

LAPPEENRANNAN-LAHDEN TEKNILLINEN YLIOPISTO  
School of Energy Systems  
Energiatekniikka  
BH10A0202 Energiatekniikan kandidaatintyö

## **ÖLJYLÄMMITYS LOPPUU – MITÄ TILALLE?**

Työn tarkastaja: Kari Myöhänen  
Työn ohjaaja: Kari Myöhänen  
Lappeenrannassa 6.5.2021  
Mikko Tielinen

## TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto  
School of Energy Systems  
Energiatekniikka

Mikko Tielinen

### **Öljylämmitys loppuu – mitä tilalle?**

Kandidaatintyö 2021

Tarkastaja: Kari Myöhänen

Ohjaaja: Kari Myöhänen

33 sivua, 3 taulukkoa ja 4 liitettä

Hakusanat: öljylämmitys, maalämpöpumppu, ilma-vesilämpöpumppu, sähkölämmitys, lämmitysjärjestelmä, kustannusvertailu, pientalo

Tämän kandidaatintyön tavoite on määrittää paras vaihtoehtoinen lämmitysmuoto kustannusten perusteella noin 2000 litraa öljyä kuluttaville öljylämmitteisille pientaloille. Kustannuslaskut tehdään öljylämmitykselle, maa- ja ilmavesilämpöpumpulle sekä varaavalle ja suoralle sähkölämmitykselle.

Kustannuslaskelmien esimerkkikohteina on kaksi Kaakkois-Suomessa sijaitsevaa öljylämmitteistä pientaloa. Ensimmäinen kohde on vuonna 1979 valmistunut 163 m<sup>2</sup> kokoinen omakotitalo, jonka vuosittainen öljynkulutus on noin 2000 l. Toinen kohde on vuonna 1995 valmistunut 169 m<sup>2</sup> kokoinen omakotitalo, jonka öljynkulutus on noin 1800 l/a.

10 vuoden pitoajalla laskettujen energiantuotantohintojen perusteella esimerkkikohteiden nykyiset öljylämmitysjärjestelmät olisivat selvästi kannattavimpia. Vaihtoehtoisista lämmitysjärjestelmistä paras vaihtoehto olisi ilma-vesilämpöpumppu. 15 vuoden pitoajalla laskettujen kokonaiskustannusten perusteella kannattavin vaihtoehto olisi maalämpöpumppu.

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## SISÄLLYSLUETTELO

## SYMBOLILUETTELO

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | JOHDANTO .....   | 6  |
| 2     | LÄMMITYSMUODOT .....   | 7  |
| 2.1   | Öljylämmitys .....   | 8  |
| 2.1.1 | Uusiutuva polttoöljy .....                                     | 8  |
| 2.2   | Lämpöpumput .....  | 9  |
| 2.2.1 | Ilmalämpöpumppu .....  | 10 |
| 2.2.2 | Maalämpöpumppu .....   | 11 |
| 2.2.3 | Ilma-vesilämpöpumppu .....                                     | 11 |
| 2.2.4 | Poistoilmalämpöpumppu .....                                    | 12 |
| 2.3   | Sähkölämmitys .....  | 13 |
| 2.4   | Puulämmitys .....  | 13 |
| 2.5   | Kaukolämpö .....   | 14 |
| 2.6   | Muut lämmitysmuodot .....                                      | 15 |
| 3     | AVUSTUKSET .....   | 15 |
| 3.1   | Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen avustus .....      | 15 |
| 3.2   | Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskuksen avustus .....        | 16 |
| 3.3   | Kotitalousvähennys .....                                       | 16 |
| 4     | LÄMMITYSMUOTOJEN KUSTANUSLASKELMAT .....                       | 16 |
| 4.1   | Esimerkkikohteet .....   | 17 |
| 4.2   | Lämmitysjärjestelmien investointi- ja huoltokustannukset ..... | 18 |
| 4.3   | Polttoainekustannukset .....                                   | 19 |
| 4.4   | Lämmitysjärjestelmien hyötysuhteet .....                       | 20 |
| 4.5   | LCOE (Levelized cost of energy) .....                          | 21 |
| 4.6   | Koroton kustannuslaskenta .....                                | 21 |
| 4.7   | Kustannuslaskenta annuiteettimenetelmällä .....                | 22 |
| 5     | KUSTANNUSVERTAILU .....  | 22 |
| 5.1   | LCOE-vertailu .....  | 22 |
| 5.2   | Kustannuslaskelmien vertailu .....                             | 23 |
| 5.3   | Herkkyyshanalyysi .....  | 26 |
| 6     | YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....                             | 28 |
|       | LÄHTEET .....  | 30 |

## LIITTEET

Liite 1. Koroton kustannuslasku, kohde 1

Liite 2. Kustannuslasku annuiteettimenetelmällä, kohde 1

Liite 3. Koroton kustannuslasku, kohde 2

Liite 4. Kustannuslasku annuiteettimenetelmällä, kohde 2

## SYMBOLILUETTELO

### Roomalaiset

|           |   |       |
|-----------|---|-------|
| $A_t$     | vuotuiset käyttö- ja kunnossapitokustannukset | €     |
| $c_{n,i}$ | annuiteettikerroin                            | -     |
| $I_0$     | investointikustannus                          | €     |
| $i$       | laskentakorko                                 | %     |
| $K$       | vuosittaiset kustannukset                     | €     |
| $M_{t,e}$ | vuotuinen energiantuotto                      | MWh   |
| $n$       | pitoaika                                      | a     |
| $Q$       | lämpöenergia                                  | J     |
| $q_i$     | tehollinen lämpöarvo                          | MJ/kg |
| $T$       | lämpötila                                     | K     |
| $t$       | vuosi   | -     |
| $V$       | tilavuus                                      | l     |

### Kreikkalaiset

|        |            |                   |
|--------|------------|-------------------|
| $\rho$ | tiheys     | kg/m <sup>3</sup> |
| $\eta$ | hyötysuhde | %                 |

### Alaindeksit

|    |            |
|----|------------|
| H  | höyrystin  |
| h  | huolto     |
| L  | lauhdutin  |
| n  | kokonais-  |
| pa | polttoaine |

### Lyhenteet ja erikoisyksiköt

COP Lämpökerroin

$i\text{-m}^3$  irtokuutiometri

LCOE Tasoitettu tuotantokustannus (Levelized cost of energy)

## 1 JOHDANTO

Nykyisen hallitusohjelman mukaisesti Suomessa luovuttaisiin 2030-luvun alkuun mennessä fossiilisen öljyn lämmityskäytöstä. Kiinteistöjä kannustetaan siirtymään muihin lämmitysmuotoihin esimerkiksi eri avustusten avulla. Tämän seurauksena tulevina vuosina tullaan todennäköisesti tekemään huomattava määrä lämmitysjärjestelmien vaihtoja, sillä vuonna 2018 Suomessa oli arvioltaan 175 000 öljylämmitteistä pientaloa (Suomen virallinen tilasto 2021).

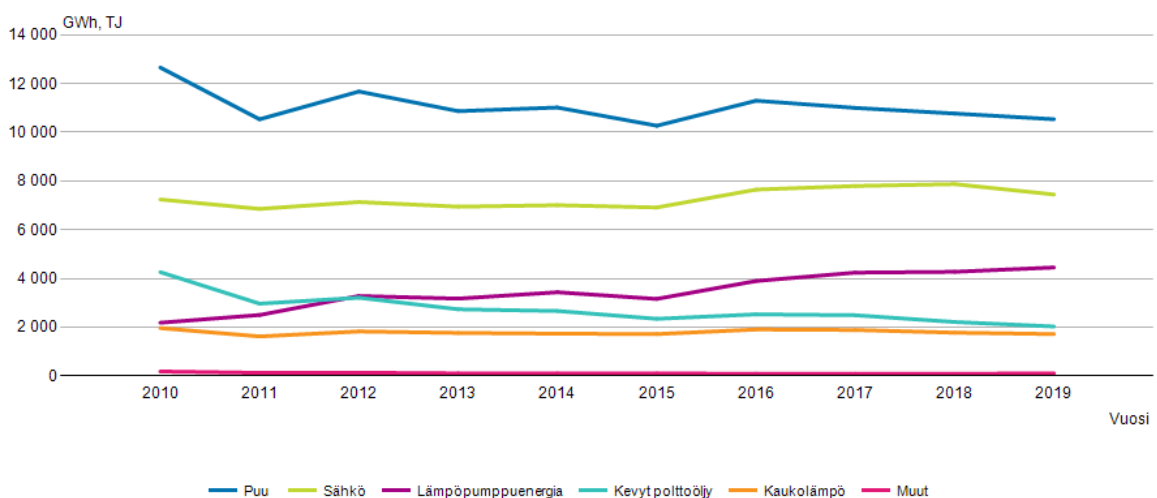
Tämän työn tavoitteena on määrittää paras vaihtoehtoinen lämmitysmuoto noin 2000 litraa vuodessa kuluttaville öljylämmitteisille pientaloille. Eri lämmitysmuotoja vertaillaan pääasiassa asennushinnan ja energiantuotantohinnan osalta ottaen huomioon mahdolliset avustukset. Työn esimerkkikohteina toimii kaksi Kaakkois-Suomessa sijaitsevaa öljylämmitteistä omakotitaloa.

Lämmitysmuotojen kustannuslaskut ovat aina tapauskohtaisia. Laskujen tulokset riippuvat lämmitysenergian tarpeen lisäksi muun muassa talon koosta, iästä ja sijainnista. Tämän työn tuloksista ei voi siis tehdä yleispäteviä johtopäätöksiä muille kohteille. Työssä esitetyt menetelmät ovat kuitenkin suoraan sovellettavissa vastaaville tarkasteluille. Eri pientalojen lämmitysmuotovaihtoehtojen kannattavuutta voidaan siis arvioida työssä käytetyillä laskentamenetelmillä muuttamalla lähtöarvot kohteelle sopiviksi.

Työn alussa tarkastellaan pientaloissa käytettäviä lämmitysjärjestelmiä yleisesti teoriapohjalta. Tarkastelussa käsitellään lämmitysjärjestelmien toimintaa, niiden soveltuvuutta eri kohteisiin ja helppokäyttöisyyttä. Seuraavaksi työssä esitetään mahdolliset avustukset lämmitysjärjestelmän vaihtamiseen. Seuraavassa kappaleessa esitellään työn esimerkkikohteet, laskennassa käytettävät lähtöarvot sekä laskentamenetelmät. Tämän jälkeen esitetään kustannuslaskelmien tulokset ja vertaillaan niitä. Työn lopuksi arvioidaan eri lämmitysjärjestelmien kannattavuutta esimerkkikohteille.

## 2 LÄMMITYSMUODOT

Pientaloissa lämmitysenergiaa käytetään huonetilojen, käyttöveden sekä tuloilman lämmittämiseen. Tarvittavan energian tuottamiseen on useita vaihtoehtoja ja lämmitys voidaan toteuttaa joko yhdellä tai useammalla energialähteellä. Lämmitysmuodon valintaan vaikuttaa muun muassa sen saatavuus, helppokäyttöisyys sekä hankinta- ja käyttökustannukset. Kuvassa 1 on esitetty erillisten pientalojen lämmitysenergian kulutukset 2010-luvulla (Suomen virallinen tilasto 2021).



**Kuva 1.** Pientalojen lämmitysenergiankulutuksen kehitys 2010-luvulla (Suomen virallinen tilasto 2021)

Kuvan 1 lämmitysenergiankulutus kattaa asunnon päälämmitysjärjestelmän energiankulutuksen lisäksi tukilämmitysjärjestelmien sekä ilmanvaihtoon ja lämmön jakoon liittyvien laitteiden energiankulutuksen. Kohta Muut sisältää maakaasun, turpeen sekä hiilen käytön. Lämpöpumppuenergia koostuu lämpöpumppujen tuottaman lämmön ja niiden kuluttaman sähkön välisestä erotuksesta. Lämpöpumppujen kuluttama sähkö on huomioitu kohdassa Sähkö. (Suomen virallinen tilasto 2021.)

Kuvasta 1 huomataan, että Suomessa pientalojen lämmitykseen käytetään eniten puuta, sähköä ja lämpöpumppuja. Suurimmat muutokset ovat tapahtuneet öljyn ja lämpöpumppujen kohdalla; öljyllä tuotettu lämmitysenergia puoliintui 2010-luvulla, kun taas lämpöpumppuenergia kaksinkertaistui samalla aikavälillä. Puunkäytössä havaitaan melko suurta vaihtelua vuosien välillä, mikä johtunee vuosien keskilämpötilojen vaihtelusta. Puunkäytön

mittaaminen on myös luultavasti vaikeampaa kuin muiden energialähteiden. Sähkön käyttö on pysynyt melko tasaisena, mutta kuvasta huomataan lämpöpumppujen kasvun vaikutus sähkön kulutukseen. Kaukolämmön osuus pientalojen lämmityksessä on melko pieni joutuksen sen rajallisesta saatavuudesta. Tässä kappaleessa kuvaillaan lyhyesti näitä lämmitysjärjestelmiä.

## **2.1 Öljylämmitys**

Öljylämmitysjärjestelmä koostuu öljysäiliöstä, -kattilasta, -polttimesta sekä säätölaitteista. Öljy tankataan öljysäiliöön, josta se siirtyy kattilan polttimolle. Poltossa muodostunut lämpö siirtyy käyttöveteen ja vesikiertoiseen lämmönjakojärjestelmään, joka voi olla joko patteri- tai lattialämmitysverkosto. Järjestelmän säätölaitteet valvovat ja säätävät asunnon lämpötilaa. (Lämmitysenergia Yhdistys 2021.)

Öljylämmitysjärjestelmät ovat kehittyneet jatkuvasti ja nykyaikaisen öljylämmitysjärjestelmän hyötysuhde voi olla jopa 95 %. Vanhemmilla järjestelmillä hyötysuhde on kuitenkin merkittävästi pienempi. 2000-luvun alun kattiloiden hyötysuhteet ovat suuruusluokaltaan noin 80 %. (Lämmitysenergia Yhdistys 2021.)

Öljylämmitysjärjestelmän käyttö on melko vaivatonta. Käyttäjän on huolehdittava vain laitteiston säännöllisestä huollosta, jonka ammattilaiset suorittavat, sekä tietysti öljyn tilaamisesta. Öljypolttimen käyttöikä on yleensä 12–15 vuotta ja se tulisi huoltaa noin kahden vuoden välein. Kattilan käyttöikä on keskimäärin noin 25–30 vuotta ja se pitäisi puhdistaa vuosittain. (Lämmitysenergia Yhdistys 2021.)

### **2.1.1 Uusiutuva polttoöljy**

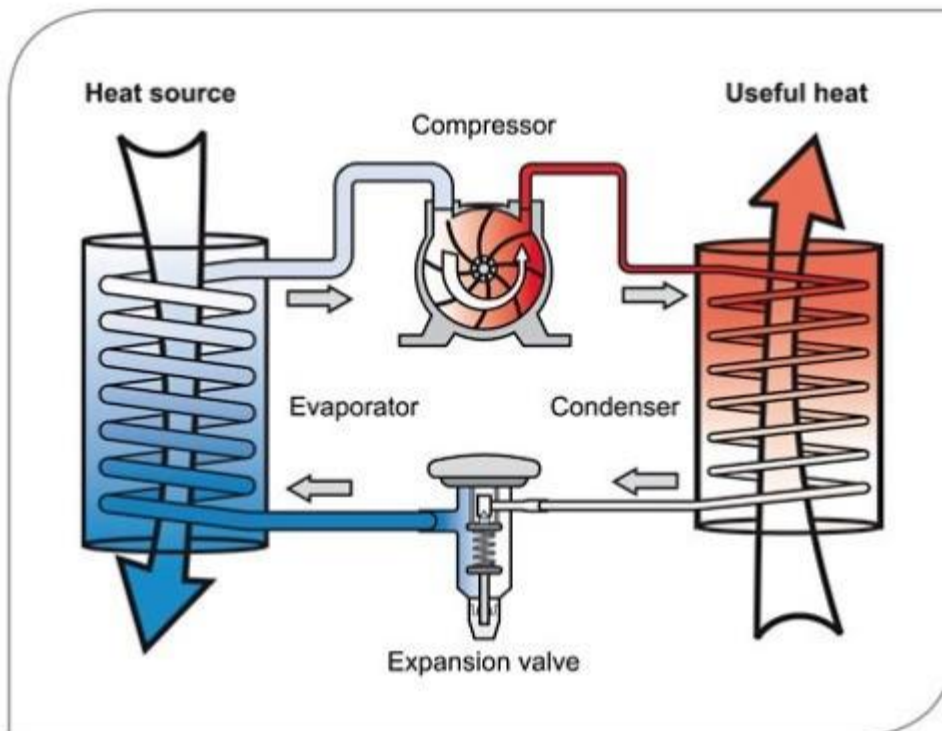
Uusi, ympäristöystävällisempi vaihtoehto öljylämmitykseen on uusiutuva polttoöljy. Ratkaisulla, jossa uusiutuvaa polttoöljyä käyttävän öljylämmitysjärjestelmän rinnalla on esimerkiksi aurinkolämpö, hiilidioksidipäästöt ovat jopa 90 % pienemmät kuin kevyttä polttoöljyä käytävällä öljylämmitysjärjestelmällä. Tällä hetkellä uusiutuvan polttoöljyn hinta on noin 20 % kevyttä polttoöljyä kalliimpaa. (Berisa 2021.)



Uusiutuvaan polttoöljyyn siirtyminen ei vaadi suuria investointikustannuksia. Ainoastaan öljynpolttimen liekinilmaisimien pitää vaihtaa uuteen, koska se palaa kirkkaammalla liekillä, jolla on eri aallonpituus. Muilta osin uusiutuva polttoöljy soveltuu nykyisiin öljylämmitys-järjestelmiin sellaisenaan. (Berisa 2021.)

## 2.2 Lämpöpumput

Lämpöpumppujen toiminta perustuu kylmäaineen kiertoon höyrystimen ja lauhduttimen välillä. Höyrystimessä kylmäaine kerää lämpöä itseensä joko ilmaan, maaperään tai veteen varastoituneesta lämpöenergiasta. Kylmäaine höyrystyy ja siirtyy kompressorille, jossa sen paine ja lämpötila kasvavat. Kuumentunut kylmäaine etenee lauhduttimelle, jossa se lauhtuu takaisin nesteeksi ja luovuttaa lämpöä lämmitysverkoston veteen tai suoraan huoneilmaan. Lauhtuneen kylmäaineen paine ja lämpötila lasketaan paineventtiilillä ennen kuin kierto alkaa uudelleen höyrystimessä. (Perälä 2013.) Lämpöpumppujen toimintaperiaate on esitetty kuvassa 2 (Zero Point Energy 2021).



**Kuva 2.** Lämpöpumppujen toimintaperiaate (Zero Point Energy 2021).

Lämpöpumput tarvitsevat toimiakseen sähköä, mutta ne tuottavat enemmän energiaa kuin itse kuluttavat. Tuotetun lämmitysenergian suhdetta kulutettuun sähköenergiaan kuvataan lämpökertoimella (COP), joka siis kertoo kuinka monta kilowattituntia lämpöä lämpöpumppu tuottaa kuluttamaansa kilowattituntia kohti. (Perälä 2013.) Ideaalinen lämpökerroin saadaan sisä- ja ulkolämpötilojen avulla yhtälöstä

$$COP = \frac{T_L}{T_L - T_H} \quad (1)$$

jossa  $T_L$  on lauhtuttimen lämpötila (sisälämpötila) [K] ja  $T_H$  on höyrystimen lämpötila (ulkolämpötila) [K].

Yhtälöstä 1 nähdään, että lämpöpumpuista saadaan paras hyöty silloin, kun lämpötilaero pienenee käyttökohteen ja lämmönlähteen välillä. Lämpökertoimet ovat siis korkeimmillaan kesäaikaan. Todelliset lämpökertoimet ovat kuitenkin yhtälöllä 1 laskettuja lämpökertoimia pienempiä, koska siinä ei huomioida lämpöpumpun laitteiden aiheuttamia häviöitä (Perälä 2013).

### 2.2.1 Ilmalämpöpumppu

Ilmalämpöpumput koostuvat sisä- ja ulkoyksiköstä. Lämpöenergia kerätään ulkoilmasta, joka kierrätetään ulkoyksikön läpi, jolloin lämpöpumpun kylmäaine höyrystyy. Kylmäaine siirtyy kompressorin avulla sisäyksikköön, jossa se vapauttaa lämpöenergiaa suoraan huoneilmaan. Ilmalämpöpumpun vuosilämpökerroin on tyypillisesti noin kaksi. (Motiva 2012a.)

Suomen olosuhteissa ilmalämpöpumppu ei sovellu päälämmitysjärjestelmäksi, sillä sen tuottama lämmitysteho ei ole riittävä talvien kylmimpinä aikoina. Ilmalämpöpumppuja käytetäänkin tukilämmityslähteenä päälämmitysjärjestelmän rinnalla. (Motiva 2012a.) Tukilämmityslähteeksi ilmalämpöpumppu soveltuu niin uusiin kuin vanhoihin taloihin. Moniutkainen talorakenne kuitenkin heikentää lämmön siirtymistä huoneiden välillä, jolloin lämpöpumpulla ei saavuteta niin suurta säästöä. (Motiva 2021.)

Ilmalämpöpumppu on vaivaton käyttää, sillä käyttäjän on huolehdittava lähinnä suodattimien puhdistuksesta, joka tulisi tehdä kuukausittain. Lisäksi lämpöpumpun ulkoyksiköstä pitää poistaa mahdolliset roskat. (Motiva 2012a.)

### **2.2.2 Maalämpöpumppu**

Maalämpöpumput keräävät keruuputkistojen avulla maaperään tai vesistöihin sitoutunutta lämpöä. Keruuputkistossa kiertävä jäähdytysnesteen neste höyrystää lämpöpumpun kiertöaineen, joka luovuttaa sitoutuneen lämmön vesikiertoiseen lämmönjakoverkkoon sekä käyttöveden lauhduttimessa. Maalämmön keruu toteutetaan yleensä joko lämpökaivoihin upotetuilla keruuputkilla tai pintamaahan asennetulla vaakaputkistolla, mutta lämpö voidaan ottaa myös vesistöistä. (Motiva 2012b.)

Maalämmön soveltavuuteen ja keruujärjestelmän valintaan vaikuttaa maaperä sekä tontin koko. Lämpökaivot ovat halkaisijaltaan noin 130 mm, joten ne soveltuvat ahtaillekin tonteille. Vaakaputkistot ovat yleensä edullisempia kuin lämpökaivot, mutta ne soveltuvat vain riittävän suurille tonteille. Maaperistä lämpökaivon hankintaan soveltuu parhaiten kallio ja vaakaputkiston hankintaan kostea savimaa. Vesistöön asennetuissa keruuputkistoissa täytyy huomioida, että putkien pinnat eivät saa jäätyä. (Motiva 2012b.)

Maalämpöpumput soveltuvat paremmin vesikiertoisiin lattialämmitystaloihin kuin patterilämmitystaloihin. Lattialämmitysjärjestelmissä on suurempi lämmityspinta-ala, jolloin lämmityspotkiston veden ei tarvitse olla niin lämmintä kuin patterilämmityksessä. Yhtälön 1 mukaisesti lattialämmitystaloissa saavutetaan tällöin korkeampi lämpökerroin kuin patterilämmitystaloissa. Suomessa maalämpöpumppujen keskimääräinen lämpökerroin vuositasolla on noin kolme. (Motiva 2012b.)

Maalämpöpumput ovat myös helppokäyttöisiä, sillä niitä ei tarvitse juurikaan huoltaa käytön aikana. Maalämpöpumpun merkittävin kuluva osa on kompressori, jonka käyttöikä on yleensä noin 15–20 vuotta. (Motiva 2012b.)

### **2.2.3 Ilma-vesilämpöpumppu**

Ilma-vesilämpöpumppu koostuu sisä- ja ulkoyksiköstä. Sen toimintaperiaate on samanlainen kuin ilmalämpöpumpulla, mutta ulkoilmasta otettu lämmitysenergia siirretään

vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään huoneilman sijaan. Ilma-vesilämpöpumpulla voidaan lämmitellä myös käyttövesi. (Motiva 2012a.)

Ilma-vesilämpöpumput soveltuvat asuntojen päälämmitysjärjestelmäksi. Niiden tuottama lämmitysenergia ei kuitenkaan riitä kovimmilla pakkasilla (noin -20 °C) koko lämmitystarpeen täyttämiseen, jolloin käyttöön on otettava myös varalämmitysjärjestelmä. Tyypillisesti varalämmitysjärjestelmänä käytetään lämpöpumpun omia sähkövastuksia. Varalämmitysjärjestelmä tulee mitoittaa niin, että se kattaa talon koko lämmitysenergian tarpeen. (Motiva 2021.)

Ilma-vesilämpöpumput soveltuvat niin uusiin kuin vanhoihin taloihin. Kuten maalämpöpumpun tapauksessa, lattialämmitystaloissa saavutetaan suurempi lämpökerroin kuin patterilämmitystaloissa. Käyttökohteesta riippuen ilma-vesilämpöpumpun vuotuinen lämpökerroin on noin kaksi. (Motiva 2021.)

#### **2.2.4 Poistoilmalämpöpumppu**

Poistoilmalämpöpumpun lämmönlähteenä toimii talosta poistuva ilmanvaihtoilma, joka kerätään yleensä talon kosteista tiloista. Lämpöpumppu siirtää saadun lämmön vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään sekä käyttöveteen. Poistoilmalämpöpumppu vaatii toimiakseen jatkuvan poistoilmavirran, joka on tunnin aikana noin puolet rakennuksen ilmatilavuudesta. (Motiva 2012a.)

Poistoilmalämpöpumput soveltuvat parhaiten kohteisiin, joiden sisätilavuus on suuri verrattuna lämmitystehon tarpeeseen. Niiden lämpökerroin on ulkolämpötilasta riippumatta tyypillisesti noin 2–3. Poistoilmalämpöpumpulla ei saada kuitenkaan tuotettua talon koko lämmitysenergiatarvetta, kun lämmitystarve on suuri. Tällöin loppuosa energiasta tuotetaan lämpöpumpun omilla sähkövastuksilla. (Motiva 2021.)

Kuten muutkin lämpöpumput, poistoilmalämpöpumppukin on käyttäjälle helppohoitoinen. Sen huoltotoimenpiteet keskittyvät suodattimien puhdistukseen ja vaihtoon, joka on tehtävä noin kerran vuodessa. (Motiva 2021.)

## 2.3 Sähkölämmitys

Sähkölämmityksessä lämpö tuotetaan sähkövastuksilla. Vesikiertoisen lämmitysjärjestelmän lämmön tuottoon voidaan käyttää joko sähkövaraajaa tai -kattilaa. Sähkökattila tuottaa sähkövastuksilla joka hetki rakennuksen tarvitseman lämmitysenergian, joka siirtyy huoneisiin vesikiertoisella lämmönjakojärjestelmällä. Sähkövaraajat taas varaavat talon sekä käyttöveden tarvitseman lämmitysenergian. Yösähkön edullisemmasta hinnasta johtuen suurin osa energiasta pyritään varaamaan öisin. Tästä johtuen sähkövaraajat soveltuvat paremmin suuremman lämmitystarpeen kohteisiin. Sähkökattilat taas soveltuvat parhaiten pienemmän lämmitystarpeen kohteisiin, koska silloin varaavuudesta ei ole niin suurta hyötyä. (Motiva 2021.)

Lämmitys voidaan toteuttaa myös huonekohtaisella, suoralla sähkölämmityksellä, jossa ei siis ole vesikiertoista lämmönjakojärjestelmää. Tällöin lämmitys toteutetaan huonetilassa olevan lämmityslaitteen sähkövastuksilla. Näitä laitteita ovat esimerkiksi sähköpatterit, kattolämmittimet tai lattiaan asennetut lämmityskaapelit. (Energiatehokaskoti 2021.)

Sähkölämmitysjärjestelmät ovat hyvin helppokäyttöisiä, eivätkä ne vaadi juurikaan huoltoa (Motiva 2021). Niiden energiatehokkuus on erittäin korkea, minkä lisäksi etenkin suora sähkölämmitys on investointina yleensä hyvin edullinen. Sähkölämmitysjärjestelmien energiakustannukset ovat kuitenkin korkeita. (Energiatehokaskoti 2021.)

## 2.4 Puulämmitys

Puu soveltuu pientaloissa niin pää- kuin tukilämmönlähteeksi. Päälämmitysjärjestelmä koostuu puukattilasta ja käytettävästä polttoaineesta riippuen automaattisesta syöttöjärjestelmästä sekä polttimesta. Polttoaineina käytetään pilkkeitä, klapeja, halkoja, haketta tai pellettiä, joiden poltossa muodostunut lämpö siirretään asuntoon yleensä vesikiertoisella patteri- tai lattialämmitysverkostolla. Puulämmityksessä polttoaineen laadulla on suuri merkitys, sillä kuivalla polttoaineella voidaan säästää polttoainetta jopa 20 prosenttia kosteaan polttoaineeseen verrattuna. Polttoaineen säästön lisäksi sillä on vaikutusta kattilan hyötysuhteeseen ja puhtauteen. (Energiatehokaskoti 2021.)

Puulämmitysjärjestelmistä pelletti- ja hakelämmitysjärjestelmät ovat automatisoituja, ja ne koostuvat kattilan lisäksi varastosiilosta, siirtoruuvista ja polttimesta. Pelletit varastoidaan täysin kuivaan, pölytiiviseen ja sähköttömään varastosiiloon, jonka koko on noin 8 m<sup>3</sup> omakotitaloissa. Pelletit siirretään siilolta kattilan polttimelle siirtoruuvilla. Polttimen ohjausyksikkö säättää ruuvin ja polttimen toimintaa lämmitystarpeen mukaisesti. Pellettipoltin voidaan asentaa pellettikattilan lisäksi myös useimpiin öljykattiloihin. Pellettikattilat tulee huoltaa säännöllisesti, ja nuohous sekä tuhkanpoisto toteutetaan kattilasta riippuen muutaman kerran vuodessa. (Motiva 2021.)

Hakelämmitys toimii vastaavalla tavalla pellettilämmityksen kanssa. Pellettiin verrattuna se on edullisempaa, mutta se vaatii enemmän säilytystilaa. Pientaloissa sopiva koko hakesäiliölle on noin 4–15 m<sup>3</sup>. (Energiatehokaskoti 2021.) Muut puupolttoaineet (pilkkeet, klapit, halot) vaativat kuluttajalta enemmän työtä ja vaativat asukkaan paikallaoloa, sillä ne syötetään kattilaan käsin. Lisäksi nämä polttoaineet tuotetaan tyypillisesti itse, mutta niitä voidaan myös ostaa. (Energiatehokaskoti 2021.)

Tukilämmönlähteenä puupolttoainetta käytetään tulisijoissa ja pellettitakoissa. Uusissa pientaloissa tulisijoilla voidaan tarvittaessa tuottaa merkittävä osa lämmitysenergian tarpeesta. Suuret, varaavat tulisijat siirtävät lämpöä huoneisiin pienellä teholla pitkän aikaa. Pellettitakkojen etuna on taas niiden säädettävä lämmitysteho. (Motiva 2021.)

## **2.5 Kaukolämpö**

Kaukolämpöä tuotetaan yhteistuotantovoimalaitoksissa sekä erillisissä lämpövoimalaitoksissa, joista se siirretään kuluttajalle kaukolämpöverkkojen avulla. Kuuma kaukolämpövesi tulee lämmöntuotantolaitokselta lämmönsiirtimelle, jossa se luovuttaa lämpöä asunnon vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään sekä käyttöveden lämmitykseen. Kaukolämpövesi jäähtyy ja siirtyy takaisin lämmöntuotantolaitokselle. Kaukolämpövesi ei siis sekoitu kuluttajan lämmitysjärjestelmän vesikiertoon missään vaiheessa. (Motiva 2012c.)

Kaukolämpö ei ole kuitenkaan mahdollinen lämmitysmuoto kaikille, sillä kaukolämpöverkkoa ei ole kaikkialla. Tyypillisesti se soveltuu tiheästi rakennetuille alueille sijaitseviin

rakennuksiin. Kaukolämpö ei vaadi juurikaan huoltoa, joten käyttäjälle se on hyvin helppokäyttöinen. (Energiatehokaskoti 2021.)

## **2.6 Muut lämmitysmuodot**

Pieni osa pientaloista lämmitetään maakaasulla, turpeella tai hiilellä, joista maakaasun osuus on selvästi suurin (Suomen virallinen tilasto 2021). Maakaasulämmitysjärjestelmä koostuu lämmityskattilasta ja kaasupolttimesta, jossa tuotettu lämpö siirretään asuntoon vesikiertoisella lämmönjakojärjestelmällä. Toiminta on hyvin samankaltainen kuin öljylämmitysjärjestelmässä. Maakaasua ei kuitenkaan varastoida, vaan se tuodaan kattilaan paikkakunnan jakeluverkostoa pitkin. Maakaasun saatavuus on hyvin rajallista, sillä sitä on saatavilla vain joillakin paikkakunnilla. (Motiva 2021.)

## **3 AVUSTUKSET**

Öljylämmitteisiä kiinteistöjä kannustetaan siirtymään muihin vaihtoehtoisiin lämmitysmuotoihin. Otantatutkimuksen mukaan vuosien 2010–2018 välillä noin 45 000 omakoti- ja paritaloa on vaihtanut öljyn muihin lämmönlähteisiin (Suomen virallinen tilasto 2021). Tämä tarkoittaa noin 5000 pientalon vuositahtia.

Öljylämmitysjärjestelmän poistoa ja sen korvaamista muilla lämmitysmuodoilla on alettu tukea erilaisilla avustuksilla. Avustusta voi hakea joko Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukselta (ELY) tai Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskukselta (ARA). Molempia avustuksia ei voi siis saada samaan toimenpiteeseen (Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus 2021). Näiden lisäksi vaihtoehtona on kotitalousvähennys.

### **3.1 Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen avustus**

Pirkanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus (ELY) myöntää valtionavustuksen pientalojen öljylämmitysjärjestelmän poistamiseen ja korvaamiseen koko maassa. Avustusta voidaan myöntää takautuvasti kustannuksiin, jotka ovat syntyneet 1.6.2020 jälkeen vuoteen 2022 asti. Avustus on tarkoitettu yksityishenkilöille ja kuolinpesille, jotka omistavat pientalon, joka on ympärivuotisessa asuinkäytössä. (ELY-keskus 2021.)

Avustuksen suuruus riippuu korvaavasta lämmitysmuodosta. Kun öljylämmityksestä siirrytään maalämpöpumppuun, ilma-vesilämpöpumppuun tai kaukolämpöön, avustuksen määrä on 4 000 euroa. Muihin lämmitysjärjestelmiin siirryttäessä avustusta myönnetään 2 500 euroa. Avustusta ei kuitenkaan myönnetä, jos uusi lämmitysjärjestelmä käyttää fossiilisia polttoaineita. (ELY-keskus 2021.)

### **3.2 Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskuksen avustus**

Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus (ARA) myöntää energia-avustuksia asuinrakennusten omistajille vuosina 2020–2022. Avustuksen tavoitteena on rakennusten energiatehokkuuden parantaminen. (Asumisen ja rahoitus- ja kehittämiskeskus 2021.)

Energia-avustuksen ehtona on rakennuksen E-luvun riittävä aleneminen. Avustusta myönnetään 4 000 tai 6 000 euroa, mutta kuitenkin enintään 50 prosenttia energiatehokkuutta parantavista ja ARA:n hyväksymistä kustannuksista. Yli 4 000 euron avustus vaatii rakennuksen korjaamisen lähes 0-energiatasolle. (Asumisen ja rahoitus- ja kehittämiskeskus 2021.)

### **3.3 Kotitalousvähennys**

Jos lämmitysjärjestelmän korvaamiseen ei ole myönnetty edellä mainittuja avustuksia, vaihtoehtona on kotitalousvähennys. Kotitalousvähennyksellä saa helpotusta veroihin. Vähennystä saa kotiin ostetuista töistä ja sen saa pelkästään työn osuudesta. Yrityksiltä ostetuista töistä vähennystä saa 40 % työn osuudesta. Kotitalousvähennyksen maksimimäärä on 2 250 euroa henkilöltä ja omavastuu on 100 euroa vuodessa. Puolison kanssa kotitalousvähennystä voi saada siis yhteensä 4 500 euroa. (Vero 2021.)

## **4 LÄMMITYSMUOTOJEN KUSTANUSLASKELMAT**

Kustannuslaskelmissa esimerkkikohteina käytetään kahta Kaakkois-Suomessa sijaitsevaa öljylämmitteistä omakotitaloa. Kustannuslaskelmat tehdään esimerkkikohteiden nykyisille öljylämmitysjärjestelmille, uusituille öljylämmitysjärjestelmille, maalämpöpumpuille, ilma-vesilämpöpumpuille sekä suoralle ja varaavalle sähkölämmitykselle. Kummassakaan kohteessa kaukolämpöä ei ole helposti saatavilla, joten siitä ei tehdä kustannuslaskelmia. Myöskään pellettilämmitystä ei oteta mukaan kustannusvertailuun, sillä se on muihin lämmitysmuotoihin verrattuna työlämpi käyttää ja se vaatii suuren varastotilan, jonka sijoittaminen



voi olla haastavaa. Laskelmia varten joudutaan arvioimaan muun muassa lämmitysjärjestelmien hyötysuhteita, polttoaineiden hintakehitystä ja investointikustannuksia.

Esimerkkikohteiden lämmitysenergian tarve arvioidaan öljynkulutuksen perusteella. Laskelmissa lämmitysjärjestelmät mitoitetaan vastaamaan nykyistä öljylämmitystä. Mahdollisilla tukilämmitysjärjestelmillä tuotetun lämmitysenergian oletetaan pysyvän samana kaikissa tapauksissa. Lämmitysenergian kulutus voidaan laskea öljynkulutuksesta yhtälöllä

$$Q = q_i \cdot \rho \cdot V \cdot \eta \quad (2)$$

jossa  $Q$  on lämmitysenergian [J],  $q_i$  on öljyn tehollinen lämpöarvo [MJ/kg],  $\rho$  on öljyn tiheys [kg/l],  $V$  on öljyn kulutus [l] ja  $\eta$  on kattilan hyötysuhde.

Kevyen polttoöljyn tehollisena lämpöarvona käytetään laskuissa 42,50 MJ/kg ja öljyn tiheytenä 0,845 kg/l (Alakangas et al. 2016). Saadun lämmitysenergian tarpeen avulla lasketaan eri lämmitysjärjestelmien LCOE-arvot (Levelized cost of energy) sekä korolliset ja korottomat kustannukset.

#### 4.1 Esimerkkikohteet

Tämän työn ensimmäinen esimerkkikohde on Kotkassa sijaitseva vuonna 1979 valmistunut kaksikerroksinen omakotitalo, jonka alempi kerros on rakennettu leca-harkoista ja ylempi kerros on puurunkoinen. Talon asuinpinta-ala on 113 m<sup>2</sup> ja lämmitettävä kokonaisala on 163 m<sup>2</sup>. Kohde lämmitetään öljyllä, jota kuluu vuoden aikana keskimäärin 2000 litraa. Lämmönjako toteutetaan vesikiertoisilla lämmityspattereilla, joiden lisäksi yhdessä huoneessa on lattialämmitys. Kohteessa on myös puulämmitteinen sauna, johon kuluu vuosittain noin 6 i-m<sup>3</sup> sekapuuta.

Työn toinen esimerkkikohde on Lappeenrannassa sijaitseva puurunkoinen omakotitalo, joka on rakennettu vuonna 1995. Kohteen asuinpinta-ala on 142 m<sup>2</sup> ja öljyllä lämmitettävä kokonaisala on 169 m<sup>2</sup>. Lämmönjako toteutetaan kohteessa vesikiertoisilla lämmityspattereilla sekä vesikiertoisella lattialämmityksellä, joka kattaa noin kolmasosan talon kokonaisalasta.

Vuosittainen öljynkulutus on keskimäärin 1800 litraa. Öljylämmityksen lisäksi talossa on puulämmitteiset sauna, leivinuuni ja takka, joihin kuluu sekapuuta noin 4,5 i-m<sup>3</sup> vuodessa.

## 4.2 Lämmitysjärjestelmien investointi- ja huoltokustannukset

Investointikustannuksissa on suuria eroja eri lämmitysjärjestelmien välillä. Lisäksi niiden suuruudet voivat vaihdella huomattavan paljon kohteesta riippuen. Investointikustannuksissa otetaan huomioon myös kappaleessa 3 käsitellyt avustukset.

Molempien esimerkkikohteiden öljylämmitysjärjestelmät ovat yli 25 vuotta vanhoja, joten kummassakin kohteessa kattilan vaihto tulisi vastaan ennemmin tai myöhemmin. Öljykattilan ja -polttimen uusiminen maksaa asennuksineen keskimäärin 6 000 euroa, ja kotitalousvähennyksen jälkeen investointikustannus olisi noin 5 000 euroa (Lämmitysenergia Yhdistys 2021).

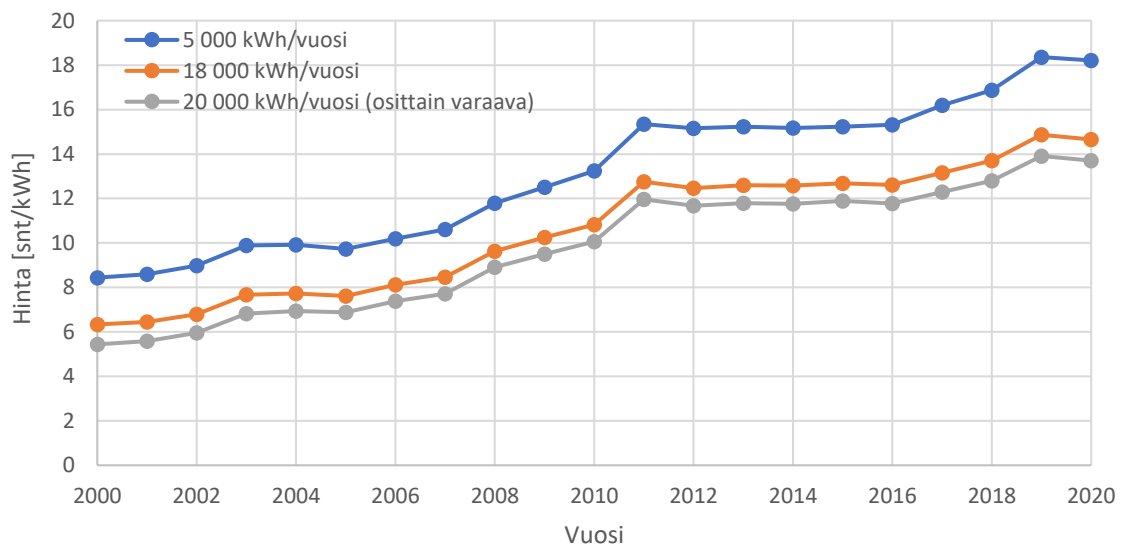
Maalämpöpumpun investointikustannukset ovat selkeästi suurimmat, sillä öljylämmityksen vaihtaminen maalämpöön kustantaa keskimäärin 16 000 euroa. ELY tai ARA avustuksen jälkeen investointikustannus olisi noin 12 000 euroa. Ilma-vesilämpöpumppuun siirtyminen kustantaa keskimäärin 10 000 euroa, joka tarkoittaisi noin 6 000 euron investointikustannuksia avustusten jälkeen. (Motiva 2021.)

Suoraan sähkölämmitykseen siirtyminen vaatii vesikiertoisen lämmönjakojärjestelmän korvaamisen sähköpattereilla, mikä kustantaa keskimäärin 5 000 euroa. ELY-avustuksen jälkeen investointikustannus olisi noin 2 500 euroa. Vesikiertoisen varaavan sähkölämmityksen investointikustannus on taas keskimäärin 9 000 euroa, joka olisi ELY-avustuksen jälkeen noin 6 500 euroa (Motiva 2021.)

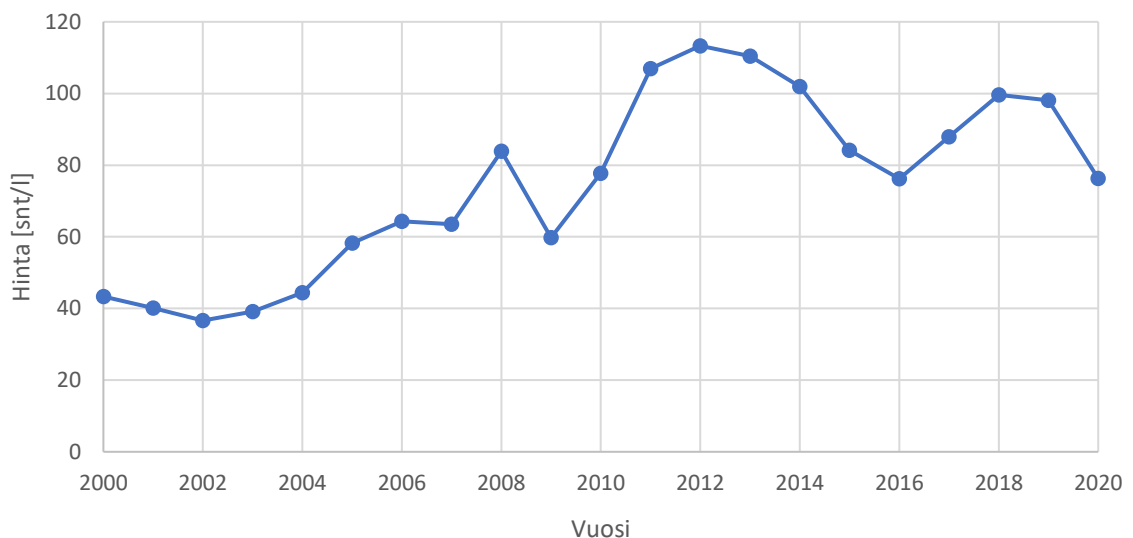
Investointikustannusten lisäksi lämmitysjärjestelmien huolloista ja korjauksista syntyy kustannuksia. Vuosittaiset huoltokustannukset ovat arvioltaan 140 euroa öljylämmitykselle, 115 euroa lämpöpumpuille, 40 euroa varaavalle sähkölämmitykselle ja 20 euroa suoralle sähkölämmitykselle (Suomirakentaa.fi 2021).

### 4.3 Polttoainekustannukset

Suurin osa lämmitysjärjestelmien käyttökustannuksista on polttoainekustannuksia. Polttoainehintojen ja niiden kehittymisen arviointi on siis merkittävässä osassa kustannuslaskelmia. Pientalojen sähkön kuluttajahintojen kehitys 2000-luvulla eri kulutusmäärillä on esitetty kuvassa 3 (Suomen virallinen tilasto 2021). Hinta sisältää sähköenergian, siirtomaksun ja verot. Kuvassa 4 on taas esitetty kevyen polttoöljyn kuluttajahintakehitys 2000-luvulla (Suomen virallinen tilasto 2021).



**Kuva 3.** Sähkön kuluttajahintojen kehitys 2000-luvulla eri kulutusmäärillä. (Suomen virallinen tilasto 2021)



**Kuva 4.** Kevyen polttoöljyn kuluttajahintojen kehitys 2000-luvulla. (Suomen virallinen tilasto 2021)

Kuvasta 3 nähdään, että sähkön hinta on noussut melko tasaisesti koko 2000-luvun ajan. 2010-luvulla sähkön hinta on noussut keskimäärin noin 4 % vuodessa, jota käytetään tässä työssä arviona sähkön hinnan noususta. Yleissähkön lähtöhintana käytetään 15 snt/kWh ja varaavan sähkön 12 snt/kWh.

Keveyen polttoöljyn hintakehityksen arvioiminen on vaikeampaa. Kuvasta 4 havaitaan polttoöljyn hinnan nousu, kun tarkastellaan koko aikaväliä. Kuitenkin öljyn hinta oli vuonna 2020 lähes sama kuin vuonna 2010 suurista hintavaihteluista huolimatta. Tässä työssä öljyn lähtöhintana käytetään 90 snt/l ja sen arvioidaan nousevan keskimäärin 4 prosenttia vuodessa.

#### **4.4 Lämmitysjärjestelmien hyötysuhteet**

Lämmitysenergian kulutuksen määrittämiseen tarvitaan siis öljylämmitysjärjestelmän vuosihyötysuhde. Kohteen 1 öljylämmitysjärjestelmä on 42 vuotta vanha, joten sen hyötysuhteeksi arvioidaan 75 %. Kohde 2 on taas 26 vuotta vanha, joten öljylämmitysjärjestelmän hyötysuhteeksi arvioidaan 80 %. Uusittujen öljylämmitysjärjestelmien hyötysuhteena käytetään molemmissa kohteissa 92 % (Motiva 2021).

Kohteessa 1 lämmönjako toteutetaan lähes kokonaan patterilämmityksellä, jolloin COP arvoksi arvioidaan maalämpöpumpulle 2,7 ja ilma-vesilämpöpumpulle 2. Kohteessa 2 käytetään myös lattialämmitystä, jolloin COP arvot ovat hieman parempia. Maalämpöpumpun COP arvoksi arvioidaan 2,9 ja ilma-vesilämpöpumpun 2,2. Koska ilma-vesilämpöpumppu ei pysty kattamaan koko lämmitysenergian tarvetta, niiden osuudeksi lämmitysenergian tuotosta arvioidaan molemmille kohteille olevan 80 %. Loput 20 % tuotetaan sähkövastuksilla. (Motiva 2021.)

Suoran sähkölämmitysten hyötysuhteeksi oletetaan 99 %. Varaavassa vesikiertoisessa lämmitysjärjestelmässä tapahtuu häviöitä lämmönjaossa, joten sen hyötysuhteeksi arvioidaan 95 %. (Motiva 2021.)

## 4.5 LCOE (Levelized cost of energy)

LCOE-menetelmällä voidaan vertailla lämmitysjärjestelmiä niiden energiantuotantohintojen perusteella. Menetelmässä energiantuotantohinta on suhteutettu järjestelmän käyttöikään. LCOE-menetelmä huomioi järjestelmän investointikustannuksen, käyttö- ja kunnossapitokustannukset sekä tuotetun energian määrän. LCOE voidaan määrittää yhtälöllä

$$LCOE = \frac{I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{A_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{M_{t,e}}{(1+i)^t}} \quad (3)$$

jossa LCOE on energiantuotannon kustannus [€/MWh],  $I_0$  on investointikustannus [€],  $A_t$  on vuotuiset käyttö- ja kunnossapitokustannukset [€],  $M_{t,e}$  on vuotuinen energiantuotto [MWh],  $i$  on laskentakorko,  $n$  on käyttöikä [a] ja  $t$  on vuosi (1, 2, ...  $n$ ).

Vuotuisissa käyttö- ja kunnossapitokustannuksissa on huomioitu polttoainekustannukset, polttoaineen arvioitu hinnan nousu sekä huoltokustannukset. Investointien käyttöikä  $n$  käytetään kotitalouksille tyypillistä 10 vuotta. Laskentakorkona  $i$  käytetään 5 %.

## 4.6 Koroton kustannuslaskenta

Korottomat kustannuslaskelmat ovat tapauksille, jossa lämmitysjärjestelmän hankkimiseen ei oteta lainaa. Tässä tapauksessa kustannuslaskelmat perustuvat siis vain lämmitysjärjestelmän käyttö- ja kunnossapitokustannuksiin. Korottomat kustannukset voidaan laskea yhtälöllä

$$K_n = K_{pa} \cdot (1 + i_{pa})^{n-1} + K_h \quad (4)$$

jossa  $K_n$  on vuotuiset kokonaiskustannukset [€],  $K_{pa}$  on vuotuiset polttoainekustannukset [€],  $i_{pa}$  polttoaineen arvioitu hinnan nousu [%] ja  $K_h$  vuotuiset huoltokustannukset [€].

Lämmitysjärjestelmien kustannukset lasketaan 15 vuoden jaksolle. Tarkastelujakson kokonaiskustannukset saadaan summaamalla investointikustannus sekä vuotuiset kokonaiskustannukset keskenään.

## 4.7 Kustannuslaskenta annuiteettimenetelmällä

Kun investointiin otetaan lainaa, kustannuslaskut tehdään annuiteettimenetelmällä. Annuiteettimenetelmässä investointikustannukset jakautuvat koko tarkastelujaksolle. Lämmitysjärjestelmien kustannusten määrittämiseen tarvitaan annuiteettikerroin, joka saadaan yhtälöllä

$$c_{n,i} = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^{n-1}} \quad (5)$$

jossa  $c_{n,i}$  on annuiteettikerroin [-],  $i$  on laskentakorko [%] ja  $n$  pitoaika [a].

Pitoaikana käytetään korottoman laskennan tapaan 15 vuotta ja laskentakorkona 5 %. Lämmitysjärjestelmien vuosikustannukset saadaan yhtälöllä

$$K_n = c_{n,i} \cdot I_0 + K_{pa} \cdot (1 + i_{pa})^{n-1} + K_h \quad (6)$$

jossa  $I_0$  on investointikustannus [€].

Koko tarkastelujakson kokonaiskustannukset saadaan summaamalla vuosikustannukset keskenään.

## 5 KUSTANNUSVERTAILU

Tässä kappaleessa vertaillaan esimerkkikohteiden nykyisten ja vaihtoehtoisten lämmitysjärjestelmien kustannuksia, jotka ovat laskettu kappaleessa 4 esitetyillä lähtöarvoilla. Yhtälön 2 mukaisesti esimerkkikohteiden lämmitysenergian tarpeeksi saatiin kohteelle 1 14,96 MWh/a ja kohteelle 2 14,37 MWh/a. Kappaleessa esitetään myös polttoaineiden hintojen vaikutus lämmitysjärjestelmien kannattavuuteen.

### 5.1 LCOE-vertailu

Aluksi vertaillaan lämmitysjärjestelmien LCOE-arvoja. Laskut on suoritettu kohdan 4.5 mukaisesti ja kummankin esimerkkikohteen tulokset on esitetty taulukossa 1.

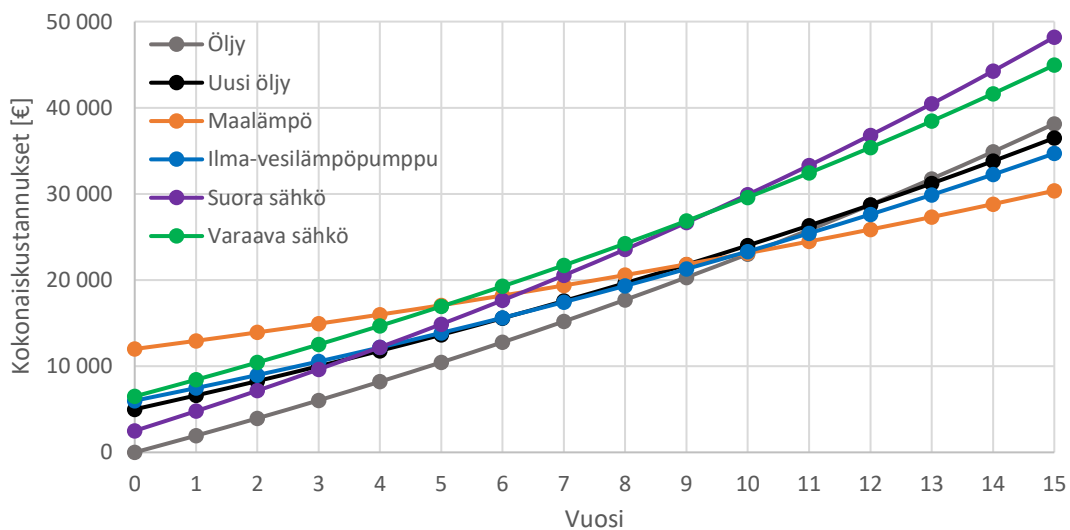
**Taulukko 1.** Eri lämmitysjärjestelmien energiantuotantohinnat 10 vuoden eliniällä.

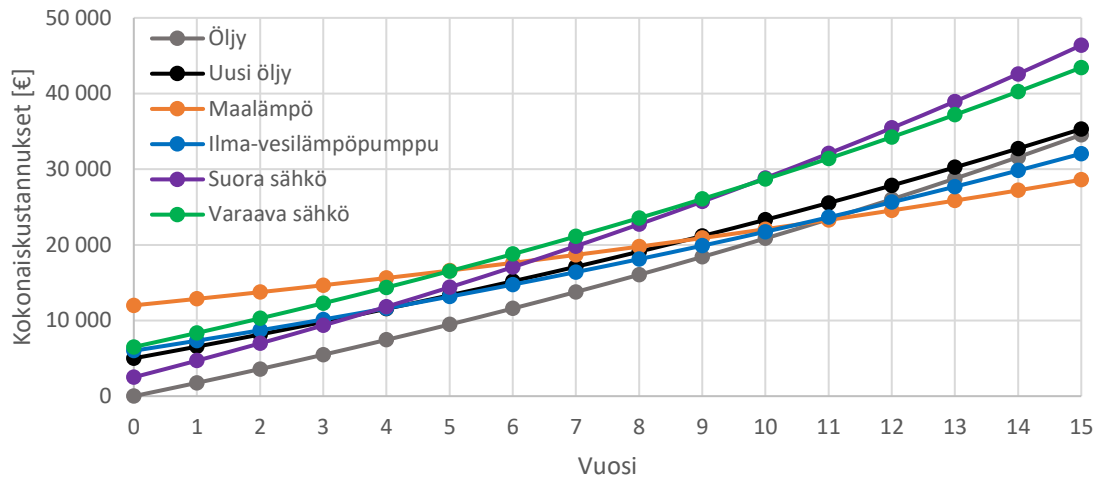
| LCOE vertailu |         | Öljy  | Uusi öljy | Maa-<br>lämpö | Ilma-<br>vesi | Suora<br>sähkö | Varaava<br>sähkö |
|---------------|---------|-------|-----------|---------------|---------------|----------------|------------------|
| Kohde 1       | [€/MWh] | 151,5 | 168,5     | 177,2         | 166,0         | 202,0          | 208,2            |
| Kohde 2       | [€/MWh] | 143,0 | 170,7     | 177,3         | 162,0         | 203,0          | 210,7            |

Kuten taulukosta 1 huomataan, esimerkkikohteiden nykyisten öljylämmitysjärjestelmien energiantuotantohinnat ovat selvästi pienimmät 10 vuoden pitoajalla. Vaihtoehtoisista lämmitysjärjestelmistä ilma-vesilämpöpumppu olisi LCOE-hinnan perusteella paras vaihtoehto. Uusitun öljylämmitysjärjestelmän energiantuotantohinnat ovat toiseksi pienimmät, ja kohteelle 1 se olisi lähes yhtä hyvä vaihtoehto kuin ilma-vesilämpöpumppu. Huonoimmat vaihtoehdot ovat suora ja varaava sähkölämmitys. Näiden energiantuotantohinnat ovat selvästi suurimpia, mikä johtuu niiden korkeista polttoainekustannuksista. Maalämpöpumpun edullisimmista polttoainekustannuksista huolimatta, sen energiantuotantohinta on vasta neljänneksi pienin. Tämä johtuu maalämpöpumpun suuresta investointikustannuksesta.

## 5.2 Kustannuslaskelmien vertailu

Lämmitysjärjestelmien korottomat kustannukset laskettiin kohdassa 4.6 esitetyllä tavalla 15 vuoden jaksolle. Lämmitysjärjestelmien kokonaiskustannusten kehitys on esitetty kuvissa 5 ja 6.

**Kuva 5.** Kohteen 1 lämmitysjärjestelmien korottomat kustannukset.



**Kuva 6.** Kohteen 2 lämmitysjärjestelmien korottomat kustannukset.

Kuvista 5 ja 6 havaitaan, että tällä laskentatavalla maalämpöpumppu on kannattavin vaihtoehto molemmille kohteille 15 vuoden aikavälillä. Korkeasta investointikustannuksesta johtuen se ei ole kuitenkaan kannattava lyhyellä aikavälillä. Molemmissa kohteissa maalämmön takaisinmaksuaika nykyisiin öljylämmitysjärjestelmiin verrattuna on yli 10 vuotta. Ilma-vesilämpöpumpun takaisinmaksuaika on lähes sama kuin maalämpöpumpulla. Kuvaajista kuitenkin huomataan, että lämmitysjärjestelmien pitoajan kasvaessa maalämpöpumpun kannattavuus kasvaa muihin lämmitysjärjestelmiin verrattuna. Sähkölämmitysjärjestelmät ovat tälläkin laskentatavalla epäkannattavimmat vaihtoehdot, eivätkä ne maksa itseään takaisin. Suoran sähkölämmityksen halvimmasta hankintahinnasta huolimatta sen kokonaiskustannukset ovat suurimmat 15 vuoden jälkeen.

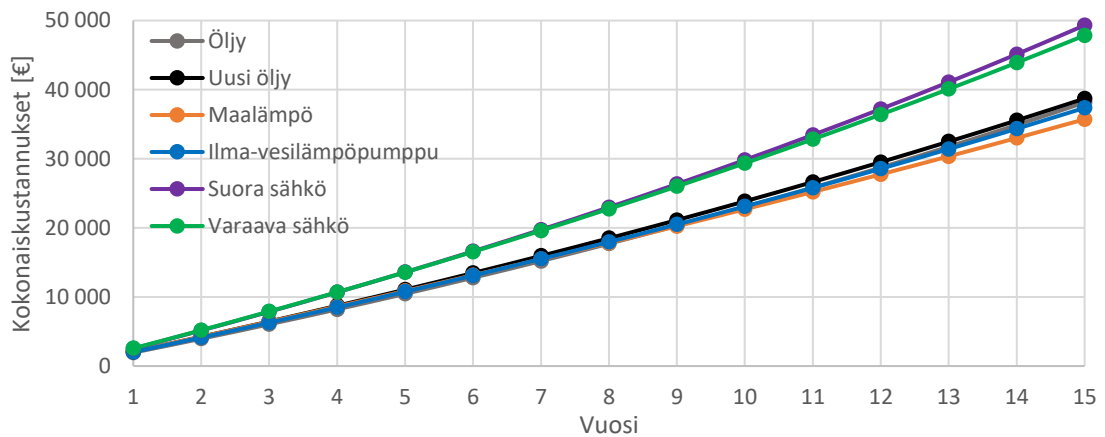
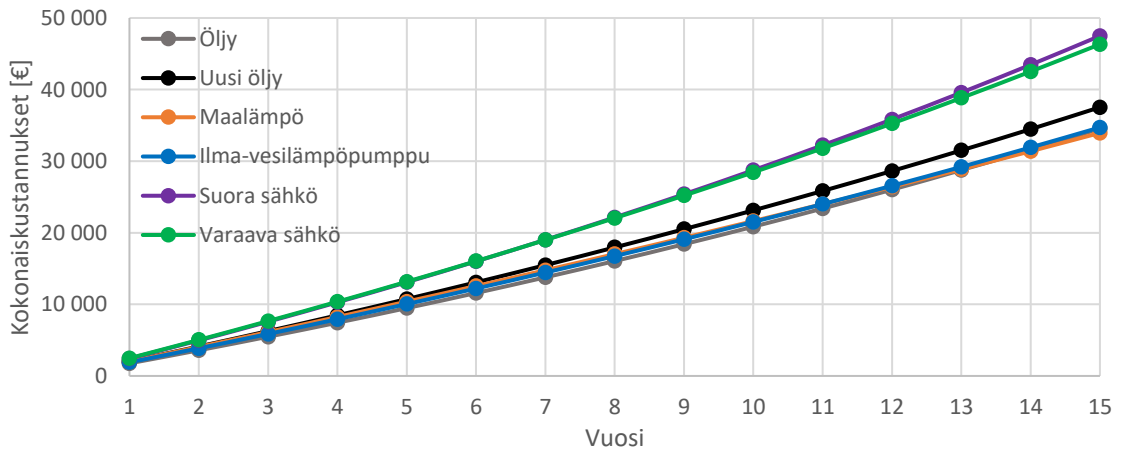
Taulukkoon 2 on koottu korottaman kustannuslaskelman tärkeimpiä tuloksia. Lämmitysenergiakustannukset ovat 15 vuoden keskimääräiset polttoainekustannukset, joissa on huomioitu polttoaineen arvioitu hinnan nousu. Takaisinmaksuajat on ilmoitettu kohteiden nykyisiin öljylämmitysjärjestelmiin verrattuna.



**Taulukko 2.** Koroton kustannusvertailu 15 vuoden tarkastelujaksolla.

| Koroton kustannusvertailu   |       | Öljy   | Uusi öljy | Maa-lämpö | Ilma-<br>vesi | Suora sähkö | Varaava sähkö |
|-----------------------------|-------|--------|-----------|-----------|---------------|-------------|---------------|
| <b>Kohde 1</b>              |       |        |           |           |               |             |               |
| Kokonaiskustannukset        | [€]   | 38 142 | 36 482    | 30 371    | 34 691        | 48 198      | 44 947        |
| Lämmitysenergiakustannukset | [€/a] | 2 403  | 1 959     | 1 110     | 1 798         | 3 027       | 2 523         |
| Takaisinmaksuaika           | [a]   |        | 13        | 11        | 11            | -           | -             |
| <b>Kohde 2</b>              |       |        |           |           |               |             |               |
| Kokonaiskustannukset        | [€]   | 34 538 | 35 307    | 28 603    | 32 044        | 46 382      | 43 433        |
| Lämmitysenergiakustannukset | [€/a] | 2 163  | 1 880     | 992       | 1 621         | 2 905       | 2 422         |
| Takaisinmaksuaika           | [a]   |        | -         | 11        | 12            | -           | -             |

Lämmitysjärjestelmien korolliset kustannukset laskettiin annuiteettimenetelmällä kohdan 4.7 mukaisesti. Laskentakorkona käytettiin siis viittä prosenttia ja pitoaikana 15 vuotta. Lämmitysjärjestelmien kokonaiskustannusten kehitys on esitetty kuvissa 7 ja 8.

**Kuva 7.** Kohteen 1 lämmitysjärjestelmien kustannukset 5 prosentin korolla.**Kuva 8.** Kohteen 2 lämmitysjärjestelmien kustannukset 5 prosentin korolla.

Kuvista 7 ja 8 huomataan, että sähkölämmitysten kokonaiskustannukset ovat tässäkin tapauksessa selvästi suurimpia. Muiden lämmitysjärjestelmien välillä ei ole kuitenkaan suurta eroa. Kohteessa 1 maalämpöpumpun kokonaiskustannukset ovat pienimmät 15 vuoden tarkastelujaksolla, mutta ilma-vesilämpöpumpun ja öljylämmitysjärjestelmien kustannukset ovat vain alle 4 000 euroa korkeampia. Kohteessa 2 nykyisen öljylämmitysjärjestelmän sekä maa- ja ilma-vesilämpöpumpun kokonaiskustannukset ovat lähes samat.

Taulukkoon 3 on koottu annuiteettimenetelmällä suoritettujen kustannusvertailun tärkeimpiä tuloksia. Taulukossa 2 esitettyjen asioiden lisäksi taulukossa 3 esitetään lämmitysjärjestelmien keskimääräiset vuosikustannukset.

**Taulukko 3.** Kustannusvertailu annuiteettimenetelmällä 15 vuoden tarkastelujaksolla.

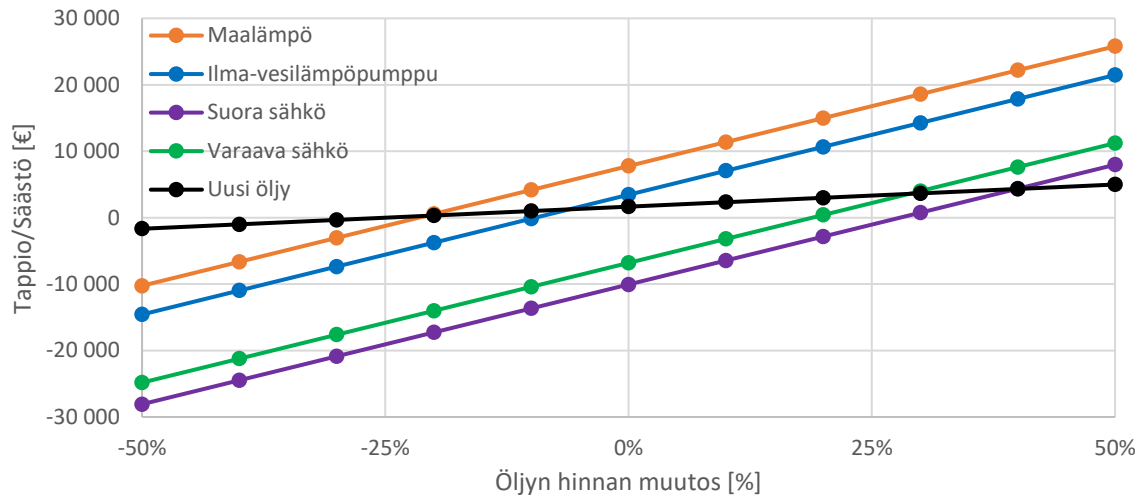
| Annuiteettimenetelmä        |       | Öljy   | Uusi öljy | Maa-lämpö | Ilma-vesi | Suora sähkö | Varaava sähkö |
|-----------------------------|-------|--------|-----------|-----------|-----------|-------------|---------------|
| <b>Kohde 1</b>              |       |        |           |           |           |             |               |
| Kokonaiskustannukset        | [€]   | 38 142 | 38 708    | 35 712    | 37 362    | 49 310      | 47 841        |
| Lämmitysenergiakustannukset | [€/a] | 2 403  | 1 959     | 1 110     | 1 798     | 3 027       | 2 523         |
| Vuosikustannukset           | [€/a] | 2 543  | 2 581     | 2 381     | 2 491     | 3 287       | 3 189         |
| Takaisinmaksuaika           | [a]   |        | -         | 9         | 11        | -           | -             |
| <b>Kohde 2</b>              |       |        |           |           |           |             |               |
| Kokonaiskustannukset        | [€]   | 34 538 | 37 533    | 33 944    | 34 714    | 47 494      | 46 327        |
| Lämmitysenergiakustannukset | [€/a] | 2 163  | 1 880     | 992       | 1 621     | 2 905       | 2 422         |
| Vuosikustannukset           | [€/a] | 2 303  | 2 502     | 2 263     | 2 314     | 3 166       | 3 088         |
| Takaisinmaksuaika           | [a]   |        | -         | 14        | -         | -           | -             |

Taulukoista 2 ja 3 havaitaan, että lainaa ottaessa kokonaiskustannukset kasvavat. Näin ollen lainaa ottaessa lämmitysjärjestelmän vaihtamisesta ei saa niin suurta hyötyä. Kustannusten kasvu on sitä suurempaa mitä suurempi lämmitysjärjestelmän investointikustannus on.

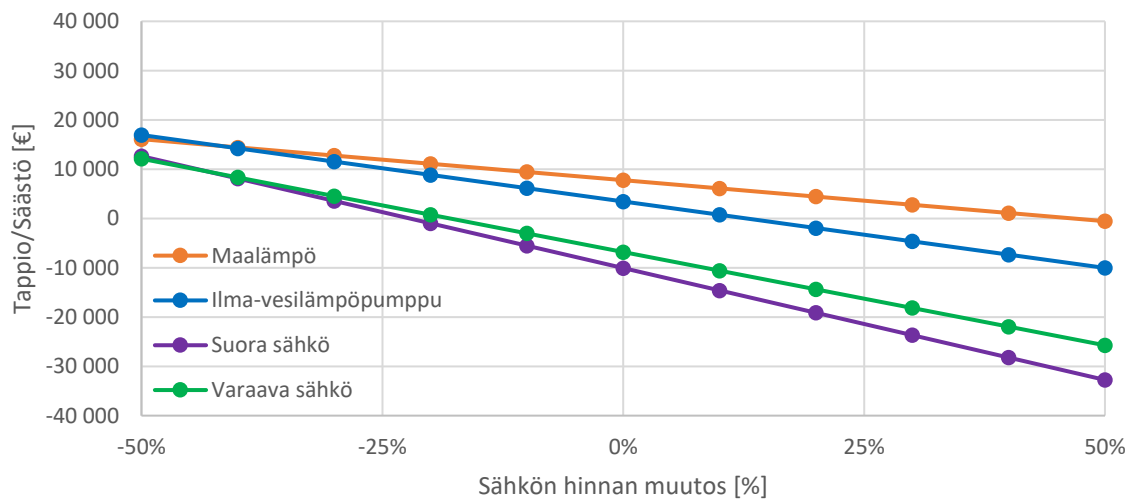
### 5.3 Herkkyysanalyysi

Oleellinen osa investointien kannattavuuden tarkastelua on herkkyysanalyysi, jossa muutetaan kannattavuuteen vaikuttavien tekijöiden arvoja. Eri lämmitysjärjestelmien kannattavuuteen vaikuttaa esimerkiksi polttoaineiden hinnat, todelliset investointikustannukset sekä lämmitysjärjestelmien pitoajat. Kuten kappaleesta 4.3 huomattiin, sähkön ja etenkin öljyn hinnat vaihtelevat huomattavasti. Herkkyysanalyysi tehtiin siis polttoaineen hinnoille

muuttamalla käytettyjen polttoainehintojen arvoja -50 prosentista 50 prosenttiin. 15 vuoden korottomat kustannukset laskettiin kohdan 4.6 mukaisesti vaihtoehdoisille lämmitysjärjestelmille ja niiden kokonaiskustannuksia verrattiin esimerkkikohteiden nykyisien öljylämmitysjärjestelmien kokonaiskustannuksiin. Kohteen 1 herkkyysoanalyysin tulokset on esitetty kuvissa 9 ja 10.



**Kuva 9.** Kohteen 1 öljyn hinnan vaikutus lämmitysjärjestelmien kannattavuuteen.



**Kuva 10.** Kohteen 1 sähkön hinnan vaikutus lämmitysjärjestelmien kannattavuuteen.

Kuvista havaitaan, että öljyn hinnan muutos vaikuttaa todella paljon sähköä kuluttavien lämmitysjärjestelmien kannattavuuteen. Öljyn hinnan kasvaessa 50 % näiden lämmitysjärjestelmien kannattavuus kasvaa jopa 18 000 €. Toisaalta öljyn hinnan alenemisella on yhtä suuri

vaikutus. Sähkön hinnan muutoksella ei ole niin suurta vaikutusta maalämpöpumpun ja il-mavesilämpöpumpun kannattavuuteen kuin öljyn hinnan muutoksella, mutta se on kuitenkin huomattava. Sähkölämmityksiin se vaikuttaa merkittävästi; sähkön hinnan laskiessa 50 % sähkölämmitysjärjestelmät olisivat lähes yhtä kannattavia kuin lämpöpumput. Toisaalta myös sähkön hinnan kasvu vaikuttaa niihin voimakkaasti. Kohteen 2 tulokset ovat saman-kaltaiset.

## **6 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET**

Tämän kandidaatintyön tavoitteena oli määrittää paras vaihtoehtoinen lämmitysmuoto noin 2000 litraa vuodessa öljyä kuluttaville pientaloille. Kustannuslaskujen esimerkkikohteina oli kaksi Kaakkois-Suomessa sijaitsevaa omakotitaloa, joiden lämmitysenergian tarve arvioitiin niiden öljynkulutuksen perusteella.

Energiantuotantohintojen perusteella esimerkkikohteiden nykyiset öljylämmitysjärjestelmät olisivat edullisimmat ratkaisut 10 vuoden tarkastelujaksolla. Paras vaihtoehtoinen lämmitys-muoto molemmille kohteille olisi ilma-vesilämpöpumppu. Kohteelle 1 se olisi kuitenkin 14,5 €/MWh ja kohteelle 2 19 €/MWh kalliimpi kuin nykyinen öljylämmitysjärjestelmä.

Pidemmällä tarkastelujaksolla maalämpöpumppu olisi kannattavin vaihtoehto molemmille esimerkkikohteille kustannuslaskujen perusteella. Jos sen hankintaan ei oteta lainaa, sillä syntyisi säästöä 15 vuoden aikana kohteelle 1 noin 7 800 € ja kohteelle 2 noin 5 900 € nykyiseen öljylämmitysjärjestelmään verrattuna. Lainaa otettaessa säästöä syntyisi kohteelle 1 noin 2 400 € ja kohteelle 2 noin 600 €.

Työn esimerkkikohteilla lämmitysjärjestelmän vaihtamisella ei siis saavuteta kovin suuria säästöjä 15 vuoden aikana. Selvästi epäkannattavimmat vaihtoehdot kustannusten perusteella uudeksi lämmitysjärjestelmäksi ovat sähkölämmitysjärjestelmät. Nykyisen ja uusitun öljylämmitysjärjestelmän sekä maa- ja ilma-vesilämpöpumpun kokonaiskustannuksien välillä ei ole suuria eroja. Näitä lämpöpumppuja voidaan siis pitää parhaimpina vaihtoehtoina öljylämmityksen tilalle. Pitkällä aikavälillä maalämpöpumppu vaikuttaa kannattavimmalta vaihtoehdolta esimerkkikohteille.

Työn esimerkkikohteet olivat melko samankaltaisia, mikä näkyy kustannuslaskujen tuloksien yhtenäisyydessä. Enemmän lämmitysenergiaa kuluttava kohde 1 hyötyisi kuitenkin taloudellisesti enemmän öljylämmityksen vaihtamisesta lämpöpumppeihin. Voidaankin todeta, että lämmitysenergian tarpeen kasvaessa pienimpien polttoainekustannuksien omaavien lämmitysjärjestelmien kannattavuus kasvaa.

Lämmitysjärjestelmien kustannuksiin voidaan vaikuttaa myös tukilämmitysjärjestelmillä. Esimerkiksi ilma-vesilämpöpumpun kustannuksia voidaan pienentää tuottamalla osa lisälämmitystarpeesta puulämmityksellä sähkön sijaan. Sähkölämmityksen kustannuksia voidaan pienentää puulämmityksen lisäksi esimerkiksi ilmalämpöpumpulla.

Lämmitysjärjestelmien kustannuslaskut ovat aina tapauskohtaisia. Lisäksi ne voivat poiketa todellisista kustannuksista huomattavasti, sillä laskennassa käytetyt suureet ovat vain arvioita. Kustannuslaskujen tuloksiin vaikuttaa arvioidut investointikustannukset sekä polttoainneiden hintakehitys, jotka voivat poiketa todellisista arvoista merkittävästi. Etenkin öljyn hinta vaihtelee suuresti, joten sen hintakehityksen arvioiminen on erittäin hankalaa. Laskujen tuloksiin vaikuttaa myös lämmitysjärjestelmien arvioidut hyötysuhteet. Hyötysuhteiden suuruusluokat ovat tiedossa, mutta etenkin lämpöpumppeiden lämpökertoimet voivat vaihdella tapauskohtaisesti. Niiden arvot riippuvat rakennuksen lämmönjakojärjestelmän lisäksi ulkolämpötilasta. Lämmitysjärjestelmän pitoajalla on suuri vaikutus kustannuslaskujen tuloksiin. Järjestelmien, joiden polttoainekustannukset ovat alhaisimmat, kannattavuus paranee pitoajan kasvaessa. Muita tuloksiin vaikuttavia tekijöitä ovat rakennuksen sijainti ja laskentakorkokanta. Rakennuksen sijainnilla on suuri vaikutus etenkin ilma-vesilämpöpumpun lisälämmitysenergian tarpeeseen.

Vaikka työn tuloksista ei voi tehdä yleispäteviä johtopäätöksiä, työtä voidaan käyttää apuna vastaaviin tarkasteluihin. Työssä käytetyt laskentamenetelmät ovat suoraan sovellettavissa muiden pientalojen lämmitysjärjestelmien kustannusvertailuun. Työssä on myös esitetty laskennan lähtöarvojen suuruusluokkia, joita voidaan soveltaa eri kohteisiin.

## LÄHTEET

Alakangas, E., Hurskainen, M., Korhonen, J., Laatikainen-Luntama, J. 2016. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. [verkkojulkaisu]. [viitattu 23.3.2021]. Saatavissa:

<https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/technology/2016/T258.pdf>

Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus (ARA). Mitä eroa on ARAn energia-avustuksella ja ELY-keskuksen öljylämmitysavustuksella? Voinko hakea molempia? [verkkojulkaisu].

[viitattu 17.3.2021]. Saatavissa: [https://www.ara.fi/fi-FI/Lainat\\_ ja\\_avustukset/Energiaavustus/Henkiloasiakkaat/Mita\\_eroa\\_on\\_ARAn\\_energiaavustuksella\\_ ja\(58453\)](https://www.ara.fi/fi-FI/Lainat_ ja_avustukset/Energiaavustus/Henkiloasiakkaat/Mita_eroa_on_ARAn_energiaavustuksella_ ja(58453))

Berisa, M (toim.). 2021. Irti lämmitysöljyn huonosta maineesta. Lämmöllä. Vol. 1/2021. S.16–18

ELY-keskus. Avustus pientalon öljylämmityksestä luopumiseksi. [verkkojulkaisu]. [viitattu 14.3.2021]. Saatavissa: <https://www.ely-keskus.fi/oljylammituksen-vaihtajalle>

Energiatehokaskoti. Hakelämmitys. [verkkodokumentti]. [viitattu 9.3.2021]. Saatavissa: [https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/lammitys/puulammitys/hakelammitys](https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/puulammitys/hakelammitys)

Energiatehokaskoti. Kaukolämpö. [verkkodokumentti]. [viitattu 10.3.2021]. Saatavissa: [https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/lammitys/kaukolampo](https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/kaukolampo)

Energiatehokaskoti. Pilkelämmitys. [verkkodokumentti]. [viitattu 9.3.2021]. Saatavissa: [https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/lammitys/puulammitys/pikkelammitys](https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/puulammitys/pikkelammitys)

Energiatehokaskoti. Puulämmitys. [verkkodokumentti]. [viitattu 9.3.2021]. Saatavissa: [https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/lammitys/puulammitys](https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/puulammitys)

Energiatehokaskoti. Sähkölämmitys. [verkkodokumentti]. [viitattu 9.3.2021]. Saatavissa: [https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/lammitys/sahkolammitys](https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/sahkolammitys)

Lämmitysenergia Yhdistys. Lämmitysjärjestelmän kunnossapito. [verkkodokumentti]. [viitattu 3.3.2021]. Saatavissa: <https://oljylammitys.fi/huolto-ja-kunnostus/lammitysjarjestelman-kunnossapito/>

Lämmitysenergia Yhdistys. Öljylämmitysjärjestelmän energiatehokkuus. [verkkodokumentti]. [viitattu 3.3.2021]. Saatavissa: <https://oljylammitys.fi/energiatehokkuus/oljylammitysjarjestelman-energiatehokkuus/>

Lämmitysenergia Yhdistys. Öljylämmitysjärjestelmän kunnostuskustannukset. [verkkodokumentti]. [viitattu 24.3.2021]. Saatavissa: <https://oljylammitys.fi/kustannukset/oljylammitysjarjestelman-kunnostuskustannukset/>

Lämmitysenergia Yhdistys. Öljylämmitysjärjestelmän toiminta. [verkkodokumentti]. [viitattu 3.3.2021]. Saatavissa: <https://oljylammitys.fi/nykyaikainen-oljylammitys/oljylammitysjarjestelman-toiminta/>

Motiva. Ilmalämpöpumppu tukilämmityslähteenä. [verkkodokumentti]. [viitattu 5.3.2021]. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/koti\\_ ja\\_ asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/lammitysmuodot/ilmalampopumppu\\_tukilammityslahteenä](https://www.motiva.fi/koti_ ja_ asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/ilmalampopumppu_tukilammityslahteenä)

Motiva. Ilma-vesilämpöpumppu, UVLP. [verkkodokumentti]. [viitattu 7.3.2021]. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/koti\\_ ja\\_ asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/lammitysmuodot/ilma-vesilampopumppu\\_uvlp](https://www.motiva.fi/koti_ ja_ asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/ilma-vesilampopumppu_uvlp)

Motiva. Maakaasu. [verkkodokumentti]. [viitattu 10.3.2021]. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/koti\\_ ja\\_ asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/lammitysmuodot/maakaasu](https://www.motiva.fi/koti_ ja_ asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/maakaasu)

- Motiva. Pellettilämmitys. [verkkodokumentti]. [viitattu 9.3.2021]. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/lammitysmuodot/pellettilammitys](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/pellettilammitys)
- Motiva. Pientalon lämmitystapojen vertailulaskuri. [verkkojulkaisu]. [viitattu 27.3.2021]. Saatavissa: <http://lammitysvertailu.eneuvonta.fi/>
- Motiva. Poistoilmalämpöpumppu. [verkkodokumentti]. [viitattu 7.3.2021]. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/lammitysmuodot/poistoilmalampopumppu](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/poistoilmalampopumppu)
- Motiva. Sähkövaraajat ja -kattilat. [verkkodokumentti]. [viitattu 9.3.2021]. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/lammitysmuodot/sahkovaraajat\\_ja\\_kattilat](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/sahkovaraajat_ja_kattilat)
- Motiva. Tukilämmitysjärjestelmät. [verkkodokumentti]. [viitattu 10.3.2021]. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/tukilammitysjarjestelmat](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/tukilammitysjarjestelmat)
- Motiva. 2012a. Lämpöä ilmassa – Ilmalämpöpumput. [verkkodokumentti]. [viitattu 5.3.2021]. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/files/7964/Lampoa\\_ilmassa\\_Ilmalampopumput.pdf](https://www.motiva.fi/files/7964/Lampoa_ilmassa_Ilmalampopumput.pdf)
- Motiva. 2012b. Lämpöä omasta maasta – Maalämpöpumput. [verkkodokumentti]. [viitattu 5.3.2021]. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/files/7965/Lampoa\\_omasta\\_maasta\\_Maalampopumput.pdf](https://www.motiva.fi/files/7965/Lampoa_omasta_maasta_Maalampopumput.pdf)
- Motiva. 2012c. Lämpöä kotiin keskitetysti – Kaukolämpö. [verkkodokumentti]. [viitattu 10.3.2021]. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/files/7963/Lampoa\\_kotiin\\_keskitetysti\\_Kaukolampo.pdf](https://www.motiva.fi/files/7963/Lampoa_kotiin_keskitetysti_Kaukolampo.pdf)



Perälä, O., Perälä, R. 2013. Lämpöpumput, Suomalainen käsikirja aikamme lämmitysjärjestelmästä. 3. uudistettu painos. Helsinki: Alfamer/Karisto Oy.

Suomen virallinen tilasto (SVT): Asuinrakennusten lämmitys rakennustyypeittäin, 2008–2019 [verkkojulkaisu]. [viitattu 2.3.2021]. Saatavissa:

[https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_ene\\_asen/stat-fin\\_asen\\_pxt\\_11zr.px/table/tableViewLayout1/](https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_ene_asen/stat-fin_asen_pxt_11zr.px/table/tableViewLayout1/)

Suomen virallinen tilasto (SVT): Asuinrakennusten päälämmönlähteiden kehitys 2010-luvulla. [verkkojulkaisu]. [viitattu 14.3.2021]. Saatavissa:

[https://www.stat.fi/til/asen/2018/asen\\_2018\\_2019-11-21\\_kat\\_001\\_fi.html](https://www.stat.fi/til/asen/2018/asen_2018_2019-11-21_kat_001_fi.html)

Suomen virallinen tilasto (SVT): Polttonesteiden kuluttajahinnat [verkkojulkaisu]. [viitattu 29.3.2021]. Saatavissa: [https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/Stat-](https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/Stat-Fin_ene_ehi/statfin_ehi_pxt_12ge.px/table/tableViewLayout1/)

[Fin\\_ene\\_ehi/statfin\\_ehi\\_pxt\\_12ge.px/table/tableViewLayout1/](https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/Stat-Fin_ene_ehi/statfin_ehi_pxt_12ge.px/table/tableViewLayout1/)

Suomen virallinen tilasto (SVT): Sähkön hinta kuluttajatyypeittäin [verkkojulkaisu]. [viitattu 29.3.2021]. Saatavissa: [https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/Stat-](https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/Stat-Fin_ene_ehi/statfin_ehi_pxt_12gx.px/table/tableViewLayout1/)

[Fin\\_ene\\_ehi/statfin\\_ehi\\_pxt\\_12gx.px/table/tableViewLayout1/](https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/Stat-Fin_ene_ehi/statfin_ehi_pxt_12gx.px/table/tableViewLayout1/)

Suomirakentaa.fi. 2016. Lämmitystapojen hankinta- ja käyttökustannukset. [verkkodokumentti]. [viitattu 27.3.2021]. Saatavissa: <https://www.suomirakentaa.fi/omakotirakentaja/laemmitys/lammitystapojen-hankinta-ja-kayttokustannukset>

Vero. Kotitalousvähennys. [verkkojulkaisu]. [viitattu 18.3.2021]. Saatavissa:

<https://www.vero.fi/henkiloasiakkaat/verokortti-ja-veroilmoitus/tulot-ja-vahennykset/kotitalousvahennys/>

Zero Point Energy. What are heat pumps and how they can assist you to save energy for water heating? [verkkojulkaisu]. [viitattu 6.5.2021]. Saatavissa:

<https://zpenegy.co.za/what-are-heat-pumps-and-how-they-can-assist-you-to-save-energy-for-water-heating/>

## Koroton kustannuslasku, kohde 1

|                            |           | Öljy          | Uusi<br>öljy  | Maa-<br>lämpö | Ilma-<br>vesi | Suora<br>sähkö | Varaava<br>sähkö |
|----------------------------|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|------------------|
| Investointikustannus       | €         | 0             | 6 000         | 16 000        | 10 000        | 5 000          | 9 000            |
| Avustus/kotitalousvähennys | €         | 0             | 1 000         | 4 000         | 4 000         | 2 500          | 2 500            |
| Lainamäärä                 | €         | 0             | 0             | 0             | 0             | 0              | 0                |
| Omarahoitusosuus           | €         | 0             | 5 000         | 12 000        | 6 000         | 2 500          | 6 500            |
| Lämmitysenergiakustannus   | €/a       | 2 403         | 1 959         | 1 110         | 1 798         | 3 027          | 2 523            |
| Huoltokustannus            | €/a       | 140           | 140           | 115           | 115           | 20             | 40               |
|                            | 0. vuosi  | 0             | 5 000         | 12 000        | 6 000         | 2 500          | 6 500            |
|                            | 1. vuosi  | 1 940         | 1 607         | 946           | 1 462         | 2 287          | 1 930            |
|                            | 2. vuosi  | 2 012         | 1 666         | 980           | 1 516         | 2 378          | 2 006            |
|                            | 3. vuosi  | 2 087         | 1 727         | 1 014         | 1 572         | 2 472          | 2 084            |
|                            | 4. vuosi  | 2 165         | 1 791         | 1 050         | 1 630         | 2 570          | 2 166            |
|                            | 5. vuosi  | 2 246         | 1 857         | 1 088         | 1 690         | 2 672          | 2 251            |
| <b>5 vuoden kustannus</b>  | <b>€</b>  | <b>10 449</b> | <b>13 648</b> | <b>17 078</b> | <b>13 869</b> | <b>14 880</b>  | <b>16 938</b>    |
|                            | 6. vuosi  | 2 330         | 1 925         | 1 126         | 1 753         | 2 778          | 2 340            |
|                            | 7. vuosi  | 2 418         | 1 997         | 1 167         | 1 819         | 2 889          | 2 432            |
|                            | 8. vuosi  | 2 509         | 2 071         | 1 209         | 1 887         | 3 003          | 2 527            |
|                            | 9. vuosi  | 2 603         | 2 148         | 1 253         | 1 958         | 3 123          | 2 627            |
|                            | 10. vuosi | 2 702         | 2 229         | 1 298         | 2 032         | 3 247          | 2 730            |
| <b>10 vuoden kustannus</b> | <b>€</b>  | <b>23 011</b> | <b>24 018</b> | <b>23 131</b> | <b>23 319</b> | <b>29 920</b>  | <b>29 593</b>    |
|                            | 11. vuosi | 2 804         | 2 312         | 1 346         | 2 108         | 3 376          | 2 838            |
|                            | 12. vuosi | 2 911         | 2 399         | 1 395         | 2 188         | 3 510          | 2 950            |
|                            | 13. vuosi | 3 022         | 2 489         | 1 446         | 2 271         | 3 650          | 3 066            |
|                            | 14. vuosi | 3 137         | 2 583         | 1 499         | 2 357         | 3 795          | 3 187            |
|                            | 15. vuosi | 3 257         | 2 681         | 1 555         | 2 447         | 3 946          | 3 313            |
| <b>15 vuoden kustannus</b> | <b>€</b>  | <b>38 142</b> | <b>36 482</b> | <b>30 371</b> | <b>34 691</b> | <b>48 198</b>  | <b>44 947</b>    |

**Kustannuslasku annuiteettimenetelmällä, kohde 1**

|                            |           | Öljy          | Uusi<br>öljy  | Maa-<br>lämpö | Ilma-<br>vesi | Suora<br>sähkö | Varaava<br>sähkö |
|----------------------------|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|------------------|
| Investointikustannus       | €         | 0             | 6 000         | 16 000        | 10 000        | 5 000          | 9 000            |
| Avustus/kotitalousvähennys | €         | 0             | 1 000         | 4 000         | 4 000         | 2 500          | 2 500            |
| Lainamäärä                 | €         | 0             | 5 000         | 12 000        | 6 000         | 2 500          | 6 500            |
| Omarahoitusosuus           | €         | 0             | 5 000         | 12 000        | 6 000         | 2 500          | 6 500            |
| Lämmitysenergiakustannus   | €/a       | 2 403         | 1 959         | 1 110         | 1 798         | 3 027          | 2 523            |
| Huoltokustannus            | €/a       | 140           | 140           | 115           | 115           | 20             | 40               |
|                            | 1. vuosi  | 1 940         | 2 089         | 2 102         | 2 040         | 2 528          | 2 556            |
|                            | 2. vuosi  | 2 012         | 2 148         | 2 136         | 2 094         | 2 619          | 2 632            |
|                            | 3. vuosi  | 2 087         | 2 209         | 2 170         | 2 150         | 2 713          | 2 711            |
|                            | 4. vuosi  | 2 165         | 2 272         | 2 206         | 2 208         | 2 811          | 2 792            |
|                            | 5. vuosi  | 2 246         | 2 338         | 2 244         | 2 269         | 2 913          | 2 877            |
| <b>5 vuoden kustannus</b>  | <b>€</b>  | <b>10 449</b> | <b>11 056</b> | <b>10 858</b> | <b>10 760</b> | <b>13 584</b>  | <b>13 569</b>    |
|                            | 6. vuosi  | 2 330         | 2 407         | 2 283         | 2 332         | 3 019          | 2 966            |
|                            | 7. vuosi  | 2 418         | 2 478         | 2 323         | 2 397         | 3 130          | 3 058            |
|                            | 8. vuosi  | 2 509         | 2 553         | 2 365         | 2 465         | 3 244          | 3 154            |
|                            | 9. vuosi  | 2 603         | 2 630         | 2 409         | 2 536         | 3 364          | 3 253            |
|                            | 10. vuosi | 2 702         | 2 710         | 2 454         | 2 610         | 3 488          | 3 356            |
| <b>10 vuoden kustannus</b> | <b>€</b>  | <b>23 011</b> | <b>23 835</b> | <b>22 692</b> | <b>23 099</b> | <b>29 829</b>  | <b>29 355</b>    |
|                            | 11. vuosi | 2 804         | 2 794         | 2 502         | 2 687         | 3 617          | 3 464            |
|                            | 12. vuosi | 2 911         | 2 881         | 2 551         | 2 766         | 3 751          | 3 576            |
|                            | 13. vuosi | 3 022         | 2 971         | 2 602         | 2 849         | 3 891          | 3 692            |
|                            | 14. vuosi | 3 137         | 3 065         | 2 655         | 2 935         | 4 036          | 3 813            |
|                            | 15. vuosi | 3 257         | 3 163         | 2 711         | 3 025         | 4 187          | 3 939            |
| <b>15 vuoden kustannus</b> | <b>€</b>  | <b>38 142</b> | <b>38 708</b> | <b>35 712</b> | <b>37 362</b> | <b>49 310</b>  | <b>47 841</b>    |

## Koroton kustannuslasku, kohde 2

|                            |           | Öljy          | Uusi<br>öljy  | Maa-<br>lämpö | Ilma-<br>vesi | Suora<br>sähkö | Varaava<br>sähkö |
|----------------------------|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|------------------|
| Investointikustannus       | €         | 0             | 6 000         | 16 000        | 10 000        | 5 000          | 9 000            |
| Avustus/kotitalousvähennys | €         | 0             | 1 000         | 4 000         | 4 000         | 2 500          | 2 500            |
| Lainamäärä                 | €         | 0             | 0             | 0             | 0             | 0              | 0                |
| Omarahoitusosuus           | €         | 0             | 5 000         | 12 000        | 6 000         | 2 500          | 6 500            |
| Lämmitysenergiakustannus   | €/a       | 2 163         | 1 880         | 992           | 1 621         | 2 905          | 2 422            |
| Huoltokustannus            | €/a       | 140           | 140           | 115           | 115           | 20             | 40               |
|                            | 0. vuosi  | 0             | 5 000         | 12 000        | 6 000         | 2 500          | 6 500            |
|                            | 1. vuosi  | 1 760         | 1 549         | 858           | 1 329         | 2 197          | 1 855            |
|                            | 2. vuosi  | 1 825         | 1 605         | 888           | 1 378         | 2 284          | 1 927            |
|                            | 3. vuosi  | 1 892         | 1 664         | 919           | 1 429         | 2 374          | 2 003            |
|                            | 4. vuosi  | 1 962         | 1 725         | 951           | 1 481         | 2 468          | 2 081            |
|                            | 5. vuosi  | 2 035         | 1 788         | 984           | 1 536         | 2 566          | 2 163            |
| <b>5 vuoden kustannus</b>  | <b>€</b>  | <b>9 474</b>  | <b>13 330</b> | <b>16 599</b> | <b>13 153</b> | <b>14 389</b>  | <b>16 528</b>    |
|                            | 6. vuosi  | 2 111         | 1 854         | 1 019         | 1 593         | 2 668          | 2 248            |
|                            | 7. vuosi  | 2 190         | 1 922         | 1 055         | 1 652         | 2 774          | 2 336            |
|                            | 8. vuosi  | 2 272         | 1 994         | 1 093         | 1 713         | 2 884          | 2 428            |
|                            | 9. vuosi  | 2 357         | 2 068         | 1 132         | 1 777         | 2 999          | 2 523            |
|                            | 10. vuosi | 2 446         | 2 145         | 1 173         | 1 844         | 3 118          | 2 623            |
| <b>10 vuoden kustannus</b> | <b>€</b>  | <b>20 850</b> | <b>23 313</b> | <b>22 071</b> | <b>21 731</b> | <b>28 831</b>  | <b>28 685</b>    |
|                            | 11. vuosi | 2 538         | 2 225         | 1 215         | 1 913         | 3 242          | 2 726            |
|                            | 12. vuosi | 2 634         | 2 309         | 1 259         | 1 985         | 3 371          | 2 833            |
|                            | 13. vuosi | 2 734         | 2 395         | 1 305         | 2 059         | 3 505          | 2 945            |
|                            | 14. vuosi | 2 837         | 2 486         | 1 352         | 2 137         | 3 644          | 3 061            |
|                            | 15. vuosi | 2 945         | 2 579         | 1 402         | 2 218         | 3 789          | 3 182            |
| <b>15 vuoden kustannus</b> | <b>€</b>  | <b>34 538</b> | <b>35 307</b> | <b>28 603</b> | <b>32 044</b> | <b>46 382</b>  | <b>43 433</b>    |

**Kustannuslasku annuiteettimenetelmällä, kohde 2**

|                            |           | Öljy          | Uusi<br>öljy  | Maa-<br>lämpö | Ilma-<br>vesi | Suora<br>sähkö | Varaava<br>sähkö |
|----------------------------|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|------------------|
| Investointikustannus       | €         | 0             | 6 000         | 16 000        | 10 000        | 5 000          | 9 000            |
| Avustus/kotitalousvähennys | €         | 0             | 1 000         | 4 000         | 4 000         | 2 500          | 2 500            |
| Lainamäärä                 | €         | 0             | 5 000         | 12 000        | 6 000         | 2 500          | 6 500            |
| Omarahoitusosuus           | €         | 0             | 5 000         | 12 000        | 6 000         | 2 500          | 6 500            |
| Lämmitysenergiakustannus   | €/a       | 2 163         | 1 880         | 992           | 1 621         | 2 905          | 2 422            |
| Huoltokustannus            | €/a       | 140           | 140           | 115           | 115           | 20             | 40               |
|                            | 1. vuosi  | 1 760         | 2 030         | 2 014         | 1 908         | 2 437          | 2 481            |
|                            | 2. vuosi  | 1 825         | 2 087         | 2 044         | 1 956         | 2 524          | 2 553            |
|                            | 3. vuosi  | 1 892         | 2 145         | 2 075         | 2 007         | 2 615          | 2 629            |
|                            | 4. vuosi  | 1 962         | 2 206         | 2 107         | 2 059         | 2 709          | 2 707            |
|                            | 5. vuosi  | 2 035         | 2 270         | 2 140         | 2 114         | 2 807          | 2 789            |
| <b>5 vuoden kustannus</b>  | <b>€</b>  | <b>9 474</b>  | <b>10 739</b> | <b>10 380</b> | <b>10 043</b> | <b>13 093</b>  | <b>13 159</b>    |
|                            | 6. vuosi  | 2 111         | 2 336         | 2 175         | 2 171         | 2 909          | 2 874            |
|                            | 7. vuosi  | 2 190         | 2 404         | 2 211         | 2 230         | 3 015          | 2 962            |
|                            | 8. vuosi  | 2 272         | 2 475         | 2 249         | 2 291         | 3 125          | 3 054            |
|                            | 9. vuosi  | 2 357         | 2 550         | 2 288         | 2 355         | 3 240          | 3 150            |
|                            | 10. vuosi | 2 446         | 2 627         | 2 329         | 2 422         | 3 359          | 3 249            |
| <b>10 vuoden kustannus</b> | <b>€</b>  | <b>20 850</b> | <b>23 130</b> | <b>21 632</b> | <b>21 512</b> | <b>28 740</b>  | <b>28 448</b>    |
|                            | 11. vuosi | 2 538         | 2 707         | 2 371         | 2 491         | 3 483          | 3 352            |
|                            | 12. vuosi | 2 634         | 2 790         | 2 415         | 2 563         | 3 612          | 3 460            |
|                            | 13. vuosi | 2 734         | 2 877         | 2 461         | 2 638         | 3 746          | 3 571            |
|                            | 14. vuosi | 2 837         | 2 967         | 2 508         | 2 715         | 3 885          | 3 688            |
|                            | 15. vuosi | 2 945         | 3 061         | 2 558         | 2 796         | 4 030          | 3 808            |
| <b>15 vuoden kustannus</b> | <b>€</b>  | <b>34 538</b> | <b>37 533</b> | <b>33 944</b> | <b>34 714</b> | <b>47 494</b>  | <b>46 327</b>    |