymistä. Maalämpö on lämmitysmuodoista selkeästi riippumattomin lämmitysenergian hinnan noususta, koska sen kulusosuus on ylivoimaisesti pienin vertailtavista lämmitysjärjestelmistä. Luotettavuutta ajateltaessa maalämpö on ehkä luotettavampi kuin poistoilmalämpöpumppu, joka on vertailun seuraavaksi edullisin vaihtoehto maalämmölle.

Sähkön hinta toimitettavan energian suhteen on laskenut viimeisen kahden vuoden aikana, mutta siirtohinnat ovat taas vastaavasti nousussa maakaapeloinnin vuoksi. Tällä hetkellä sähkön siirtohintaa on suurempi kuin energian hinta.

Lämmitysenergian kulutus on Motivan laskurin mukaan mielestäni ylimitoitettu. Tiedossa on useampia omakotitaloja samalla alueella, joiden lämmitysenergian kulutus on paljon pienempi kuin laskurin mukaiset tiedot. Lämmitysenergian tarpeen suhteen täytyy olla kriittinen, koska todellinen ostettavan energian kulutus vaikuttaa merkittävästi elinkaarikustannuksiin. Lämmitysenergian kulutus on hyvin riippuvainen käyttäjästä, ja todellista kulutusta on hyvin vaikea arvioida tarkalleen. Joka tapauksessa kyseiseen kohteeseen halvin lämmitysjärjestelmä on maalämpö, vaikka kokonaisenergiankulutus olisikin pienempi kuin laskennassa käytetty arvo.

## LÄHTEET

Agrimarket 2015, Puupelletin hinta. Viitattu 1.10.2015.

[https://www.agrimarket.fi/Maatalous\\_ja\\_metsa/polttoaineet/puupelletti/puupelletti-500-kg/](https://www.agrimarket.fi/Maatalous_ja_metsa/polttoaineet/puupelletti/puupelletti-500-kg/)

Energiatehokas koti 2013, Huonekohtainen Sähkölämmitys. Viitattu 8.10.2015.

[http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/lammitys/sahkolammitys/huonekohtainen\\_sahkolammitys](http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/sahkolammitys/huonekohtainen_sahkolammitys)

Energiatehokas koti 2014, Ilmalämpö- ja maalämpöpumput. Viitattu 9.10.2015

[http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/lammitys/ilmalampo-\\_ja\\_maalampopumput](http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/ilmalampo-_ja_maalampopumput)

Energiatehokaskoti 2014, Ilma-vesilämpöpumppu – Energiatehokaskoti. Viitattu 11.10.2015.

[http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/lammitys/ilmalampo-\\_ja\\_maalampopumput/ilma-vesilampopumppu](http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/ilmalampo-_ja_maalampopumput/ilma-vesilampopumppu)

Eneuvonta.fi, Laskuri 2013. Viitattu 26.09.2015.

<http://lammitysvertailu.eneuvonta.fi/>

Energiatehokas koti 2014, Lämmitysjärjestelmien elinkaari. Viitattu 20.10.2015.

[http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/lammitys/lammitysjarjestelmien\\_elinkaari](http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/lammitysjarjestelmien_elinkaari)

Energiatehokaskoti 2015, Maalämpöpumppu. Viitattu 9.10.2015.

[http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/lammitys/ilmalampo-\\_ja\\_maalampopumput/maalampopumppu](http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/ilmalampo-_ja_maalampopumput/maalampopumppu)

Energiatehokas koti 2013, Pellettilämmitys. Viitattu 10.10.2015.

[http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/lammitys/puulammitys/pellettilammitys](http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/puulammitys/pellettilammitys)

Energiatehokaskoti 2014, Poistoilmalämpöpumppu. Viitattu 11.10.2015.

[http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/lammitys/ilmalampo-\\_ja\\_maalampopumput/poistoilmalampopumppu](http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/ilmalampo-_ja_maalampopumput/poistoilmalampopumppu)

Energiatehokas koti 2013, Puulämmitys. Viitattu 10.10.2015.

[http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/lammitys/puulammitys](http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/puulammitys)

Energiatehokas koti 2013, Sähkölämmitys. Viitattu 8.10.2015.

[http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/lammitys/sahkolammitys](http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/sahkolammitys)

Energiatehokaskoti 2013, Vesikiertoinen Sähkölämmitys –. Viitattu 8.10.2015.

[http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/lammitys/sahkolammitys/vesikiertoinen\\_sahkolammitys](http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/sahkolammitys/vesikiertoinen_sahkolammitys)

Halkoliiteri 2015. Viitattu 20.10.2015. <http://www.halkoliiteri.com/?id=170>

Nordic Green Energy 2015, Tee Sähkösopimus. Viitattu 25.9.2015.  
<https://www.nordicgreen.fi/tee-sopimus/>

Tornionlaakson Sähkö Oy 2015, Verkkopalveluhinnasto. Viitattu 20.9.2015.  
<http://www.tornionlaaksonsahko.fi/index.php?id=45>