

Heikki Räisänen

SEURAKUNTATALON
LÄMMITYSMUOTOJEN
VERTAILU

Opinnäytetyö
Talotekniikan koulutusohjelma

Toukokuu 2012




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Opinnäytetyön päivämäärä 3.5.2012
Tekijä(t) Heikki Räisänen		Koulutusohjelma ja suuntautuminen Talotekniikan koulutusohjelma
Nimeke Seurakuntatalon lämmitysmuotojen vertailu		
Tiivistelmä Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia Liperin seurakunnan lämmitysjärjestelmän saneerauksesta syntyneitä kustannuksia laskennallisesti ja kulutusta seuraamalla. Seurakunta vaihtoi syksyllä 2011 vanhan öljylämmitysjärjestelmän Gebwell Oy:n 25 kW:n maalämpöpumppuun, koska alueella ei ollut tarjolla kaukolämpöverkostoa ja lämmitysmuodon ominaisuuksina tuli olla ympäristöystävällinen, alhaiset elinkaarikustannukset, helppokäyttöisyys ja vähäinen huollontarve. Opinnäytetyössä laskettiin maalämpöpumpun ja öljylämmityksen investointikustannukset ja järjestelmien takaisinmaksuaika sekä järjestelmän elinkaaren aikaiset käyttökustannukset. Laskennallisesti saatuja tuloksia verrattiin maalämpöpumpun käytöstä syntyviin käyttökustannuksiin. Sähkönkulutusta seurattiin seitsemän kuukauden ajan ja loppujen 5 kuukauden sähkönkulutus arvioitiin normeerauksen avulla. Lämmitysjärjestelmän elinkaarenaikaiset kustannukset ovat tärkeimmät valittaessa lämmitysjärjestelmää, koska alhaisimmilla elinkaarikustannuksilla voi järjestelmän hankintakustannukset olla muita järjestelmiä suuremmat. Laskennallisilta elinkaarikustannuksiltaan 20 vuoden aikana maalämpöpumppu tulee noin 144 000 euroa halvemmaksi kuin öljylämmitys ja investoinnin takaisinmaksuaika on 8-9 vuotta. Kulutusta seuraamalla seurakuntatalon vuosittaiset lämmitysenergiakustannukset ovat pienentyneet 5883 euroa. Tuloksien mukaan voidaan sanoa, että lämmitysjärjestelmän saneeraus maalämmöksi on ollut seurakunnalle kannattava ja se tuo merkittävät taloudelliset säästöt lämmitysjärjestelmän elinkaaren aikana.		
Asiasanat (avainsanat) Maalämpö, maalämpöpumppu, öljylämmitys, elinkaarikustannukset		
Sivumäärä 31	Kieli Suomi	URN
Huomautus (huomautukset liitteistä)		
Ohjaavan opettajan nimi Martti Veuro		Opinnäytetyön toimeksiantaja EKO LVI Oy

DESCRIPTION

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Date of the bachelor's thesis 3.5.2012	
Author(s) Heikki Räisänen		Degree programme and option Building services engineering	
Name of the bachelor's thesis Comparison of heating system in parish building			
Abstract <p>The purpose of my thesis was to investigate the renovation costs of heating system in Liperi parish building. Congregation changed old oil heating system to Gebwell 25 kW geothermal pump in the autumn 2011 because there is no district heating network in the area. The renewed heating system must have qualities like environment friendly, low life-cycle costs, easy to use and low maintenance costs.</p> <p>In this thesis, geothermal pump and investment costs of oil heating, heating system payback period and life cycle costs were calculated. The results which were received were compared to the concrete operating costs. Monitoring of electricity consumption is key for operating costs. Life cycle costs of a heating system are most important issue when choosing heating system. If the heating system has the cheapest life cycle costs, it could have more expensive investing costs.</p> <p>It was calculated that in 20 years the total heating costs of geothermal pump are 144 000 euros cheaper than of oil heating system and geothermal pump payback period is 8-9 year. Heating energy consumption has decreased by 5883 euros. The result says that heating system renovation to geothermal pump is economic for parish of Liperi and it will create major savings of money.</p>			
Subject headings, (keywords) Geothermal heat, geothermal heat pump, oil heating, lifecycle costs			
Pages 31	Language English	URN	
Remarks, notes on appendices			
Tutor Martti Veuro		Bachelor's thesis assigned by EKO-LVI Oy	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	SUOMEN ILMASTOPOLITIIKKA JA UUSIUTUVIEN ENERGIOIDEN KÄYTTÖ	2
3	ENERGIAMUOTOJEN PÄÄSTÖKERTOIMET	3
4	ÖLJYLÄMMITYS.....	4
4.1	Öljykattilan toiminta.....	4
4.2	Öljylämmityksen uusia ominaisuuksia	5
5	MAALÄMPÖ	5
5.1	Porakaivo lämmönlähteenä.....	6
5.2	Maahan asennettava lämmönkeruuputkisto.....	7
5.3	Vesistö lämmönlähteenä.....	7
5.4	Lämpöpumppujen historia.....	8
5.5	Maalämpöpumpun toimintaperiaate	8
5.6	Lämmönjako	10
6	RAKENNUSTEN ENERGIAKULUTUS	11
7	LÄHTÖTIEDOT.....	12
7.1	Vanha öljylämmitysjärjestelmä	13
7.2	Uusi maalämpöpumppu	13
8	VERTAILTAVIEN LÄMMITYSJÄRJESTELMIEN INVESTOINTIKUSTANNUKSET	13
8.1	Öljylämmityksen investointikustannukset.....	14
8.2	Maalämpöpumpun investointikustannukset	14
9	LASKENNALLINEN LÄMMITYSENERGIANKULUTUS	15
10	KANNATTAVUUS JA ELINKAARIKUSTANNUSTEN LASKENTA	19
11	SÄHKÖN KULUTUKSEN SEURAAMINEN	22
12	TULOKSET	23
13	JOHTOPÄÄTÖKSET	23
	LÄHTEET	25
	LIITE1 Maalämpöpumppu ja energiavaraaja	

1 JOHDANTO

Suomessa rakennuksia täytyy lämmittää suurin osa vuodesta. Lämmittämisellä on suuri kansantaloudellinen merkitys, koska lämmitysenergian osuus on 23 prosenttia Suomen energian käytöstä [1]. Siksi eri lämmitysmuotojen vertailu energiataloudellisuuden ja ilmastoystävällisyyden kannalta on erittäin tärkeää. Lämmitysjärjestelmien hankinta on merkittävä investointi. Lämmitysmuotoa valittaessa ei saa tarkastella ainoastaan investointikustannuksia, vaan tulisi huomioida pitkällä aikajaksolla syntyvät investointi-, käyttö- ja huoltokustannukset. Alhaisilla elinkaarikustannuksilla voidaan kalliistakin investoinnista saada merkittäviä taloudellisia säästöjä. Mitä isompi talo ja lämmitysenergian kulutus on, sitä suurempi lämmitysjärjestelmän hankintahinta voi olla, kunhan järjestelmän tuottama energia on halpaa. Siksi kaukolämpö, maalämpö ja pelletit sopivat paremmin isoihin kuin pieniin kiinteistöihin. [2, s. 67.]

Lämpöpumput ovat yleistyneet koko ajan, ja uusia lämpöpumppuratkaisuja on tullut markkinoille. Maalämpöpumppujen myynti kasvoi 8000 kappaleesta melkein 14 000 kappaleeseen vuoden 2011 aikana. Energian hinnan nousu ja uusiutuvan energian käytön lisäämisinvestointeihin kohdistettu energia-avustus on saanut kuluttajat miettimään uusia ratkaisuja perinteisen öljylämmityksen korvaajaksi. [3,s.51]

Tuotekehityksen ansiosta öljykattiloiden hyötysuhteet ovat parantuneet ja markkinoille tulee uusia lämmityspolttoöljyjä, joissa on sekoitettuna erilaisia biokomponentteja. Erilaisten hybridilämmitysjärjestelmien määrä on lisääntynyt, ja niissä yhdistetään öljykattila ja ilmalämpöpumppu tai öljykattila ja aurinkokeräin tuottamaan yhdessä rakennukseen tarvittava lämmitysenergia. Suomen rakennuskannassa on käytössä 220 000 öljykattilaa, puoli miljoonaa suorasähkölämmitteistä taloa ja 150 000 vesikiertoista sähkölämmitteistä rakennusta. Näiden lämmitysmuotojen vaihtaminen uusiutuviin energiamuotoihin on merkittävässä asemassa, kun Suomi yrittää selviytyä EU:n uusiutuvan energian direktiivin asettamista vaatimuksista [3,s.51].

Opinnäytetyössä tarkastellaan Liperin seurakunnan virastotalon öljylämmityksen muuttamisesta maalämmöksi. Lämmitysjärjestelmän saneerauksesta syntyviä taloudellisia säästöjä tutkitaan laskennallisesti ja sähkönkulutusta seuraamalla.

Seurakunta vaihtoi syksyllä 2011 vanhan öljylämmityksen maalämpöpumppuun, koska alueella ei ole kaukolämpöverkostoa ja hake-/pellettilämmitys olisi vaatinut enemmän investointeja, huoltoa ja järjestelmän hoitajaa kuin maalämpö. Laskennallisesti vertaillaan uuden öljykattilan ja maalämpöpumpun investointi- ja käyttökustannuksia niiden arvioidun käyttöiän aikana. Todellisia maalämpöjärjestelmän käyttökustannuksia arvioidaan sähkönkulutusta seuraamalla, kun tiedetään aikaisempien vuosien käytösähkön- ja lämpimän käyttöveden kulutus.

2 SUOMEN ILMASTOPOLITIIKKA JA UUSIUTUVIEN ENERGIÖIDEN KÄYTTÖ

Suomi ratifioi YK:n ilmastosopimuksen vuonna 1994 ja Kioton pöytäkirjan vuonna 2002 yhdessä muiden EU maiden kanssa. Kioton sopimus velvoittaa Euroopan unionia vähentämään kasvihuonekaasu päästöjä 8 prosenttia vuoden 1990 päästötasosta vuosina 2008–2012. Suomen vähentämistavoitteeksi on asetettu 16 prosenttia vuoden 2005 tasosta vuoteen 2020 mennessä ja uusiutuvan energian osuudeksi energian loppukulutuksesta on määritelty 38 prosenttia, joka tekee 10700 ktoe (miljoonaa öljykequivaleenttonnia) eli 124 TWh. [4.]

Työ- ja elinkeinoministeriön raportissa on hahmoteltu päälinjaukset uusiutuvan energian lisäämisestä primäärienergiana sekä eri energialähteiden edistämiseksi suunnitellut taloudelliset keinot. Lämpöpumppujen uusiutuvan energian tuotanto nostetaan 8 TWh:iin vuoteen 2020 mennessä. Se oli vuonna 2009 noin 2,8 TWh. Lämpöpumppujen hankintaa avustetaan saneerauskohteissa investointiavustuksin.[5,s.4] Suomessa tuotetusta sähköstä 24 prosenttia tuotetaan uusiutuvilla energiamuodoilla, esimerkiksi bioenergialla ja vesivoimalla. Viidesosa Suomen sähkön tuotannosta katetaan ydinvoiman avulla, joka ei aiheuta hiilidioksidipäästöjä. Jos lämpöpumpun vuotuinen lämpökerroin on hyvällä tasolla eli yli kolmen, voidaan sanoa, että lämpöpumpun avulla tuotetusta energiasta on noin 2/3-osaa uusiutuvaa. [6, s. 14.]

Ilmasto ja energiastrategian tavoitteiden saavuttaminen ja uusiutuvien energioiden käytön lisääminen edellyttää valtiolta huomattavia tukitoimia ja syöttötariffin käyttöön ottoa uusiutuvan energian avulla tuotettua sähköä varten.

Syöttötariffin tukisumma kasvaa joka vuosi, ja on arvioitu, että vuonna 2015 se olisi melkein 200 miljoonaa euroa. Toinen merkittävä tukimuoto on energiatuki eli investointituki, jota on varattu vuodelle 2012 157 miljoonaa euroa. Investointitukea myönnetään uusiin laitosinvestointeihin, joiden avulla vähennetään kasvihuonekaasupäästöjä ja edistetään innovatiivista alan tuotekehitystä. [7.]

3 ENERGIAMUOTOJEN PÄÄSTÖKERTOIMET

Päästökerroin ilmaisee, kuinka monta grammaa kasvihuonekaasuja hiilidioksidiksi muunnettuna vapautuu yhtä tuotettua kilowattituntia kohden. Öljylämmityksessä yleisesti käytettävän kevytpolttoöljyn päästökerroin on 267 g CO₂/kWh, kun taas esimerkiksi sähköllä se on 280 ja kaukolämmöllä 220. Vihreällä sähköllä päästökerroin on 0 g CO₂/kWh. Sähkön päästökerroin voidaan laskea usealla eri tavalla, mutta todellinen kerroin riippuu siitä, kuinka sähkö on tuotettu. Yllättäen öljylämmitys siis kuormittaa ilmastoa hiukan vähemmän kun suora sähkölämmitys. Silti sen päästöt ovat merkittävämmät kuin kaikilla muilla lämmitysmuodoilla. [8.]

Lämmitysmuotoja vertailtaessa voidaan päästösäästö laskea, kun tiedetään säästynyt energiamäärä ja lämmitysmuodon päästökerroin kaavan 1 mukaisesti.

$$\text{Päästö määrä} = \text{Energia} \cdot \text{Päästökerroin} \quad (1)$$

Päästö määrä = lämmitysmuodon kasvihuonekaasujen päästö määrä [gCO₂]

Energia = käytetty energiamäärä [kWh]

Päästökerroin = lämmitysmuodon hiilidioksidin tuotto kilowattituntia kohti [gCO₂/kWh] [2, s. 16]

4 ÖLJYLÄMMITYS

Pitkät perinteet omaava öljylämmitys on helppo ja vaivaton lämmitystapa vielä tänä päivänäkin. Öljylämmitteisen talon lämmitysjärjestelmä koostuu lämmöntuotto- ja lämmönjakojärjestelmästä. Lämmöntuotosta vastaavat kattila, poltin, öljysäiliö, savuhormi sekä säätö- ja hallintalaitteet. Lämmönjakotapana on yleensä vesikiertoinen patterilämmitys. Öljylämmitysjärjestelmä on erittäin automatisoitu ja käyttäjän tehtäväksi jää lähinnä huolehtia öljysäiliön täytöstä. Öljy on fossiilinen polttoaine eli uusiutumaton luonnonvara. Öljylämmitys kuormittaa merkittävästi maapallon ilmastoa ja kaikkien ennusteiden mukaan sen hinta nousee lähitulevaisuudessa merkittävästi. Viime vuosina öljy on kallistunut nopean kulutuksen kasvun ja siitä aiheutuvan öljypulan takia. On puhuttu öljyn loppumisesta kokonaankin, mutta se ei lopu tietenkään yhtäkkiä; tuotanto vain vähenee, ja hinta nousee sitä mukaa kun öljylähde toisensa jälkeen ehtyy. Suomessa ohjataan käyttämään lämmitysenergiamuotoina uusiutuvista energialähteistä peräisin olevaa energiaa valtion taholta ja siksi kevyen polttoöljyn energiavero kaksinkertaistui vuoden 2011 alussa 8,7 sentistä 15,7 senttiin litralta. [2.]

4.1 Öljykattilan toiminta

Öljysäiliö on sijoitettu yleensä maan alle, pintasäiliönä maan päällä tai rakennuksen sisään omaan palo-osastoituun tilaan. Ne on valmistettu yleensä teräksestä, polyeteeni- tai polyamidimuovista. Säiliössä varastoituna oleva öljy pumpataan öljykattilalle polttimessa olevalla pumpulla. Polttimessa paineistettu öljy muutetaan öljysumuksi suuttimen avulla. Palamisilma ja öljysumu sekoittuvat ja seos sytytetään sytytyskärkien avulla. Poltin toimii kattilan lämpötilasäätimen ohjaamana ja menee päälle kattilatermostaatin ohjaamana. [10, s.64–65.]

Palamisesta syntyvä lämpöenergia siirtyy säteilemällä ja johtumalla tulipesän ympärillä olevaan vesitilan kattilaveteen, jonka avulla lämmitetään lämmitysjärjestelmässä kiertävä vesi. Käyttövesi lämmitetään esimerkiksi kattilan vesitilassa olevassa kuparikierukassa. Öljykattilat ovat tavallisesti lämminvesikattiloita ja kattilaveden lämpötila on maksimissaan +100 °C. Yli +100 °C käyttölämpötiloilla toimivat kattilat ovat kuumavesi- tai höyrykattiloita. Pienemmissä rakennuksissa, joissa tehon tarve on alle 100 kW, on yleensä yksi kattila polttimiseen. Tätä suuremmissa kohteissa on toimin-

tavarmuuden ja tehoporrastuksen takia yleensä 2 kaksi tai useampia kattiloita polttimiseen ja niiden toimintaa ohjataan lämmitystehontarpeen mukaan. [10, s.65.]

4.2 Öljylämmityksen uusia ominaisuuksia

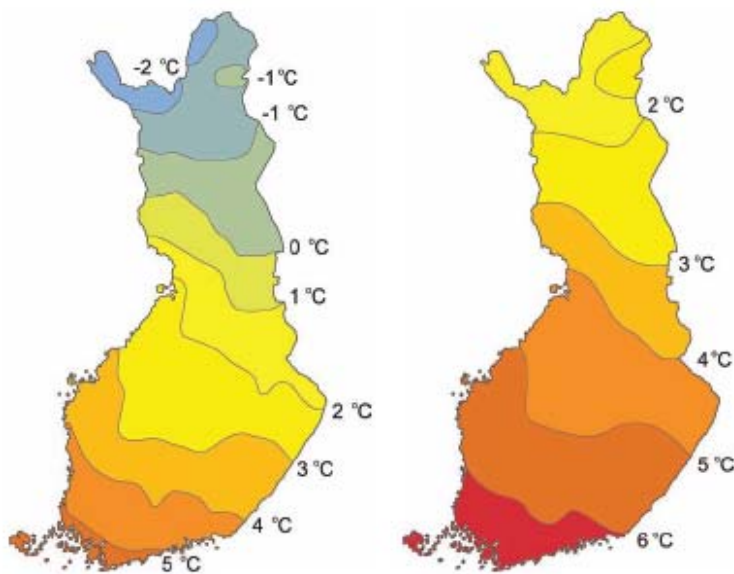
Vaikkakin öljyllä on monta huonoa puolta valittaessa rakennukselle uutta lämmitysjärjestelmää, öljykattiloiden tuotekehitykseen on käytetty valtavasti resursseja. Kehitystyössä on otettu huomioon monipuoliset polttimien säätömahdollisuudet, jolloin polttimia voidaan säätää tarkasti erilaisille öljyille ja bioöljyille. Hyvien säätömahdollisuuksien ansiosta saadaan polttimien päästöt ja hyötysuhde hyväksi. Uudet säätyvät palopäät ja hyvät ilmansäätömahdollisuudet takaavat erinomaiset palo-olosuhteet. Myös polttimen ilmansulkuläppä sulkeutuu automaattisesti paloprosessin pysähtyessä, jolloin ilman läpivirtaus pysähtyy ja kattilan lämpötila pysyy korkeana pidempään. Polttimien sähkön kulutusta on myös saatu pienennettyä ja nykyaikaisen muotoilun ansiosta kattiloilla on linjakas ja moderni ulkonäkö. Uudenlainen muotoilu helpottaa laitteiden huoltoa ja puhtaanapitoa. Öljykattiloiden palamishyötysuhde on saatu nostettua 95 prosenttiin. Hybridilämmityksessä esimerkiksi aurinkolämmitys on hyvä kumppani öljyn käytölle. Järjestelmä on toimintavarma ja uuden kattilan ja polttimen vaihtaminen on aika edullista verrattuna siirtymiseen esimerkiksi maalämpöjärjestelmään. [9.]

5 MAALÄMPÖ

Maalämpöpumppuja käytetään pääasiassa rakennusten lämmitykseen ja jäähdytykseen sekä lämpimän käyttöveden tuottamiseen. Lämpöpumppujen yleisin käyttökohde on pientalojen lämmitys. Maalämpöpumppu on energiatehokas ratkaisu, sillä se käyttää noin 1 kWh sähköenergiaa 3 kWh lämpöenergian tuottamiseen. Maalämmön avulla on mahdollisuus saavuttaa selkeät säästöt ostoenergiakustannuksissa. Siinä, missä öljylämmitys on riippuvainen lämmitysöljyn markkinahinnasta ja kattilan iästä, ovat maalämmön energiakustannukset alhaisemmat ja vakaammat vuodesta toiseen. Maalämpöpumpun ominaisuuksina ovat vähäinen huollon tarve. Tuotetusta lämmöstä noin 2/3 osaa on uusiutuvaa energiaa, tuotetun lämpöenergian hinta on suhteellisen alhainen suoraan sähkölämmitykseen verrattuna. Pumpun tilantarve on vähäinen ja se on kustannustehokkain keskimääräistä suuremmissa rakennuksissa. Maalämpöjärjestelmä on

helppo jälkiasentaa rakennuksiin, joissa on vesikiertoinen lämmönjakojärjestelmä. Lämpökaivoa voidaan käyttää myös viilennykseen [6, s.3.]

Maa- ja kallioperän pintaosiin on varastoituneena auringon tuottamaa lämpöenergiaa ja syvemmällä kallioperässä lämpöenergia on geotermistä energiaa eli geolämpöä. Lämpöenergian keruu tapahtuu maahan, vesistöön tai kallioon upotettavalla muovisella keruuputkistolla. Keruuputkistossa kiittää jäätymätön vesi-etanoli- tai vesiglykoliseos, jonka avulla lämpöenergia siirtyy höyrystin-lämmönsiirtimen kautta kylmäaineeseen. Keruuputkisto voidaan asentaa vaakaputkistona noin 1 metrin syvyyteen, upotettuna 2-3 metrin syvyyteen vesistöön tai pystysuorana porakaivona. Maapiirissä kiertävästä nesteseoksesta otetaan lämpöä talteen noin 3 asteen verran. Suomessa maanpinnan vuotuinen keskilämpötila on noin 2 astetta ilmanvuotuista keskilämpötilaa korkeampi (kuva 1) ja lämpötila 200 metrin syvyydessä on 6-7 °C astetta. [11.]



KUVA 1. Vasemmalla vuotuinen ilmalämpötilan keskiarvo ja oikealla vuotuinen maanpinnanlämpötilan keskiarvo [11, s. 8]

5.1 Porakaivo lämmönlähteenä

Maahan ja kallioperään asti porattua reikää ja siihen pystysuoraan asennettavaa lämmönkeruujärjestelmää kutsutaan lämpökaivoksi. Lämpöpumpun keruuputkisto siirtää

kallioon ja pohjaveteen varastoituneena olevaa lämpöenergiaa lämmönsiirtonesteiden avulla lämpöpumpulle. Isommissa kiinteistöissä, kuten rivi- ja kerrostaloissa, sekä teollisuusrakennuksissa, voidaan porata useampia lämpökaivoja ja kytkeä ne rinnakkain toimiviin putkisilmukoihin. Tilanpuutteen vuoksi on mahdollista porata kaivot lähekkäin, mutta silloin ne porataan vinoon toisiinsa nähden. Lämpökaivojärjestelmän avulla on myös helppo toteuttaa kesäaikana viilennys rakennukseen. Lämpökaivojärjestelmä on kalliimpi toteuttaa kuin vaakasuora putkisto maan alle, mutta sen etuina ovat muun muassa kesäaikainen jäähdytys, routimaton ja helposti ilmaantuva järjestelmä, vähäinen kaivutyö sekä parempi energiansaanto käytettyä putkimetriä kohti. [12, s.2.]

5.2 Maahan asennettava lämmönkeruuputkisto

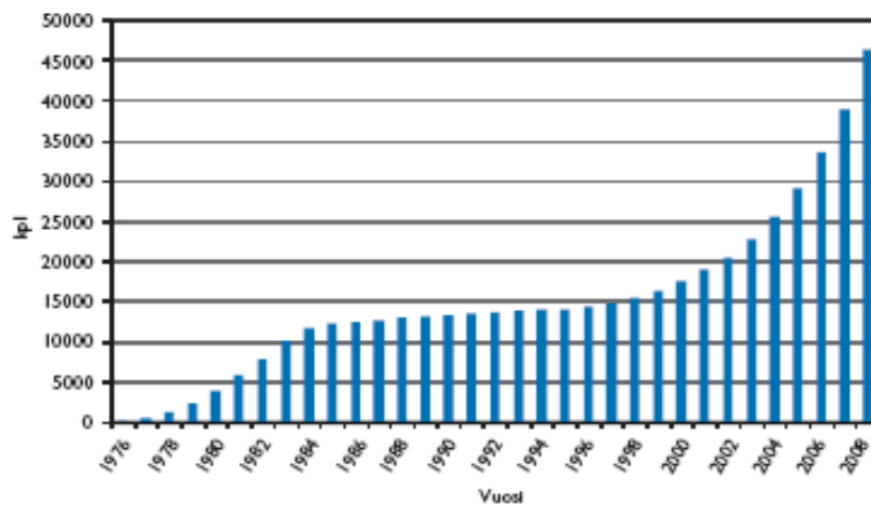
Vaakasuoraan noin 1 metrin syvyyteen asennettava lämmönkeruuputkisto sopii hyvin suurikokoisille tonteille, ja lämmönkeruuputkisto ei ole esteenä puutarhan hoidolle. Lämmönkeruuputkiston merkittävin tekijä vaakasuoran putkiston mitoituksessa on maaperän lämmönjohtavuus ja kosteuspitoisuus. Joissakin tapauksissa ne vaihtelevat merkittävästi, mutta suurin osa maalajeista sopii maalämmitysjärjestelmille. Maapiirin pituus kannatta mieluummin ylittää, jos tontilla on tilaa. Silloin investointi- ja pumppauskustannukset kasvavat hiukan, mutta se estää maaperän lämmöntuoton hii-pumisen ja alhaisemman höyrystymislämpötilan maalämpöpumpussa. Ohjearvona pidetään 1-2 putkimetriä lämmitettävää rakennuskuutiota kohti ja tontin pinta-alaa tarvitaan 1,5 m² putkimetriä kohti. [12,s.4.]

5.3 Vesistö lämmönlähteenä

Maalämpöjärjestelmän lämmönlähteeksi soveltuvat lammet, järvet ja meri, joissa on 2 metriä syvyyttä rannan tuntumassa. Silloin putket voidaan viedä routarajan alapuolella veteen. Putkia ei yleensä aseteta jokiin ja ennen järjestelmän suunnittelua on hankkeelle saatava vesialueen omistajan lupa. Vesistöistä saadaan vuodessa 70–80 kWh/putkimetri lämmitysenergiaa. Putket asennetaan samalla tavalla kuin maahan asennettava vaakaputkisto, mutta putket ankkuroidaan 2 metrin välein betonipainoilla putkiston liikkumisen estämiseksi. [12, s.4.]

5.4 Lämpöpumppujen historia

Lämpöpumpun periaate on tunnettu laitteena pitkään, ja se on ollut viilennyskäytössä mm. jääkaapeissa. Lämpöpumpun teoreettinen toimintamalli keksittiin jo 1850-luvulla, jolloin esiteltiin Carnot-kiertoprosessi englantilaisen fyysikon William Thomsonin toimesta. Suomessa lämpöpumppujen käyttö lisääntyi 1970-luvulla, mutta 80-luvulla niiden kehitystyö ja käyttö kääntyi nopeasti laskuun (kuva 2), öljyn hinnan laskettua merkittävästi energiakriisin jälkeen. Pääsyyinä oli hankinnan kannattavuuden heikkeneminen energian hintojen suhteen muuttuessa epäedullisemmaksi sähkölle. Toinen merkittävä tekijä oli lämpöpumppujen saama negatiivinen maine, joka johtui vaikeaa ja uutta tekniikkaa hallitsemattomien valmistajien epäluotettavien pumppujen ja huonosti hoidetun huollon takia. Myös tiedon puute lämpöpumpun vaatimuksista lämmitysjärjestelmän osana oli syy monien järjestelmien huonoon toimintaan. [13, s. 4.]

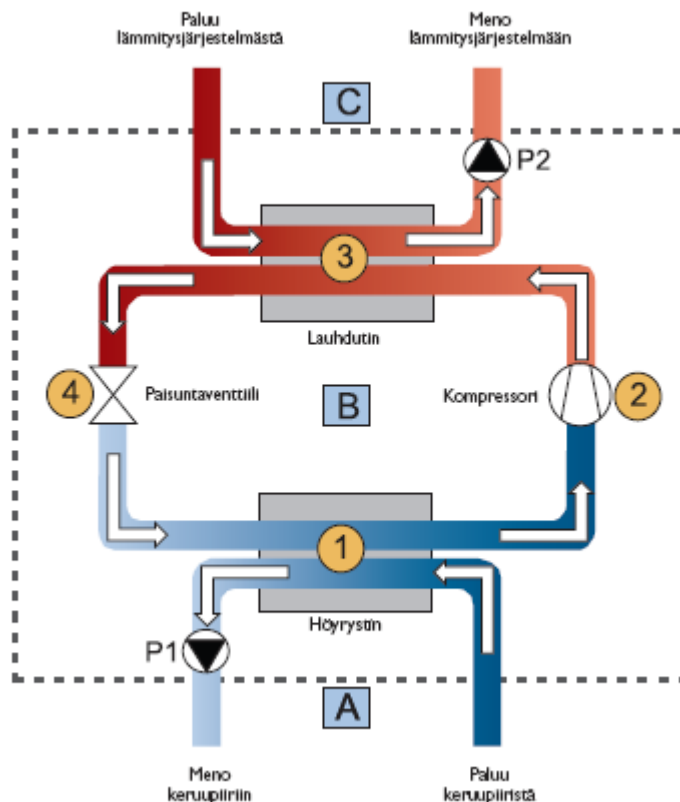


KUVA 2. Suomessa myytyjen lämpöpumppujen kokonaismäärä 1976–2008 [11, s.12]

5.5 Maalämpöpumpun toimintaperiaate

Lämpöpumpun toimintaperiaate perustuu kolmeen fysiikan lakiin: lämpöenergia siirtyy aina korkeammasta lämpötilasta matalampaan, höyrystyessään aine sitoo ja lauh- tuessa luovuttaa energiaa ja lämpötilan muutos aiheuttaa paineen muutoksen. Kuvassa

3 on esitetty maalämpöpumpun toimintaperiaate. Lämmönsiirtoaine palaa keruupiiristä (A) 0 °C lämpötilassa ja menee höyrystimen läpi, jonka seurauksena se jäähtyy -3 °C lämpötilaan ja luovuttaa lämpöenergiansa lämpöpumpun kylmäainepiiriin (B). Lämpöpumpun kompressori imee kylmäainehöyryä ja puristaa sen paineputkessa korkeapaineiseksi kaasuksi, jolloin kaasun lämpötila nousee. Kylmäainekaasu siirtyy lauhduttimelle, jossa se luovuttaa lämpöenergiansa rakennuksen lämmitysjärjestelmälle ja muuttuu takaisin nesteeksi (C). Maalämpöpumpun paisuntaventtiili alentaa kylmäaineen painetta, jolloin neste muuttuu osittain kylmäainehöyryksi ja sen lämpötila laskee. Seos virtaa höyrystimeen ja höyrystyy kokonaan ja kylmäainekierto alkaa uudestaan. Kuvassa katkoviiva rajaa varsinaisen maalämpöpumpun ja pienemmissä kohteissa keruu- ja lämmityspiirin pumput P1 ja P2 kuuluvat samaan pakettiin.[11,s.11]

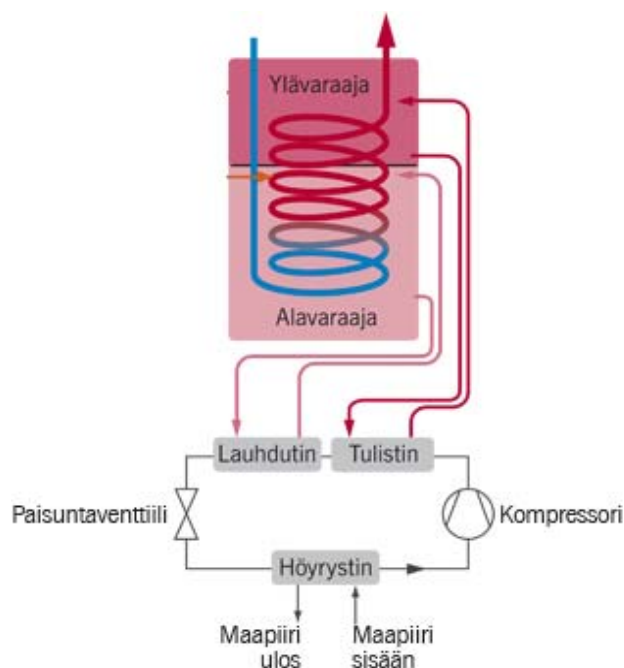


KUVA 3. Maalämpöpumpun toimintaperiaate ja katkoviivalla on rajattu maalämpöpumpputoimituksen sisältämät osat [11, s.11]

Käyttövesi tulee lämmittää vähintään 55 asteiseksi bakteerien lisääntymisen estämiseksi. Joten esimerkiksi lattialämmitysmuodolla lämmitysveden lämpötila on alhaisempi hyvän lämpökertoimen takaamiseksi, ja se aiheuttaa ongelman käyttöveden

tuottamisessa. Lämpöpumppujen valmistajat ovat ratkaisseet ongelman kolmella eri tavalla: tulistinpiirin avulla, vaihtuvan lauhdutuksen avulla tai erillisellä käyttövesikierukalla, jonka jälkeen lopullinen lämpötila saavutetaan sähkövastuksen avulla. [14. s70-71.]

Kuvassa 4 on esitelty tulistinmallisen ratkaisun toiminta. Tulistinvaraajassa käyttövesi esilämmitetään varaajan alaosassa olevassa lämmitysvaraajassa, josta otetaan vesi lämmitystarpeeseen. Varaajan yläosassa käyttövesi lämmitetään yli 55 asteiseksi tulistinlämmönsiirtimen avulla. Tulistinsiirrin on erillinen lämmönsiirrin, joka on sijoitettu heti kompressorin jälkeen ja silloin kylmäaine on yli +100 asteista kuumakaasua. Tulistuslämmönsiirtimen jälkeen kylmäaine menee lauhduttimeen, missä se luovuttaa lopun lämpöenergiansa lämmityspiiriin käyttöön ja lauhtuu samalla nesteeksi. [14. s.71.]



KUVA 4. Tulistusmallisen lämpöpumpun toiminta [15]

5.6 Lämmönjako

Lämpöpumpusta saadaan parhain mahdollinen hyötysuhde, kun rakennuksessa käytetään matalalämpötilaista lämmönluovutusta eli lattialämmitystä. Lattialämmityksessä menoveden lämpötilana käytetään 28–40 astetta, kun taas esimerkiksi patterilämmityksessä menoveden lämpötila on 35–60 astetta. Patterilämmitys ei kuitenkaan sulje

pois maalämmön käyttöä, koska maalämpöpumpun avulla voidaan vesi lämmittää aina 60-asteiseksi. [16.]

6 RAKENNUSTEN ENERGIAKULUTUS

Rakennusten energiakulutuksen seuranta on peruste oikeanlaiselle energiankäytölle. Rakennusten energian kulutukseen kuuluu lämpimän käyttöveden tuottaminen, tilojen lämmitys, tuloilman lämmitys sekä sähkönkulutus ja jäähdytys. Paikkakunnan vuoden lämmitystarveluvun avulla voidaan verrata tietyn rakennuksen eri kuukausien tai vuosien lämmitysenergiankulutusta tai toisella paikkakunnalla olevien rakennusten kulutusta. Ilmatieteenlaitokselta saa kysymällä lämmitysenergian kulutuksen vertaamiseen, eli niin sanottuun normitukseen käytettävät lämmitystarveluvut kuukausi- ja vuositasolla kuudelletoista eri paikkakunnalle Suomessa (taulukko 1).

Normituksessa käytettävä normaalivuosi on laskettu vuosien 1971–2000 lämmitystarveluvuista. [10, s.101–102.]

TAULUKKO 1. Toteutuneet lämmitystarveluvut Joensuussa 2007–2011. [19]

Joensuu	2007	2008	2009	2010	2011	2012	1971–2000
Tammikuu	743	654	789	1043	833	813	837
Helmikuu	932	602	731	831	901	886	762
Maaliskuu	589	652	660	699	645	631	670
Huhtikuu	420	408	474	409	388		479
Toukokuu	198	234	119	162	175		231
Kesäkuu	8	49	72	42	14		43
Heinäkuu	0	20	31	0	0		12
Elokuu	40	85	16	76	5		55
Syyskuu	230	267	148	181	154		237
Lokakuu	369	339	493	426	367		434
Marraskuu	585	500	513	649	478		598
Joulukuu	552	595	836	986	534		759
S_N toteutunut	4666	4405	4882	5504	4494	2330	5117
S_N VPKUNTA	5117	5117	5117	5117	5117	5117	5117

Taulukossa 1 olevista lämmitystarveluvuista nähdään, että vuodet 2007–2008 ovat olleet normaalivuotta lämpimämpiä. Vuoden 2009 lämmitystarveluku oli n. 11 % vuoden 2008 lukua suurempi ja vuoden 2010 lämmitystarveluku jopa yli 24 % suurempi Joensuussa. Opinnäytetyö kohteessa ei ole koneellista ilmanvaihtoa ja jäähdy-

tystä, joten lämmitysenergian tarve koostuu vain tilojen lämmityksestä ja lämpimän käyttöveden tuottamisesta. Käyttöveden kulutus on mitattu pitkältä aikajaksolta ja se on noin 50 m³. Lämpimän käyttöveden osuuden arvioidaan olevan 40 prosenttia koko käyttövesimäärästä. Vuosittainen käyttösähkön kulutus on noin 17 000 kWh.

7 LÄHTÖTIEDOT

Liperin seurakunnan virastotalo on rakennettu vuonna 1958. Virastotalo on osittain yksikerroksinen ja osittain kolmekerroksinen rakennus (kuva 5). Rakennus on kiviseinäinen ja siinä on toimistotiloja sekä lämmönjakokeskus. Rakennuksen pinta-ala on noin 360 m². Virastotalon tarkan öljyn kulutuksen määrittäminen on hankalaa, koska samalla öljykattilalla on lämmitetty kolmea eri rakennusta. Lämmitettäviin rakennuksiin kuului virastotalo, pappila ja rivitalo. Rakennuksessa käytetään käyttövettä n. 50 m³ vuodessa, josta arvioidaan lämpimän käyttöveden osuudeksi 40 % eli 20 m³ vuodessa. Toimistorakennuksessa on koneellinen poistoilmanvaihto, ja sähkön kulutus on 17 000 kWh vuodessa. Rivitalo tullaan purkamaan lähitulevaisuudessa, joten seurakuntatalolle jouduttiin miettimään lämmönlähteen uusimista. Merkittävimpinä tekijöinä olivat lämmitysmuodon ekologisuus ja elinkaaren aikaiset käyttökustannukset. Seurakunta sai ELY-keskukselta uusiutuvan energiankäytön investointitukea noin 13 940 euroa vaihtaessaan öljylämmityksen maalämpöpumppuun.



KUVA 5. Liperin seurakunnan toimistorakennus

7.1 Vanha öljylämmitysjärjestelmä

Lämmitysjärjestelmä koostui vanhasta öljy- ja puukattilasta sekä uudemmasta öljykattilasta (taulukko 2). Öljykattilat sijaitsivat rivitalossa, ja sieltä lämpö jaettiin lämpökaanalia pitkin virastotalolle ja pappilalle. Rakennuksille ei ole erillisiä lämmitysenergian tai öljyn kulutuksen mittauksia. Vuosittainen öljyn kulutus on jaettu prosenttiosuuksiin näiden kolmen rakennuksen kesken tilavuuden perusteella, josta virastotalon osuus on 26 %. Vuosittainen öljyn kulutus on ollut n. 33 400 litraa, josta virastotalon osuus on 8 700 litraa.

TAULUKKO 2. Vanhan öljylämmitysjärjestelmän tiedot

TIEDOT	KATTILA 1	KATTILA 2
Merkki	Högfors	Högfors
Malli	Heureka vm.1965	Arimax Eetta vm.1996
Teho	128/105 kW	120 kW
Polttoaine	öljy/puu	öljy
Polttimen merkki	Oilon KP-26	Oilon
Teho	128 kW	83–215 kW

7.2 Uusi maalämpöpumppu

Nykyinen maalämpöpumppujärjestelmä koostuu kolmesta 170 metrin porakaivosta. Maalämpöpumppuna on Gebwellin T-mallinen 26 kW:n pumppu. Järjestelmässä on kolme 500 litran G-Energy HP energiavaraajaa, joista yksi tulistinvaraaja. Kaksi varaajaa toimii lämmityksen varaajina, ja yksi on käyttöveden varaaja. Tarkemmat tiedot maalämpöpumpusta ja varaajista löytyy liitteestä 1.

8 VERTAILTAVIEN LÄMMITYSJÄRJESTELMIEN INVESTOINTIKUSTANNUKSET

Öljykattilan ja maalämpöpumpun kustannuksia vertaillaan arvonlisäveron ollessa 0 prosenttia. Tämä helpottaa tuotteiden vertailua ja tarjouspyyntöjen tekoa yrityksille.

Seurakunta joutuu maksamaan lämmitysjärjestelmän saneerauksesta ja sähkönkäytöstä normaalin arvonlisäveron 23 prosenttia. Öljylämmityksen hinnat ovat laitetoimittajien ilmoittamia, ja lvi-työt ovat yrityksen laskemia arvioita työnsuorituksesta. Maalämpöpumpun osalta hinnat ovat todellisia seurakunnalta laskutettuja hintoja.

8.1 Öljylämmityksen investointikustannukset

Öljylämmityksen investointikustannukset (taulukko 3) koostuvat kattilasta, polttimesta, savupiipusta, öljysäiliöstä, asennustyöstä ja palo-osastoivan seinän muurauksesta. Palo-osastointi joudutaan tekemään rakennuskokoelma E9 mukaan, koska kattilahuoneeseen tulisi 2 kappaletta 3,0 m³ öljysäiliötä ja palonkestovaatimuksena on EI60. Kattilaksi on valittu Aritermin 30 kW:n kattila ja siihen sopiva Oilon OilPro 5 mallinen 26–60 kW:n poltin. Erillistä lämminvesivaraajaa ei tarvita. Savupiipun hinta sisältää kaikki osat ja tuentakannakkeet savupiipun pystyttämistä varten.

TAULUKKO 3. Öljylämmityksen investointikustannukset

Öljylämmityksen osa	Hinta-arvio [€] (alv 0 %)
Kattila (Arimax 30S)	2200
Öljypoltin (Oilon OilPro 5L)	820
Savupiippu Ø100mm (Hormistokeskus)	2143
Öljysäiliö 3000 litraa (2kpl.)	3505
Työt+paloeristys muuraus	2700
YHTEENSÄ	11368

8.2 Maalämpöpumpun investointikustannukset

Maalämpöpumpun investointikustannukset (taulukko 4) koostuvat laitteistosta, keruupiiristä, järjestelmän asennuksesta, uudesta sähköpääkeskuksesta, suuremman sähköliittymän liittymismaksusta sekä ELY-keskukselta (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus) saatavasta investointituesta. Keruupiiri sisältää maaliuospiirin putket ja lämpökaivojen porauksen. Sähköpääkeskuksen hintaan sisältyy uusi syöttökaapeli ja asennustyöt. Uusi syöttökaapeli jouduttiin asentamaan maalämpöpumpun aiheuttaman

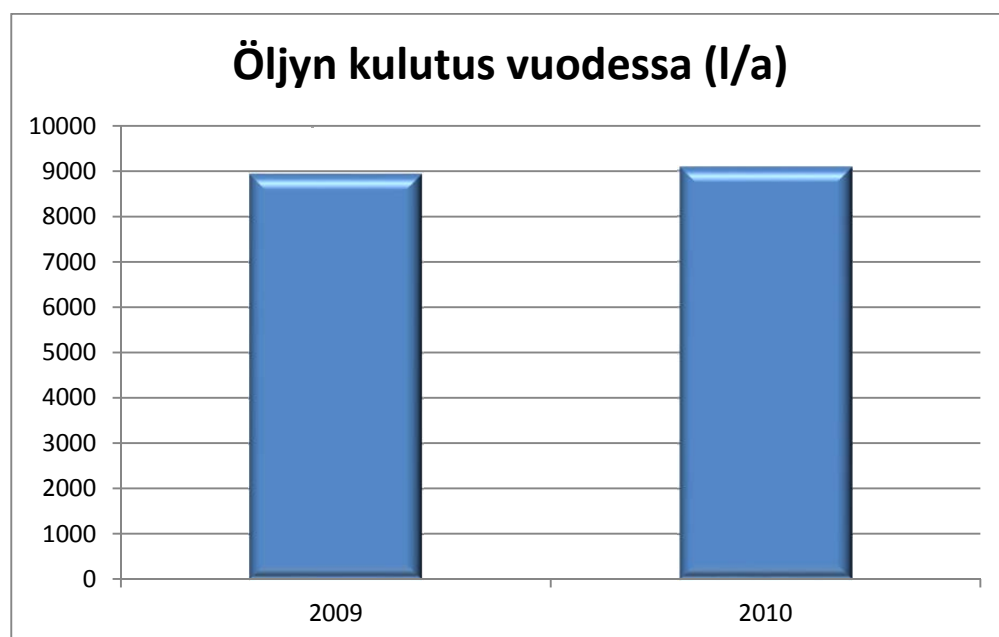
lisäkuormituksen vuoksi ja sähköliittymän koko kasvoi 3x25A-3x50 ampeeriin. Elykeskukselta saatava tuki on noin 30 prosenttia Liperin seurakunnan lämmitysjärjestelmän investointikustannuksesta.

TAULUKKO 4. Maalämpöpumpun investointikustannukset

Maalämpöjärjestelmän osa	Hinta [€] (alv 0 %)
Laitteisto	9000
Kerupiiri	18800
Asennus	12200
Sähköpääkeskus	6555
3x50A sähköliittymä	2400
ELY-keskuksen investointituki	- 13937
YHTEENSÄ	35018

9 LASKENNALLINEN LÄMMITYSENERGIANKULUTUS

Kuvassa 6 on esitetty seurakuntatalon vuosittaiset öljynkulutukset, joiden avulla voidaan laskea lämmitykseen käytetty energiamäärä (kaava 1). Kaavan 2 avulla saadaan lämpimän käyttöveden tuottamiseen vaadittu energia. Taulukkoon 5 on laskettu $Q_{\text{toteutunut}}$ eli vuosien 2009 ja 2010 lämmitysenergian kulutus.



KUVA 6. Seurakuntatalon öljynkulutus

Käytetyn öljyn sisältämä energiamäärä lasketaan kaavan 1 avulla

$$Q_{\text{läm}} = Q_{\text{polttoaine, omin}} \cdot V_{\text{polttoaine}} = 10,0 \frac{\text{kWh}}{\text{dm}^3} \cdot 8950 \text{ dm}^3 = 89500 \text{ kWh} \quad (1)$$

$Q_{\text{läm}}$ = lämmitykseen käytetty energiamäärä [kWh]

$Q_{\text{polttoaine, omin}}$ = polttoaineen ominaislämpömäärä [kWh/dm³]

V = rakennuksen lämmityslaitteiden kuluttama polttoainemäärä [dm³]

Lämpimän käyttöveden lämmittämiseen käytetty energia lasketaan kaavalla 2

$$Q_{\text{lkv}} = V_{\text{kylmävesi}} \cdot 58 \cdot \eta_{\text{lkv}} = 50 \text{ m}^3 \cdot 58 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3} \cdot 0,4 = 1160 \text{ kWh} \quad (2)$$

Q_{lkv} = lämpimän käyttöveden lämmittämiseen kulunut energia [kWh]

58 = veden lämmittämiseen $\Delta t = 50$ tarvittava energia [kWh/m³]

η_{lkv} = lämpimän käyttöveden oletettu kulutus kokonaisvesimäärästä [%]

Kuukausitasolle jaettuna lämpimän käyttöveden energiakulutus on 96,7 kWh/kk.

Vuosittaisen käyttösähkön kulutus on 17000 kWh/a ja kuukausitasolla se tekee 1416,7 kWh/kk.

TAULUKKO 5. Seurakuntatalon öljyn- ja lämpimän käyttöveden kulutus

	2009	2010
Öljy		
dm ³ /a	8950	9100
kWh/a	89500	91000
Käyttövesi		
m ³ /a	50	50
LV:n osuus (40 %) m ³ /a	20	20
kWh/a	1160	1160
Q_{toteutunut}	88340	89840

Energiankulutuksen normittaminen

$$Q_{\text{norm}} = \frac{S_N \text{ vpkunta}}{S_{\text{toteutunut vpkunta}}} \cdot Q_{\text{toteutunut}} + Q_{\text{lämmin käyttövesi}} \quad (3)$$

Kaavalla 3 laskettu vuoden 2009 normitettu lämmitysenergian kulutus

$$Q_{norm} = \frac{5117}{4882} \cdot 88340 \text{ kWh} + 1160 \text{ kWh} = 93752 \text{ kWh}$$

TAULUKKO 6. Tarkasteluaajanjakson normitettut lämmitysenergiankulutukset

	2009	2010
Q_{norm}	93752	84683

Taulukossa 6 on vuosien 2009–2010 normitettut lämmitysenergian kulutukset, ja niistä laskemalla saadaan kulutuksen keskiarvoksi 89218 kWh. Todellinen lämmitykseen käytetty energia saadaan kaavasta 4, kun otetaan huomioon öljykattilan hyötysuhde.

Todellinen lämmitykseen käytetty energia

$$Q_{läm,tod} = Q_{norm} \cdot \eta_{öljykattila} = 89218 \text{ kWh} \cdot 0,8 = 71374 \text{ kWh} \quad (4)$$

$Q_{läm,tod}$ = lämmitykseen käytetty todellinen energiamäärä [kWh]

η = lämmityslaitteen hyötysuhde [%]

TAULUKKO 7. Ostettava lämmitysenergia

Lämmitysmuoto	Lämmitysenergian tarve/a	Lämmitysmuodon kerroin	Ostettava lämmitysenergia/a
Maalämpöpumppu	71374 kWh	0,33	23553 kWh
Öljylämmitys	71374 kWh	1,15	8208 dm ³ öljyä

Taulukon 7 lämmitysmuodon kertoimet ovat lähteestä 16 ja maalämpöpumpun COP-kertoimena on käytetty 3 eli 300 %, jolloin se antaa lämmitysmuodon kertoimeksi 1/3 eli 0,33. Seurakunnan sähkön hinta koostuu kulutuksen osuudesta 5,06 snt/kWh ja sähkön siirron osuudesta 3,27 snt/kWh, joka tekee yhteensä 8,33 snt/kWh. Sähköstä maksettava arvonlisäveron osuus on 23 prosenttia, joten lopulliseksi hinnaksi muodostuu 10,25 snt/kWh (taulukko 8). Sähköliittymän perusmaksun kasvanut osuus on laitettu vuosittaisiin kustannuksiin taulukkoon 9.

TAULUKKO 8. Lämmitysmuotojen ostoenergia kustannukset

Lämmitysmuoto	Käytetty energia määrä	Sähkön/öljyn hinta	Sähkö/polttoaine kustannukset/a
Maalämpöpumppu	23553 kWh	0,1025 €/kWh	2414
Öljylämmitys	8208 dm ³	1,07 €/dm ³	8783

TAULUKKO 9. Lämmitysmuotojen huoltokustannukset

Lämmitysmuoto	Hinta [€/vuosi]
Maalämpöpumppu+sähkönperusmaksu	200+285
Öljylämmitys	500

Maalämpöpumpun asennuksen takia seurakunnan sähköliittymän koko kasvoi 3x25A 3x50 ampeeriin ja samalla sähköliittymän perusmaksu nousi 11,99 €/kk-35,77 €/kk. Hinnan nousu tekee 285 euron (taulukko 9) vuosittaisen lisäkustannuksen maalämpöpumpulle.

Maalämpöpumpulle ja öljykattilalle saadaan kaavan 1 avulla laskettua vuodessa kertyvät päästömäärät (taulukko 10). Käytetty energiamäärä löytyy taulukosta 7 ja sähkön päästökertoimenä on käytetty lähteestä 18 löytyvää CO₂ päästökerroin Pohjois-Karjalan Sähkölle. Seurakunnan lämmitysenergiasta 2/3 osaa on uusiutuvalla energiamuodolla tuotettua ja maalämpöpumpun käytöllä seurakunta saa aikaan 14 300 kilogramman hiilidioksidipäästöjen pienenemisen vuodessa. Joten maalämpöpumppu toteuttaa myös seurakunnan asettaman ympäristöystävällisyysnäkökohdan.

TAULUKKO 10. Lämmitysmuotojen hiilidioksidipäästöt

Lämmitysmuoto	Päästökerroin [kg/MWh]	Päästöt [kg/a]
Maalämpöpumppu	320	7537
Öljykattila	267	21915

10 KANNATTAVUUS JA ELINKAARIKUSTANNUSTEN LASKENTA

Tuottolaskelmissa tarkastellaan maalämpöpumpun kannattavuutta laskennallisesti öljylämmitykseen verrattuna. Kannattavuutta tarkastellaan kertyneinä säästöinä eli tuottona kuinka paljon investointi maalämpöpumppuun alentaa seurakunnan lämmityskustannuksia. Myös maalämpöpumppu järjestelmän takaisinmaksuaika on tärkeä, koska investoinnin yli kymmenen vuoden takaisinmaksuaika ei ole kannattava. Lopulliseen tuottoon vaikuttaa maalämpöpumpun odotettu käyttöaika, joka on noin 15 vuotta, kun taas öljylämmityksellä se on noin 20 vuotta. Maalämpöpumppu tai ainakin osia siitä on vaihdettava 15 vuoden kuluttua, ja se pienentää lopullisten säästöjen määrää. Laskennassa vuosille 15–20 on hankittu uusi maalämpöpumppu ja sen investointikustannukseksi on laskettu puolet alkuperäisen pumpun investointikustannuksista. Kannattavuutta tarkastelen 20 vuoden ajalta, ja laskennassa käytetään 5 prosentin korotusta vuotuisiin energian hintoihin ja laskentakorkokanta on myös 5 prosenttia (Taulukko 13).

Annuiteettimenetelmällä laskettaessa investointikustannus jaetaan annuiteettitekijän avulla investoinnin pitoajalle yhtä suuriksi annuiteeteiksi. Annuiteetti sisältää käytettävän laskentakorkokannan mukaisen koron ja poiston (lyhennyksen). Takaisinmaksuajan menetelmässä lasketaan aika, jonka kuluessa investoinnista kertyy nettotuottoa investointikustannuksen verran.

Maalämpöpumpun takaisinmaksuaika öljylämmitykseen verrattuna saadaan kaavan 5 avulla. Järjestelmän vuosittaiset käyttökustannukset saadaan, kun lisätään lämmitysmuodon sähkö-/polttoainekustannukset ja huoltokustannukset yhteensä. Järjestelmien investointikustannuksiin on lisätty arvonlisävero 23 prosenttia, koska se antaa lopullisen järjestelmän investointihinnan.

Takaisinmaksuajan laskentakaava

$$\frac{\text{Investointikustannus}_{\text{maalämpö}} - \text{Investointikustannus}_{\text{öljylämmitys}}}{\text{Vuotuiset käyttökustannukset}_{\text{öljy}} - \text{Vuotuiset käyttökustannukset}_{\text{maalämpö}}} = \text{maalämpöpumpun takaisinmaksuaika} \quad (5)$$

Maalämpöpumppu verrattuna uuteen öljylämmitykseen

$$\frac{43072 \text{ €} - 13983 \text{ €}}{9283 \text{ €} - 2899 \text{ €}} = 4,5 \text{ vuotta}$$

Maalämpöpumpun takaisinmaksuaika vanhaan öljylämmitysjärjestelmään verrattuna lasketaan kaavalla 6 ja korkokantana käytetään 5 prosenttia.

$$\Delta\text{€} * a_{n/5} = c \quad (6)$$

$\Delta\text{€}$ = säästyneet lämmityskustannukset [€/a]

$a_{n/5}$ = annuiteettitekijä

c = maalämpöpumpun investointikustannukset

Maalämpöpumpun takaisinmaksu vanhaan öljylämmitykseen verrattuna

$$6384\text{€} * a_{n/5} = 43072\text{€} \Rightarrow a_{n/5} = 6,75$$

Kun käytettävä korkokanta on 5 prosenttia, voidaan $a_{n/i}$ -taulukosta etsiä 5 prosentin kohdalta lähinnä 6,75 olevaa aikaväliä. Taulukon mukaan takaisinmaksuajaksi saadaan noin 8-9 vuotta [19.s.177.388].

Annuiteetti laskennan avulla voidaan selvittää, kuinka suurta vuotuista kustannusta tietynä hetkenä suoritettava maksu vastaa. Vuosierää eli annuiteettia käytetään, kun halutaan maksaa laina takaisin tasasuuruusina erinä.

Vuosittaiset suoritukset

$$S = \frac{i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \cdot s \quad (7)$$

S = vuosittaiset suoritukset [€]

i = korkokanta [%]

n = laina-aika [a]

s = investoinnin hankintameno [€]

Vuotuiset laina- ja korkokustannukset öljylämmitykselle lasketaan kaavalla 7

$$S = \frac{0,05 \cdot (1 + 20)^{20}}{(1 + 0,05)^{20} - 1} \cdot 13983 = 1122\text{€}$$

TAULUKKO 11. Lämmitysmuotojen laina- ja korkokustannukset

Vuosi	1	5	10	15	20
Maalämpö	3865	19326	38653	57979	67642
Öljylämmitys	1122	5610	11220	16830	22441

Lämmitysmuotoja vertailtaessa järjestelmien elinkaarenaikaiset kustannukset muodostuvat 20 vuoden aikana kertyvistä laina- ja korkokustannuksista (taulukko 11) sekä käyttökustannuksista (taulukko 12).

TAULUKKO 12. Lämmitysmuotojen käyttökustannukset

Vuosi	1	20
Maalämpö	2899	86327
Öljylämmitys	9283	276430

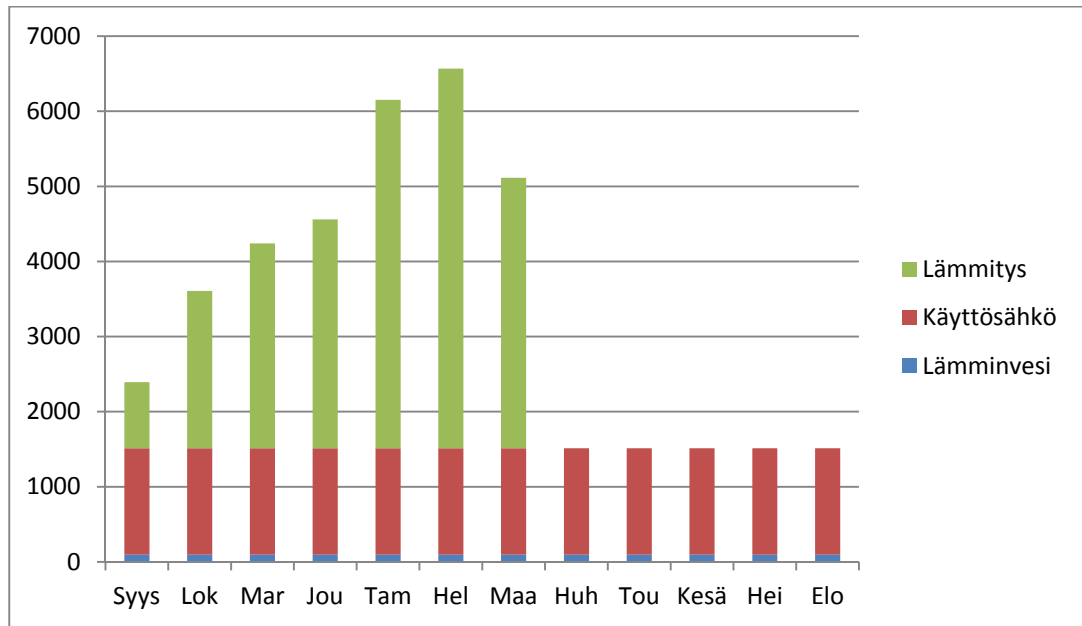
Laskelmien mukaan maalämpöpumppu säästää 20 vuodessa seurakunnan lämmityskuluissa 144 902 euroa (taulukko 13). Tulos on saatu laskennallisesti ja se on teoreettinen arvo, joka lämpöpumpulla voidaan saavuttaa. Usein lopputulosta heikentävät väärät asetusarvot sekä laitteiston toimintahäiriöt tai rikkoutumiset.

TAULUKKO 13. Maalämmön tuottolaskelma

Maalämmön tuottolaskelma 20 vuodelle		
	Öljylämmitys	Maalämpöpumppu
Laina- ja korkokustannukset	22441	67642
Käyttökustannukset	276430	86327
Käyttökustannukset (20v)	298871	153969
Maalämpöpumpulla saatava säästö	144902	

11 SÄHKÖN KULUTUKSEN SEURAAMINEN

Kuvaajasta 1 näkyy seurakunnan sähkönkulutus jaettuna lämmityksen, lämpimän käyttöveden ja käyttösähkön osuuksiin. Sähkölukemasta on vähennetty kuukausitasolle jaettu käyttösähkön ja lämpimän käyttöveden osuus ja loppuosuus on lämmitykselle. 7 kuukauden tarkasteluajan sähkönkulutus oli noin 32 633 kWh ja siitä on lämmityksen osuus 22 044 kWh..



KUVAAJA 1. Sähkönkulutus kuukausittain

Seurantajakson syyskuu 2011 ja marraskuu 2012 välisen ajanjakson lämmitystarvelukuja verrataan normitetunvuoden lämmitystarvelukuihin ja siitä saadaan maalämpöpumpun normitettu energiankulutus. Vuoden 2012 huhtikuun-elokuun lämmitysenergiakulutusta arvioidaan kaavojen 8, 9 ja 10 avulla, koska opinnäytetyön valmistumisen takia seuranta piti lopettaa maaliskuun loppuun. Näin saadaan laskettua normitettu lämmitysenergiakulutus maalämpöpumpulle.

Normitettu lämmitysenergian kulutus syyskuu-maaliskuu

$$Q_{norm} = \frac{4297}{3863} \cdot 22044 \text{ kWh} = 24520 \text{ kWh} \quad (8)$$

Osuus normaalivuoden energiankulutuksesta

$$Q_{norm} = \frac{4297}{5117} = 84\% \quad (9)$$

Arvioitu maalämpöpumpun sähkönkulutus vuoden aikana

$$Q_{norm} = 1,16 \cdot 24520 = 28443 \text{ kWh} \quad (10)$$

12 TULOKSET

Maalämpöpumpun laskennallinen lämmitysenergian kulutus on merkittävästi pienempi kuin öljylämmityksen. 144 000 euron säästö 20 vuoden aikana luo merkittävästi resursseja seurakunnalle muuhun toimintaan. Takaisin maksuaika on 8-9 vuotta, joten investointi on kannattava. Laskennassa 15 vuoden jälkeen uusittavan maalämpöpumpun hinta on arvioitu yläkanttiin, koska investoinnin hinnaksi laitettiin puolet uuden pumpun hinnasta. Todellisuudessa koko pumpua ei tarvitse vaihtaa vaan esimerkiksi kompressorin uusiminen voi riittää. Näin maalämpöpumpun elinkaaren aikaiset kustannukset pienenevät merkittävästi. Vanhan öljylämmityksen muuttaminen maalämmölle alentaa seurakunnan lämmitysjärjestelmän hiilidioksidipäästöjä 14 300 kilogrammaa vuodessa.

Seuraamalla kulutusta kokonainen vuosi olisi saatu todellinen maalämpöpumpun vuosittainen sähköenergian kulutus, mutta opinnäytetyön valmistumisajankohta rajoittaa seurantaan seitsemän kuukauden mittaiseksi. Lämmitysenergian kulutus tarkastelujaksolla ja arvioitu koko vuoden kulutus on noin 4900 kWh suurempi kuin laskennallisesti todettu lämmitysenergian kulutus. Tämä pidentäisi maalämpöpumpun takaisinmaksuaikaa uuteen öljylämmitykseen verrattuna puolella vuodella ja vanhaan öljylämmitykseen verrattuna noin 1 vuodella. 20 vuoden aikana maalämpöpumpun tuottamat säästöt pienenisivät 130 000 euroon. Arvioitu maalämpöpumpun vuotuinen sähkönkulutus 28443 kWh toisi vanhaan öljylämmitykseen verrattuna noin 5883 euron säästöt vuodessa lämmitysenergiassa.

13 JOHTOPÄÄTÖKSET

Maalämpöpumpun seurannasta saatu suurempi sähkönkulutus johtuu alipaineen ilmenemisestä keruupiirissä ja öljynkulutuksen arvioinnin tarkkuudesta. Öljynkulutus voi olla arvioitua suurempaa ja vaikuttaa suoraan laskennallisesti saatuun normitettuun

lämmitysenergiankulutukseen. Maalämpöpumppu on antanut alipainehälytyksiä seurantajaksolla ja 3 kolmen hälytyksen jälkeen pumppu siirtyy lämmittämään sähkövastuksilla. Syksyn aikana ilmaa on poistettu kaksi kertaa tyhjiöpumpun avulla ja nyt häiriöilmoitukset ovat vähentyneet.

Seurakunnan tavoitteet lämmitysjärjestelmän ympäristöystävällisyydestä ja helppokäyttöisyydestä täyttyivät. Maalämpöpumpulle ja öljylämmitykselle laskettiin vuosittaiset hiilidioksidipäästöarvot ja näistä maalämpöpumppu oli selvästi ympäristöystävällisempi lämmitysmuoto. Maalämpöpumpun käyttäminen on melko yksinkertaista ja se ei vaadi niin merkittävää huoltoa kuin öljylämmitys. Öljylämmityksen heikkoutena on kattilan puhdistus, öljyn riittävyys, säiliön täyttö sekä öljyn varastointi.

Alkuvaiheessa olleet alipainehälytykset ovat vähentyneet ja pumppu on toiminut lämmityskauden aikana hyvin. Pumppu on tuottanut riittävästi lämpöä patteriverkostolle ja lämpimälle käyttövedelle. Seurakunta on ollut tyytyväinen maalämpöpumpuun ja aikoo tulevaisuudessa siirtyä myös muiden kiinteistöjen osalta uusiutuvaa energiaa käyttäviin lämmitysmuotoihin. Maalämpöpumppu tulee olemaan yksi vahvimista vaihtoehtoista lämmitysjärjestelmien saneerauksissa.

LÄHTEET

- [1] Ympäristöministeriö. Uudet vaatimukset vähentävät rakennusten energiankulutusta. WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=66594&lan=FI>. Päivitetty 2.4.2012. Luettu 2.4.2012
- [2] Laitinen Jussi. Pieni Suuri energiakirja-opas energiatehokkaaseen asumiseen. Tal- linna 2010
- [3] Hirvonen Jussi. Maalämpöjytky tuli ja jatkuu onko LVI-ala mukana?. Lehtiartik- keli. 2012. Talotekniikkalehti 2.
- [4] Ympäristöministeriö. Suomen ilmastopolitiikka. WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=305218&lan=fi&clan=fi> Päivitetty 17.1.2012. Luettu 17.1.2012.
- [5] Työ- ja elinkeinoministeriö. Suomen kansallinen toimintasuunnitelma uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian edistämisestä direktiivin 2009/28/EY mukaisesti. PDF-dokumentti. http://www.tem.fi/files/29773/Suomen_kansallinen_toimintasuunnitelma.pdf. Päivi- tetty 19.1.2011. Luettu 19.1.2012.
- [6] Motiva. Lämpöä omasta maasta. PDF-dokumentti. http://www.motiva.fi/files/234/maalampopumppu_final_08.pdf. Päivitetty 15.4.2008. Luettu 6.3.2012.
- [7] Motiva. Uusiutuvan energian syöttötariffi ja energiatuki. WWW-dokumentti http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/uusiutuvan_energian_syottotariffi_ja_energiatuki. Päivitetty 25.2.2012. Luettu 25.2.2012.
- [8] Motiva. Polttoaineiden lämpöarvot. PDF-dokumentti. http://www.motiva.fi/files/3193/Polttoaineiden_lampoarvot_hyotysuhteet_ja_hiilidioksidin_ominaispaastokertoimet_seka_energianhinnat_19042010.pdf. Päivitetty 19.4.2010. Luettu 16.1.2012.
- [9] Öljyalan palvelukeskus Oy. PDF-dokumentti. Vaihda vanha öljylämmitys uuteen öljylämmitykseen. <http://www.oljylammitys.fi/oljylammitys.html>. Päivitetty 2.4.2012. Luettu 2.4.2012
- [10] Rakennustieto Oy. Rakennusten lämmitysjärjestelmät. Tammer-Paino Oy. Tam- pere 2007
- [11] Juvonen Janne. Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa. Ympäristöopas 2009. PDF-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=108597&lan=fi>. Päivitetty 26.4.2011. Luettu 2.4.2012
- [12] RT-kortti Maalämmitys RT 50–10755
- [13] Tikka Risto. Lämpöpumppu pientalon energialähteenä. Mikkelin ammatti- instituutti. 2001. Opinnäytetyö.

- [14] Perälä Rae. Lämpöpumput, Suomalainen käsikirja aikamme lämmitysjärjestelmästä, Alfamer Oy 2009.
- [15] Lämpöässä. Maalämpöpumppu. WWW-dokumentti.
<http://www.lampoassa.fi/maalampopumppu.html>. Päivitetty 23.1.2012. Luettu 23.1.2012.
- [16] Gebwell Oy. Maalämpöpumput. WWW-dokumentti.
www.gebwell.fi/fi/tuotteet/maalämpö/maalämpöpumput/. Päivitetty 17.1.2012. Luettu 17.1.2012
- [17] Keto Matias. Energia muotojen kerroin. Raportti ympäristöministeriölle.
<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=123453&lan=fi>. Päivitetty 17.12.2010. Luettu 14.3.2012.
- [18] Sähköyhtiöiden päästövertailu. <http://energia.awardspace.info/eyvertailu/>. Päivitetty 2.4.2012. Luettu 2.4.2012
- [19] Talotekniikka-lehti. Internet-sivu.
<http://www.talotekniikkalehti.fi/www/fi/include/kirjaudu.php>. Päivitetty 2.4.2012. Vierailtu 3.4.2012
- [20] Alhola Kari. Lauslahti Sanna. Laskentatoimi ja kannattavuuden hallinta. WSOY. 2009 Porvoo.

Tekniset tiedot

Gebwell T	T25
LVI-/tuotenumero	5361930
Lämmitysteho kW (0°/35°C)	26
Kompressori	Scroll
Jännite	3~400 V
Sulakkeet, A	3x32
Kylmäaine	R407C
Suosittelun vastuskoko varallaoloa varten, vastus varaajassa	15
Sisäänrakennettu maap./lämmityspiirin kiertovesipumppu	

Mitoitussuosituks

Lämmitettävä pinta-ala, m ²	<700
Keruuputket, m (vesistö/maa)	3x400/4x500
Porakaivon kokonaissyvyys, m	3x160

G-Energy HP varaaja

LVI numero	5 00 I 5361943
Korkeus (+ säätöjalat 0-60 mm)	2050 mm
Halkaisija (ilman eristeitä)	600 mm
Paino	200 kg
Eristyksen paksuus	86 mm