

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Teknillinen tiedekunta

Energiatekniikan koulutusohjelma

BH10A0201 Energiatekniikan kandidaatintyö ja seminaari

ÖLJYLÄMMITYKSEN KORVAAMINEN MAALÄMMÖLLÄ PIENTALOISSA

Työn tarkastaja: Professori Timo Hyppänen

Työn ohjaaja: Professori Timo Hyppänen

Lappeenranta 26.2.2014

Mikael Rytönen

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen yliopisto
Teknillinen tiedekunta
Energiatekniikan koulutusohjelma

Mikael Rytönen

Öljylämmityksen korvaaminen maalämmöllä pientaloissa

Kandidaatintyö

2014

44 sivua, 14 kuvaa, 6 taulukkoa ja 1 liite

Tarkastaja: Professori Timo Hyppänen

Ohjaaja: Professori Timo Hyppänen

Hakusanat: öljylämmitys, maalämpö, pientalo, lämmitysjärjestelmä, vaihtaminen, korvaaminen

Tässä kandidaatintyössä käsitellään öljylämmityksen korvaamista maalämmöllä pientaloissa. Suomessa on noin 200 000 öljylämmitteistä pientaloa. Lämmitysenergioiden hinnat ovat nousseet viimeisen kymmenen vuoden aikana voimakkaasti, etenkin lämmityksessä käytettävän kevyen polttoöljyn hinta. Hintojen nousu ohjaa kuluttajia etsimään halvempia lämmitysratkaisuja.

Maalämpöjärjestelmä on investointina kallis, noin 16 000 – 20 000 euroa. Valtio tukee lämmitysjärjestelmäinvestointia kotitalousvähennyksen muodossa, joka pienentää kokonaisinvestointia muutamalla tuhannella eurolla. Maalämpö edellyttää vesikiertoista lämmönjakoa. Öljylämmityksen tilalle on helppo asentaa maalämpö, koska öljylämmitystaloissa vesikierto on valmiina.

Työssä käytetään esimerkkikohteena Lappeenrannan Joutsenossa sijaitsevaa omakotitaloa. Lähtötietoina käytetään tämän hetkisiä todellisia kulutuksia ja energian hintoja. Pyysin tätä työtä varten tarjouksia maalämpöjärjestelmiä myyvistä yrityksistä, joten investointilaskelmat tehdään todellisten hintatietojen mukaan.

Öljylämmitysjärjestelmän vaihtaminen maalämpöön on kannattava investointi. Tarkastelujaksona käytettiin 15 vuotta. Öljyn ja sähkön hintojen noustessa yhtä paljon kuin viimeisen kymmenen vuoden aikana, investointi ehtii tuottaa 15 vuoden tarkastelujakson aikana voittoa yli 20 000 euroa. Maltillisemmilla hintakehitysarvioilla tuotto jää pienemmäksi mutta joka tapauksessa tarkastelujakson aikana investointi on kannattava.

SISÄLLYSLUETTELO

SYMBOLILUETTELO	5
1 JOHDANTO	6
2 PIENTALOJEN LÄMMITYS JA ENERGIANKULUTUS	8
2.1 Pientalojen lämmitysmuodot energialähteittäin Suomessa.....	8
2.2 Pientalojen energiankulutus	9
2.3 Lämmitysmuotojen kustannukset	10
3 ÖLJYLÄMMITYS	12
3.1 Öljylämmitysjärjestelmä	13
3.1.1 Kattila ja poltin	14
3.1.2 Savuhormi	15
3.1.3 Säätolaitteisto	15
3.1.4 Öljysäiliö	17
4 MAALÄMPÖ	18
4.1 Maalämmön keruujärjestelmät	18
4.1.1 Energiakaivo.....	18
4.1.2 Maaperä	20
4.1.3 Vesistö	21
4.2 Maalämpöpumppu	22
4.3 Ilmasta-veteen lämpöpumppu	24
5 ESIMERKKIKOHDE.....	25
5.1 Energiankulutus	25
6 ÖLJYLÄMMITYKSEN KORVAAMINEN MAALÄMMÖLLÄ	27
6.1 Maalämpöjärjestelmän suunnittelu ja mitoitus	27
6.2 Tarvittavat luvat	29
6.3 Energiakaivon ja maapiirin sijoitus	29
6.4 Vaihtoprosessi.....	30
7 TALOUSLASKELMA	31
7.1 Investointikustannus	31
7.2 Säästö ja takaisinmaksuaika.....	32
7.2.1 Takaisinmaksuaika ilman lainaa	34
7.2.2 Takaisinmaksuaika lainan kanssa.....	34
7.3 Vaihdon kannattavuus erilaisilla hintakehityksillä	35
7.3.1 Tuottolaskelma	36

7.3.2 Kustannusvertailu	38
7.4 Porauksen vaikutus kustannuksiin	41
8 YHTEENVETO	43
LÄHTEET	45

LIITTEET

Liite 1. Kustannuslaskelmat

SYMBOLILUETTELO

<i>a</i>	takaisinmaksuaika	[a]
<i>i</i>	laskentakorko	[%]
<i>I</i>	investointikustannus	[€]
<i>n</i>	pitoaika, kuoletusaika	[a]
<i>NA</i>	nykyarvo	[€]
<i>S</i>	säästö	[€]

Alaindeksit

lask	laskelmallinen
kok	kokonais-
S	säästöt

1 JOHDANTO

Suomessa oli vuonna 2012 noin 1 042 000 pientaloa. Näistä viidennes eli noin 200 000 pientaloa on öljylämmitteisiä. Öljylämmitystalot kuluttavat vuodessa noin 460 miljoonaa litraa öljyä, määrä vastaa noin 2 % Suomen kokonaisenergiankulutuksesta. (Öljyalan keskusliitto, 2013.)

Lämpöpumppujen määrä on kasvanut voimakkaasti viimeisen kymmenen vuoden aikana. Vuonna 2013 maalämpöpumppuja oli jo 100 000 kpl lämpöpumppujen kokonaismäärän ylitettyä jo 600 000 kpl. (SULPU 2014.) Pientalorakentajista yli puolet päätyy lämpöpumppuratkaisuun. Öljylämmitysjärjestelmien korjaajista ainoastaan puolet pysyy öljyssä ja vaihtajista noin kolmasosa siirtyy maalämpöön. (Vihola & Heljo 2012, 42.)

Suurin syy vaihtaa lämmitystapaa on tarve saada lämmityskustannuksia pienennettyä. Valtion myöntämät energia-avustukset uusiutuvan energian käyttöönottoon ovat vaikuttaneet myös merkittävästi viime vuosina. Viimeisten kymmenen vuoden aikana lämmitysenergioiden hinnat ovat olleet jatkuvassa nousussa. Öljyn hinta on lähes kolminkertaistunut ja sähkön hinta kaksinkertaistunut. Lämmityskustannusten kasvaessa maalämmöstä on tullut erittäin kilpailukykyinen vaihtoehto, koska sen kustannukset ovat noin kolmanneksen sähkölämmityksen kustannuksista. (Vihola & Heljo 2012, 20.)

Tulevaa hintakehitystä on vaikea ennustaa. Öljyn hinta pysyi vuoden 2013 paikoillaan, sähkön hinta taas jatkoi nousuaan. Sähkön siirtohinnalle on tiedossa voimakas korotuspaine, johtuen valtion energiapolitiikasta. Öljyn hintaan taas vaikuttavat monet asiat, tuotantoalueiden yllättävät häiriöt, maailmantalouden suhdanteet ja odotukset, vuodenaikojen mukaan vaihteleva kysyntä jne. Todennäköisesti öljyn hinta tulee jatkamaan samanlaista kasvua kuin tähänkin asti hinnan hetkellisestä tasaantumisesta huolimatta. (Öljyalan keskusliitto 2013.)

Tässä kandidaatintyössä käsitellään öljylämmityksen korvaamista maalämmöllä ja keskitytään erityisesti pien- eli omakotitaloihin. Työssä käytetään esimerkkitapausta Lappeenrannan Joutsenossa sijaitsevaa omakotitaloa, joka on öljylämmitteinen. Työssä käydään läpi lämmitysjärjestelmän vaihtoprosessi, lasketaan lämmitysratkaisun vaihtokustannukset öljylämmityksestä maalämpöön, vaikutukset lämmityskustannuksiin sekä takaisinmaksuaika. Vaihdon kannattavuutta tarkastellaan erilaisilla hintakehitysarvioilla.

2 PIENTALOJEN LÄMMITYS JA ENERGIANKULUTUS

Vuosina 2008–2012 yli 80 prosenttia asumisen energiankulutuksesta kului lämmitykseen. Lämmitystarve vaihtelee hieman vuosittain riippuen talven kylmyydestä, esimerkiksi vuonna 2012 asuinrakennusten lämmitykseen kului 58600 GWh energiaa. Tästä pientalojen osuus oli 33724 GWh eli 57,5 prosenttia. (Tilastokeskus 2013.)

2.1 Pientalojen lämmitysmuodot energialähteittäin Suomessa

Energialähteittäin tarkasteltuna vuonna 2012 lähes 40 % pientalojen lämmityksestä hoidettiin puulla. Sähkölämmitys oli toiseksi yleisin lämmitysmuoto noin kolmanneksen osuudella ja öljylämmitys eli kevyt polttoöljy on energialähteenä kolmanneksi yleisin vajaan 12 prosentin osuudella. Kuvassa 1 on kuvattu pientalojen lämmitysmuodot energialähteittäin vuonna 2012. (Tilastokeskus 2013.)



Kuva 1. Pientalojen lämmitys energialähteittäin vuonna 2012 (Tilastokeskus 2013).

Kaukolämpö on yleisin lämmitysmuoto, kun huomioidaan kaikki asumismuodot, koska valtaosa kerrostaloista lämmitetään kaukolämmöllä, mutta pientaloissa kaukolämmön osuus on ainoastaan reilut 6 %. Lämpöpumpuilla tässä tarkoitetaan maasta, ilmasta tai vedestä talteenotettua energiaa. Sähkölämmityksen osuuteen on laskettu mukaan suora ja varaava sähkölämmitys, sähköllä tapahtuva lisälämmitys, sähköinen lattialämmitys, lämpöpumppujen käyttämä sähkö, sähköllä tapahtuva käyttöveden lämmitys, sähkökiukaat sekä lämmitysjärjestelmien ja lämmönjakolaitteiden kuluttama sähkö. Muut energialähteet sisältävät turpeen, hiilen ja maakaasun käytön lämmityksessä. (Tilastokeskus 2013.)

2.2 Pientalojen energiankulutus

Pientalojen energiankulutuksesta noin 50 % kuluu lämmitykseen, noin 20 % lämpimän käyttöveden tuottamiseen ja noin 30 % valaistuksen ja kodin laitteiden energiankulutukseen. Kulutettu lämmitysenergia jakautuu rakennuksen johtumishäviöihin ja ilmanvaihdon lämpöenergian kulutukseen. Ilmalämpöpumppujen myötä tilojen jäähditys yleistyy koko ajan, jäähdityksen osuus on 2-4 % pientalojen energiankulutuksesta. (Ympäristöministeriö 2011, 5-9; Energiatehokas koti 2013.)

Pientalojen energiankulutusta voidaan vertailla energiatehokkuusluvun eli E-luvun avulla. Luvusta voidaan käyttää myös termiä ominaisenergiankulutus, sen yksikkö on kWh/m². E-luku määritetään laskemalla yhteen laskennallisen vuotuisen ostoenergian ja energiamuotojen kertoimien tulot energiamuodoittain lämmitettyä nettoalaa kohti. Tyypillisiä energiatehokkuuslukuja on esitetty taulukossa 1. E-luku tarvitaan rakennuksen energiatodistusta varten ja se määrää energiatodistuksen energialuokan. (Ympäristöministeriö 2013, 3.)

Taulukko 1. Tyypillisiä energiatehokkuuslukuja (Energiatehokas koti 2013).

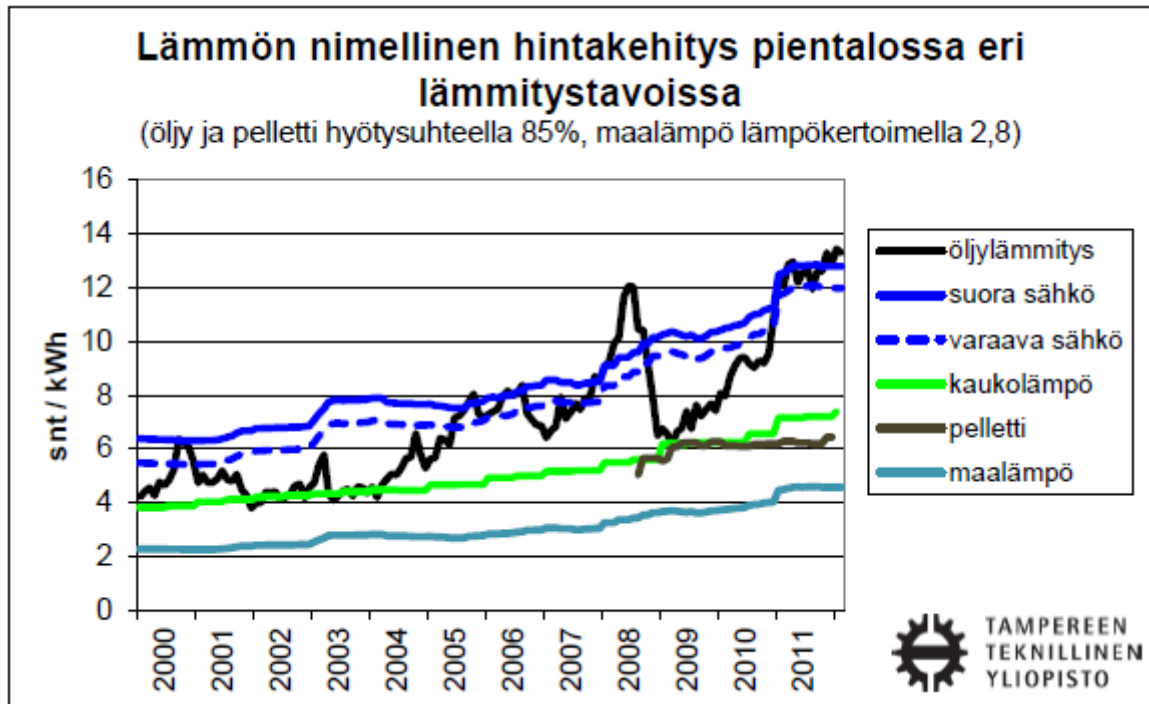
	Normitalo 2008	Normitalo 2010	Matalaenergiatalo	Passiivitalo
E-luku [kWh/m ²]	180-215	160-175	78-115	60-86
Energiatodistusluokka	C-D	B	A	A

Energiatodistus on ollut käytössä vuodesta 2008 alkaen. Alkuun energiatodistus on vaadittu vain uudisrakennuksilta mutta uuden lain, laki rakennuksen energiatodistuksesta (50/2013) voimaantulon myötä 1.6.2013, sitä aletaan vaatia myös vanhoilta rakennuksilta. Energiatodistuksessa rakennukset luokitellaan asteikolla A:sta G:hen, energiatehokkaimmat rakennukset kuuluvat A-luokkaan.

Tässä kandidaatintyössä esimerkkikohde on vuonna 1964 rakennettu omakotitalo. Taloon on tehty energiatehokkuutta parantava remontti vuonna 2007. Talolle ei ole tehty energiatodistusta, mutta energiankulutuksen perusteella laskettu ominaisenergiankulutus on 182 kWh/m². Energiatodistusluokaksi tulisi ympäristöministeriön laskentaohjeen mukaan D. Esimerkkikohdetta on käsitelty tarkemmin luvussa 6. (Ympäristöministeriö 2013, 18.)

2.3 Lämmitysmuotojen kustannukset

Lämmitysenergioiden hinnat ovat kasvaneet koko 2000-luvun ajan. Eniten on noussut öljyn hinta, joka on kolminkertaistunut. Sähkön hinta on kasvanut myös, viimeisten kymmenen vuoden aikana hinta on kaksinkertaistunut. Myös kaukolämmön ja puupellettien hinnat ovat nousseet. Kuvasta 2 nähdään eri lämmitysmuotojen hintakehitys pientaloissa vuosina 2000–2011. (Vihola & Heljo 2012, 20.)



Kuva 2. Lämmitysenergian nimellishinnan kehitys pientaloissa Suomessa lämmitystavoittan vuosina 2000–2011 (Vihola & Heljo 2012, 20).

Taulukossa 2 vertaillaan vielä erikseen öljyn ja sähkön hintakehitystä vuosina 2000–2013. Öljyn hinnan nousu on ollut todella raju, keskimäärin 10 % vuodessa. Sähkön hintakin on noussut keskimäärin yli 6 % vuodessa.

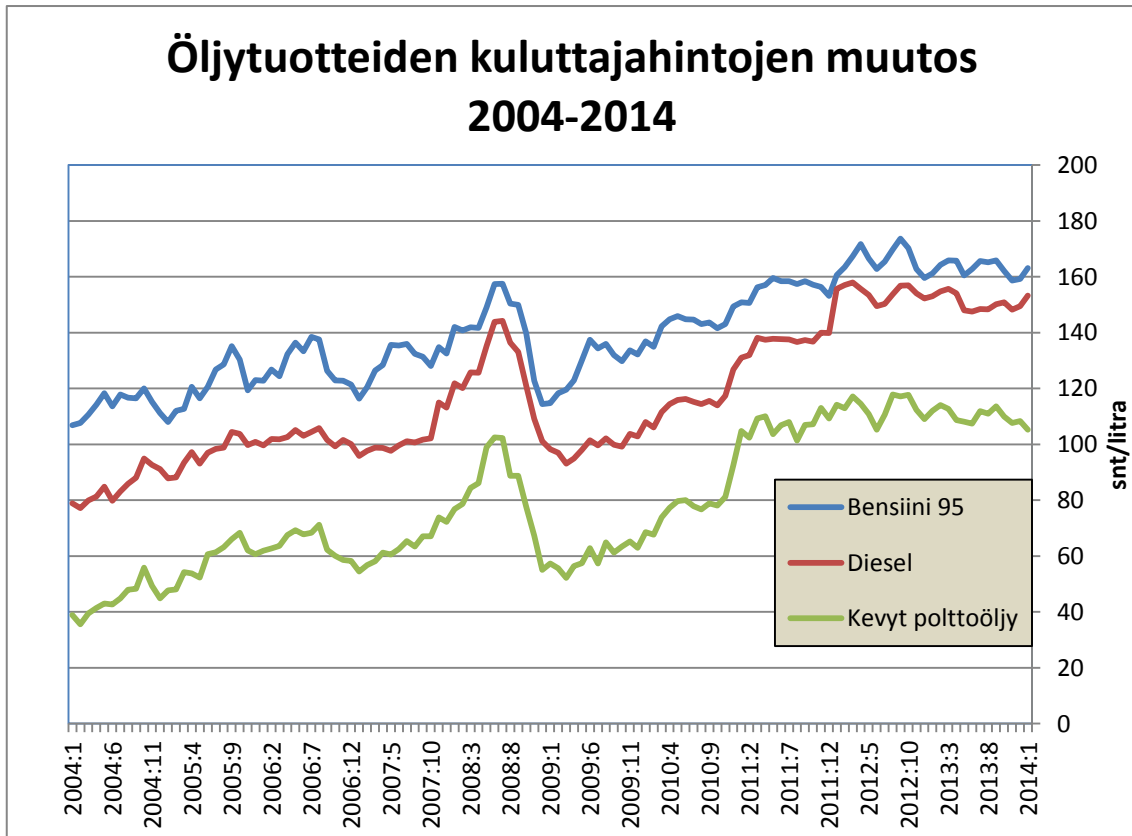
Taulukko 2. Lämmitysenergian hintakehitys 2000–2013 (Lehtinen 2013).

Lämmitysenergian hintakehitys 2000-2013				
	Hinta snt/kWh Tammikuu 2000	Hinta snt/kWh Tammikuu 2013	Hinnan nousu	Keskimääräinen hinnan nousu vuodessa
Öljy	3,6	11,2	214 %	10,0 %
Suora sähkö	6,4	12,8	100 %	6,0 %
Varaava sähkö	5,5	12,0	118 %	6,8 %

3 ÖLJYLÄMMITYS

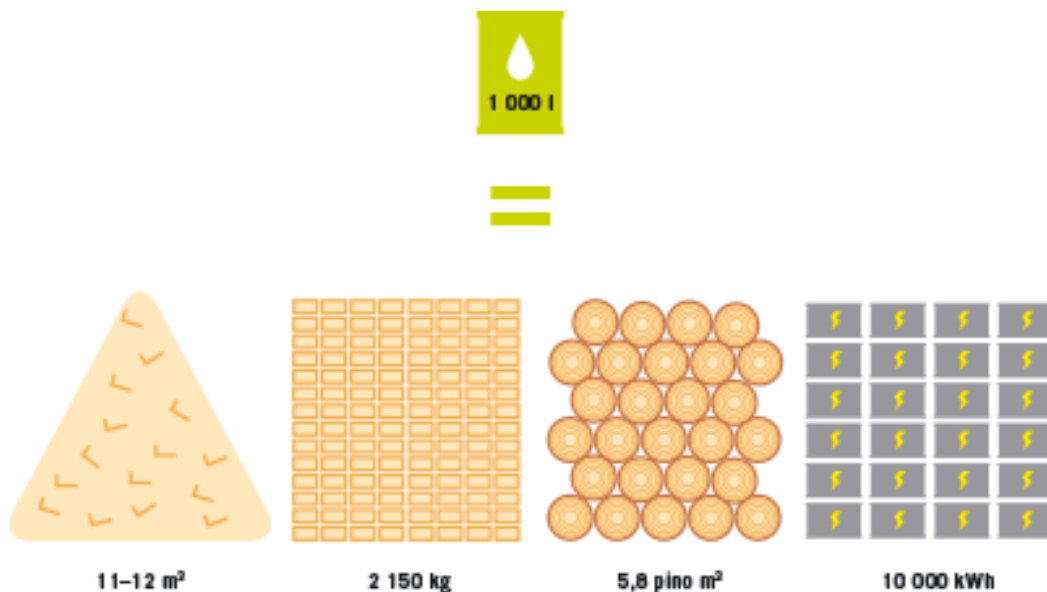
Suomessa lämmitetään öljyllä tällä hetkellä noin 200 000 pientaloa. Määrä vähenee vuosittain, koska vain pieni osa uudisrakentajista valitsee öljylämmityksen ja öljylämmitysjärjestelmien korjaajista 30–50 % luopuu öljylämmityksestä. Öljylämmitystalojen öljynkulutus on vuodessa noin 600 miljoonaa litraa, mikä vastaa 2 % Suomen kokonaisenergiankulutuksesta. Keskiwertotalo (150 m²) kuluttaa keskimäärin 2300 litraa öljyä vuodessa. (Öljyalan keskusliitto 2013)

Kevyen polttoöljyn hinta on lähes kolminkertaistunut viimeisten kymmenen vuoden aikana. Hinta on suurin syy vaihtaa pois öljylämmityksestä. Kuvasta 3 näemme öljytuotteiden kuluttajahintojen muutoksen viimeisen kymmenen vuoden aikana. Keskiwertotalon lämmityslasku on ollut vuonna 2004 noin 920 euroa. Vuoden 2014 lämpölaskuksi tulee tammikuun hinnalla noin 2400 euroa.



Kuva 3. Öljytuotteiden kuluttajahintojen muutos 2004–2014 (Öljyalan keskusliitto 2014).

Öljylämmitys on helppohoitoinen ja luotettava lämmitysmuoto, lämpöä riittää myös kovilla pakkasilla. Lämmitysöljyn lämpöarvo on korkea, 42,7 MJ/kg eli noin 10 kWh/litra, ja öljy palaa hyvällä hyötysuhteella. Nykyaikaisilla kattiloilla päästään jopa 95 %:n hyötysuhteeseen, vanhempien kattiloiden hyötysuhteet vaihtelevat 80–90 %:n välillä. Nestemäistä polttoainetta on myös kätevä siirtää ja varastoida. Kuvassa 4 on esitetty 1000 öljylitran energiasisältöä vastaavat puuhakkeen, pellettien, koivuhalkojen ja sähkön määrä. (Öljyalan keskusliitto 2013)



Kuva 4. Öljyn energiasisältö verrattuna puuhakkeeseen, puupelletteihin, koivuhalkoihin ja sähkөөn (Öljyalan palvelukeskus 2013).

3.1 Öljylämmitysjärjestelmä

Öljylämmitysjärjestelmä koostuu öljykattilasta, öljypolttimesta, savuhormista, säätölaitteista ja öljysäiliöstä. Polttoaineena käytetään lämmitysöljyä eli kevyttä polttoöljyä. Kiertovesipumppu siirtää lämmitetyn veden huoneisiin vesikiertoisella lämmönjakojärjestelmällä, eli patterilämmityksellä, lattialämmityksellä tai molemmilla. Järjestelmä tuottaa sekä huonetilojen lämmitykseen että lämpimän käyttöveden tuottamiseen tarvittavan energian, joten välttämättä erillistä lämminvesivaraajaa ei tarvita.

Öljykattilassa on mahdollisten häiriöiden varalta sähkövastukset, jolloin turvataan lämmön saanti myös häiriötilanteessa. (Neste Oil 2013.)

3.1.1 Kattila ja poltin

Kattila ja poltin muodostavat lämmöntuotantoyksikön, joka on öljykeskuslämmityksen ydin. Kattila-poltinyhdistelmä mitoitetaan kiinteistön lämmöntarpeen ja lämpimän käyttöveden kulutustarpeen perusteella. Nykyaikainen kattila on tehokas, hyvin lämpöeristetty ja tiivis. Sillä päästään yli 90 %:n hyötysuhteeseen. Savukaasujen poistolämpötila on 140-160 °C, jolla pyritään ehkäisemään savukaasun sisältämän veden ja rikkihapon kondensoituminen kattilan sisäpinnoille tai savuhormiin. Kuvassa 5 on esitetty öljykattila ja -poltin. (Neste Oil 2013; Öljyalan palvelukeskus 2013.)



Kuva 5. Öljykattila ja -poltin

Polttimen toiminta perustuu siihen, että nestemäinen öljy muutetaan hienojakoiseksi sumuksi. Näin saadaan aikaan palamisen kannalta mahdollisimman hyvä ilman ja öljyn seos. Nykyaikaisella öljypolttimella voi tavallisen kevyen polttoöljyn lisäksi polttaa myös biopolttoaineita. (Neste Oil 2013; Oilon Oy 2013.)

Polttimen pitää huolta vähintään joka toinen vuosi tai kun öljyä on poltettu 5000 litraa, riippuen siitä kumpi saavutetaan ensiksi. Huollossa polttimen suuttimet vaihdetaan ja liekinvalvojat ympäristöineen puhdistetaan. Kattila puhdistetaan vähintään kerran vuodessa, ja savuhormi nuohotaan vuosittain. (Öljyalan palvelukeskus 2013.)

Huollon yhteydessä tehdään savukaasuanalyysi, missä palamishyötysuhdetta eli kattilan ja polttimen suoritusarvoa mitataan. Analyysissä savukaasuista mitataan hiilidioksidi- tai happipitoisuus, poistumislämpötila kattilasta, häkäpitoisuus sekä otetaan nokikuva. Huoltoliikkeet tekevät analyysin aina huollon yhteydessä, ja huoltoliikkeillä on tarvittavat laitteet sen tekemiseksi. (Neste Oil 2013.)

3.1.2 Savuhormi

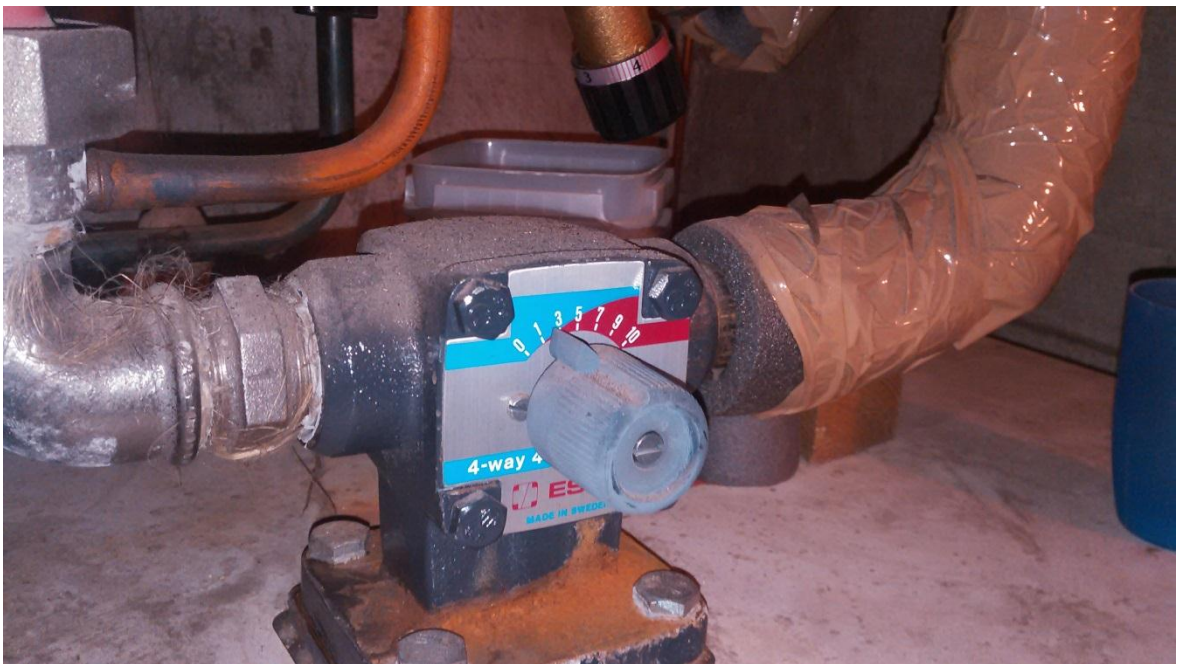
Palamisesta syntyneet savukaasut ohjataan savuhormia pitkin savupiippuun. Yleensä samassa savupiipussa on useita hormoneja. Polttimen seisontajakson aikana saattaa savuhormin sisälämpötila laskea, jolloin savukaasujen sisältämä rikki muodostaa kondensoituvan veden kanssa happoliuoksen, joka syövyttää savuhormia ja savupiippua. Suomessa käytettävä polttoaine sisältää vähän rikkiä, alle 0,1 %, mutta kuitenkin sen verran että ongelma on todellinen. Kondenssivesiongelmia voidaan ehkäistä varustamalla hormi syöpymättömällä sisäputkella. (Neste Oil 2013.)

3.1.3 Säätolaitteisto

Säätolaitteistoon kuuluu polttimen ohjausautomaattikka ja lämmitysverkon säätolaitteet. Polttimen ohjausautomaattikka koostuu kattilatermostaattista, liekinvalvojasta ja polttimen

releistöstä. Kattilaveden lämpötilan säädin eli kattilatermostaatti antaa polttimelle käynnistys- ja pysäytyskäskyt kattilan lämmöntarpeen mukaan. Liekin palamista vahtii liekinvalvoja, ja öljypolttimen releistö ohjaa polttimen käynnistystä ja pysäytystä ja lisäksi valvoo käytön turvallisuutta. (Neste Oil 2013.)

Lämmönsäätölaitteisto ohjaa kattilasta lähtevän menoveden lämpötilaa ulkoilman lämpötilan, sisätilan lämpötilan tai molempien mukaan. Menoveden lämpöä voidaan säätää myös käsin, kuten kuvasta 6 nähdään. Ulkoilman lämpötilan mukaan säädettäessä talon ulkoseinällä varjoisassa paikassa oleva lämpöanturi sekä menoveden lämpötilan lämpöanturi antavat lämpötilatiedon säätökeskukseen ja säätökeskus säätää menoveden lämpötilan sopivaksi sekoitusventtiiliä ohjaamalla. Sisätilan lämpötilan mukaan ohjattu säätöjärjestelmä ohjaa sekoitusventtiiliä sisätilassa olevan lämpötermostaatin mukaan. Säätökeskus voidaan varustaa myös kello-ohjauksella, jolloin esimerkiksi yöllä tai poissaoloaikana voidaan pudottaa lämpötilaa. (Neste Oil 2013.)



Kuva 6. Käsisäätöinen säätöventtiili

3.1.4 Öljysäiliö

Öljysäiliöt valmistetaan muovista tai teräksestä. Öljysäiliö on mahdollista sijoittaa joko sisätiloihin tai ulos. Ulkona oleva säiliö voidaan kaivaa maan alle tai pitää maan päällä. Sisätiloissa käytetään nykyisin yleensä muovisäiliöitä, jotka valmistetaan öljynkestävästä muovista. Muovisäiliöt kestävät jatkuvan kosketuksen veden kanssa, toisin kuin terässäiliöt, joiden ongelmana on syöpyminen. Esimerkiksi veden tiivistyminen säiliön pinnalle lämpötilojen vaihtelun takia voi aiheuttaa syöpmistä. Jos sisätiloissa olevan säiliön sijoittaa lämpimiin tai puolilämpimiin tiloihin, voi jatkuvasti käyttää kesälaatuista polttoainetta, jolloin kustannukset pienenevät. (Neste Oil 2013.)

4 MAALÄMPÖ

Maalämpö on maaperään, kallioon tai veteen varastoitunutta lämpöenergiaa. Maa- ja kallioperän pintaosiin sekä veteen varastoitunut lämpö on peräisin auringosta, syvemmällä kallioperässä lämpöenergia on pääosin geotermistä energiaa. (Juvonen & Lapinlampi 2013, 7.)

4.1 Maalämmön keruujärjestelmät

Lämpö saadaan talteen lämmönkeruuputkistoon liitetyllä lämpöpumpulla. Yleisin maalämmön talteenottomenetelmä on energiakaivoon asennettu lämmönkeruuputkisto. Lämpöä voidaan kerätä myös pintamaahan tai vesistöön asennetulla keruuputkistolla. (Motiva Oy 2012.)

Lämmönkeruuputkistossa kierrätetään jäätymätöntä nestettä, joka lämpenee muutaman asteen kierrettyään lämmönkeruuputkiston läpi. Neste siirtää lämpöenergian maasta tai vedestä rakennuksen ja käyttöveden lämmitykseen. On tärkeää mitoittaa keruuputkisto oikein, liian pieni keruuputkisto ei pysty tuottamaan tarpeeksi lämpöä. (Motiva Oy 2012.)

4.1.1 Energiakaivo

Energiakaivo on peruskallioon pystysuuntaan porattu reikä johon keruuputket asennetaan. Kaivosta voidaan käyttää myös termiä porakaivo tai lämpökaivo. Kalliopiirin lämpötila on tasainen ympäri vuoden, koska auringon vaikutus energiakaivoon on vähäistä. Oikein mitoitettuna kalliopiiri tuottaa lämpöpumpulle ympäri vuoden tasaisesti energiaa. Kuvassa 7 on esitetty energiakaivoon asennettu kalliopiiri. (Geoenergia.fi 2010.)

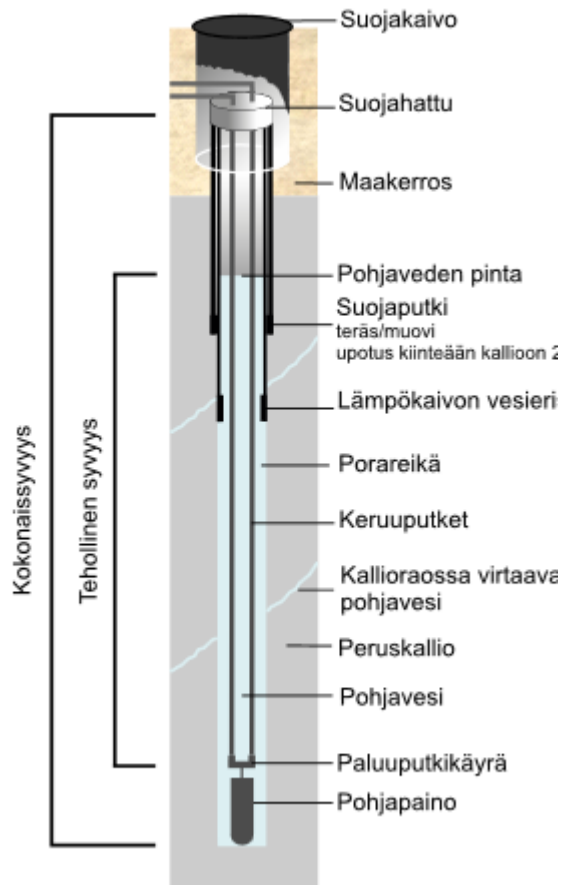


Kuva 7. Energiakaivo ja lämmönkeruuputkisto (Geoenergia.fi 2010).

Energiakaivo on yleisin tapa asentaa keruuputkisto. Se voidaan porata pienillekin tonteille. Pitää kuitenkin huomioida, että energiakaivon poraaminen vaatii aina maankäyttö- ja rakennuslain mukaisen toimenpideluvan. Energiakaivon syvyys vaihtelee 120–300 metrin välillä. Kaivon syvyyteen vaikuttavat rakennuksen lämmöntarve ja kaivon vedentuotto. Jos energiantarve on suuri, porataan useita kaivoja lähekkäin. Kaivon yläosaan asennetaan suojaputki, joka upotetaan 2-6 metrin matkalta kallioon. Näin estetään irtoaineksen pääsy reikään ja sitä kautta pohjaveteen. Lisäksi pitää estää hule- ja kuivatusvesien pääsy kaivoon, tämä tehdään vesieristämällä kaivo vähintään 6 metrin syvyyteen maanpinnasta. Pohjavesialueella eristysputki asennetaan teräksistä suojaputkea syvemmälle. (Juvonen & Lapinlampi 2013, 33-35.)

Kuvassa 8 on kuvattu energiakaivon rakenteet. Kaivo täyttyy tavallisesti itseksensä vedellä muutamassa päivässä porauksesta pohjavesivirtauksista tai kallion ruhjeiden takia. Ellei se täyty itsestään, joudutaan porareikä täyttämään vedellä, koska vesi toimii lämmönsiirtonesteinä kallion ja keruuputken välillä. Tällöin tulee varmistaa mille tasolle veden pinta asettuu täytön jälkeen ja miten se vaikuttaa teholliseen syvyyteen. Tehollisella

syvyydellä tarkoitetaan, kuten kuvasta 8 nähdään, keruuputken vedessä olevaa osuutta. (Geoenergia.fi 2010; Juvonen & Lapinlampi 2013, 33-35.)



Kuva 8. Energiakaivon rakenne (Juvonen & Lapinlampi, 2013).

Pohjapainoa tarvitaan keruuputkiston laskemiseen ja sen pitämiseen kaivon pohjalla, koska muoviputken ja lämmönkeruunesteen tiheys on vettä pienempi. Ilman pohjapainoa keruuputkisto nousisi kaivon pintaan. Energiakaivo on suljettu keruupiiri. (Juvonen & Lapinlampi 2013, 33.)

4.1.2 Maaperä

Maaperään asennettava keruuputkisto on peltoon tai vastaavaan sopivaan paikkaan kaivettu vaakasuuntainen putkiverkosto, jossa lämmönkeruuneste kiertää. Maaperään

asennettu keruuputkisto on vastaavalla tavalla suljettu keruupiiri kuin energiakaivo. Kuvassa 9 on kuvattu maaperään asennettu keruuputkisto. (Geoenergia.fi 2010.)



Kuva 9. Maaperään asennettu keruuputkisto (Geoenergia.fi 2010).

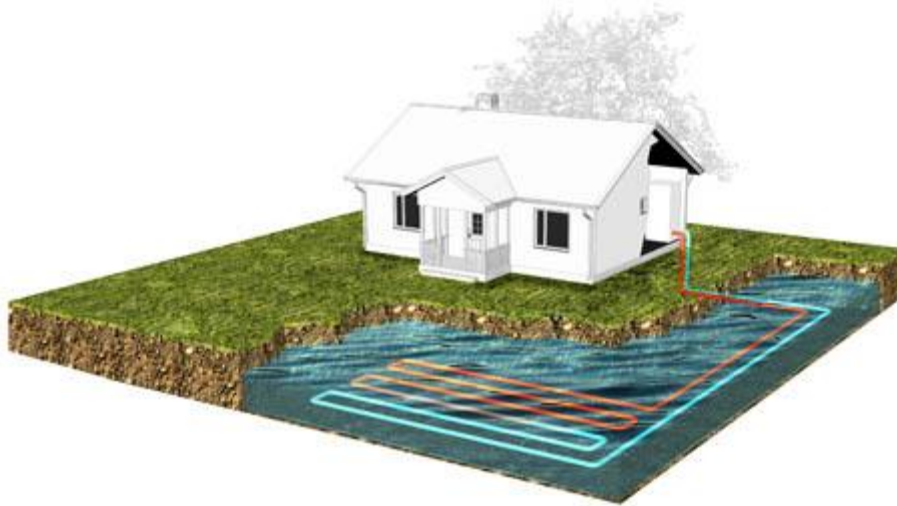
Vaakaputkisto asennetaan noin metrin syvyyteen, yleensä vähintään 1,5 metrin välein. Keruuputkea tarvitaan 1–2 metriä rakennuskuutiota kohden. Yksi metri keruuputkea vie tonttimaata noin 1,5 m² riippuen maaperän laadusta. Pintamaan ja sitä kautta myös lämmönkeruunesteen lämpötila vaihtelee enemmän kuin energiakaivossa, vaihtelu on noin 10 astetta. (Juvonen & Lapinlampi 2013, 8.)

Maaperään asennettu vaakaputkisto on edullisempi kuin energiakaivo, jos oma tontti on vain riittävän suuri. Paras maaperä lämmönsiirtymiseen on kostea savimaa. Kivinen maaperä on haasteellinen sillä roudan liikuttamat kivet saattavat vaurioittaa putkistoa. (Juvonen & Lapinlampi 2013, 8.)

4.1.3 Vesistö

Lämmönkeruuputkisto voidaan asentaa myös vesistöön. Putket asennetaan järven pohjaan tai pohjamutaan riittävän syvälle ja kiinnitetään pohjapainoilla. Keruuputkistolle sopiva

ranta on vähintään 2 metriä syvä jo lähellä rantaviivaa. Kuvassa 10 on kuvattu vesistöön asennettu keruuputkisto. (Geoenergia.fi 2010.)



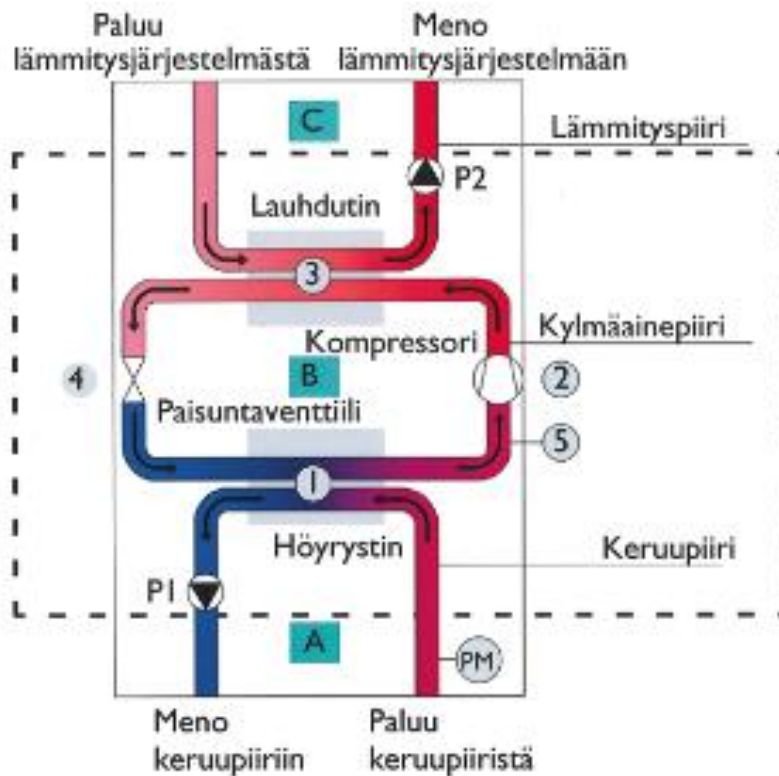
Kuva 10. Vesistöön asennettu keruuputkisto (Geoenergia.fi 2010).

Vedestä tuleva putki pitää lämpöeristää rantaviivasta rakennukseen saakka, etteivät putket jäädy kiinni jääpeitteeseen ja vaurioidu. Keruuputkisto kannattaa merkitä selkeästi, sillä esimerkiksi veneen ankkurointi voi vaurioittaa putkia. (Juvonen & Lapinlampi 2013, 9.)

4.2 Maalämpöpumppu

Maalämpöpumppu siirtää sähköenergian avulla maaperästä, kalliosta tai vesistöstä kerätyn lämpöenergian rakennusten käyttöön. Lämpöpumpun keskeiset osat ovat kompressori, paisuntaventtiili, höyrystin ja lauhdutin. Kuvassa 11 on esitetty lämpöpumpun toimintaperiaate. Keruupiiristä (A) tuleva muutaman asteen lämmennyt lämmönsiirtoneste lämmittää höyrystimessä (1) kulkevaa kylmäainepiiriin (B) kylmäainetta joka höyrystyy. Kompressori (2) imee höyrystyneen kylmäaineen ja puristaa sen sähköenergian avulla, jolloin kylmäaineen paine ja lämpötila nousee. Kuuma kaasumainen kylmäaine luovuttaa lämmön lauhduttimessa (3) lämmityspiiriin (C). Lämmityspiirin pumppu (P2) pumppaa lämminneen veden patteriverkostoon. Lauhduttimesta osittain lauhtunut kylmäaine menee paisuntaventtiilille (4), missä sen lämpötila laskee ja se lauhtuu kylmäiseksi nesteeksi ja on

taas valmis uuteen kierrokseen. Vuodonilmaisimena (5) toimii laitteen matalapainekeytkin. Jos lämmönkeruunesteen määrä tai kierto ei ole riittävä, kytkin sammuttaa kompressorin ja keruupiirin pumpun (P1). Vuodonilmaisimena voi toimia myös keruuputkistoon kytketty painemittari (PM). (Juvonen & Lapinlampi 2013, 12.)



Kuva 11. Lämpöpumpun toimintaperiaate (Juvonen & Lapinlampi 2013, 12)

Lämpöpumpun tehokkuutta kuvataan COP-kertoimen avulla. COP tulee englanninkielestä coefficient of performance, suomennettuna lämpö- tai tehokerroin. Se kertoo kuinka paljon pumppu tuottaa lämpöä verrattuna käyttämäänsä sähköenergiaan. Lämpökerroin vaihtelee hieman riippuen esimerkiksi vuodenajasta mutta tyypillinen vuositasen keskiarvo on noin kolme. Esimerkiksi kertoimella kolme pumppu kuluttaa 1 kWh:n sähkön tuottaessaan 3 kWh lämpöä. (Juvonen & Lapinlampi 2013, 31)

4.3 Ilmasta-veteen lämpöpumppu

Joissain tilanteissa, esimerkiksi maaperän laadusta johtuen, ei voida porata energiakaivoa eikä kaivaa vaakaputkistoa. Tällöin ilma-vesilämpöpumppu on hyvä ratkaisu. Se on uusin lämpöpumpputekniikkaa hyödyntävä lämmitysratkaisu. Nimensä mukaisesti ilma-vesilämpöpumppu ottaa ulkoilmasta lämmitysenergiaa ja siirtää sen vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. (Motiva Oy 2013b.)

Ilma-vesilämpöpumpun haaste on tehon lasku pakkasella, koska ulkolämpötilan laskiessa saatavan lämmitysenergian määrä vähenee ja hyötysuhde huononee. Sillä voidaan kyllä hoitaa koko talon lämmitystarve, mutta kylmimpiä päiviä varten se tarvitsee varajärjestelmän. Varajärjestelmä tulee mitoittaa talon täydelle lämmitystarpeelle ja se hoidetaan useimmiten lämpöpumpun omilla sähkövastuksilla. (Motiva Oy 2013b.)

5 ESIMERKKIKOHDE

Käytän tässä työssä esimerkkikohteena appivanhempieni taloa, joka on vuonna 1964 rakennettu omakotitalo. Talo on alun perin lämminnyt puulla. Kellarissa on ollut puukattila, jolla on lämmitetty vettä erilliseen varaajaan. Varaajasta on kierrätetty sekä pattereissa kiertävä vesi että lämmin käyttövesi. Varaajassa on lisäksi ollut erilliset sähkövastukset.

Kun appivanhempani hankkivat talon vuonna 1998, he vaihtoivat puukattilan tilalle öljykattilan. Samalla myös varaaja poistettiin, sillä öljykattilan vesitilavuus on riittävä. Saneeraus oli helppo, koska vesikierto oli jo valmiina. Lämmityspatterit ja putket jätettiin paikoilleen, mutta käyttövesiputket uusittiin öljykattilan vaihdon yhteydessä.

Taloon on tehty vuonna 2007 energiatehokkuutta parantava remontti. Ulkoseinän mineriittilevyt purettiin pois ja tilalle asennettiin tuulensuojalevyt sekä ulkoverhouspaneelit. Samalla vaihdettiin myös ikkunat kolminkertaisiksi.

Talo on pinta-alaltaan 156 m². Tosin öljylämmityksellä lämpiää 130 m², koska kaksi huonetta on jälkikäteen remontoitu kylmätiloista asuinkäyttöön ja ne lämmitetään sähköpattereilla. Öljylämmityksellä lämmitettävä tilavuus on 299 m³. Öljynkulutus on keskimäärin tasan 2000 litraa vuodessa. Talvella lämmitetään myös jonkin verran puilla, talossa on sekä takka että leivinuuni. Sähköä kuluu vuosittain noin 10000 kWh ja vettä 194 m³.

5.1 Energiankulutus

Käytetään öljypolton hyötysuhteena 0,81 (Ympäristöministeriö 2013, 13). Kevyen polttoöljyn energiasisältö on 10 kWh/litra. Näin öljystä saatavaksi lämmitysenergian määräksi vuodessa saadaan

$$0,81 \cdot 10 \frac{kWh}{l} \cdot 2000 l = 16200 kWh$$

Puun poltosta saatava lämmitysenergia on arviolta 1500 kWh/a. Näin talon lämmitysenergian kulutus on 17700 kWh/a. Sähköä kuluu vuodessa 10676 kWh joten kokonaisenergiankulutukseksi saadaan 28376 kWh/a. Kun kokonaisenergiankulutus jaetaan talon nettoalalla, saadaan ominaisenergiankulutukseksi 181,9 kWh/m². Ympäristöministeriön energiatodistuksen laskentaohjeen mukaan talon energialuokaksi tulee D. Tosin energiatodistusta ei lasketa kulutuksen mukaan, vaan talon rakenteiden ominaisuuksien perusteella, mutta tulosta voidaan pitää kuitenkin suuntaa-antavana. (Ympäristöministeriö 2013, 18.)

6 ÖLJYLÄMMITYKSEN KORVAAMINEN MAALÄMMÖLLÄ

Lämmitysjärjestelmän vaihto kannattaa suunnitella huolellisesti. Perusedellytys maalämmölle on vesikiertoinen lämmönjako, öljylämmitystaloissa se on jo valmiina. Maalämpöpumppu ei välttämättä vaadi erillistä teknistä tilaa, mutta sellainen on suositeltava. Öljylämmitystaloissa useimmiten vanha öljykattila puretaan pois ja sen tilalle asennetaan maalämpöpumppu. Joskus kattila voidaan jättää maalämpöpumpun rinnalle varajärjestelmäksi. Maalämpöjärjestelmän asentaminen vaatii toimenpideluvan. Huomioonotettavia asioita ovat myös lämpöpumpun mitoitus, muut tarvittavat luvat sekä energiakaivon tai keruuputkiston asennusta rajoittavat tekijät. (Juvonen & Lapinlampi 2013, 22-31.)

6.1 Maalämpöjärjestelmän suunnittelu ja mitoitus

Maalämpöjärjestelmään siirtyminen alkaa selvityksestä, onko maalämmön rakentaminen ylipäänsä mahdollista kiinteistöön. Esimerkiksi rakennuksen sijainti pohjavesialueella voi olla esteenä. Tietoa voi kysyä kunnan rakennusvalvonnasta ja ympäristönsuojeluviranomaiselta. Naapureiden kanssa kannattaa keskustella hankkeesta ja kysellä mahdollisia kokemuksia, jos heillä on jo maalämpö. (Juvonen & Lapinlampi 2013, 23-25.)

Maalämpöjärjestelmän suunnittelu ja mitoitus kannattaa jättää asiantuntijalle. Suunnittelija pitää ilmoittaa toimenpidelupahakemuksessa ja rakennusvalvontaviranomainen voi ottaa kantaa suunnittelijan pätevyyteen. (Juvonen & Lapinlampi 2013, 30-32.) Suunnittelu alkaa aina rakennuksen perustiedoista, jotta saataisiin selville rakennuksen lämmöntarve. Jos rakennukselle on olemassa energiatodistus, voidaan siitä katsoa suoraan talon ominaisenergiankulutus, ja mitoittaa maalämpöjärjestelmä sen mukaan. Yleensä vanhempiin taloihin ei ole tehty energiatodistusta, jolloin mitoitus tehdään joko olemassa olevien kulutustietojen tai kiinteistön perustietojen mukaan. Öljylämmitystaloissa tarkka öljynkulutustieto on tärkeä, koska sen avulla voi laskea suoraan, paljonko maalämmöllä

tarvitsee tuottaa lämpöenergiaa. Mitoitus onnistuu myös ilman tarkkoja kulutuslukemia, jolloin käytetään talon ominaisuuksien keskimääräisiä arvoja. Mitä epätarkemmat lähtötiedot ovat, sitä suurempi riski on väärän kokoisen pumpun mitoitus. (Kemiläinen, haastattelu 9.10.2013)

Suunnittelija käyttää mitoituksessa yleensä lämpöpumpputoimittajan tarjoamaa mitoitusohjelmaa. Kun rakennuksen lämmöntarve on selvillä, valitaan kooltaan sopiva lämpöpumppu. Pumppu voi olla osa- tai täystehoinen. Lisäksi mitoitetaan maalämpöjärjestelmän eri osat, keruuputkiston pituus ja määrä, energiakaivojen lukumäärä ja porausreiän syvyys. Jos rakennuksessa on patterilämmitys, on tärkeää valita sellainen lämpöpumppu, joka pystyy tuottamaan riittävän kuumaa vettä patteriverkkoon. Lattialämmitykseen riittää useimmiten noin 40 °C menovesi mutta patteriverkko saattaa vaatia kovimmilla pakkasilla yli 60 °C lämpötiloja. Lattialämmitys on maalämpöpumpulle parempi, koska tarvittava menoveden lämpötila on alhaisempi ja siten myös maalämpöpumpun hyötysuhde on parempi. (Juvonen & Lapinlampi 2013, 30-32.)

Patterilämmitystaloissa päästään myös melko hyviin hyötysuhteisiin, jos patteriverkon kapasiteetti on riittävä. Tein esimerkkikohteessa mittauksen melko kylmänä pakkaspäivänä 21.1.2014. Patteriverkon menolämpötila oli noin 45 astetta, kun ulkona oli -13 °C pakkasta, joten patteriverkko riittää hyvin, jos tilalle vaihdetaan maalämpö.

On tärkeä mitoittaa maalämpöjärjestelmä oikein. Liian pieneksi mitoitettu järjestelmä tuottaa ison osan lämmöstä sähköllä, jolloin käyttökustannukset nousevat. Ylimoitettu järjestelmä on taas investointikustannuksiltaan kallis ja maalämpöpumppu käy vain lyhyitä jaksoja kerrallaan, jolloin pumppu ei saavuta parasta hyötysuhdealuetta. Tämä kuluttaa pumppua ja lisää energiankulutusta. Siksi maalämpöjärjestelmä kannattaa mitoittaa osatehoiseksi. Tällöin esimerkiksi 80 % tehopeitto riittää kattamaan 99 % vuotuisesta lämmitysenergian tarpeesta. Huippupakkasella 20 % tehon tarpeesta tuotetaan lisävastuksilla. Vastusten kuluttaman sähköenergian kustannukset ovat ainoastaan muutamia kymmeniä euroja. Osatehmitoituksella säästetään investointikustannuksissa ja pumppu käy pidempiä jaksoja kerrallaan paremmalla hyötysuhteella, joten se on

energiataloudellisesti järkevämpää. Täystehomitoitettu maalämpöpumppu on järkevä ainoastaan silloin, kun käytetään invertteriohjausta maalämpöpumpun kompressorin tehon säätöön. (Senera Oy 2014.)

6.2 Tarvittavat luvat

Maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999, 126 a §) mukaan tarvitaan toimenpidelupa, jos olemassa oleva lämmitysjärjestelmä halutaan vaihtaa maalämpöön. Lupa tarvitaan sekä energiakaivon poraamiseen että lämmönkeruuputkiston asentamiseen. Myös energiakaivon tai keruuputkiston käyttö lisälämmönlähteenä vaatii toimenpideluvan. Toimenpidelupa haetaan kunnan rakennusvalvontaviranomaiselta. Lappeenrannan kaupunki on määrännyt maalämmön toimenpideluvan hinnaksi 163 euroa. (Lappeenrannan kaupunki 2014.)

Jos kohde sijaitsee pohjavesialueella, tarvitaan lisäksi vesilain (587/2011, 3:2 §) mukainen lupa. Lupa haetaan aluehallintovirastolta, Lappeenrannan alueen luvat haetaan Etelä-Suomen aluehallintovirastolta. Aluehallintovirasto antaa tarkemmat ohjeet hakijalle, mitä tietoja selvityksiä ja asiakirjoja lupahakemuksen tulee sisältää. (Juvonen & Lapinlampi 2013, 27-30.)

6.3 Energiakaivon ja maapiirin sijoitus

Energiakaivon paikan suunnittelussa tulee huomioida lähistöllä olevat muut energiakaivot, talousvesikaivot, etäisyys rakennuksista, rakennusten sijoittuminen ja kiinteistön rajat. Suositeltavat minimietäisyydet eri kohteisiin on esitetty taulukossa 4. Sopivat etäisyydet voivat vaihdella porareiän kaltevuuskulmasta, pohjaveden virtausolosuhteista ja maaperästä riippuen. (Juvonen & Lapinlampi 2013, 24-25.)

Taulukko 3. Energiakaivon porareian suositeltavat minimietäisyydet eri kohteisiin (Juvonen & Lapinlampi 2013, 25).

Kohde	Suosittelu minimietäisyys
Energiakaivo	15 m*
Lämpöputket ja kaukolämpöjohdot	3 m**
Kallioporakaivo	40 m
Rengaskaivo	20 m
Rakennus	3 m
Kiinteistön raja	7,5 m*
Kiinteistökohtaisen jätevedenpuhdistamon purkupaikka	Kaikki jätevedet 30 m, Harmaat vedet 20 m ⁽¹⁴⁾
Viemärit ja vesijohdot	3 m (omat putket)-5 m (muiden putket)**
Tunnelit ja luolat	25 m, etäisyys selvitetään tapauskohtaisesti

* porareian ollessa pystysuora

** etäisyys riippuu maaperän laadusta, kaivussyvyydestä ja kaivantoon sijoitettavista putkista

6.4 Vaihtoprosessi

Maalämpöjärjestelmiä myyvät yritykset hoitavat lämmitysjärjestelmän vaihdon yleensä avaimet käteen -periaatteella. Kokonaishinta muodostuu mitoituksesta, laitteista, asennuksesta ja energiakaivon porauksesta. Myös vanhan öljykattilan purku ja poisvienti kuuluu hintaan. Asiakkaan tarvitsee vain antaa kiinteistön perustiedot suunnittelijalle, huolehtia toimenpideluvan hakemisesta ja huolehtia että energiakaivon sijoituksen vaatimukset täyttyvät. Usein maalämpöyritykset auttavat asiakasta toimenpideluvan hakemisessa. Asennukseen kuuluvat vanhan laitteiston purku ja poisvienti, uusien laitteiden tuonti sisään sekä tarvittavat putki- ja sähköasennukset. (Kemiläinen, haastattelu 9.10.2013)

7 TALOUSLASKELMA

Suurin syy vaihtaa lämmitysjärjestelmää on lämmityskustannusten pienentäminen. Tässä lasketaan lämmitysjärjestelmän vaihtokustannukset, kun vaihdetaan öljylämmityksestä maalämpöön. Lisäksi lasketaan syntyvät säästöt ja takaisinmaksuaika. Lopuksi arvioidaan vielä vaihdon kannattavuutta erilaisilla hintakehitysarvioilla sekä energiakaivon porauksen aiheuttamalla mahdollisella lisäkustannuksella..

Maalämpöjärjestelmiä myyviä yrityksiä on nykyisin paljon. Kilpailuttaminen on helppoa ja tarjouksia kannattaa ottaa useammasta firmasta. Samoilla lähtötiedoilla tehtyjä tarjouksia on yleensä helppo vertailla keskenään. Pyysin tätä kandidaatintyötä varten tarjoukset kolmelta Lappeenrantalaiselta yritykseltä, E-K Lämpötalolta, Takuulämpö Oy:ltä ja Kaakkois-Suomen Lämpö Oy:ltä.

7.1 Investointikustannus

Investoinnin hinta koostuu maalämpöpumpusta, energiakaivon porauksesta ja laitteiston asennuksesta. Tässä esimerkkitapauksessa tontti on sen verran pieni, että maapiirin asennus ei onnistu, joten laskenta tehdään energiakaivon porauskustannusten kanssa.

Halvin tarjous tuli Kaakkois-Suomen Lämpö Oy:ltä. He myyvät IVT:n lämpöpumppuja, ja mitoittivat annettujen perustietojen perusteella tähän kohteeseen 5,5 kW:n pumpun. Lämpöpumpun hinnaksi tulee erillisen varaajan kanssa 8400 €, energiakaivon porauksen hinnaksi 4000 € ja asennuksen 3000 €. Lisäksi patterijärjestelmään suositellaan puskurisäiliötä, sen hinnaksi tulee 500 €. Yhteensä investointikustannukseksi tulee 15900 €.

Investointikustannuksissa huomioidaan kotitalousvähennys. Lämmitysjärjestelmän vaihtaminen on kotitalousvähennykseen oikeuttavaa työtä. Kotitalousvähennyksen saa työn kustannuksista eli maalämmön kohdalla energiakaivon poraus ja laitteiston asennus ovat

vähennykseen oikeuttavaa työtä. Kotitalousvähennyksenä voi vähentää 15 % maksetusta palkasta tai 45 % ennakoperintärekisteriin kuuluvalle yrittäjälle tai yritykselle maksetusta työkorvauksesta. Enimmillään kotitalousvähennystä saa 2400 euroa henkilöä kohden, samassa taloudessa asuva pariskunta voi siis saada 4800 euroa. Omavastuuosuus on 100 euroa henkilöltä. Kotitalousvähennys vähennetään maksettavista veroista, joten vähennyksestä saa suoran rahallisen hyödyn. (Verohallinto 2013; Lehtinen 2013)

Koska asennuksen hinnaksi tulisi 3000 € ja energiakaivon porauksen hinnaksi 4000 €, on kotitalousvähennykseen oikeuttavan työn osuus 7000 €. Kotitalousvähennyksen summaksi saadaan

$$7000\text{€} \cdot 0,45 - 200\text{€} = 2950 \text{ €}$$

Näin laskelmalliseksi investointikustannukseksi tulee

$$15900 \text{ €} - 2950 \text{ €} = 12950 \text{ €}$$

Investointikustannuksissa tulee myös huomioida energiakaivon porauksen mahdollinen lisäkustannus. Sopimukseen kuuluu yleensä 3 tai 6 metriä pehmeään maan porausta. Jos kallio on syvemmällä, porausyhtiö laskuttaa 69 €/metri. Tämä voi aiheuttaa yllättävän lisäkustannuksen. Porauksen aiheuttamaa lisäkustannusta tarkastellaan omassa kappaleessaan. (Kemiläinen, haastattelu 9.10.2013)

7.2 Säästö ja takaisinmaksuaika

Öljyn hinta tammikuussa 2014 oli 105,2 snt/litra (Öljyalan keskusliitto 2014). Öljyn kulutus vuodessa on 2000 litraa joten lämmityskustannukset vuodessa ovat

$$2000 \text{ l} \cdot 1,052 \frac{\text{€}}{\text{l}} = 2104 \text{ €}$$

Kappaleessa 5.1 oli laskettu öljystä saatavaksi lämpöenergian määräksi 16200 kWh/a. Kun tämä korvataan maalämpöpumpulla, joka toimii hyötysuhteella 3,0, saadaan maalämpöpumpun kuluttamaksi energiaksi

$$\frac{16200 \text{ kWh}}{3,0} = 5400 \text{ kWh}$$

Sähkön kokonaishinta Lappeenrannan Energian alueella oli tammikuussa 2014 13,30 snt/kWh (Lappeenrannan Energia Oy 2014). Maalämpöpumpun käyttämän sähkön kustannukseksi saadaan

$$5400 \text{ kWh} \cdot 0,133 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 718 \text{ €}$$

Huoltokustannuksia ei oteta tässä laskelmassa huomioon, koska molemmat lämmitysjärjestelmät tarvitsevat vain vähän huoltoa ja huolto maksaa vain kymmeniä euroja vuodessa.

Maalämpö säästää vuosittain

$$2104 \text{ €} - 718 \text{ €} = 1386 \text{ €}$$

7.2.1 Takaisinmaksuaika ilman lainaa

Lasketaan takaisinmaksuaika tilanteessa, että on käytettävissä sen verran säästöjä, ettei tarvitse ottaa lainaa. Investointi kuoletetaan vuosittaisista säästöistä saatavalla summalla. Investointikustannus on 12950 € ja vuosittainen säästö 1386 €. Koroton takaisinmaksuaika lasketaan yhtälöllä 1.

$$a = \frac{S_t}{I} \quad (1)$$

missä

- a takaisinmaksuaika
- S_t vuosittainen säästö
- I investointikustannus

Korottomaksi takaisinmaksuajaksi saadaan

$$a = \frac{1227 \text{ €}}{12950 \text{ €}} = 9,3 \text{ vuotta}$$

Korollisessa takaisinmaksuajassa käytetään laskentakorkokantana 3,0 %.

Takaisinmaksuajaksi saadaan Excelin takaisinmaksufunktiolla laskettuna 11,1 vuotta.

7.2.2 Takaisinmaksuaika lainan kanssa

Maalämpöjärjestelmä on investointina suuri. Usein käytössä ei ole riittävästi säästöjä, jolloin joudutaan ottamaan lainaa. Lasketaan siten, että kotitalousvähennyksestä saatava hyöty ei ole lainanottohetkellä mukana, kuten olisi todellisessa tilanteessa. Laina maksetaan takaisin vuosittain kertyvillä säästöillä, eli vuosittainen lyhennys on 1386 €.

Investointikustannus on 15900 € ja laskentakorkokanta 3 %. Takaisinmaksuajaksi saadaan Excelin takaisinmaksufunktiolla 14,3 vuotta ja investoinnin kokonaishinnaksi 19817 €.

Jos kotitalousvähennys huomioidaan ja käytetään laskennallista investointikustannusta 12950 €, saadaan takaisinmaksuajaksi 11,1 vuotta ja investoinnin kokonaishinnaksi 15383 €.

7.3 Vaihdon kannattavuus erilaisilla hintakehityksillä

Edellisissä laskelmissa ei huomioitu hintojen nousua millään tavalla. Sekä öljyn että sähkön hinta kuitenkin muuttuu jatkuvasti. Kappaleessa 2.3 taulukossa 2 esitettiin öljylämmityksen ja sähkölämmityksen keskimääräiset vuotuiset hinnannousuprosentit. Öljylämmityksen hinta on noussut keskimäärin 10 % vuodessa ja sähkön hinta 6 % vuodessa.

Öljyn hintakehitystä on vaikea ennustaa, todennäköisesti hinta tulee nousemaan jatkossakin hetkellisestä hintojen tasaantumisesta huolimatta. Sähkön siirtohinnoille on tiedossa korotuspaine. Sähkömarkkinalain muutos 1.9.2013 velvoittaa sähköyhtiöt korjaamaan sähkökatkot taajamissa kuudessa tunnissa ja haja-asutusalueilla 36 tunnin kuluessa. Sähköyhtiöiden on täytettävä uudet velvoitteet 15 vuoden siirtymäajan kuluessa. Tämä tarkoittaa kuluttajan kannalta hintojen nousua.

Seuraavassa lasketaan lämmitysjärjestelmän vaihdon kannattavuutta erilaisilla hintakehitysarvioilla. Käytetään investointikustannuksena laskennallista investointikustannusta 12950 €. Investoinnin kuoletusaika on 15 vuotta ja laskentakorkokanta 3,0 %. Annuiteettimenetelmällä vuosittaisen maksun suuruudeksi tulee 1085 € ja investoinnin kokonaishinnaksi 16272 €.

7.3.1 Tuottolaskelma

Vuotuisen säästön määrä vaihtelee riippuen öljyn ja sähkön hinnan noususta. Alussa säästö on 1386 € vuodessa, kuten kappaleessa 7.1 laskettiin. Vuotuiset säästöt on diskontattu nykyhetkeen käyttäen laskentakorkokantana 3,0 %. Säästöjen nykyarvo lasketaan yhtälöllä 2.

$$NA_S = \sum_{t=1}^n \frac{S_t}{(1+i)^t} \quad (2)$$

missä

NA_S	säästöjen nykyarvo
S	säästö
t	vuosi
i	laskentakorko
n	investoinnin pitoaika vuosina

Taulukkoon 4 on laskettu vuosittaiset säästöt lämmityskuluissa, säästöjen nykyarvo ja investoinnin tuotto. Käytetään hinnankkehitysarviona viimeisen kymmenen vuoden aikana toteutunutta hintojen nousua, eli öljyn hinta nousee 10 % vuodessa ja sähkön hinta 6 % vuodessa.

Taulukko 4. Tuottolaskelma, kun öljyn hinta nousee 10 % vuodessa ja sähkön hinta 6 % vuodessa.

Vuosi	Säästö lämmityskuluissa	Säästöjen nykyarvo	Lainan lyhennys	Tuotto
1	1 386 €	1 345 €	1 085 €	261 €
2	1 553 €	1 464 €	1 085 €	379 €
3	1 739 €	1 591 €	1 085 €	507 €
4	1 945 €	1 728 €	1 085 €	643 €
5	2 174 €	1 875 €	1 085 €	790 €
6	2 427 €	2 033 €	1 085 €	948 €
7	2 709 €	2 202 €	1 085 €	1 118 €
8	3 020 €	2 384 €	1 085 €	1 299 €
9	3 365 €	2 579 €	1 085 €	1 495 €
10	3 748 €	2 789 €	1 085 €	1 704 €
11	4 171 €	3 013 €	1 085 €	1 928 €
12	4 640 €	3 254 €	1 085 €	2 169 €
13	5 158 €	3 512 €	1 085 €	2 428 €
14	5 732 €	3 789 €	1 085 €	2 705 €
15	6 366 €	4 086 €	1 085 €	3 001 €
	Yhteensä	37 647 €	16 272 €	21 375 €

Taulukosta 4 näemme, että investoinnille ehtii kertyä 15 vuoden aikana tuottoa 21375 €. Taulukkoon 5 on koottu erilaisilla hintakehitysarvioilla investoinnin tuotto ja laskelmallinen takaisinmaksuaika. Laskelmallinen takaisinmaksuaika lasketaan yhtälöllä 3. Laskelmallisessa takaisinmaksuajassa investointikustannus jaetaan syntyvien säästöjen nykyarvon keskiarvolla kuoletusaikana. Todellinen takaisinmaksuaika on 15 vuotta, koska lainaa lyhennetään vuosittain aina sama määrä, mutta laskennallisella takaisinmaksuajalla voidaan vertailla investointien kannattavuutta erilaisilla hintakehitysarvioilla.

$$a_{lask} = \frac{I_{kok}}{\left(\frac{NA_S}{n}\right)} \quad (3)$$

missä

a_{lask}	laskelmallinen takaisinmaksuaika
I_{kok}	investoinnin kokonaiskustannukset
NA_S	vuosittaisten säästöjen nykyarvo

n kuoletusaika

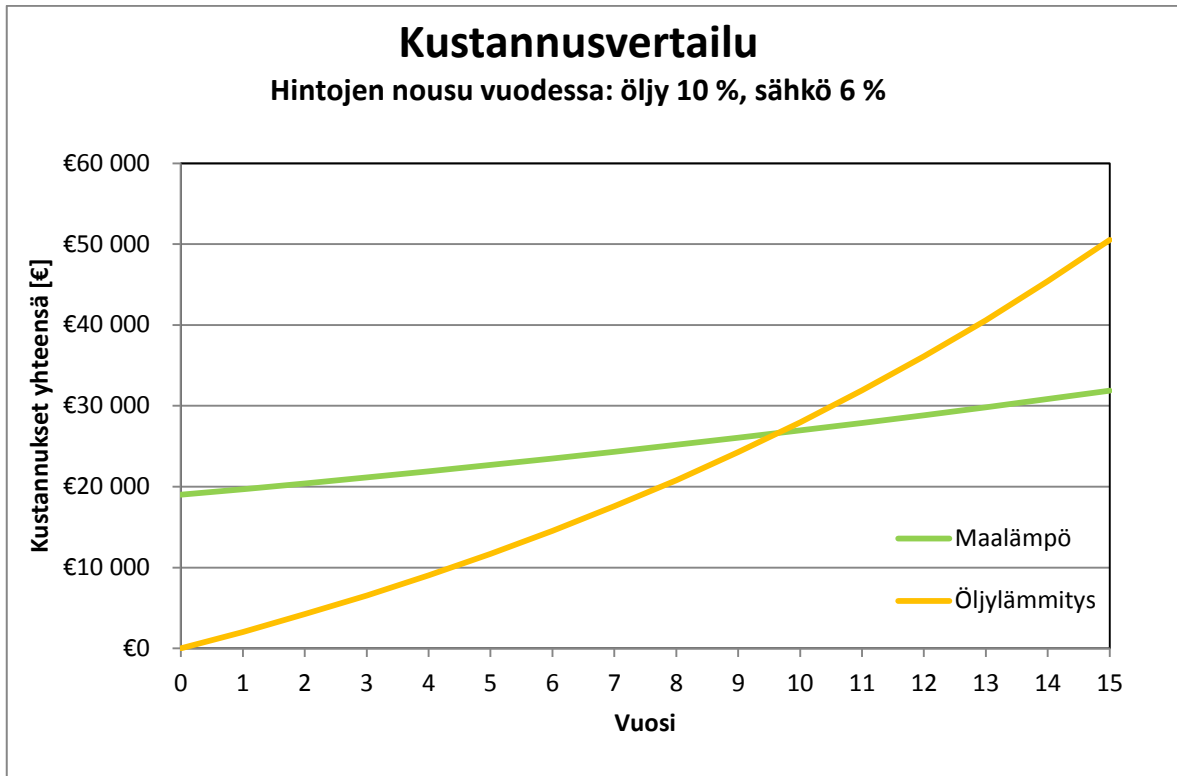
Taulukko 5. Investoinnin tuotto ja laskelmallinen takaisinmaksuaika erilaisilla hintakehitysarvioilla.

Hinnannousu vuodessa öljy/sähkö [%]	10/6	8/6	6/3	5/5	3/3	3/5
Säästöjen nykyarvo	37 647 €	30 713 €	27 291 €	23 170 €	20 182 €	18 633 €
Lainan kustannukset yht.	16 272 €	16 272 €	16 272 €	16 272 €	16 272 €	16 272 €
Tuotto	21 375 €	14 442 €	11 019 €	6 898 €	3 910 €	2 362 €
Laskelmallinen takaisinmaksuaika vuosina	6,5	7,9	8,9	10,5	12,1	13,1

Taulukosta 6 nähdään, että maalämpöinvestointi on kannattava kaikilla eri hintakehitysarvioilla. Viimeisessä vertailussa sähkön hinta kasvaa öljyn hintaa nopeammin, mutta silti 15 vuoden aikana investointi tuottaa vielä 2362 € voittoa ja säästöjen keskiarvolla laskettuna investointi maksaa itsensä reilussa 13 vuodessa takaisin.

7.3.2 Kustannusvertailu

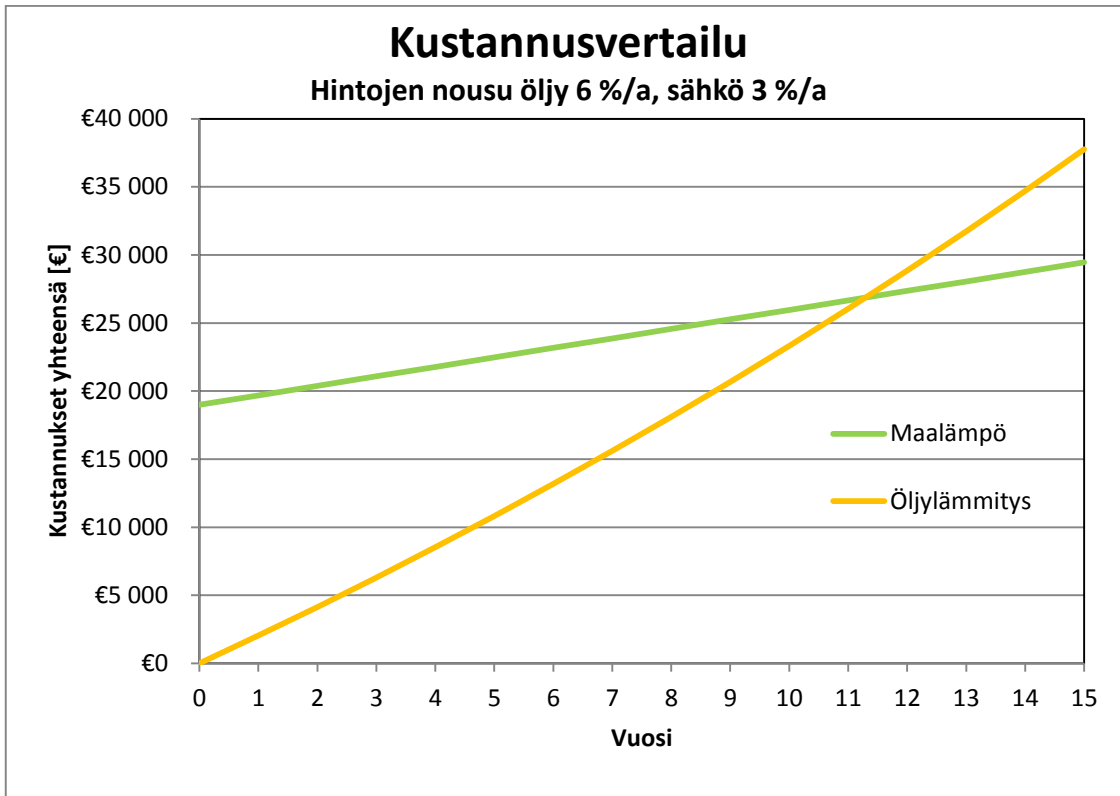
Seuraavassa esitetään kustannusvertailu erilaisilla hintakehitysarvioilla. Vuotuiset kustannukset on diskontattu nykyhetken yhtälön 2 mukaisesti. Maalämmön vuosikustannuksiin on lisätty alkuinvestointi 16272 €. Kaaviossa 2 arvioituun hintojen nousuun on käytetty öljylle 10 % vuodessa ja sähkölle 6 % vuodessa. Tarkka laskenta on esitetty liitteessä 1, kuvaan 12 on piirretty laskenta kuvaajien muotoon.



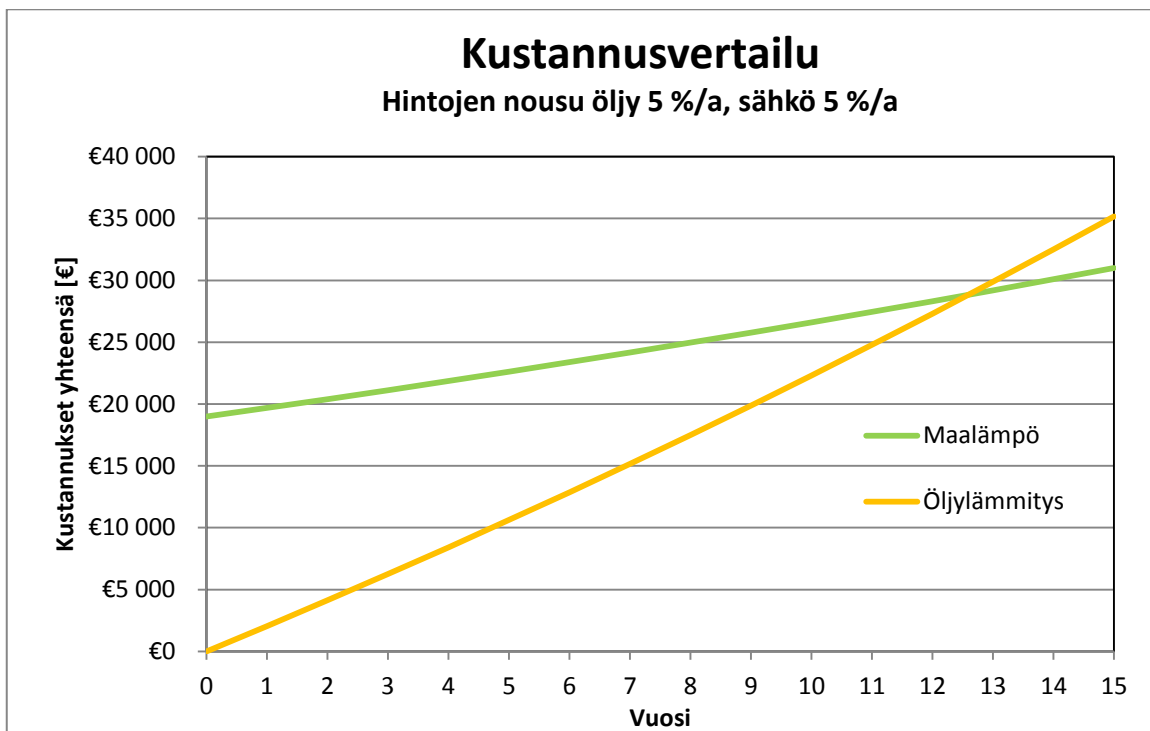
Kuva 12. Öljylämmityksen ja maalämmön kustannusvertailu, kun öljyn hinta nousee 10 % vuodessa, ja sähkön 6 % vuodessa

Kuvasta 12 huomataan, että maalämpö maksaa itsensä takaisin näillä hinnannousuarvioilla yhdeksässä vuodessa. Kuvasta nähdään myös sama asia, kuin taulukosta 5, että tuottoa ehtii 15 vuoden aikana kertymään yli 20000 €. Näillä hinnankehitysarvioilla investointi on kannattava ja tuottoisa.

Kuvassa 13 on tehty kustannusvertailu öljyn ja sähkön hinnan maltillisemmalle nousulle. Kuvassa 14 tehdyssä kustannusvertailussa molempien hinnat nousevat saman verran, 5 % vuodessa. Liitteessä 1 on itse kustannuslaskenta, ja kaaviot on piirretty laskennasta.



Kuva 13. Kustannusvertailu, kun öljyn hinta nousee 6 % vuodessa ja sähkön 3 % vuodessa.



Kuva 14. Kustannusvertailu, kun sekä öljyn että sähkön hinta nousee 5 % vuodessa.

Kuvasta 13 nähdään, että investointi maksaa itsensä takaisin noin 10 vuodessa, ja tuottoa ehtii kertymään yli 11000 €, jos öljyn hinta nousee 6 % vuodessa ja sähkön hinta 3 % vuodessa. Molempien hintojen noustessa tasaisesti 5 % vuodessa investointi maksaa itsensä takaisin noin 11 vuodessa ja tuottoa kertyy noin 7000 €, kuten kuvasta 14 huomataan.

7.4 Porauksen vaikutus kustannuksiin

Poraus kustannuksella voi olla yllättävän suuri vaikutus investointikustannukseen. Sopimukseen kuuluu tyypillisesti 3 tai 6 metriä pehmeän maan porausta. Jos kallio on syvemmällä, joutuu asiakas maksamaan porauksen kunnes kallio löytyy, poraus maksaa 69 euroa/metri. Kun suunnittelee energiakaivon porausta, kannattaa tutkia internetistä löytyvistä porauskartoista jo porattujen reikien tietoja.

Esimerkkikohteen alueella Joutsenossa pehmeän maan osuus vaihtelee erittäin paljon. Kohteesta 600 metriä pohjoiseen on pitänyt porata 53 metriä ennen kuin on päästy kalliioon, kun taas 650 metrin päässä koilliseen kallio on löytynyt jo kolmen metrin syvyydestä. (Rototec Oy 2014.)

Koska Joutsenossa kallion syvyys vaihtelee huomattavasti, on tärkeää tarkastella porauskustannusten vaikutus investointikustannuksiin. Taulukkoon 6 on koottu poraussyvyyden vaikutukset investointikustannuksiin ja takaisinmaksuaikoihin. Poraus kustannusta kompensoi hieman kotitalousvähennys, koska porauskustannus on työtä, jonka saa vähentää kotitalousvähennyksessä. Tässä laskelmassa hintojen vuosittaista nousua ei huomioida ja investointi maksetaan takaisin vuosittaisilla säästöillä. Säästö vuodessa on 1386 € ja laskentakorko 3,0 %.

Taulukko 6. Porauskustannusten vaikutus takaisinmaksu-aikaan

Etäisyys kallioon [m]	0	10	20	30	40	50	60
Investointikustannus	15 900 €	16 383 €	17 073 €	17 763 €	18 453 €	19 143 €	19 833 €
Kotitalousvähennys	2 950 €	3 167 €	3 478 €	3 788 €	4 099 €	4 409 €	4 720 €
Erotus	12 950 €	13 216 €	13 595 €	13 975 €	14 354 €	14 734 €	15 113 €
Koroton takaisinmaksuaika [a]	9,3	9,5	9,8	10,1	10,4	10,6	10,9
Korollinen takaisinmaksuaika [a]	11,1	11,4	11,8	12,2	12,6	13,0	13,4

Kuten taulukosta 6 nähdään, voi porauskustannuksella olla merkittävä vaikutus investoinnin kokonaiskustannukseen. Jos kävisi niin, että kallio löytyisi esimerkiksi vasta 50 metrin syvyydestä, mikä on ollut todellinen tilanne esimerkkitilanteen lähistöllä, tulee investointikustannukseen yli 3000 euroa ylimääräistä. Kotitalousvähennyksenkin jälkeen ylimääräistä maksettavaa jää lähes 2000 euroa ja takaisinmaksuaika pitenee miltei kahdella vuodella. On hyvä selvittää etukäteen oman tontin lähistöllä tehtyjen porausten perusteella millainen porauskustannus on odotettavissa, ettei jopa useamman tuhannen euron lisälasku tule yllätyksenä.

8 YHTEENVETO

Öljylämmitysjärjestelmän vaihtaminen maalämpöön on kannattava investointi. Vaikka investointi on kallis, noin 16000–20000 euroa, saadaan vuosittaisilla säästöillä investointi maksettua takaisin alle 15 vuodessa. Jos öljyn ja sähkön hinnat jatkavat nousuaan kuten tähänkin asti, ehtii tämän esimerkkikohteen lähtötiedoilla investoinnille kertyä tuottoa jo yli 20 000 euroa.

Lämmitysjärjestelmän vaihtaminen on helppoa. Maalämpöjärjestelmiä myyvät yritykset tarjoavat avaimet käteen -palvelua. Kokonaishintaan sisältyvät lämmitysjärjestelmän suunnittelu ja mitoitus, laitteisto, energiakaivon poraus ja asennukset. Yleensä myös vanhan öljykattilan purku ja poisvienti kuuluvat hintaan. Asiakkaan tehtäväksi jää toimenpideluvan hakeminen.

Maalämpöjärjestelmä edellyttää vesikiertoista lämmönjakoa. Öljylämmityskohteisiin lämmitysjärjestelmän vaihto on helppoa, koska vesikierto on valmiina. Lattialämmitystaloihin maalämpö sopii erinomaisesti, koska menoveden lämpötila on alhaisempi ja silloin maalämpöpumppu toimii paremmalla hyötysuhteella. Patteritaloissa on hyvä tehdä tarkastelu patteriverkon kapasiteetista ja menoveden lämpötilasta. Maalämpöpumput pystyvät tuottamaan melko hyvällä hyötysuhteella vielä noin 65 °C menovettä. Patterikapasiteetin ollessa riittävän suuri maalämpö sopii myös kohteisiin missä on patterilämmitys.

Esimerkkikohteen talo kuluttaa öljyä vuodessa keskimäärin 2000 litraa ja öljylämmityksen vuosikustannukset ovat 2104 €. Jos tilalle vaihdetaan maalämpö, säästöä kertyy vuosittain 1386 €. Laskennallinen investointikustannus on 12950 €. Tämä tarkoittaa 11,1 vuoden takaisinmaksuaikaa laskentakoron ollessa 3 %. Jos huomioidaan hintojen vuosittainen nousu ja käytetään 15 vuoden investoinnin kuoletusaikaa, ehtii tuottoa kertymään kuoletusaikana yli 20000 € hintojen kasvaessa samalla tavalla kuin tähän asti. Maltillisemmilla hintakehitysarvioilla tuottoa kertyy vähemmän, mutta 15 vuoden aikana investointi tuottaa voittoa, vaikka sähkö kallistuisi nopeammin kuin öljy. Tämä ei ole

todennäköinen vaihtoehto, vaan todennäköisesti hinnat jatkavat samanlaista kehitystä kuin tähänkin asti. Tällöin maalämmöstä tulee jatkuvasti kannattavampi vaihtoehto öljylämmityksen tilalle.

LÄHTEET

Energiatehokas koti. 2013. Perustietoa. [www-sivu] [viitattu 30.1.2014] Saatavissa:
http://www.energiatehokaskoti.fi/perustietoa/hyva_tietaa

Geoenergia.fi. 2010. Lämmön keruutapoja. [www-sivu] [viitattu 24.1.2014] Saatavissa:
http://www.geoenergia.fi/lammon_keruutapoja_fi.html

Juvonen, Janne & Lapinlampi, Toivo. 2013. Energiakaivo. [verkkajulkaisu] Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa. Ympäristöopas 2013. Ympäristöministeriö. Rakennetun ympäristön osasto. ISBN 978-952-11-4211-6 [viitattu 30.1.2013] Saatavissa:
https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40953/YO_2013.pdf?sequence=4

Kemiläinen, Kari. 2013. E-K Lämpöalo Oy. Lappeenranta, haastattelu tarjouspyynnön ohessa 9.10.2013.

Lappeenrannan Energia Oy. 2014. Sähköhinnasto. [www-sivu] [viitattu 31.1.2013] Saatavissa:
<http://www.lappeenrannanenergia.fi/tuotteet/hinnastot%20ja%20ehdot/sahkohinnasto/Sivut/default.aspx>

Lappeenrannan kaupunki. 2014. Rakennusvalvonnan maksut viranomaistehtävissä. [www-sivu] [viitattu 30.1.2014] Saatavissa: <http://www.lappeenranta.fi/loader.aspx?id=e17273f3-3be1-4e1b-88e0-a80e7a870bd9>

Lehtinen, Jari. 2013. Maalämmön kustannukset ja taloudelliset hyödyt. [verkkajulkaisu] Lämpövinkki Oy. [viitattu 31.1.2014] Saatavissa:
<http://www.lampovinkki.fi/DowebEasyCMS/Sivusto/Dokumentit/ladattavatoppaatjatyokalu/Maal%20A4mm%20B6n%20kustannukset%20pikaopas.pdf>

Motiva Oy. 2012. Lämpöä omasta maasta. [verkkojulkaisu] [viitattu 24.1.2014] Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/7965/Lampoa_omasta_maasta_Maalampopumput.pdf

Motiva Oy. 2013a. Koti ja asuminen, lämmönkulutus.[www-sivu] [viitattu 24.1.2014] Saatavissa: http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/mihin_energiaa_kuluu/lammonkulutus

Motiva Oy. 2013b. Rakentaminen, ilma-vesilämpöpumppu. [www-sivu] [viitattu 24.1.2014] Saatavissa: http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/ilmava-vesilampopumppu

Neste Oil. 2013. Kotilämmitys. [www-sivu] [viitattu 21.11.2013] Saatavissa: <http://www.neste.fi/artikkeli.aspx?path=2589%2c2655%2c2710%2c2791%2c2797%2c3185%2c3191>

Oilon Oy. 2013. Öljypolttimet omakotitaloihin. [www-sivu] [viitattu 21.11.2013] Saatavissa: <http://oilon.com/oilon-home/tuotteet/polttimet/oljypolttimet/>

Rototec Oy. 2014. Porauskartta. [www-sivu] [viitattu 2.2.2014] Saatavissa: http://rototec.fi/referenssit_maalampo/rototec-referenssit-omakotalot.html

Senera Oy. 2014. Maalämpö. [www-sivu] [viitattu 30.1.2014] Saatavissa: <http://www.senera.fi/Maalampo/>

SULPU. 2014. Ajankohtaiset uutiset. [www-sivu] [viitattu 2.2.2014] Saatavissa: http://www.sulpu.fi/uutiset/-/asset_publisher/WD1ExS3CMra3/content/lampopumppualuekasvoi-rakentamisen-alamaesta-huolimatta-ja-maara-ylitti-jo-600-000?redirect=http%3A%2F%2Fwww.sulpu.fi%2Fuutiset%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_WD1ExS3CMra3%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_pos%3D1%26p_p_col_count%3D2

Tilastokeskus. 2013. Asumisen energiankulutus [verkkajulkaisu].

ISSN=2323-3273. Helsinki. [viitattu: 16.1.2014]

Saatavissa <http://www.tilastokeskus.fi/til/asen/index.html>

Verohallinto. 2013. Kotitalousvähennys. [www-sivu] [viitattu 31.1.2014] Saatavissa:

<http://www.vero.fi/fi->

[FI/Syventavat_veroohjeet/Henkiloasiakkaan_tuloverotus/Kotitalousvahennys%2826052%29#4Vhennyksensaavaintynosuudesta_](http://www.vero.fi/fi-FI/Syventavat_veroohjeet/Henkiloasiakkaan_tuloverotus/Kotitalousvahennys%2826052%29#4Vhennyksensaavaintynosuudesta_)

Vihola, Jaakko & Heljo, Juhani. 2012. Lämmitystapojen kehitys 2000–2012.

[verkkajulkaisu] Aineist selvitys. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan

laitos. Raportti 10. ISBN 978-952-15-2857-6. [viitattu 24.1.2014] Saatavissa:

http://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/21114/vihola_heljo_lammitystapojen_kehitys_2000_2012.pdf?sequence=1

Ympäristöministeriö. 2011. Korjaustieto.fi [www-sivu] [viitattu 23.1.2014] Saatavissa:

<http://www.korjaustieto.fi/pientalot/pientalojen-energiatehokkuus/energiatehokkuus-pientaloissa/pientalon-energiankulutus-ja-paastot.html>

Ympäristöministeriö. 2013. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen

energiatodistuksesta, liite 1. [verkkodokumentti] [viitattu 23.1.2014] Saatavissa:

<http://www.finlex.fi/data/sdliite/liite/6186.pdf>

Öljyalan keskusliitto. 2013. Lämmitys. [www-sivu] [viitattu 23.1.2014] Saatavissa:

<http://www.oil.fi/fi/lammitys/oljylammitys-suomessa>

Öljyalan keskusliitto. 2014. Öljytuotteiden kuluttajahintaseuranta. [www-sivu] [viitattu

30.1.2014] Saatavissa: <http://www.oil.fi/fi/tilastot-1-hinnat-ja-verot/11-oljytuotteiden-kuluttajahintaseuranta>

Öljyalan palvelukeskus. 2013. [www-sivu] [viitattu 21.11.2013] Saatavissa:

<http://www.oljylammitys.fi>

Liite 1.

Kuvan 12 kustannuslaskenta.

Hinnannousu %/a	6	10	Korko	3,0				
Vuosi	Sähkön hinta	Öljyn hinta	Maalämpö [€]			Öljylämmitys [€]		
	[snt/kWh]	[snt/litra]	Menot	Nykyarvo	Yhteensä	Menot	Nykyarvo	Yhteensä
0			18 990 €	18 990 €	18 990 €	0 €	0 €	0 €
1	13,30	105,20	718 €	697 €	19 687 €	2 104 €	2 043 €	2 043 €
2	14,10	115,72	761 €	718 €	20 404 €	2 314 €	2 182 €	4 224 €
3	14,94	127,29	807 €	738 €	21 143 €	2 546 €	2 330 €	6 554 €
4	15,84	140,02	855 €	760 €	21 903 €	2 800 €	2 488 €	9 042 €
5	16,79	154,02	907 €	782 €	22 685 €	3 080 €	2 657 €	11 699 €
6	17,80	169,43	961 €	805 €	23 490 €	3 389 €	2 838 €	14 537 €
7	18,87	186,37	1 019 €	828 €	24 318 €	3 727 €	3 031 €	17 568 €
8	20,00	205,01	1 080 €	852 €	25 171 €	4 100 €	3 237 €	20 805 €
9	21,20	225,51	1 145 €	877 €	26 048 €	4 510 €	3 457 €	24 261 €
10	22,47	248,06	1 213 €	903 €	26 951 €	4 961 €	3 692 €	27 953 €
11	23,82	272,86	1 286 €	929 €	27 880 €	5 457 €	3 942 €	31 895 €
12	25,25	300,15	1 363 €	956 €	28 836 €	6 003 €	4 210 €	36 106 €
13	26,76	330,16	1 445 €	984 €	29 820 €	6 603 €	4 496 €	40 602 €
14	28,37	363,18	1 532 €	1 013 €	30 833 €	7 264 €	4 802 €	45 404 €
15	30,07	399,50	1 624 €	1 042 €	31 875 €	7 990 €	5 128 €	50 533 €

Kuvan 13 kustannuslaskenta

Hinnannousu %/a	3	6	Korko	3,0				
Vuosi	Sähkön hinta	Öljyn hinta	Maalämpö [€]			Öljylämmitys [€]		
	[snt/kWh]	[snt/litra]	Menot	Nykyarvo	Yhteensä	Menot	Nykyarvo	Yhteensä
0			18 990 €	18 990 €	18 990 €	0 €	0 €	0 €
1	13,30	105,20	718 €	697 €	19 687 €	2 104 €	2 043 €	2 043 €
2	13,70	111,51	740 €	697 €	20 384 €	2 230 €	2 102 €	4 145 €
3	14,11	118,20	762 €	697 €	21 081 €	2 364 €	2 163 €	6 308 €
4	14,53	125,29	785 €	697 €	21 779 €	2 506 €	2 226 €	8 535 €
5	14,97	132,81	808 €	697 €	22 476 €	2 656 €	2 291 €	10 826 €
6	15,42	140,78	833 €	697 €	23 173 €	2 816 €	2 358 €	13 184 €
7	15,88	149,23	858 €	697 €	23 871 €	2 985 €	2 427 €	15 611 €
8	16,36	158,18	883 €	697 €	24 568 €	3 164 €	2 497 €	18 108 €
9	16,85	167,67	910 €	697 €	25 265 €	3 353 €	2 570 €	20 678 €
10	17,35	177,73	937 €	697 €	25 962 €	3 555 €	2 645 €	23 323 €
11	17,87	188,40	965 €	697 €	26 660 €	3 768 €	2 722 €	26 046 €
12	18,41	199,70	994 €	697 €	27 357 €	3 994 €	2 801 €	28 847 €
13	18,96	211,68	1 024 €	697 €	28 054 €	4 234 €	2 883 €	31 730 €
14	19,53	224,38	1 055 €	697 €	28 751 €	4 488 €	2 967 €	34 697 €
15	20,12	237,85	1 086 €	697 €	29 449 €	4 757 €	3 053 €	37 750 €

Kuvan 14 kustannuslaskenta.

Hinnannousu %/a	5	5	Korko	3,0				
Vuosi	Sähkön hinta	Öljyn hinta	Maalämpö [€]			Öljylämmitys [€]		
	[snt/kWh]	[snt/litra]	Menot	Nykyarvo	Yhteensä	Menot	Nykyarvo	Yhteensä
0			18 990 €	18 990 €	18 990 €	0 €	0 €	0 €
1	13,30	105,20	718 €	697 €	19 687 €	2 104 €	2 043 €	2 043 €
2	13,96	110,46	754 €	711 €	20 398 €	2 209 €	2 082 €	4 125 €
3	14,66	115,98	792 €	725 €	21 122 €	2 320 €	2 123 €	6 248 €
4	15,40	121,78	831 €	739 €	21 861 €	2 436 €	2 164 €	8 412 €
5	16,17	127,87	873 €	753 €	22 614 €	2 557 €	2 206 €	10 618 €
6	16,97	134,26	917 €	768 €	23 382 €	2 685 €	2 249 €	12 867 €
7	17,82	140,98	962 €	783 €	24 164 €	2 820 €	2 293 €	15 159 €
8	18,71	148,03	1 011 €	798 €	24 962 €	2 961 €	2 337 €	17 497 €
9	19,65	155,43	1 061 €	813 €	25 775 €	3 109 €	2 382 €	19 879 €
10	20,63	163,20	1 114 €	829 €	26 604 €	3 264 €	2 429 €	22 308 €
11	21,66	171,36	1 170 €	845 €	27 449 €	3 427 €	2 476 €	24 784 €
12	22,75	179,93	1 228 €	862 €	28 311 €	3 599 €	2 524 €	27 308 €
13	23,88	188,92	1 290 €	878 €	29 189 €	3 778 €	2 573 €	29 881 €
14	25,08	198,37	1 354 €	895 €	30 084 €	3 967 €	2 623 €	32 503 €
15	26,33	208,29	1 422 €	913 €	30 997 €	4 166 €	2 674 €	35 177 €