

Jussi Lopenen

Hybridilämmityslaitteistojen taloudellisuus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkövoimatekniikka

Insinöörityö

29.4.2013

Tekijä Otsikko	Jussi Loponen Hybridilämmityslaitteistojen taloudellisuus
Sivumäärä Aika	38 sivua + 1 liite 29.4.2013
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	teknologiapäällikkö Arja Ristola sähkösuunnittelija Pertti Nordlund
<p>Insinööriyössä selvitettiin muutaman eri lämmitysjärjestelmän taloudellista kannattavuutta täyttää öljylämmitystä korvatesa. Kannattavuutta laskiessa otettiin huomioon asioita, joita lämmitysjärjestelmien myyjät eivät tarjouksia laskiessaan huomioi.</p> <p>Työtä varten pyydettiin tarjoukset ilma-vesilämpöpumppuhybridijärjestelmästä ja kahdesta maalämpöpumppujärjestelmästä, joista toinen toteutettaisiin myös hybridilämmityksenä nykyisen järjestelmän ohella. Laskennassa otettiin huomioon huoltokustannukset, energiakustannukset, investointikustannukset, saatavat kotitalousvähennykset sekä lainankorot. Huolto- ja energiakustannuksia käytettäessä huomioitiin niiden hintojen nousut tulevaisuudessa.</p> <p>Tulosten mukaan ilma-vesilämpöpumppu maksaa itsensä takaisin maalämpöpumppujärjestelmiä nopeammin, mutta tulevaisuutta ajatellen se tulee maalämpöpumppujärjestelmiä kalliimmaksi. Maalämpöpumppujärjestelmien kannattavuus on hyvin lähellä toisiaan. Koska nykyisellä järjestelmällä on vielä pitkä elinkaari, ja hybridijärjestelmän takaisinmaksuaika on maalämpöpumppujärjestelmistä lyhyempi, todettiin maalämpöpumppuhybridijärjestelmä vaihtoehtoista kannattavimmaksi. Lisäksi havaittiin, että jos valinta olisi tehty tarjousten takaisinmaksuaikojen mukaan, olisi järjestelmän valinta ollut ilma-vesilämpöpumpulla toteutettu hybridijärjestelmä, eli todellisuudessa kokonaistaloudellisesti kallein vaihtoehto.</p> <p>Työn kohteena toimineeseen Kangasalalla sijaitsevaan omakotitaloon laskelmien perusteella valitaan uusi lämmitysjärjestelmä. Lisäksi tarkoituksena on luoda Karves Suunnittelu Oy:lle laskentapohja insinööriyön laskentoja hyväksi käyttäen.</p>	
Avainsanat	maalämpö, lämpöpumppu, lämmitys, kustannukset

Author Title	Jussi Loponen The Economic Viability of Hybrid-heatingsystems
Number of Pages Date	38 pages + 1 appendice 29 April 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructors	Chief of Teknology Arja Ristola Electrical engineer Pertti Nordlund
<p>This thesis studied the economic viability of couple of different heating systems in a case where the current oil heating system is replaced with a different heating system. Aspects that system retailers do not pay attention to their offers, are taken into account while calculating the profitability of different systems.</p> <p>Offers were asked for air-to-water heat pump system and two geothermal heating pump systems, one of which would be put into practice as a hybrid heating system. The calculations take into account the maintenance costs, energy costs, investment costs. domestic cost deductions, as well as interest on loans. The future increases of maintenance and energy costs are taken into account.</p> <p>The results show that the air-to-water heat pump pays itself back faster than either of the geothermal heat systems, but in the future it will be much less profitable. The profitability of the geothermal pump heating systems is very close to each other. Given that the current heating system still has a long life span, geothermal heat pump carried out as a hybrid heating system is the most cost-effective. In addition, it was found that if the system was chosen based only on offers' pay-back period, the selected system would have been air-to-water heat pump, which is economically the worst option.</p> <p>Base on the calculations of this thesis, a new heating system will be chosen for the target house. A future aim is also to create a basis for this kind of calculations for Karves Suunnittelu Ltd.</p>	
Keywords	geothermal heating, heat pump, heating, costs

Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Markkinoilla olevia lämmitysvaihtoehtoja	2
2.1	Öljylämmitys	2
2.2	Aurinkolämmitys	4
2.3	Kaukolämpö	5
2.4	Maalämpö	6
2.5	Ilma-vesilämpöpumppu	8
2.6	Sähkölämmitys	9
2.7	Puulämmitys	11
2.7.1	Tulisijat	12
2.7.2	Hake- ja pellettilämmitys	12
3	Suunniteltavan työn kohde	14
3.1	Yleistä tietoa suunnittelukohteesta	14
3.2	Suunnittelukohteen nykyinen lämmitysjärjestelmä	14
4	Laskennassa käytettävät perustiedot	15
5	Vertailtavat järjestelmät	19
5.1	Maalämpö-öljyhybridilämmitysjärjestelmän toiminta kohteessa	19
5.2	Maalämpöpumpun toiminta kohteessa	20
5.3	Ilma-vesilämpöpumpun toiminta kohteessa	20

6	Taloudellisesti parhaan järjestelmän valitseminen	21
6.1	Vertailtavien järjestelmien energiakustannukset	21
6.1.1	Maalämpöpumppu-öljyhybridilämmitysjärjestelmän energiakustannukset	21
6.1.2	Maalämpöpumpun energiakustannukset	23
6.1.3	Ilma-vesilämpöpumpun energiakustannukset	24
6.2	Kokonaiskustannukset	28
6.3	Takaisinmaksulaskenta	30
7	Lopputulokset sekä tulevaisuuden parannusmahdollisuudet	33
7.1	Uuden lämmitysjärjestelmän valinta	33
7.2	Tulevaisuuden parannusmahdollisuudet	35
	Lähteet	36
	Liite	
	Liite 1. Maalämpöpumpun rakennekuva	

1 Johdanto

Tässä insinööriyössä käsitellään suurehkon öljylämmitteisen omakotitalon lämmitysjärjestelmän muuttamista hybridijärjestelmäksi, eli eri lämmitysjärjestelmien yhdistelmäksi sekä koko öljylämmityksen korvaamista uusiutuvaa energiaa hyväksi käyttävällä järjestelmällä. Työn kohteena toimii Karves Suunnittelu Oy:n toimitusjohtajan Kim Karveksen isän Seppo Karveksen omakotitaloasunto Kangasalalla. Työn avulla on tarkoitus selvittää kannattavin ratkaisu kyseiseen kohteeseen, sekä tehdä yritykselle laskennallinen malli koskien tämän tyyppisiä tapauksia.

Öljylämmitysjärjestelmän vaihto toiseen järjestelmään voi olla hyvin kallista eikä edes kannattavaa. Tämän takia on syytä tutkia erilaisten järjestelmien käyttöä öljyn rinnalla. Työssä vertaillaan muutaman eri kohteeseen sopivan hybridijärjestelmän taloudellista kannattavuutta. Laskennassa pyritään ottamaan huomioon asioita, joita tuotteiden myyjät eivät aina laskelmissaan huomioi. Eri valmistajat ovat tehneet verkkolaskureita, joilla voidaan laskea, miten paljon heidän järjestelmillään voidaan saada säästöä. Laskureita kannattaa käyttää kuitenkin harkiten.

Taloudellisesti järjestelmän kokonaiskustannuksia on ajateltava esimerkiksi 20 vuoden käyttöajalta, eikä kannata valita vain halvinta järjestelmää. Pienen kulutuksen omaavaan taloon on järkevämpää hankkia ostokustannukseltaan alhaisin lämmitysjärjestelmä ja suuren kulutuksen omaavaan taloon suuremman investointikustannuksen, mutta pienemmän käyttökustannuksen omaava järjestelmä, sillä se maksaa itsensä nopeammin takaisin.

2 Markkinoilla olevia lämmitysvaihtoehtoja

2.1 Öljylämmitys

Suomessa noin 20 % pientaloista lämmitetään öljyllä. Öljylämmitysjärjestelmä sijoitetaan erilliseen palosuojattuun tekniseen tilaan eli pannuhuoneeseen. Pitkällä aikavälillä jatkuvasti kallistuvana fossiilisenä polttoaineena öljyn suosio lämmönlähteenä on laskenut Suomessa jo pitkään. Uuden öljylämmitysjärjestelmän rakentaminen omakotitaloon maksaa noin 7 000 - 8 000 euroa talosta ja järjestelmästä riippuen. Muiden järjestelmien tapaan öljylämmitys on vuosien kuluessa kehittynyt. Nykyaikaisen öljykattilan hyötysuhde voi olla jopa 95 %. Lisäksi vuodesta 2011 lämmityspolttoaine on ollut riki-töntä.

Pääasiassa öljylämmitysjärjestelmä koostuu kattilasta, polttimesta, lämpöä säätävästä automatiikasta sekä öljysäiliöstä. Omakotitaloon mitoitettun öljypoltin on lämmitystehol-taan 17 - 27 kW, ja sen taloudellinen käyttöikä on noin 10 vuotta. Uuden polttimen vaih-taminen pienentää kulutusta ja päästöjä tehokkaasti. Pientalon öljysäiliö on kooltaan 1 500 - 2 000 litraa, ja se tulisi puhdistaa 4 vuoden välein. Säiliön kunnan tarkistus poh-javesialueilla on tehtävä 10 vuoden kuluessa asennuksesta. Lisäksi poltinhuolto ja nuohous on tehtävä vuosittain.

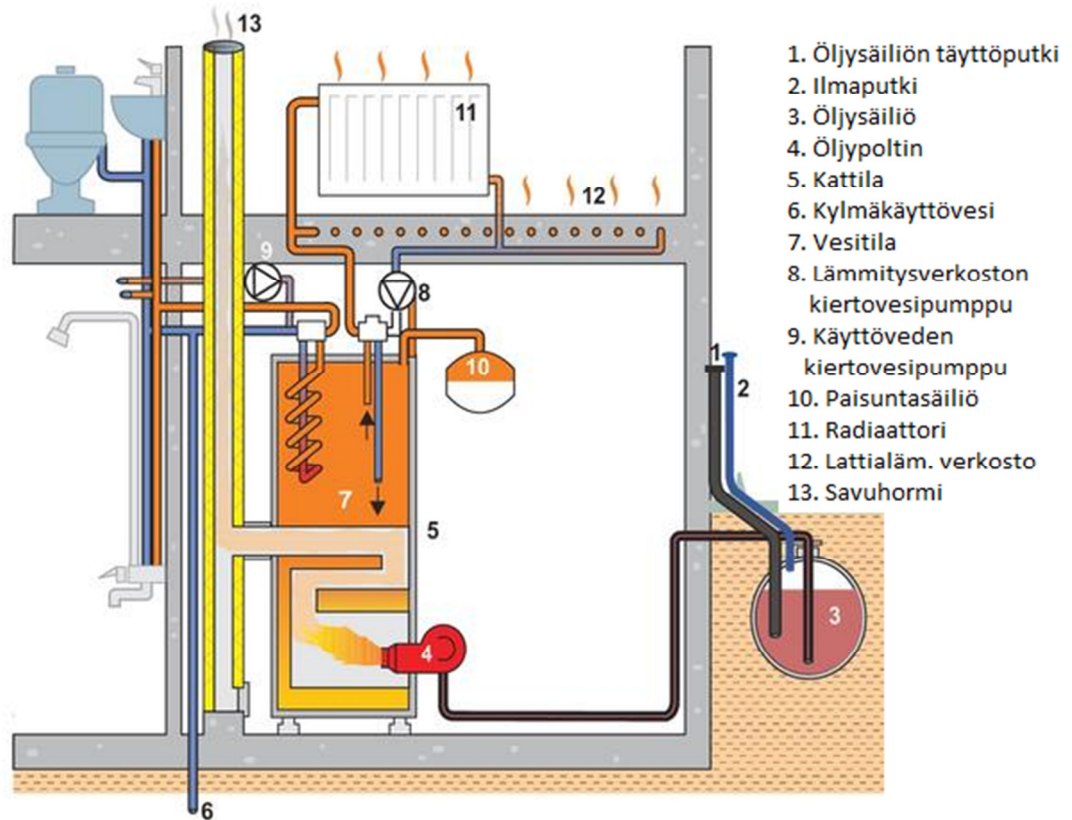
Poltinhuolto käsittää vuosittain öljysuuttimen vaihdon, sekä joka toinen vuosi pitää vaih-taa öljynsuodatin. Öljypolttimen huoltaminen on nopea ja suhteellisen helppo prosessi, mutta sen tekeminen on luvanalaista. Ei ole harvinaista että omistajat tekevät huollot itse. Helposti saatavien huolto-ohjeiden avulla maallikko kykenee suorittamaan huollon itse, mutta vakuutus teknisistä syistä tämä ei ole suotavaa. Nuohous kannattaa suorit-taa syksyllä ennen isoimman lämmityskauden alkamista. Tätäkään toimenpidettä ei tule tehdä itse, vaan sen saa tehdä nuohoojan ammattitutkinnon suorittanut henkilö. Huollot maksavat itsensä takaisin talven aikana laitteiston hyötysuhdetta parantamalla. Poltinhuollon sekä nuohouksen kustannus on noin 200 euroa.

Veden lämpötilan laskiessa termostaatti käynnistää polttimen ja sähkömoottori alkaa pyörittää öljypumppua sekä puhallinta, mikä poistaa mahdolliset palamattomat kaasut räjähdysten estämiseksi. Pumpun ja suuttimen avulla öljy ruiskutetaan hienona sumuna tulipesään, missä se sekoittuu palamisilmaan. Ilma ja öljysumu pyörivät kohdassaan eri suuntiin, millä maksimoidaan niiden sekoittuminen. Suuttimen edessä ovat sytytyskärjet, joiden väliin saatavan valokaaren tekemiseen tarvitaan sytytysmuuntaja. Muuntajalla 230 voltin jännite muutetaan tarvittavaksi 10 000 - 15 000 voltin suuriseksi jännitteeksi.

Öljylämmitysjärjestelmä tulee varustaa pääkytkimellä, mikä sijoitetaan pannuhuoneen ulkopuolelle oven lukkosivulle. Öljypumppua ja ilmapuhallinta pyörittävänä moottorina toimii yleensä 2-napainen oikosulkumoottori tai yksivaihemoottori.

Häiriön, esimerkiksi öljyn syötön katkeamisen tapahduttua, releistys ilmoittaa merkkivalolla tapahtumasta. Häiriön kuitattua polttimen pitäisi jatkaa toimintaa, jollei järjestelmässä ole pysyvää vikaa. Releistyksen tarkoitus on varmistaa kojeiston oikea toiminta ja pysäyttää toiminta vikatilanteessa. Pitkäaikaisemman vikaantumisten varalle järjestelmän vesitilaan on yleensä lisätty sähkövastus.

Valmistaja toimittaa sähkökytkentäkaavion, jonka mukaan kytkennät tehdään. Asennuksen jälkeen poltinhuoltaja pystyy irrottamaan polttimen sähköverkosta sähköpistokeliitännän ansiosta, eikä työhön tarvita sähköasentajaa. Poltinhuollon yhteydessä sähköt on kuitenkin katkaistava pääkytkimestä ja jännitteettömyyden pysyminen on varmistettava. Kuvassa 1 (ks.seur s.) esitetään öljylämmitysjärjestelmän toiminta. [1; 2; 3; 4; 5, s. 58 - 75; 6.]



Kuva 1. Öljylämmitysjärjestelmä [7.]

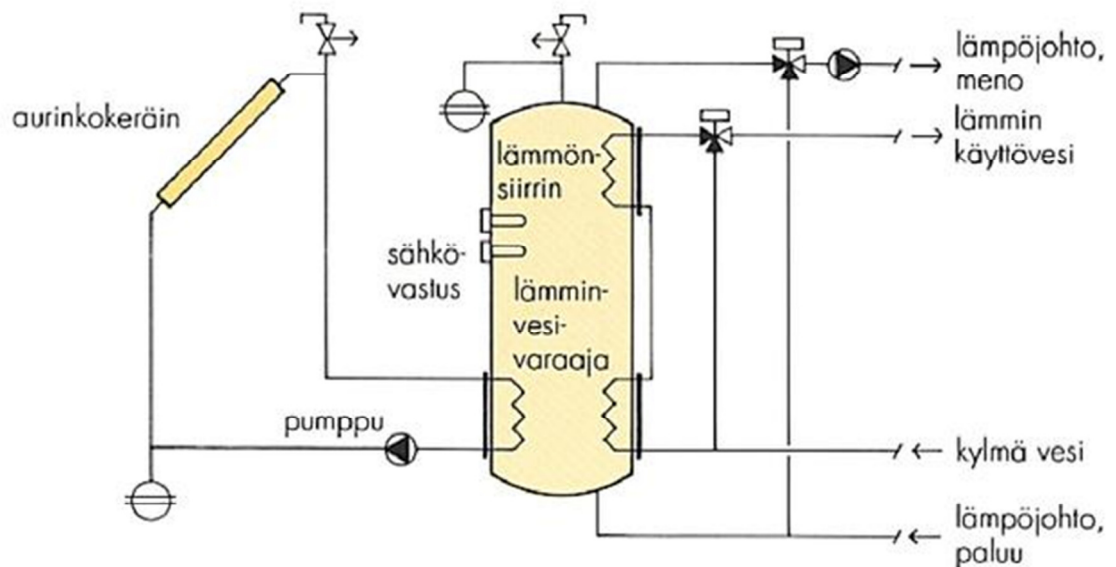
2.2 Aurinkolämmitys

Aurinkoenergia on ilmaista, eikä se saastuta. Jos sitä voitaisiin hyödyntää riittävän hyvin, auringon säteilystä saataisiin maapallon koko energiatarve. Suurin ongelma aurinkoenergian käytössä on sen varastoinnin vaikeus. Erityisesti aurinkolämmitys vaikeutuu talvella, kun auringon lämmittävä osuus on pienimmillään, mutta lämmitystä tarvitaan eniten.

Auringosta otettavaa lämpöenergiaa hyödynnetään aurinkopaneeleilla sekä aurinkokeräimillä. Paneeleja käytetään lähinnä sähkön tuottamiseen kesäaunoille, joihin sähköliittymää ei ole vedetty. Keräimiä taas käytetään vesikierteisten lämmitysjärjestelmien apujärjestelmänä. Hybridilämmityksessä aurinkokeräinten käyttö on hyvä apujärjestelmä, mutta päälämmitysmuotona aurinkokeräimet eivät toimi.

Rakenteeltaan aurinkokeräin on melko yksinkertainen. Keräin on yleensä rakennuksen katolle tai seinustalle sijoitettava paneeli, jonka läpi kulkee lämmönkeruuseen tarkoitetut keruuputket. Keruunesteenä käytetään vesi-glykoliseosta. Keräimen pinta on tumma mattapinta. Kenno on sijoitettu kaksikerroksisen selektiivisen lasin alle, mikä estää lämpösäteilyn karkaamista kerääjästä. Sivuilta sekä alta kerääjä on eristetty. Keruuputkiston neste sitoo kerätyn lämmön ja siirtää sen eteenpäin. Lämpö varastoidaan suoraan varaajan veteen tai ennen lämminvesivaraajaa olevaan puskurivaraajaan.

Energiataloudellisesti on oleellista, ettei vesi kierrä jatkuvasti putkistossa, vaikka aurinko ei paistaisikaan. Vedenlämpötila-antureiden avulla pumppu kierrättää vettä vain, kun varaajan vesi on kerääjien vettä kylmempää ja se on taloudellisesti kannattavaa. Kuvassa 2 esitetään aurinkokeräinjärjestelmän toimintaperiaate. [1; 5, s. 193 - 196; 8.]



Kuva 2. Aurinkokeräinjärjestelmä [9.]

2.3 Kaukolämpö

Suomessa kaukolämmöllä tuotetaan puolet rakennusten lämmöntarpeesta. Noin 2,3 miljoonaa ihmistä asuu kaukolämmitteisissä asunnoissa. Kaukolämpö perustuu voimalaitoksessa lämmitettävään veteen tai höyryyn, joka siirretään putkia pitkin kiinteistöön ja kierrätetään myöhemmin takaisin voimalaitokseen lämmitettäväksi uudelleen.

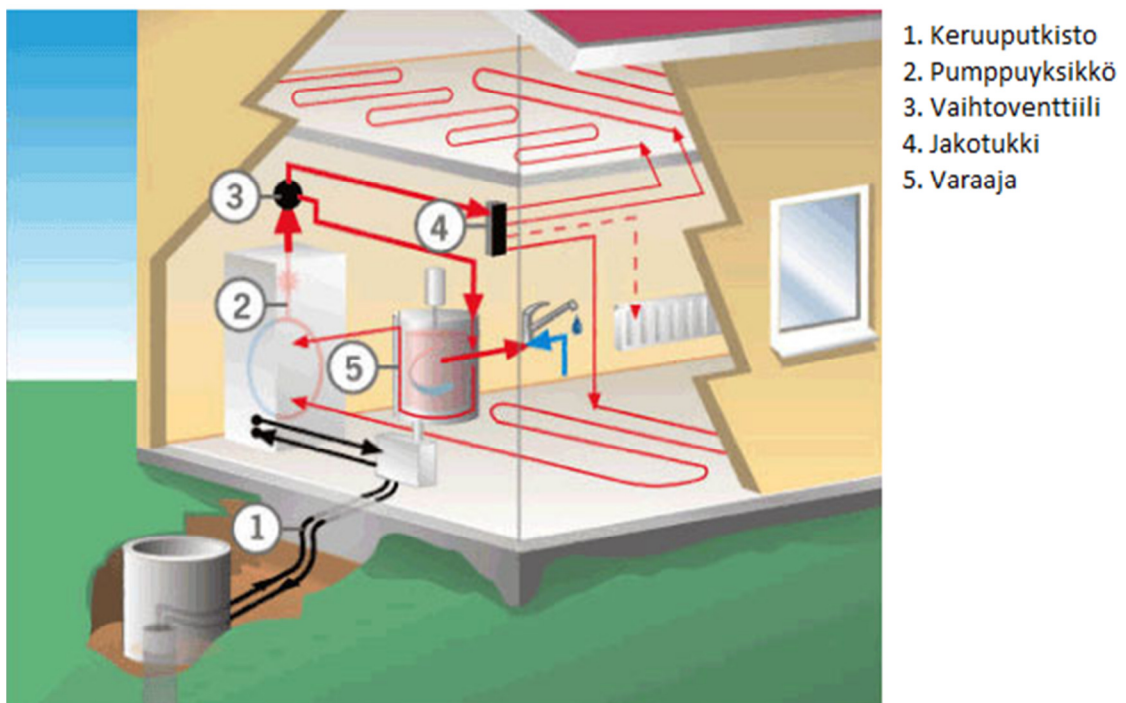
Kaukolämmön suuri etu on sen korkea lämpötilataso. Taloyhtiölle tulevan veden lämpö vaihtelee säiden mukaan 65 - 115 asteen välillä. Tämä takaa patteriverkoston menoveden lämmön riittävyyden. Kaukolämpö kuitenkin sijoittuu kaupunkien alueille, eikä sen saanti usein haja-asutusalueella ole mahdollista. Esimerkiksi Helsingissä kaukolämpö on selvästi johtava lämmitysmuoto 93 % markkinaosuudellaan. Kaukolämpö on myös energiatehokasta sekä sen huoltotarve on hyvin pieni. Vuosittain esimerkiksi siirtoputkistojen korjaustöistä johtuvien katkojen pituus on taloyhtiöittäin vain noin yhden tunnin verran.

2.4 Maalämpö

Nimensä mukaisesti maalämpöpumppu kerää maahan varastoitunutta lämpöenergiaa, jota siirretään putkissa kulkevan yleensä vedestä ja etanolista tai vedestä ja glykolista koostuvan keruuliuksen avulla lämpöpumppuun. Jos peruskallio on lämmitettävän rakennuksen lähellä lämmönlähteenä voi olla noin 150 - 200 metriä syvä ja yleensä 115 mm:n levyinen porakaivo. Toinen vaihtoehto on noin 1,5 metrin syvyyteen asennettava vaakakeruuputkisto, mutta tämä vaatii suurehkon tontin. Rannalla asuvalle varteenotettava vaihtoehto on pohjamutaan upotettava keruuputkisto. Tämä vaatii kuitenkin melko äkkisyvän rannan. Öljylämmitysjärjestelmän, jonka kulutus on vuosittain 4 000 - 4 500 litraa, korvaamiseen tarvitaan noin 200 metriä syvä porakaivo.

Maalämpö ei vaadi huoltoa ja on käyttökustannuksiltaan halpa. Investointikustannuksiltaan järjestelmä on kuitenkin kallis. Ainoan järjestelmän mainittavan huoltotoimenpiteen aiheuttaa kompressorin, jonka käyttöikä vaihtelee noin 15 - 20 vuoteen. Kompressorin vaihto ei kuitenkaan edellytä muuta remonttia vaan on helposti erillisesti vaihdettavissa. Sen hinnaksi ilmoitetaan noin 2 000 euroa. Tästäkin summasta osan saa korvattua kotivakuutuksella. Maalämpöpumppujärjestelmä koostuu käytännössä keruuputkistosta, kompressorista, höyrystimestä, lauhduttimesta ja paineenalennusventtiilistä.

Maalämpöpumppua käytettäessä 2/3 lämpöenergiasta saadaan maasta ja noin 1/3 energiasta tuotetaan sähköllä. On väärin sanoa, että maalämpö olisi 100 % uusiutuva energialähde, ellei sähkö ole täysin ns. vihreää sähköä. Maalämmön hyötysuhde on sitä parempi mitä pienempi lämmönkeruunesteen ja lämpimän veden lämpötilaero on. Tästä syystä jos talossa on vesikiertoinen lattialämmitys patterijärjestelmän sijaan, saadaan hyötysuhde paremmaksi. Lattialämmitys vaatii matalamman, vain noin 35 asteisen veden. Järjestelmän energiatehokkuutta mitataan COP-luvulla (Coefficient Of Performance). COP-luku on suorituskerroin, joka kuvaa, kuinka monta kilowattia lämmitysenergiaa yhdellä kilowatilla sähköä saadaan. Maalämpö on noussut 2 000-luvulla erittäin suosituksi lämmitysjärjestelmäksi ja esimerkiksi vuonna 2008 uusista pientaloista noin 30 % lämmitetään maalämmöllä.



Kuva 3. Maalämpöpumppujärjestelmä.

Kuvassa 3 on esitetty maalämpöpumppujärjestelmä. Kuvan keruuputkistoa pitkin lämpö siirtyy lämpöpumpulle, missä höyrystimen ja kompressorin avulla saadaan tarpeeksi lämmintä vettä kierrätettäväksi. Automatiikan säädettyä lämpötilan vaihtventtiili jakaa lämpimän veden lämmönjakoverkostoon ja lämminvesivaraajaan. Liitteenä 1 on IVT:n valmistaman maalämpöpumpun rakennekuva, missä pumppuyksikön osat ja toiminta on kuvattu. [1; 5, s. 143 - 144; 10; 11; 12; 13; 14.]

2.5 Ilma-vesilämpöpumppu

Järjestelmänä ilma-vesilämpöpumppu on melko uusi. Perinteisen ilmalämpöpumpun toiminnasta poiketen ilma-vesilämpöpumpulla lämpöenergiaa ei siirretä huoneiston ilmaan, vaan lämmönkeruuliuoksen avulla käyttöveteen. Ilmalämpöpumppua käytetään vain apulämmitysjärjestelmänä, mutta ilma-vesilämpöpumppu pystyy toimimaan talouden päälämmitysjärjestelmänä. Investointikustannuksiltaan keskikokoiseen omakotiin järjestelmä maksaa noin 8 000 - 9 000 euroa. Nykyään Suomessa ilma-vesilämpöpumppujen käyttö on vielä vähäistä ja aliarvostettua, mutta niiden suosio on nousussa. Esimerkiksi Ruotsissa kuluttajat ovat havainneet järjestelmän potentiaalin paremmin.

Teoriassa lämpöpumpun lämmitys on lähellä jääkaapin viilennystä. Höyrystyessään kompressorin paineesta neste sitoo lämpöä ympäristöstään ja vastaavasti lauhduttimessa taas nesteydyttyään se luovuttaa lämpöä. Ilma-vesilämpöpumpussa on ulko- sekä sisäyksikkö. Ulkoyksikön puhaltimen avulla ulkoilma kulkee höyrystimen läpi, minkä avulla lämpöenergia siirtyy höyrystettyyn kylmäaineeseen. Kompressori puristaa höyrystyneen kylmäaineen kovempaan paineeseen nostaten sen lämpötilaa. Lauhduttimessa höyry muutetaan takaisin nesteeksi ja siitä vapautuva lämpöenergia johdetaan lämmitysjärjestelmään. Kesällä pumpppua voidaan käyttää jäähdytykseen vaihtamalla kylmäaineen kulkusuuntaa.

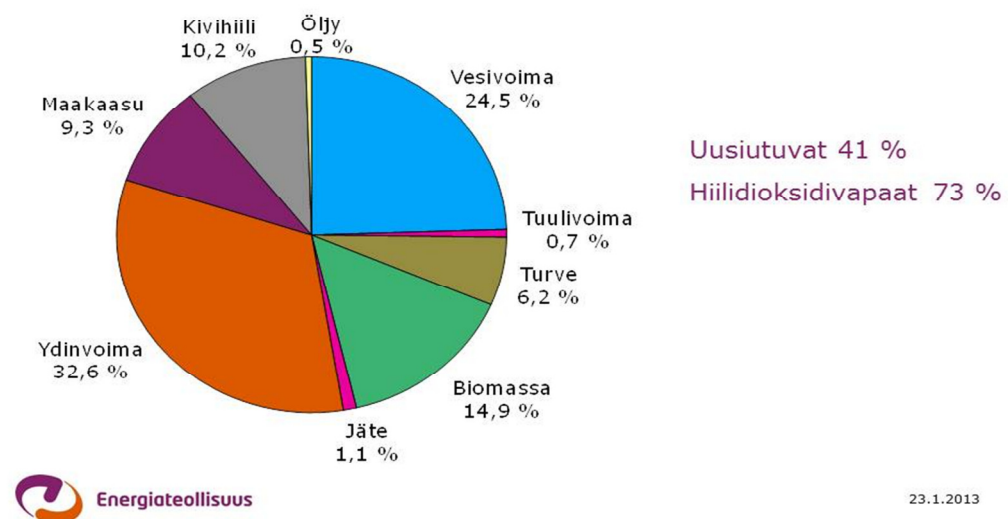
Ongelmana ulkoilman käytössä on kovan pakkasen aikana ilma-vesilämpöpumpun hyötysuhde, joka laskee nopeasti. Järjestelmän COP on keskimäärin noin 2. Näin yhdellä kW:lla sähkötehoa saadaan tuotettua 2 kW lämpötehoa. Parhaimpien ilma-vesilämpöpumppu mallien käyttämisen luvataan olevan kannattavaa vielä -25 °C lämpötilassa.

Rajoittavana tekijänä on myös laitteiston teho, sillä suuren lämmitystehon vaativassa kohteessa ei ole välttämättä mahdollista toteuttaa lämmitystä täysin ilma-vesilämpöpumpulla. Suurin tällä hetkellä valmistettava pumppu on lämmitysteholtaan noin 14 kW. Sähköteholtaan noin suuren pumpun valinta voi lisäksi aiheuttaa pääsulakkeiden koon riittämättömyyden, sekä aiheuttaa siitä johtuen sähköliittymän koon noston. Tämä voi tulla hyvinkin kalliiksi, jos syöttökaapelin koko on pääsulakkeiden vaihdon jälkeen liian pieni ja kaapelikin tulee uusia. Kuitenkin esimerkiksi Mitsubishi valmistaa ilma-vesilämpöpumppuja, joita voi kytkeä rinnan tarvittavan lämmitystehon saamiseksi. [1; 5, s. 175 - 177; 15; 16; 17.]

2.6 Sähkölämmitys

Sähköä tuotetaan monin eri tavoin. Vuonna 2012 Suomessa eniten käytetyt energialähteet olivat ydinvoima ja vesivoima. Ympäristölle huonoin tuotantomateriaali on kivihiili. Suomessa ydinvoiman osuus tulee nousemaan tulevaisuudessa, sillä uuden Olkiluoto 3-voimalan lisäksi on suunnitteilla kaksi uutta voimalaa lisää. Tuulivoiman osuus on Suomessa hyvin pieni, mutta sen käyttö on nousussa. Kuvassa 4 esitetään Suomen vuoden 2012 sähköntuotanto energialähteittäin.

Sähkön tuotanto energialähteittäin 2012 (67,7 TWh)



Kuva 4. Eri energialähteiden sähköntuotannon osuus Suomessa vuonna 2012 [18.]

Sähkölämmityksessä käyttövesi lämmitetään täysin sähkövastuksilla. Rakennuksen tilat lämmitetään sähköpatterien, lattialämmityksen sekä kattolämmityksen avulla huoneistotermostaateilla säätäen. Nykyään käytetään myös sähkölämmitteisiä ikkunoita, jotka poistavat ikkunoiden läheisyydestä vedon tunteen. Sähköikkunat ja kattolämmitys täydentävät muita lämmityksen osia, kun taas pattereilla ja lattialämmityksellä pystytään lämmittämään koko rakennus.

Täysin kattolämmitteisiä taloja on rakennettu, mutta ne ovat harvinaisia. Lattialämmitystä käytetään normaalisti vain märkätiloissa, mutta sen luoman mukavuuden takia lattialämmityksen asennus koko rakennuksen lattiapinta-alalle ei ole harvinaista. Sen avulla lattian kuivuminen nopeutuu samalla vesivahinkoja ehkäisten. Kylpyhuoneisiin lattialämmitys asennetaan lähes aina, mutta esimerkiksi WC-tiloihin sen asennus esimerkiksi saneerauskohteissa ei nähdä välttämättömäksi, vaan lähinnä mukavuuden lisääjänä. Omakotitaloissa sähkölämmityksen ohella on yleistä käyttää apuna takkaa asuin tilojen lämmitykseen.

Sähkön hinnan nousun myötä on yhä tavallisempaa etsiä vaihtoehtoisia apujärjestelmiä lämmitykselle. Sähkön hinta voi pienentyä uusien ydinvoimaloiden myötä, mutta sitä tulevat nostamaan uudet lakisäädökset. Tulevaisuudessa myrskystä tai lumimassasta johtuva sähkökatkos ei saa kestää yli kuutta tuntia asemakaavan sisällä. Asemakaavan ulkopuolisella alueella katkon pituus saisi olla maksimissaan 36 tuntia. Vuoteen 2020 mennessä näiden sääntöjen tulisi toteutua puolella jakelualueista ja vuoteen 2024 mennessä 75 % jakelualueista. Sähköyhtiöiden tulee rakentaa sekä korjata sähköverkkonsa näiden vaatimusten mukaisiksi. Tämä tuo arviolta 3,5 miljardin kustannukset, mikä nostaa sähkön hintaa keskimäärin noin 10 %. Lisäksi sähkövero tulee nousemaan hieman hallituksen päätöksestä. Esimerkiksi taloudelle, jonka sähkön kulutus on 20 000 kWh vuodessa, tulee noin 75 euron korotus vuosittain.

Sähkölämmitys on investointikustannuksiltaan pieni, eikä siihen liity käytännössä mitään huoltotoimenpiteitä. Pieniä huoltotoimenpiteitä, kuten termostaattien ja kontaktorien valintoja voi ilmetä ajan myötä. Muihin lämmitysmuotoihin verraten käyttökustannukset ovat suuret. Pelkällä sähköllä lämmitetään lähinnä pieniä kohteita, esimerkiksi omakotitaloja. Tämä johtuu siitä, että suuremmissa taloissa on taloudellisesti kannattavampaa käyttää energiataloudellisesti kustannustehokkaampia ratkaisuja.

Kaksoistariffijärjestelmällä voidaan säästää halvemman yösähkön avulla erityisesti käyttöveden lämmityksessä. Uusien etäluettavien kWh-mittarien myötä on esiintynyt ongelmia yösähkön mittauksessa. Sähkön kustannuksissa voi säästää myös vuorotelulla kiukaalla. Kun kiuas laitetaan päälle, sammuu ainakin osa lämmityslaitteista. Lämpötilan pudotuksella voidaan säästää matkoilla ollessa. Tällaisessa järjestelyssä painettaessa kotona/poissa-kytkintä säätää termostaatti lämpötilan alemmas. Esimerkiksi työpäivän aikana tällä ei juuri ehditä tehdä säästöä. Uudelleen käynnistäessä lämmityslaitteet käyvät suurella teholla hankkiessaan kotiin tullessa lämmön takaisin, mutta pidemmällä poissaoloilla lämpötilan pudotus kannattaa.

Varaavassa sähkölämmityksessä sähköllä tuotettu lämpöenergia varastoidaan rakenteeseen tai veteen. Esimerkiksi tiiliuuniin asennetut sähkövastukset lämmittävät tiiliä yöllä ja niitä käytetään päällä päivällä tarvittaessa. Vesikiertoinen sähkölämmitys voidaan toteuttaa lämmintä vettä sähkövastuksilla lämmittäen. Tällaisia varaavia sähkölämmityksiä on täysin varaavia sekä osittain varaavia. Täysin varaavassa järjestelmässä vesivaraaja on yli 2 000 litraa ja sen latausteho on vähintään 18 kW. Näin suuri teho kasvattaa yleensä liittymän kokoa. Yleisempää on käyttää osittain varaavaa sähkölämmitystä, jossa riittää pienempi varaaja ja liittymän koko pysyy pienempänä. Varaavat sähkölämmitykset keräävät lämpöenergiansa lähinnä halvemman yösähkön aikaan.

Nykyisin on hyvin suosittua asentaa ilmalämpöpumppu auttamaan lämmityksessä, mutta sen avulla sähkön säästöä kyseenalaistaa käyttäjätottumukset. Esimerkiksi keuhkoin viilennystä käytettäessä tuhotaan nopeasti talvella kustannuksissa saatu säästö. Kovilla pakkasilla ilmalämpöpumpun hyötysuhde (COP) on ilma-vesilämpöpumpun tapaan huono. [5, s. 168 – 171; 19; 20.]

2.7 Puulämmitys

Puu on kotimainen uusiutuva energian lähde. Vuosittain kotitalouksissa ja maataloudessa poltetaan noin kuusi miljoonaa kuutiota polttopuuta. Tämä vastaa lähes 10 % Suomen vuotuisista hakkeista. [5, s.25.]

2.7.1 Tulisijat

Puulämmitystä käytetään lähinnä vain omakotitaloissa suoran sähkölämmityksen ohella. Nykyään lähes jokaiseen omakotitaloon laitetaan varaava takka. Hyvällä varaavalla takalla, joka on hyvin sijoitettu, on mahdollista vähentää lämmitysenergiankulutusta jopa 10 - 20 %. Lisäksi saatavilla on puulämmitteisiä kamiinoita ja leivinuuneja. Syrjäseuduilla myrskytuhojen aiheuttamien sähkökatkojen aikana tulisijoista on ollut suuri apu. Tulisijaa varten on ajateltava polttopuiden varastointi ja hankinta mahdollisuudet. Maanomistaja voi saada kaikki polttopuunsa omasta metsästä ja säästää lisää rahaa tekemällä polttopuutkin itse. Pellettiäkin voidaan polttaa tavallisessa takassa reiällisen pellettikorin avulla. On myös sähkötoimisia pellettitakkoja, joissa ruuvi syöttää pelletin tulipesään. Vakituksessa käytössä olevat tulisijat tulee nuohota vuosittain. [1; 5 s.18 - 25; 21; 22.]

2.7.2 Hake- ja pellettilämmitys

Halpa öljylämmitys syrjäytti aikanaan puulämmityksen, mutta öljyn ja sähkön hintojen nousun myötä puuvalmisteilla lämmitys on alkanut kasvattaa kannattavuuttaan. Esimerkiksi pelletti- ja hakeuunien hyötysuhteet ovat kehittyneet sekä päästöt pienentyneet. Uudisrakentajat ovat alkaneet taas ottaa puulämmitystuotteet paremmin huomioon päälämmitysjärjestelmän valinnassa.

Hake on nimensä mukaisesti puusta tehtyä pientä haketta. Hakkeen tekemiseen käytetään kaikkia puun osia. Pelletti on sylinterin muotoiseksi puristettua puuta, jossa ei ole lainkaan puun kuorta. Pelletti palaa haketta puhtaammin ja siitä ei synny niin paljon tuhkaa. Yksi kuutio koivuhaketta vastaa noin sataa litraa kevyttä polttoöljyä. Pelletti on päästöiltään parempi ratkaisu hakelämmitykseen verrattuna. Molempien järjestelmien suosio keskittyy haja-asutusalueille. Järjestelmissä poltetulla aineksella lämmitetään varaajan vesi, josta käyttövesi ja lämmitysverkoston vesi otetaan. On myös monille eri puupolttoaineille tarkoitettuja lämmityskattiloita, joissa voi polttaa niin halkoja, haketta kuin pellettiäkin. Nykyään puulla lämmitettävän vesijärjestelmän voi muuttaa hybridijärjestelmäksi siinä missä öljylämmityksenkin.

Järjestelmät vaativat pannuhuoneen lisäksi pienen tilan raaka-aineen varastointia varten. Puupolttoaineiden kattilan huoltotoimenpiteitä ovat poltinhuolto, nuohous sekä palopesän ja kattilan puhdistus. Pientalossa kuluu vuosittain noin 20 pinokuutiometriä haketta tai vastaavasti noin 6 kuutiota pellettiä. Ruuvikuljetin syöttää hakkeen tai pelletin kattilan polttimeen, minkä avulla lämpö luodaan. [1; 5,s. 18 - 29; 23.]

3 Suunniteltavan työn kohde

3.1 Yleistä tietoa suunnittelukohteesta

Kohteena toimii Kangasalan Suinulassa sijaitseva vuonna 1901 rakennettu vuonna 1980 peruskorjattu puinen 2-kerroksinen omakotitalo, joka on kooltaan 290 m². Päärakennuksen lisäksi pihalla on noin 50 m² kooltaan oleva lisärakennus, mikä koostuu pannuhuoneesta sekä kennelistä. Nämä tilat ovat puolilämpimiä. Lisärakennuksen ja päärakennuksen välillä on parinkymmenen metrin matka, jonka poikki lämmitysputkisto kulkee.

Lisäksi kohteessa ovat erillisissä sivurakennuksissa sijaitsevat työpaja ja työtila, joiden lämmitys hoidetaan sähköpattereilla. Nämä sivurakennukset ovat kooltaan suhteellisen pieniä eikä ole kannattavaa muuttaa niiden lämmityksiä.

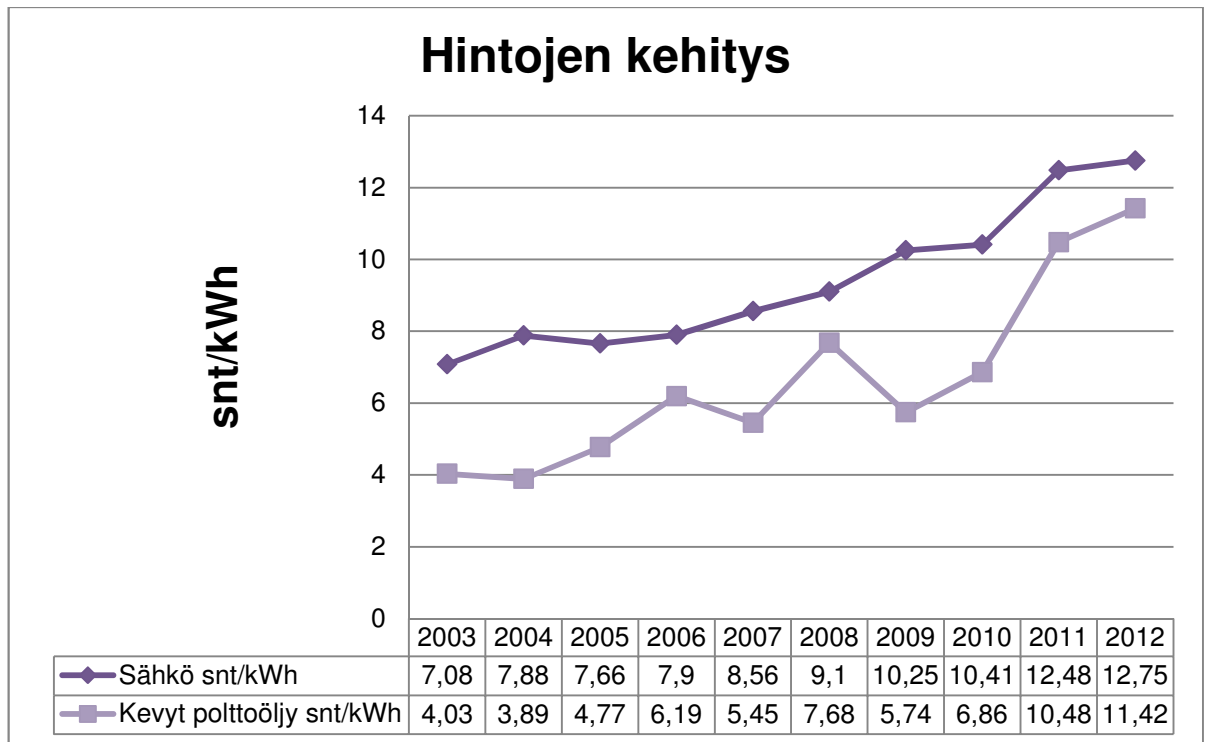
3.2 Suunnittelukohteen nykyinen lämmitysjärjestelmä

Nykyinen lämmitysjärjestelmä on Aritermin valmistama Arimax 30 S-laitteisto Oilonin junior-polttimella varustettuna. Lämmön siirto huoneistoihin tapahtuu vesikiertoisen patterijärjestelmän avulla. Lämmitysjärjestelmässä kulkeva menovesi on 70 °C ja tulo-
vesi 30 °C. Itse öljylämmitysjärjestelmä uusittiin muutama vuosi sitten vanhan öljykattilan vaihdon yhteydessä. Talo on peruskorjattu 1980, ja lämmitysverkosto on rakennettu vuonna 1983.

Vuosittain öljyä kuluu keskimäärin 5 166 litraa. Lisäksi taloudessa kuluu sähköä vuosittain keskimäärin 14 396 kWh. Talossa on varaava takka. Puuta kuluu talvesta riippuen 2 - 4 kuutiota talon lisälämmitykseen. Vesikiertoisen patteriverkon laskennallinen teho on 15 765 W, ja lämmin käyttövesi on mitoitettu 58 000 W:lle.

4 Laskennassa käytettävät perustiedot

Kuvion 1 kuvaajassa on havainnollistettu kevyen polttoöljyn sekä sähkön hintojen kehitystä viimeisen kymmenen vuoden ajalta. Havaittavissa on että sähkön hinta nousee öljyä tasaisemmin. Öljyn hinta taas on sekä noussut että laskenut radikaalisti vuosien varrella. [24.]



Kuvio 1. Energiahintojen kehitys

Sähkön hinta on kymmenessä vuodessa lähes kaksinkertaistunut, kun taas kevyen polttoöljyn hinta on melkein kolminkertaistunut. Sähkön ja kevyen polttoöljyn vuosittaiset keskimääräiset hintojen nousut voidaan laskea tilastoarvojen avulla kaavalla 1 (ks. seur. s.).

$$V_{\%} = \sqrt[T]{\frac{K_L}{K_A}} - 1 * 100 \%, \quad (1)$$

missä

- $V_{\%}$ on vuosinousu prosenteissa
- K_L on energian hinta vuonna 2012
- K_A on energian hinta vuonna 2003
- T on kuluneiden vuosien lukumäärä.

Sähkön vuosittaiseksi korotuksiksi saadaan kaavalla 6,755 % ja kevyelle polttoöljylle 12,267 %. Laskennallisia malleja tehtäessä öljyn ja sähkön hintojen oletetaan nousevan edellä olevien tilastohintojen sekä laskettujen nousuprosenttien mukaisesti. Näiden mukaan mukaan sähkön hinta on aluksi 12,75 c/kWh, ja sen hinnan nousu on vuosittain 6,755 %. Öljyn hinta on 11,42 c/kWh ja sen hinta nousee vuosittain 12,267 %.

Yhdellä litralla kevytpolttoöljyä pystytään tuottamaan 10 kWh lämmitystehoa, minkä mukaan nykyisellä öljynkulutuksella, joka on noin 5 000 litraa vuodessa, saadaan lämmitysenergian tarpeeksi 50 000 kWh. Käytössä olevan öljylämmitysjärjestelmän valmistaja ilmoittaa sen hyötysuhteeksi 93 %, mutta voidaan olettaa, ettei se ole niin suuri. Laskuissa öljylämmitysjärjestelmän hyötysuhteena käytetään 90 prosenttia. Kaavalla 2 lasketaan todellinen lämmitysenergian tarve.

$$E_{kok} = E_{\bar{0}1} * \eta = 50\,000 \text{ kWh} * 90 \% = 45\,000 \text{ kWh}, \quad (2)$$

missä

- $E_{\bar{0}1}$ on öljyn kulutuksesta laskettu energia
- η on öljylämmitysjärjestelmän hyötysuhde.

Kaikki laskut tehdään 20 vuoden käyttöaikaa ajatellen. Öljylämmityksen kuluihin lisätään vuosihuoltokustannukset, jotka ovat 200 €. Ajan myötä myös huoltojen hinnat tulevat nousemaan työn sekä osion hinnan nousun myötä. Näiden kustannusten nousu-prosenttina pidetään 3 %. Investointikustannuksia varten tarvittavan lainan vuosikoroksi oletetaan 5 %. Kotitalousvähennys saadaan vasta toisena vuonna, mutta laskennassa se vähennetään suoraan investointikustannuksista. Öljylämmityslaitteiston oletetut huoltokustannukset esitetään taulukossa 1:

Taulukko 1. Öljylämmityslaitteiston huoltokustannukset 20 vuoden ajalla.

Vuosi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
€	200,00	206,00	212,18	218,55	225,10	231,85	238,81	245,97	253,35	260,95
Vuosi	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
€	268,78	276,85	285,15	293,71	302,52	311,59	320,94	330,57	340,49	350,70

Öljylämmityksen energiakustannus on suoraan verrannollinen öljyn hinnan nousuun. Kohteen nykyisen öljylämmityksen energiakustannus saadaan laskettua kaavalla 3.

$$K_{nyk} = E_{\dot{0}1} * K_{\dot{0}} = 50\,000 \text{ kWh} * 0,1142 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 5\,710 \text{ €}, \quad (3)$$

missä

- $E_{\dot{0}1}$ on nykyisellä öljynkulutuksella saatava maksimi lämpöteho
- $K_{\dot{0}}$ on vuoden 2012 lopun kevytpolttoöljyn kustannus kWh:a kohden.

Sivulla 17 laskettu nykyisen öljylämmityksen energiakustannus on ensimmäiselle vuodelle, joten öljyn hinnan kehitystä ei ole huomioitu. Nykyisen lämmitysjärjestelmän kokonaisvuosikustannukset koostuvat energiakustannuksista sekä huoltokustannuksista. Nykyisen lämmitysjärjestelmän kokonaisvuosikustannukset 20 vuoden käyttöajalla esitetään taulukossa 2:

Taulukko 2. Nykyisen öljylämmitysjärjestelmän kokonaisvuosikustannukset

Vuosi	KENERGIA	KHUOLTO	Kkok
1	5710	200,00	5910,00
2	6410,446	206,00	6616,45
3	7196,815	212,18	7409,00
4	8079,648	218,55	8298,19
5	9070,779	225,10	9295,88
6	10183,49	231,85	10415,35
7	11432,7	238,81	11671,51
8	12835,15	245,97	13081,12
9	14409,64	253,35	14662,99
10	16177,27	260,95	16438,22
11	18161,73	268,78	18430,52
12	20389,63	276,85	20666,48
13	22890,83	285,15	23175,98
14	25698,85	293,71	25992,55
15	28851,32	302,52	29153,84
16	32390,52	311,59	32702,11
17	36363,86	320,94	36684,80
18	40824,62	330,57	41155,19
19	45832,57	340,49	46173,06
20	51454,85	350,70	51805,55

5 Vertailtavat järjestelmät

5.1 Maalämpö-öljyhybridilämmitysjärjestelmän toiminta kohteessa

Pelkän öljylämmityksen muuttaminen hybridijärjestelmäksi maalämpöpumpun avulla on mahdollista varsinkin suuremmissa kohteissa, sillä se maksaa itsensä nopeammin takaisin taloissa, joissa on suuri kulutus. Tässä tapauksessa on öljyjärjestelmä järkevää jättää varajärjestelmäksi, sillä öljylämmitysjärjestelmä on uusittu vasta muutama vuosi sitten, joten sillä on elinikää vielä vuosikymmeniä.

Öljylämmitys jää lisälämmitysjärjestelmäksi kovien pakkaspäivien varalle. Lämmitysjärjestelmän automatiikka käynnistää tarvittaessa öljylämmityksen, jonka lämmittämää vettä ohjataan kolmitieventtiin kautta kiertoan. Automatiikka antaa käskyn ulkolämpötilan mukaan. Öljylämmitysjärjestelmää ei kannata pitää täysin kylmillään pitkiä jaksoja, vaan sitä kannattaa välillä käyttää päällä. Tällä tavoin mekaaniset osat pysyvät paremmassa kunnossa, mikä vaikuttaa laitteiston käyttöikään sekä hyötysuhteeseen.

Maalämpöä tilattaessa on otettava huomioon sen tarvitsema tila pannuhuoneesta. Esimerkiksi Seneran myymät IVT:n valmistamat yleisimmät lämpöpumppuyksiköt ovat mitoiltaan 640 x 600 x 1 800 mm. Tämän lisäksi noin 700 x 700 mm kooltaan olevalle lämminvesivaraajalle tulee varata tila. Tätä ajatellen maalämpöpumppua varten noin kolmen normaalin jääkaapin kokoinen tila on riittävä.

Lämpöykkönen Oy:ltä saadun tarjouksen mukaan Oilonin valmistaman Geopro MH 13 lämpöpumpun investointikustannus on kokonaisuudessaan 26 200 €, josta teetätetyn työn osuudesta saa 3 800 € kotitalousvähennystä. Laitteen lämmitysteho on 13,3 kW. Normaalina talvena laite tarvitsee öljyä avukseen noin 100 litraa, mutta erityisen kylmänä talvena öljyn kulutus nousee.

5.2 Maalämpöpumpun toiminta kohteessa

Maalämmön asennus öljylämmityksen tilalle ei ole kovin monimutkainen työ, eikä ilman lämpöäkkään taloudessa tarvitse olla kuin noin tunnin ajan, jos pannuhuoneessa on tilaa asentaa järjestelmä ilman öljykattilan purkamista ennen. Jos vanha kattila tulee purkaa tieltä pois ensin, lämpökatko voi kestää muutaman päivänkin. Kyseisen kohteen pannuhuoneen kanssa ei tule tilaongelmia. Käytännössä maalämpöjärjestelmä käy suoraan öljykattilan tilalle. Hybridilämmitykseen verraten maalämpöpumpun koko sekä keruuputkiston pituus ovat suurempia, jotta koko lämmitysenergia saadaan tuotettua kovallakin pakkasella.

Lämpöykkönen Oy:ltä saadun tarjouksen mukaan Oilon Geopro GT 16 lämpöpumpun investointikustannus suunnittelun ja asennuksen kanssa on 31 600 €. Tästä summasta saadaan 3 800 € kotitalousvähennystä. Verrattuna MH 13-järjestelmään, investointikustannuksen suuruus johtuu pumpun hinnasta sekä porakaivon lisäsyvyydestä. Järjestelmän lämmitysteho on 16 kW.

5.3 Ilma-vesilämpöpumpun toiminta kohteessa

Ilma-vesilämpöpumppu on erittäin varteen otettava lämmitysjärjestelmä kyseessä olevaan kohteeseen, koska nykyinen lämmitysjärjestelmä on vasta uusittu. Lisäksi markkinoilta löytyy tämänkokoiseen kohteeseen tarpeeksi suuria laitteistoja, mutta ilma-vesilämpöpumpun ei vielä tarvitse olla niin suuri, ettei pääsulakkeiden koko riittäisi.

Lämpöyökkösten tarjoama laitteisto kohteeseen on Mitsubishin valmistama Zubatan PUH-Z HRP 100-lämpöinvertteripumppu erillisellä ohjausyksiköllä. Käyttöveden lämpö tuotetaan edelleen öljyllä. Kyseisen ilma-vesilämpöpumpun lämpökertoimeksi COP luvataan parhaimmillaan 3,61. Pumpun minimitoimintalämpötila on -25 °C ja se pystyy tuottamaan lämpöenergiaa 4,5 kW:n ja 14 kW:n välillä.

Investointikustannus suunnittelun sekä asennusten kanssa on 12 000 €, mikä on pieni maalämmön investointikustannukseen verrattuna. Asennuksista saa 478,25 € kotitalousvähennystä. Ulkoyksikön kondensioveden viemärointi ei sisälly tarjouksen kustannuksiin. Viemäroinnin kustannukset ovat melko pienet kohteessa, eikä sitä oteta laskennassa huomioon.

6 Taloudellisesti parhaan järjestelmän valitseminen

6.1 Vertailtavien järjestelmien energiakustannukset

6.1.1 Maalämpöpumppu-öljyhybridilämmitysjärjestelmän energiakustannukset

Maalämpöpumpulla tuotettavan lämpöenergian tarve saadaan laskettua kaavalla 4.

$$E_{ML2} = E_{kok} - E_{\ddot{O}2} * \eta = 45\,000\,kWh - 1\,000\,kWh * 90\% = 44\,100\,kWh, \quad (4)$$

missä

- E_{kok} on todellinen lämmitysenergian tarve
- $E_{\ddot{O}2}$ on järjestelmän öljyllä saatava lämmitysenergia
- η on öljykattilan hyötysuhde.

Pumpun lämmitysenergiasta 34 % tuotetaan sähköllä. Tämän mukaan voidaan laskea vuotuiset energiakustannukset kaavan 5 avulla.

$$K_{ML\ddot{O}} = E_{ML2} * E_{S\%} * K_S + E_{\ddot{O}2} * K_{\ddot{O}} = \quad (5)$$

$$44\,100\,kWh * 34\% * 0,1275 \frac{\text{€}}{kWh} + 1000\,kWh * 0,1142 \frac{\text{€}}{kWh} = 2\,025,9\,\text{€},$$

missä

- E_{ML2} on kaavalla 4 laskettu maalämpöpumpulla tuotettava lämpöenergia
- $E_{S\%}$ on maalämpöpumpun käyttämän sähköenergian osuus
- K_S on sähkön hinta
- $K_{\ddot{O}}$ on öljyn hinta.

Kaavalla 5 laskettu energiakustannus (ks. ed. s.) on ensimmäisen vuoden energiahinnan mukaan laskettu. Vuotuinen kustannus nousee energian hinnan nousun mukaan. Energiakustannusten määrät koko käyttöajalta näkyvät taulukossa 3:

Taulukko 3. Maalämpöpumppu-öljyhybridilämmitysjärjestelmän energiakustannukset 20 käyttövuoden ajalla

Vuosi	Kust. sähkö [€/kWh]	Kust. sähkö [€/vuosi]	Kust. öljy [€/kWh]	Kust. öljy [€/vuosi]	Kust. yhteensä €/vuosi
1	0,128	1 911,74	0,114	114,20	2 025,94
2	0,136	2 040,87	0,128	128,22	2 169,08
3	0,145	2 178,73	0,144	143,94	2 322,67
4	0,155	2 325,91	0,162	161,59	2 487,50
5	0,166	2 483,02	0,181	181,42	2 664,44
6	0,177	2 650,75	0,204	203,67	2 854,42
7	0,189	2 829,81	0,229	228,65	3 058,46
8	0,201	3 020,96	0,257	256,70	3 277,67
9	0,215	3 225,03	0,288	288,19	3 513,22
10	0,230	3 442,88	0,324	323,55	3 766,42
11	0,245	3 675,45	0,363	363,23	4 038,68
12	0,262	3 923,72	0,408	407,79	4 331,51
13	0,279	4 188,77	0,458	457,82	4 646,59
14	0,298	4 471,72	0,514	513,98	4 985,70
15	0,318	4 773,78	0,577	577,03	5 350,81
16	0,340	5 096,25	0,648	647,81	5 744,06
17	0,363	5 440,51	0,727	727,28	6 167,78
18	0,387	5 808,01	0,816	816,49	6 624,50
19	0,414	6 200,34	0,917	916,65	7 116,99
20	0,441	6 619,18	1,029	1 029,10	7 648,27

6.1.2 Maalämpöpumpun energiakustannukset

Tarjotulla Geo Pro MH 13-pumpulla 34 % lämmitysenergiasta tuotetaan sähköllä. Tämän mukaan voidaan laskea vuotuiset energiakustannukset kaavan 6 avulla. Koko käyttöajan vuotuiset energiakustannukset ovat taulukossa 4 (ks. seur. s.).

$$K_{ML} = E_{kok} * E_{S\%} * K_S = 45\,000 \text{ kWh} * 34\% * 0,1275 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 1\,950,75 \text{ €}, \quad (6)$$

missä

- E_{kok} on lämmitysenergian tarve
- $E_{S\%}$ on lämpöpumpun sähköllä tuotettavan lämpöenergian osuus
- K_S on sähkön hinta.

Taulukko 4. Maalämpöpumpun vuotuiset energiakustannukset 20 vuoden ajalla

Vuosi	Kust. sähkö [€/kWh]	Kust. sähkö [€/vuosi]
1	0,128	1950,75
2	0,136	2082,52
3	0,145	2223,20
4	0,155	2373,37
5	0,166	2533,70
6	0,177	2704,85
7	0,189	2887,56
8	0,201	3082,61
9	0,215	3290,84
10	0,230	3513,14
11	0,245	3750,45
12	0,262	4003,80
13	0,279	4274,25
14	0,298	4562,98
15	0,318	4871,21
16	0,340	5200,26
17	0,363	5551,54
18	0,387	5926,54
19	0,414	6326,88
20	0,441	6754,26

6.1.3 Ilma-vesilämpöpumpun energiakustannukset

Lämpöyökkösten tekemien laskelmien mukaan lämpimän käyttöveden lämmitykseen kuluu öljyä 375 litraa vuodessa, mikä vastaa 7,5 % koko lämmitysenergiasta. Lämpöyökkösten tekemien laskelmien mukaan kovempien pakkasten aikaan tarvitaan 536 litraa öljyä. Vuotuiseksi öljyn kulutukseksi saadaan 911 litraa. Ilma-vesilämpöpumpulla tuotettavan lämpöenergian tarve saadaan kaavalla 7 (ks. seur. s.).

$$E_{IVLP} = E_{kok} - E_{\dot{O}3} * \eta = 45\,000\,kWh - 9\,110\,kWh * 90\% = 36\,890\,kWh, \quad (7)$$

missä

- E_{kok} on lämmitysenergian tarve
- $E_{\dot{O}3}$ on öljyllä tuotettavan maksimissaan tuotettava lämpöenergia
- η on öljykattilan hyötysuhde.

Lämpöykkösiltä saatujen tietojen mukaan laskettu sähköenergian osuus lämpöpumpulla tuotetusta lämpöenergiasta on 43,81 %. Ilma-vesilämpöpumpun vuotuinen energia kustannus lasketaan seuraavasti:

$$K_{IVLP} = E_{IVLP} * E_{S\%1} * K_S + E_{\dot{O}3} * K_{\dot{O}} = \quad (8)$$

$$36\,890\,kWh * 43,81\% * 0,1275 \frac{\text{€}}{kWh} + 9\,110 * 0,1142 \frac{\text{€}}{kWh} = 3\,095,98 \text{ €},$$

missä

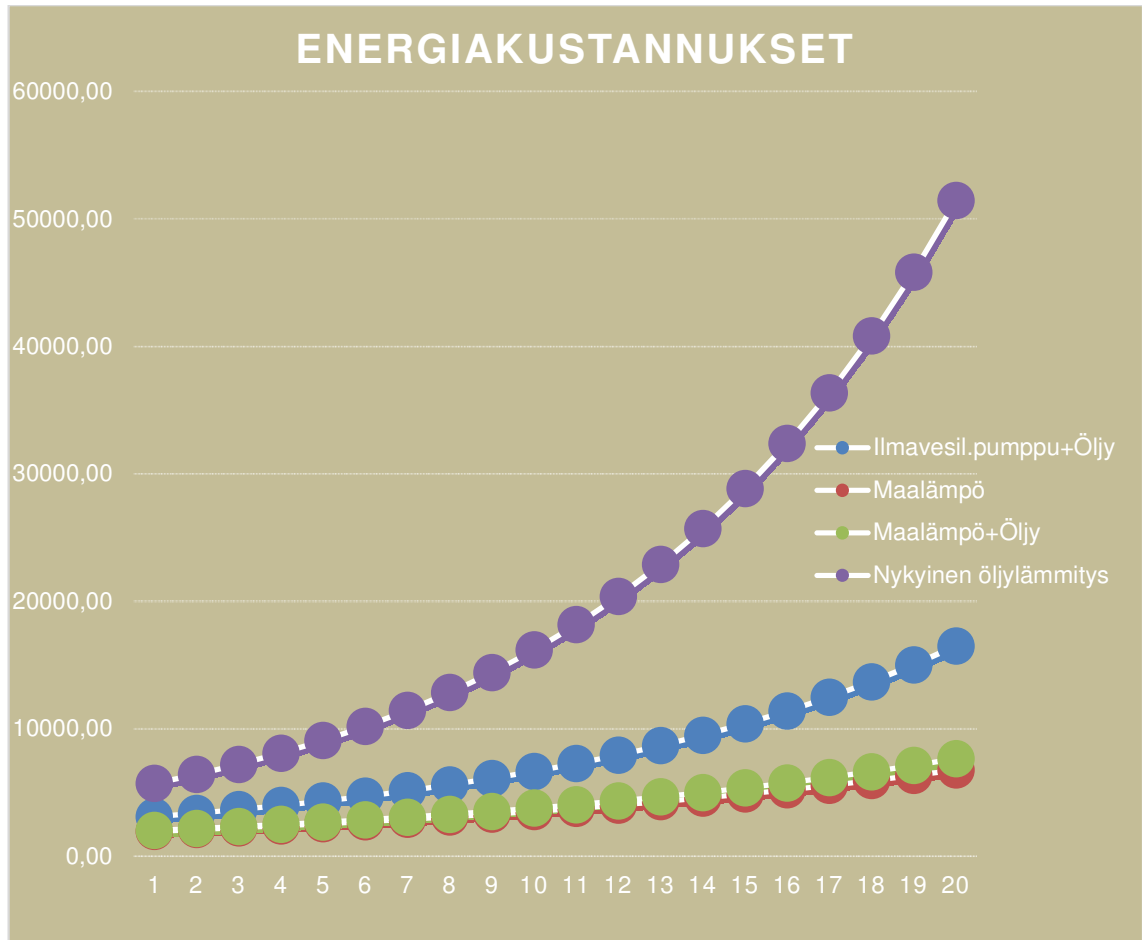
- E_{IVLP} on kaavalla 7 laskettu ilma-vesilämpöpumpulla tuotettava lämpöenergia
- $E_{S\%1}$ laskettu sähköns osuus ilma-vesilämpöpumpulla tuotetusta lämpöenergiasta.
- K_S on sähköns hinta
- $E_{\dot{O}3}$ on öljyllä tuotettavan maksimissaan tuotettava lämpöenergia
- $K_{\dot{O}}$ on öljyn hinta.

Kaavan 8 (ks. ed. s.) esimerkissä on laskettu vain ensimmäisen vuoden energiakustannus. Koko kahdenkymmenen käyttövuoden ajalle lasketut energiakustannukset ovat taulukossa 5:

Taulukko 5. Ilma-vesilämpöpumpun vuosittaiset energiakustannukset 20 käyttövuoden ajalla

Vuosi	Kust. sähkö [€/kWh]	Kust. sähkö [€/vuosi]	Kust. öljy [€/kWh]	Kust. öljy [€/vuosi]	Kust. yhteensä [€/vuos]
1	0,128	2 055,62	0,114	1 040,36	3 095,98
2	0,136	2 194,48	0,128	1 167,98	3 362,46
3	0,145	2 342,72	0,144	1 311,26	3 653,97
4	0,155	2 500,97	0,162	1 472,11	3 973,08
5	0,166	2 669,91	0,181	1 652,70	4 322,60
6	0,177	2 850,26	0,204	1 855,43	4 705,69
7	0,189	3 042,79	0,229	2 083,04	5 125,83
8	0,201	3 248,33	0,257	2 338,56	5 586,90
9	0,215	3 467,76	0,288	2 625,44	6 093,19
10	0,230	3 702,01	0,324	2 947,50	6 649,50
11	0,245	3 952,08	0,363	3 309,07	7 261,14
12	0,262	4 219,04	0,408	3 714,99	7 934,03
13	0,279	4 504,03	0,458	4 170,70	8 674,74
14	0,298	4 808,28	0,514	4 682,32	9 490,61
15	0,318	5 133,08	0,577	5 256,71	10 389,79
16	0,340	5 479,82	0,648	5 901,55	11 381,37
17	0,363	5 849,98	0,727	6 625,49	12 475,48
18	0,387	6 245,15	0,816	7 438,24	13 683,40
19	0,414	6 667,01	0,917	8 350,69	15 017,70
20	0,441	7 117,37	1,029	9 375,07	16 492,44

Edellä lasketuista tuloksista (taulukko 5, ks. ed. s.) voitiin havaita, että öljylämmitykseen verrattuna korvaavien lämmitysjärjestelmien energiakustannukset ovat paljon pienemmät. Kuvion 2 kuvaajassa esitetään käsiteltyjen lämmitysjärjestelmien energiakustannukset 20 käyttövuoden ajalla:



Kuvio 2. Käsiteltävien lämmitysjärjestelmien energiakustannukset

6.2 Kokonaiskustannukset

Järjestelmien taloudellisen vertailun tekemisessä on otettava huomioon vuosittaiset energia- ja huoltokustannukset sekä lainan korot. Tämän lisäksi investointikustannukset on huomioitava. Lisäämällä mahdolliset huoltokustannukset sekä lainankorot vuotuisiin energiakustannuksiin saadaan todelliset vuosikustannukset. Taulukossa 6 esitetään kaikkien järjestelmien investointikustannuksia varten otettavat lainat, kun kotitalousvähennys on huomioitu.

Taulukko 6. Järjestelmiä varten tarvittavat lainat

	Maalämpö	Maalämpö+öljy	I-.VLP + Öljy	
Inv.kustannus	31 600,00	26 200,00	12 000,00	€
Kotit.vähennys	3 800,00	3 800,00	478,25	€
Lainan koko	27 800,00	22 400,00	11 521,75	€

Lainan korot ovat nykyisin talouden taantuman takia alhaiset, mutta niiden nousua on käytännössä mahdotonta arvioida. Tästä johtuen vuosittaisia korkoja laskiessa käytetään aina aiemmin mainittua viittä prosenttia. Taulukossa 7 (ks. seur. s.) on laskettu järjestelmien lainojen mukaiset vuosikorot sekä lainan jäljellä olevat osuudet.

Taulukko 7. Eri järjestelmien lainojen korot 20 vuoden ajalla.

Vuosi	Maalämpö		Maalämpö+Öljy		I-V.lämpöp.+Öljy	
	Lainaa [€]	Korkoa [€]	Lainaa [€]	Korkoa [€]	Lainaa [€]	Korkoa [€]
1	26410,00	1320,50	21280,00	1064,00	10945,66	547,28
2	25020,00	1251,00	20160,00	1008,00	10369,58	518,48
3	23630,00	1181,50	19040,00	952,00	9793,49	489,67
4	22240,00	1112,00	17920,00	896,00	9217,40	460,87
5	20850,00	1042,50	16800,00	840,00	8641,31	432,07
6	19460,00	973,00	15680,00	784,00	8065,23	403,26
7	18070,00	903,50	14560,00	728,00	7489,14	374,46
8	16680,00	834,00	13440,00	672,00	6913,05	345,65
9	15290,00	764,50	12320,00	616,00	6336,96	316,85
10	13900,00	695,00	11200,00	560,00	5760,88	288,04
11	12510,00	625,50	10080,00	504,00	5184,79	259,24
12	11120,00	556,00	8960,00	448,00	4608,70	230,44
13	9730,00	486,50	7840,00	392,00	4032,61	201,63
14	8340,00	417,00	6720,00	336,00	3456,53	172,83
15	6950,00	347,50	5600,00	280,00	2880,44	144,02
16	5560,00	278,00	4480,00	224,00	2304,35	115,22
17	4170,00	208,50	3360,00	168,00	1728,26	86,41
18	2780,00	139,00	2240,00	112,00	1152,18	57,61
19	1390,00	69,50	1120,00	56,00	576,09	28,80
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Takaisinmaksulaskentaa varten tarvitaan järjestelmien kokonaisvuosikustannukset. Nämä saadaan yhdistämällä vuosittaiset energiakustannukset, lainankorot sekä mahdolliset huoltokustannukset. Taulukossa 8 (ks. seur. s.) esitetään kaikkien käsiteltyjen järjestelmien kokonaisvuosikustannukset.

Taulukko 8. Järjestelmien vuosittaiset kokonaiskustannukset

	Maal.	Maal.+Öljy	I-VLP+Öljy
Vuosi	Kvuosi [€]	Kvuosi [€]	Kvuosi [€]
1	3 271,25	3 289,94	3 843,27
2	3 333,52	3 383,08	4 086,94
3	3 404,70	3 486,85	4 355,83
4	3 485,37	3 602,05	4 652,49
5	3 576,20	3 729,54	4 979,77
6	3 677,85	3 870,27	5 340,81
7	3 791,06	4 025,27	5 739,10
8	3 916,61	4 195,64	6 178,53
9	4 055,34	4 382,57	6 663,40
10	4 208,14	4 587,38	7 198,50
11	4 375,95	4 811,46	7 789,17
12	4 559,80	5 056,36	8 441,31
13	4 760,75	5 323,74	9 161,53
14	4 979,98	5 615,40	9 957,15
15	5 218,71	5 933,33	10 836,33
16	5 478,26	6 279,66	11 808,18
17	5 760,04	6 656,72	12 882,83
18	6 065,54	7 067,07	14 071,57
19	6 396,38	7 513,48	15 387,00
20	6 754,26	7 998,97	16 843,14

6.3 Takaisinmaksulaskenta

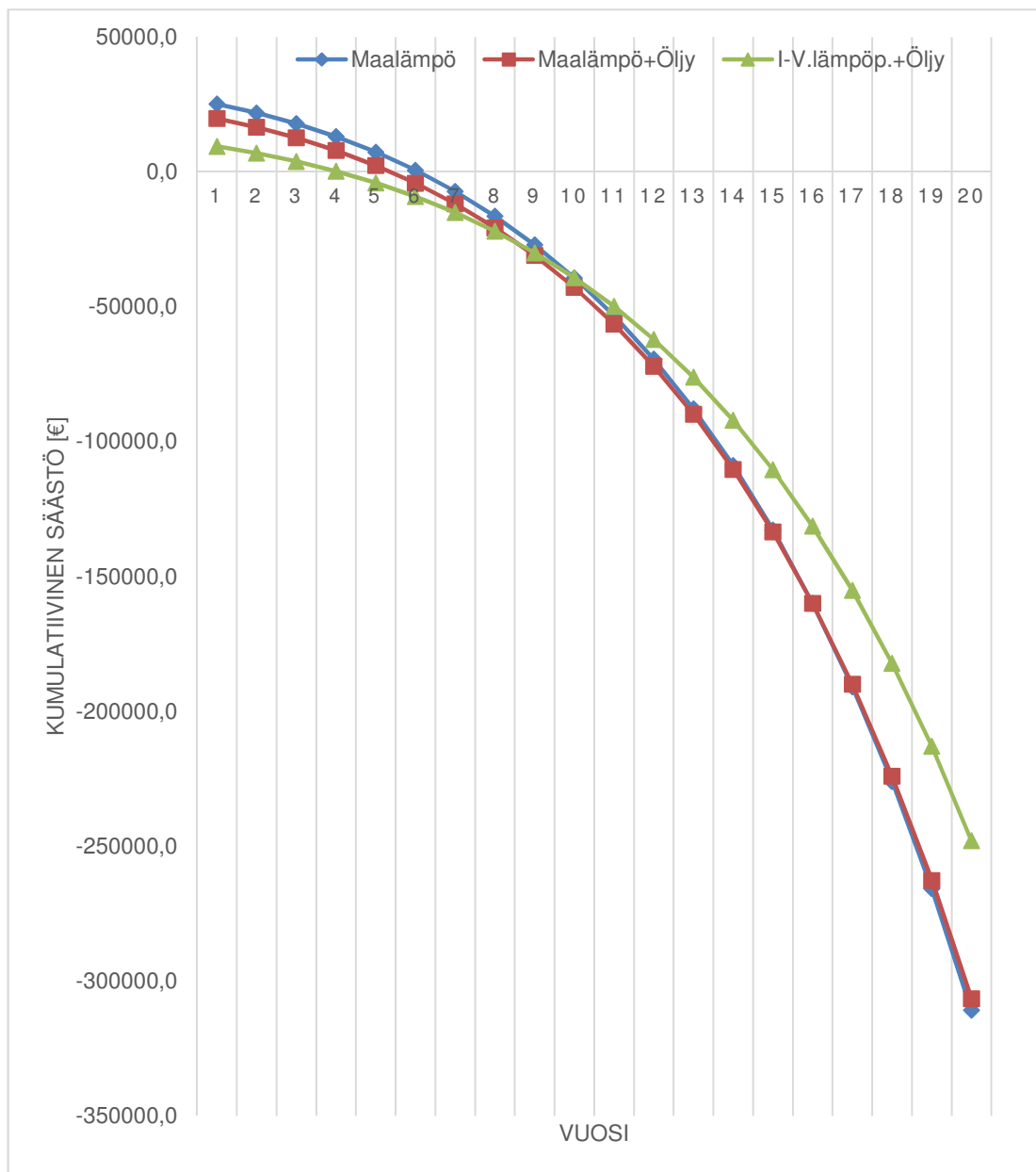
Järjestelmän takaisinmaksuajalla tarkoitetaan aikaa, jossa järjestelmän käytöllä säästetään investointikustannusten suuruinen määrä rahaa. Vähentämällä saman vuoden nykyisen öljylämmityksen kokonaisvuosikustannus korvaavan lämmitysjärjestelmän vuosikustannuksesta saadaan ko. vuoden säästö. Kun tämä vähennetään investointikustannuksesta vuosittain, näiden erotuksena saadaan lopulta negatiivinen tulos. Tässä vaiheessa uusi järjestelmä on niin sanotusti maksanut itsensä takaisin.

Taulukossa 9 on laskettu kaikkien vertailtavien lämmitysjärjestelmien investointikustannuksen ja säästön erotukset:

Taulukko 9. Lämmitysjärjestelmien takaisinmaksuajat

Vuosi	Maalämpö		Maalämpö+Öljy		I-V.lämpöp.+Öljy	
	Säästö [€]	Erotus [€]	Säästö [€]	Erotus [€]	Säästö [€]	Erotus [€]
1	2 638,8	25 161,3	2 620,1	19 779,9	2 066,7	9 455,0
2	3 282,9	21 878,3	3 233,4	16 546,6	2 529,5	6 925,5
3	4 004,3	17 874,0	3 922,1	12 624,4	3 053,2	3 872,3
4	4 812,8	13 061,2	4 696,1	7 928,3	3 645,7	226,6
5	5 719,7	7 341,5	5 566,3	2 361,9	4 316,1	-4 089,5
6	6 737,5	604,0	6 545,1	-4 183,1	5 074,5	-9 164,0
7	7 880,5	-7 276,4	7 646,2	-11 829,4	5 932,4	-15 096,4
8	9 164,5	-16 440,9	8 885,5	-20 714,9	6 902,6	-21 999,0
9	10 607,6	-27 048,6	10 280,4	-30 995,3	7 999,6	-29 998,6
10	12 230,1	-39 278,7	11 850,8	-42 846,1	9 239,7	-39 238,3
11	14 054,6	-53 333,2	13 619,1	-56 465,2	10 641,3	-49 879,7
12	16 106,7	-69 439,9	15 610,1	-72 075,3	12 225,2	-62 104,9
13	18 415,2	-87 855,1	17 852,2	-89 927,5	14 014,5	-76 119,3
14	21 012,6	-108 867,7	20 377,1	-110 304,7	16 035,4	-92 154,7
15	23 935,1	-132 802,8	23 220,5	-133 525,2	18 317,5	-110 472,2
16	27 223,9	-160 026,7	26 422,5	-159 947,6	20 893,9	-131 366,1
17	30 924,8	-190 951,5	30 028,1	-189 975,7	23 802,0	-155 168,1
18	35 089,6	-226 041,1	34 088,1	-224 063,8	27 083,6	-182 251,7
19	39 776,7	-265 817,8	38 659,6	-262 723,4	30 786,1	-213 037,8
20	45 051,3	-310 869,1	43 806,6	-306 530,0	34 962,4	-248 000,2

Kuvion 3 kuvaajassa taulukon 9 (ks. ed. s.) tulokset esitetään graafisessa muodossa. Kun käyrä alittaa 0-akselin, on lämmitysjärjestelmä maksanut itsensä takaisin:



Kuvio 3. Lämmitysjärjestelmien takaisinmaksuajat

7 Lopputulokset sekä tulevaisuuden parannusmahdollisuudet

7.1 Uuden lämmitysjärjestelmän valinta

Laitteistojen myyjät käyttävät takaisinmaksuaikaa havainnollistavana suureena järjestelmiä kaupatessa. Tämä ei kuitenkaan ole ainut asia, jota kuluttajan tulee tarkastella. Vaikka halvemman investointikustannuksen omaava lämmitysjärjestelmä maksaisi itsensä takaisin nopeammin, niin investointikustannukseltaan kalliimpi voi säästää tulevaisuudessa enemmän rahaa ja olla näin ollen järkevämpi vaihtoehto.

Taulukon 9 ja kuvion 3 kuvaajan mukaan Geo Pro GT 16-maalämpöpumppu maksaa itsensä takaisin vähän yli kuudessa vuodessa. Geo Pro MH 13-maalämpöpumpulla tehdylle hybridijärjestelmälle tämä aika on alle viisi ja puoli vuotta ja ilma-vesilämpöpumpulla toteutetulle hybridijärjestelmälle reilu neljä vuotta. Nämä tulokset osoittavat, että nykyisen järjestelmän vaihtaminen mihin tahansa käsiteltyyn järjestelmään on kannattavaa.

Investointikustannuksiltaan halvin ilma-vesilämpöpumppu maksaa siis itsensä takaisin nopeimmin, vaikka sillä ei voidakaan saavuttaa vuosittain maalämpöpumppujärjestelmien mukaisia säästöjä. Molempien maalämpöjärjestelmien takaisinmaksuajat ovat melko lähellä toisiaan. Näiden järjestelmien välistä ratkaisua kannattaakin pohtia tulevaisuuden kannalta. Taulukosta 9 (ks. s. 29) nähdään, että maalämpöpumpulla saadaan 20 vuodessa säästöä aiemmin tehtyjen hintojen nousujen arvioiden mukaan lähes 311 000 €. Tämä summa on vain alle 4 500 € maalämmöllä ja öljyllä toteutettua hybridijärjestelmää suurempi. Tämä tarkoittaa vuositasolla noin parin sadan euron säästöä, mikä on nykyisen järjestelmän kustannuksiin verraten melko pieni summa.

Jos öljyn hinnan nousu ei olekaan niin suurta tulevaisuudessa kuin se on viimeisen vuosikymmenen aikana ollut, ei pelkkä maalämpölämmitys pääse ehkä koko 20 vuoden tarkastelujaksolla ohitse maalämmön hybridijärjestelmästä. Tämä jää pelkäksi spekulatioksi, sillä öljyn hinnan nousun ennustaminen tarkasti on mahdotonta. Tämä johtuu esimerkiksi siitä, että talouden tilanteiden, ja öljyn uusien lähteiden löytöjen arviointi on hankalaa.

Luultavaa kuitenkin on uusiutuvien energiamuotojen kehittyminen sähköntuotannossa, ja kehityksen mukana sähkön hinnan lasku. Kuitenkin sähkönkin hinnan tarkka ennustus on myös mahdotonta. Tämän takia molempien energiahintojen nousussa tukeudutaan tilastoihin.

Pelkän takaisinmaksuajan mukaan ilma-vesilämpöpumpulla toteutettu hybridilämmitys on taloudellisin ratkaisu. Jos katsotaan järjestelmän kannattavuutta tulevaisuudessa, havaitaan että maalämpöpumpulla toteutettu hybridilämmitysjärjestelmä ohittaa jo yhdeksännen vuoden kohdalla taloudellisella kannattavuudellaan ilma-vesilämpöpumpujärjestelmän. Samoin tekee pelkällä maalämpöpumpulla toteutettu lämmitysjärjestelmä kymmenennen vuoden kohdalla. Pelkällä maalämmöllä toteutetulla lämmitysjärjestelmällä päästään rahallisessa säästössä mitattuna ohi maalämpö-öljyhybridilämmitysjärjestelmästä vasta 16. vuonna.

Ilma-vesilämpöpumpulla saadaan kahdenkymmenen vuoden aikana noin 248 000 euron säästö nykyiseen öljylämmitykseen verrattuna. Tämä on kuitenkin lähes 63 000 euroa vähemmän kuin maalämpöpumpulla saatu säästö ja noin 58 500 euroa vähemmän kuin maalämpö-öljyhybridillä säästetty summa. Kun tämä summa sekä se että molemmat maalämpöpumpujärjestelmät ohittavat ilma-vesipumpun kannattavuudellaan ensimmäisen kymmenen vuoden aikana huomioidaan, voidaan päätellä, että ilma-vesilämpöpumpulla ja öljyllä toteutettu hybridilämmitysjärjestelmä ei ole järjestelmistä taloudellisesti kannattavin vaihtoehto.

Molempien maalämpöpumpuilla suoritettavien lämmitysvaihtoehtojen energiakustannukset ovat koko tarkastelujakson ajan melko lähellä toisiaan. Hybridijärjestelmänä toteutettava sovellus kuitenkin maksaa itsensä vuoden nopeammin takaisin. Lisäksi se on kannattavampi pitkälle tulevaisuuteen. Näiden ominaisuuksien takia maalämpö-öljyhybridijärjestelmän valintaa voidaan pitää taloudellisesti turvallisimpana sekä kannattavimpana lämmitysratkaisuna

7.2 Tulevaisuuden parannusmahdollisuudet

On luultavaa, että tulevaisuudessa uusiutuvien energialähteiden käyttö talojen lämmityksessä ja sähköntuotannossa tulee kasvamaan laitteistojen kehityksen ja edullistumisen kautta. Erityisesti käsitellyn kohteen kaltaisen, haja-asutusseudulla sijaitsevan talon kohdalla sähkön ja lämmön tuottaminen aurinko- sekä tuulivoiman avulla tulevaisuudessa voi olla hyvinkin kannattavaa, sekä helposti toteutettavaa. Nykyisin tämän kokoluokan taloudelle on vielä kannattavampaa luoda lämmitys yleisemmillä metodeilla.

Erityisesti aurinkovoimaa hyväksi käyttävien järjestelmien odotetaan kehittyvän suuresti. Lisäksi aurinkopaneelien kannattavuus on kasvanut niiden hintojen laskun mukana. Jo tällä hetkellä pystytään tekemään 44 prosentin hyötysuhteen omaavia aurinkopaneeleja. [25.]

Aurinkoenergialla voidaan saada eri tavoin parempaa kannattavuutta kohteen lämmitykseen tulevaisuudessa. Nykyisin yleisin ratkaisu tähän olisi aurinkokeräinten käyttö veden lämmitykseen. Toinen tapa voisi olla esimerkiksi lämmityksessä kuluvan sähkön tuottaminen aurinkopaneeleilla.

Lähteet

1. Pientalon lämmitysjärjestelmät. 2012. Verkkodokumentti. Motiva Oy.
<http://www.motiva.fi/files/2701/Pientalon_lammitysjarjestelmat.pdf>. Luettu 1.2.2013.
2. Öljylämmitys. 2013. Verkkodokumentti. Verkkodokumentti. Neste Markkinointi.
<<http://www.neste.fi/artikkeli.aspx?path=2589%2C2655%2C2710%2C2791%2C2797>>. Luettu 5.2.2013.
3. Öljylämmitys Suomessa. 2013. Verkkodokumentti. Öljyalan keskusliitto.
<<http://www.oil.fi/fi/lammitys/oljylammitys-suomessa>>. Luettu 5.2.2013.
4. Vanha öljylämmitys kannattaa uudistaa hybridilämmitykseksi. 2012. Verkkodokumentti. Hanakat Oy. < <http://www.hanakat.fi/tuotteet/lammitys/oljylammitys>>. Luettu 18.2.2012.
5. Harju, Pentti. 2010. Lämmitystekniikan oppikirja. Anjalankoski: Solverpalvelut Oy.
6. Yleistietoa ja FAQ öljylämmityksestä. 2003. Verkkodokumentti. VVT rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. <<http://www.rte.vtt.fi/webdia/oljylampo/opastus/faq.asp>>. Luettu 26.3.2013.
7. Öljylämmitys. 2013. Verkkodokumentti. Creative Commons Attribution.
<<http://lvip10sag.wikispaces.com/Öljylämmitys>>. Luettu 5.2.2013.
8. Aurinkolämpö. 2012. Verkkodokumentti. Motiva Oy.
<http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkolampo>. Luettu 13.2.2013.
9. Aurinkolämmitys. 2013. Verkkodokumentti. Creative Commons Attribution.
<<http://lvip10sag.wikispaces.com/Aurinkolämmitys>>. Luettu 13.2.2013.
10. Kaukolämmön edut. 2012. Verkkodokumentti. Helen Oy.
<http://www.helen.fi/kaukolampo/kl_edut.html>. Luettu 20.2.2013.

11. Lämpökaivo, porakaivo. 2012. Verkkodokumentti. Senera Oy.
<http://www.senera.fi/Maalampo/Lampokaivo__porakaivo/>. Luettu 10.2.2013.
12. Keskustelu Pertti Nordlundin kanssa 19.2.2013
13. IVT maalämpöpumput. Verkkodokumentti. Senera Oy.
<http://www.senera.fi/Maalampo/IVT_Maalampopumput/>. Luettu 10.2.2013.
14. Maalämmön toimintaperiaate. Verkkodokumentti. Mäntsälän Sähkö Oy.
<http://www.msoy.fi/yksityisasiakkaat/lampopumput/maalampo/fi_FI/toimintaperiaate/>. Luettu 9.3.2013.
15. Maalämpöpumppu kohtasi voittajansa - jopa 12 000 € halvempi. 2012. Talous Sanomat. <<http://www.taloussanomat.fi/asuminen/2012/06/18/maalampopumppu-kohtasi-voittajansa-jopa-12-000e-halvempi/201231776/310>>. Luettu 10.3.2013.
16. Ilmavesilämpöpumppu. 2011. Verkkodokumentti. Motiva Oy.
<http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/ilma-vesilampopumppu>. Luettu 20.2.2013.
17. Puhelinkeskustelu Harri Ylikuljun kanssa 19.2.2013
18. Sähkön tuotanto. 2013. Verkkodokumentti. Energiateollisuus Ry.
<<http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/sahkontuotanto>>. Luettu 11.3.2013.
19. Linnovaara, Janne. 2013. Sähkökatkojen kestolle tiukat rajat. Länsi-Savo 79/2013, s.12
20. Sähkölasku kasvaa. 2013. Verkkodokumentti. Sanoma Oy.
<<http://www.hs.fi/politiikka/Sahkolasku+kasvaa++Laske+oma+korotuksesi+HSn+laskurilla/a1305658919893>>. Luettu 20.3.2013.
21. Puulämmitys – uusiutavaa ja kotimaista energiaa. 2012. Hanakat Oy.
<<http://www.hanakat.fi/tuotteet/l%C3%A4mmitys/puul%C3%A4mmitys>>. Luettu 7.3.2013.

22. Saarinen, Sirkka. 2004. Lämmitysjärjestelmät. Verkkodokumentti.
<<https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/5eKifMc2l/5fYqXZzqx/Files/CURRENTFile/Lammitysjarjestelmat.pdf>>. Luettu 9.2.2013.
23. Pellettilämmitys. 2012. Verkkodokumentti. Bio-Expert Oy.
<<http://lammitysjarjestelmat.com/pellettilammitys/>>. Luettu 11.3.2013.
24. Energian hinnat 2012, 3. vuosineljännes. 2012. Tilastokeskus.
<<http://www.stat.fi/til/ehi/2012/03/>>. Luettu 12.2.2013.
25. Tiedebasaari. 2013. Verkkodokumentti.
<<http://www.hs.fi/politiikka/Sähkölasku+kasvaa++Laske+oma+korotuksesi+HSn+la+skurilla/a1305658919893>>. Luettu 3.4.2013.

Maalämpöpumpun rakennekuva

