

Tero Stenvik

UUDEN LÄMMITYSMUODON VALITSEMINEN VANHAAN
PIENTALOON

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma
2015

UUDEN LÄMMITYSMUODON VALITSEMINEN VANHAAN PIENTALOON

Stenvik, Tero
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma
Syyskuu 2015
Ohjaaja: Kivioja, Teppo
Sivumäärä: 33

Asiasanat: lämmitys, energiankulutus, rakennus

Opinnäytetyössä etsittiin sopivaa lämmitysmuotoa elinkaarensa päässä olevan öljylämmitysjärjestelmän tilalle. Kohteena oli 1964 valmistunut omakotitalo. Selvitys aloitettiin perehtymällä kohteen olemassa olevaan lämmitysjärjestelmään sekä energian kulutustietoihin. Tarkastelussa kiinnitettiin erityistä huomiota olemassa olevan lämmönjakoverkoston kuntoon ja mahdollisuuteen, hyödyntää sitä edelleen uuden lämmitysjärjestelmän osana.

Työn alussa vertailtiin erilaisia kohteeseen soveltuvia lämmitysratkaisuja joista valittiin kolme sopivinta tarkempaan kustannusvertailuun. Tässä työssä tehtiin laitteistojen vertailu ja hinta-arviot hankesuunnittelun tasolla. Työssä perehdyttiin kolmeen eri lämmitystapaan maalämpöön, pellettilämmitykseen ja puukattilalämmitykseen näiden hankinta ja käyttökustannuksiin sekä pohdittiin niiden soveltumista kyseiseen kohteeseen.

Työssä vertailtiin lämmitysratkaisujen erilaisia toteuttamisvaihtoehtoja. Tarkasteltiin maalämmönkeruupiirin sijoittamista sekä puu ja pellettilämmityksessä polttoaineen varastointi mahdollisuuksia. Tarkasteltiin myös lämmöntuotantolaitteiden sekä varajasäiliöiden mitoitus perusteita.

Arvioitaessa uuden lämmitysjärjestelmän hankintakustannuksia, tuli selvittää rakennuksen mitoitus teho ja käyttöveden kulutus. Tässä työssä käytettiin apuna kohteen mitoitus tehon määrittämiseen rakennuksen edellisvuosien energiankulutustietoja.

Vertailussa kustannukset laskettiin lämmityslaitteiden arvioiduilla hankintahinnoilla, 10 vuoden takaisinmaksuajalla sekä tämän hetken energianhinnoilla. Kustannuksia laskettiin myös oletuksilla, että energian hinta olisikin puolitoista- tai kaksinkertainen. Oletettu 2 % korkotasoa otettiin laskennassa huomioon.

Lopputuloksena päädyttiin suositteluun kiinteistön uudeksi lämmitysmuodoksi maalämpöä, lämmönlähteenä lämpökaivo. Maalämpöön päädyttiin, koska vertailtavien lämmitysmuotojen kokonaiskustannukset eivät huomattavasti eronneet toisistaan. Näin ollen katsottiin maalämmön käyttöominaisuuksiltaan ja toteutukseltaan parhaiten soveltuvan kohteeseen.

NEW HEATING SYSTEM OPTION OLD ONE-FAMILY HOUSE

Stenvik, Tero

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Civil engineering

September 2015

Supervisor: Kivioja, Teppo

Number of pages: 33

Keywords: heating, energy consumption, building

The main object in thesis was to find a suitable heating system to replace an old and outdated oil heating system, which required renovation. The building in question was detached house build in 1964. In the beginning, the first step was to inspect the condition of the old heating system. A focus in the inspection was especially in the condition of the piping system, since it was very important to determine, if it was possible to use the pipes with the new heating system.

In the beginning of the project several different possible heating systems were compared with each other and three of these options were chosen for more extensive analysis and comparison. Those three chosen systems were; geothermal heating, pellet boiler heating and wood boiler heating. The main objectives in research and comparison of the heating systems were; initial costs, running costs and a suitability of different heating systems for this particular renovation project. All the comparison and cost estimates in the thesis were done in a project planning level.

Research and Comparison of different systems did not just include the main characteristics of different systems, but also all the basic ways execute those heating systems. Due to nature of project, there was limited space for the accumulator tanks and other equipments, so the size of equipments in different options was one criterion to consider. Also the possibility to store wood or pellet in the property was taken into account.

When the initial costs of new heating system were evaluated, it was necessary to find out the quantity of water used in daily routines and total consumption of power. The total consumption of power was solved using information of energy consumptions from past few years.

The comparison of total costs between different types of heating system was done by using 10 year reimbursement time and today's energy prices. Calculations of the total costs were also done using assumption that the energy prices will rise by 50% or 100%.

In the end the conclusion was that the best solution in this particular project was to use geothermal energy system with geothermal wells. Geothermal energy was the most suitable option for this project, due to its operating features and implementation of the system. Total costs of different main options did not vary significantly, so in cost-wise it was hard to determine the most suitable option

SISÄLLYS

1	OPINNÄYTETYÖN KOHDE	5
1.1	Kohteen alkuseelvitys	5
1.2	Uuden lämmönlähteen soveltuvuus vanhaan kohteeseen	5
1.3	Lämmitysratkaisujen vertailu.....	6
1.4	Opinnäytetyön tavoitteet ja päämäärät.....	7
2	VERTAILTAVAT LÄMMITYSMUODOT	7
2.1	Maalämpöpumppulämmitys	7
2.2	Puupellettilämmitys	12
2.3	Puukattilalämmitys	17
3	LÄMMITYSJÄRJESTELMIEN TOTEUTETTAVUUS KOHTEESSA.....	20
3.1	Maalämmössä huomioon otavat seikat	20
3.2	Pellettilämmityksessä huomioon otavat seikat	21
3.3	Puukattilalämmityksessä huomioon otavat seikat	22
4	KIINTEISTÖN ENERGIANKULUTUS	23
4.1	Lämmitysöljyn kulutus	23
4.2	Lämmitysenergiankulutuksen normeeraus	24
4.3	Rakennuksen mitoitusteho	26
5	KUSTANNUSLASKENTA.....	27
5.1	Energiahinta	27
5.2	Hankkeen kannattavuus	27
6	YTEENVETO	30
	LÄHTEET	32
	LIITTEET	

1 OPINNÄYTETYÖN KOHDE

1.1 Kohteen alkuselvytys

Opinnäytetyön aiheena oli valita, vuonna 1964 valmistuneelle omakotitalolle uusi lämmitysjärjestelmä, talossa oli ennestään öljylämmitys. Rakennus on kahdessa kerroksessa, alempikerros sijaitsee maan alla ja on kauttaaltaan betonirakenteinen. Ylempikerros on puurakenteinen. Talossa on 200 m² asuinpinta-ala lisäksi samassa yhteydessä 15 m² autotalli. Uudella lämmitysjärjestelmällä haetaan edullisempia käyttökustannuksia, kuitenkin laitteiston takaisinmakuu-aika huomioonottaen. Kohteen öljylämmityskattila on uusittu 1982, ja alkaa olla elinkaarensa päässä, joitain läntuomia vikojakin on ilmennyt. Öljypoltin on vaihdettu 2009. Öljysäiliö on rakennuksen ulkopuolella maahan upotettuna ja se on uusittu 2002. Lämmönjakohuone on kooltaan 5 m² ja mahdollistaa tältä osin kaikkien tavanomaisten omakotitaloissa käytettyjen lämmitysjärjestelmien sijoittamisen rakennukseen.

Talon vesikiertoinen radiaattorilämmitys on alkuperäinen, verkoston jakojohdot sekä radiaattoreiden kytkentäjohdot on sijoitettu aikansa mukaisesti alemmankerroksen alaslaskettuihin kattoihin sekä paikoittain näkyville. Verkosto on tehty teräsputkista hitsausliitoksien, putkiston kohtalaisen kunnon sekä asennustapa huomioon ottaen putkistoa ei ole tarvetta uusida. Verkoston radiaattorit on mitoitettu korkealle menoveden lämpötilalle, mistä syytä ne ovat pienikokoisia lämmitystehoon nähden.

1.2 Uuden lämmönlähteen soveltuvuus vanhaan kohteeseen

Maalämpöpumpun toimiminen hyvällä hyötysuhteella edellyttää matalia mitoituslämpötiloja, joka kyseisessä kiinteistössä puoltaisi radiaattoreiden vaihtamista, suuremman lämmönluovutus-pinta-alan omaaviin radiaattoreihin. Radiaattoreiden vaihtaminen lisäisi kuitenkin huomattavasti maalämpöratkaisun hankintakustannuksia. Radiaattoreiden vaihtamisesta koituvat säästöt eivät pitkälläkään aikavälillä kata vaihtamisesta kertyviä kustannuksia. Kuitenkin kovilla pakkasilla olemassa olevien radiaattoreiden lämmitysteho saattaa jäädä sen verran aiempaa heikommaksi, että

sisälämpötila laskee alle normaalin tason ja tästä syystä radiaattoreiden vaihtaminen voi olla tarpeen.

Pelletti- ja puukattilalla pystytään tuottamaan korkeitakin patteriverkostoveden lämpötiloja hyötysuhteen siitä merkittävästi heikentymättä. Olemassa olevat radiaattorit täyttävät tehtävänsä, eikä tämä tuota myöhemmässä vaiheessa lisäkustannuksia.

Tässä kohteessa kuitenkin lähdettiin siitä, että alkuinvestoinnin minimoimiseksi jätetään vanhat radiaattorit paikoilleen, eikä uusimista kustannusarviossa otettu mitenkään huomioon. Uusien radiaattoreiden asentaminen vanhaan lämmönjakoverkostoon ei ole täysin ongelmaton. Radiaattorikytkennät on kohteessa toteutettu aikansa tavan mukaisesti. Päädyttäessä radiaattoreiden uusimiseen jouduttaisiin käyttämään erikoiskokoisia radiaattoreita, jolloin vaihtotyön kustannukset nousisivat tavanomaisesta korkeammaksi.

Maalämpöjärjestelmää suunniteltaessa on lämmönkeruupiirin sijoittaminen aina otettava huomioon. Kyseisessä kohteessa tontin koko ja sijainti määrää, että keruupiirin sijoittaminen porattavaan kaivoon on ainoa kyseeseen tuleva vaihtoehto. Puu- tai pellettijärjestelmää harkittaessa on otettava huomioon, että kohteessa pystytään varastoimaan kyseisille järjestelmille riittävä määrä polttoainetta.

1.3 Lämmitysratkaisujen vertailu

Kohteeseen soveltuvia ja markkinoilla tarjolla olevia lämmitysmuotoja on monia, mutta tähän työhön on valittu kolme potentiaalisinta lämmitysmuotoa vertailun perustaksi. Maalämpöpumppu joka muista lämpöpumpuista erottuu hyvän hyötysuhteensa ja laajan toiminta-alueensa vuoksi. Puukattilalämmityksen edut ovat sen käytövarmuus, edulliset energia- sekä hankintakustannukset. Pelletti puolestaan valikoitui kohtuuhintaisen polttoaineen vuoksi erona puukattilaan automaattinen polttoaineen syöttö- ja palamisprosessi. Kohteeseen ei ole saatavilla tällä hetkellä kaukolämpöä.

Suunnittelun alussa yhtenä lämmöntuotantovaihtoehtona oli eräänlainen hybridi-lämmitys jossa varaajaa lämmitettäisiin sähkövastuksen lisäksi aurinkokeräimillä, rakennukseen asennettaisiin myös ilmalämpöpumppu. Tämän vaihtoehdon hankintakustannukset olisivat olleet suhteettoman korkeat, saavutettuihin energiakustannuksiin nähden. Kohteessa on takka ja puukiuas joissa poltetaan puuta noin 5 pinokuitiota vuodessa.

1.4 Opinnäytetyön tavoitteet ja päämäärät

Opinnäytetyössä pyrittiin selvittämään vertailtavilla lämmitysratkaisuilla tuotettavan lämmitysenergian yksikköhinta (€/kWh). Tavoitteena oli myös oppia tunnistamaan lämmitysjärjestelmien vahvuudet sekä heikkoudet, saada kokonaiskäsitys lämmitysjärjestelmien kokoluokista pientaloissa sekä suuremmissa kohteissa.

Hankkeen päämääränä on löytää kohteeseen parhaiten soveltuva lämmitysmuoto joka olisi kokonaisuudessaan edullisin niin hankintakustannukset kuin käyttökustannukset huomioon ottaen, unohtamatta toimintavarmuutta ja käytönhelppoutta.

2 VERTAILTAVAT LÄMMITYSMUODOT

2.1 Maalämpöpumppulämmitys

Maalämmön hankintahinta on suhteellisen korkea muihin lämmitysmuotoihin verraten, mutta tuottaa energiaa melko edullisesti, näin ollen voidaan yleistää, että maalämpö on sitä kannattavampi mitä suurempi on rakennuksen energiankulutus.

Maalämpöjärjestelmä koostuu kolmesta pääosasta, maahan tai vesistöön sijoitettava lämmönkeruupiiristä, varsinaisesta lämpöpumpusta ja lämmönluovutuspiiristä jossa vaihtoehdot on patterit tai lattialämmitys.

Maalämmössä hyödynnetään matalalämpöistä lämmönlähdettä. Lämpöpumpun hyötysuhdetta kuvataan lämpökertoimella, se kertoo kuinka monta yksikköä lämpöener-

giaa pystytään tuottamaan yhdellä yksiköllä sähköenergiaa. Ilmoitetuilla lämpökertoimilla tavallisesti tarkoitetaan vuosihyötysuhdetta. Lämpökertoimen suuruuteen vaikuttaa ensisijaisesti lämmönluovutustapa, toinen vaikuttava tekijä on maalämpöpumpun rakenne.

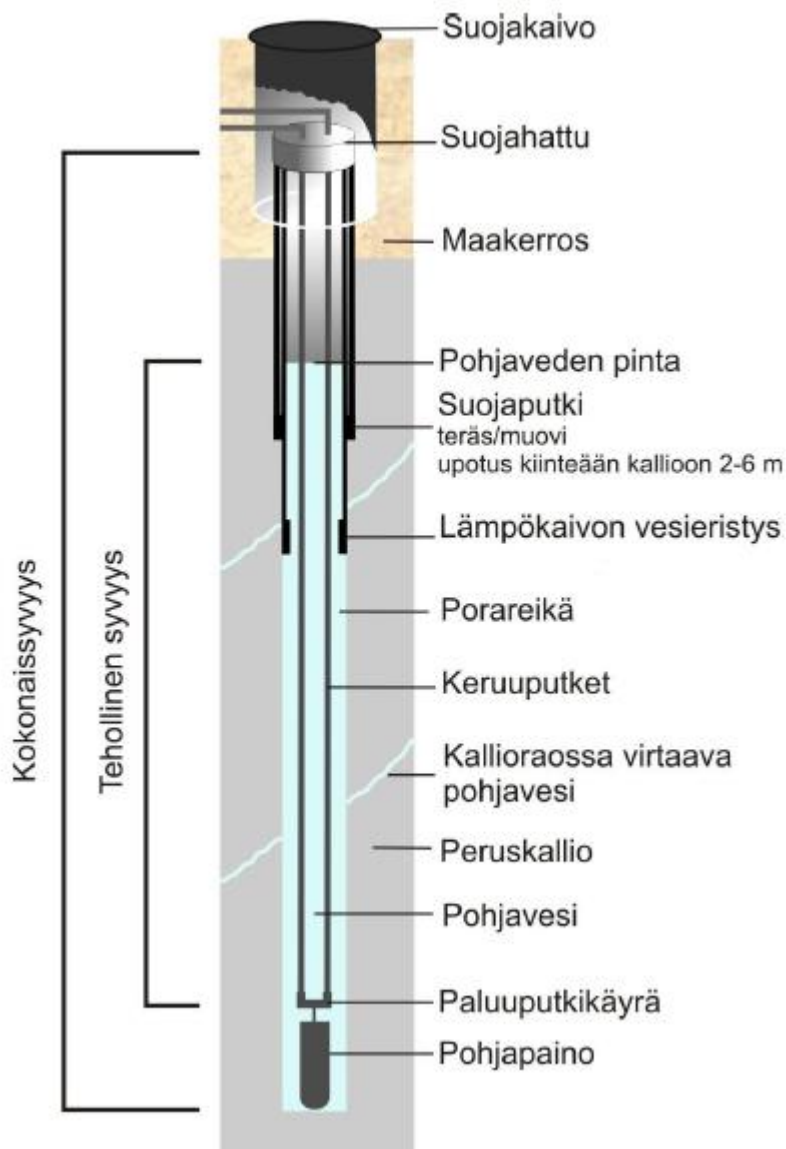
Maalämmön keruupirin voi sijoittaa vaakaputkistona tontille 1,5 metrin jaolla noin 1-1,2 metrin syvyyteen. Maalajeista savimaa soveltuu paremmin lämmönkeruuputkistolle kun vaikka sorapitoinen maa. Yleensäkin maan kosteuspitoisuus parantaa sen lämmönjohtavuutta, lämpökapasiteettia ja kykyä palautua niin sanottuun alkutilaan. Putkiston sijoittamisella on muitakin rajoituksia, tontin on oltava riittävän suuri vaakaputkiston asentamiselle, jotta maasta saadaan lämpöpumpun vaatima lämpöteho. (LVI 11-10332 2002, 4; Lämpöä omasta maasta 2012).

Suuntaa antavina mittoina voidaan käyttää 1-2 metriä putkea rakennuskuutiota kohden ja 1,5 neliömetrin tonttiala putkimetrille. Näin ollen se ei tavallisesti sovellu käytettäväksi taajama-alueilla. Putkiston sijoittamista teiden ja kulkureittien alle tulee välttää, sillä ne eivät lisää keruuputkiston tehollista pinta-alaa. Maan lämpö on peräisin auringosta. Riittävän väljällä keruuputkiston mitoituksella voidaan varmistua, että maan lämpöolosuhteet palautuvat kesäkauden aikana alkutilaansa, jona aikana maasta ei oteta lämpöä kuin käyttöveden lämmittämiseen. Vaakaputkiston heikkoutena on sen suuri tilantarve, mutta etuna sen kohtuulliset asennuskustannukset. (LVI 11-10332 2002, 4; Lämpöä omasta maasta 2012).



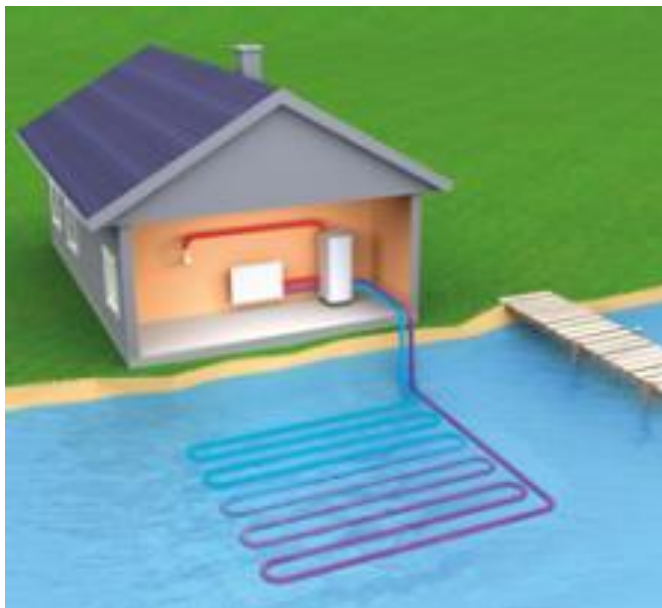
Kuva 6 Lämmönkeruupiiri maassa (Suomen Uusiutuva Energia Oy, 2010)

Lämpökaivo on yleinen vaihtoehto lämmönkeruupiirin sijoittamiselle. Porakaivon syvyyden määrittämiseen vaikuttaa olennaisesti rakennuksen lämmöntarve sekä kaivon vedentuotto. Lämpökaivo porataan yleensä 150–200 metriä syvyyteen, kaivo tarvitsee maahan porattaessa suojaputken niiltä osin kun se ei rajoitu kallioon. Porakaivossa on tasainen lämpötila ympärivuoden. Muita etuja on pieni tilantarve sekä sijoittamisen vaivattomuus vanhaankin ympäristöön, jolloin piha-alue entisellään. Ainoastaan lämmönkeruuputkille tarvitaan kaivanto, lämpökaivolta rakennuksen lämmönjakohuoneelle. (LVI 11-10332 2002, 3; Lämpöä omasta maasta 2012)..



Kuva 1 Lämpökaivo (Lapinlampi, 2013)

Vesistöjen hyödyntäminen lämmönlähteenä on näistä vähiten käytetty ratkaisu, mutta oikeanlaisessa paikassa oikein asennettuna hyvinkin käyttökelpoinen vaihtoehto. Vesistöön sijoitettu lämmönkeruuputkisto on tehokkuudeltaan verrattavissa hyvään lämpökaivoon, mutta kustannuksiltaan huokeampi. Putkisto asennetaan rantaan vähintään kahdenmetrin syvyyteen ja ankkuroidaan tukevasti. Virtaavilla paikoilla putken lämmönsiirto paranee, mutta pohjavirtaukset saattavat olla hyvin voimakkaita ja liikutella ankkuroitujakin putkia. Suojaisemmassa paikassa taas lämmönsiirto putkistoon heikkenee, mutta toimintavarmuus paranee. (LVI 11-10332 2002, 4; Lämpöä omasta maasta 2012; Aittomäki 2012, 353).



Kuva 7 Lämmönkeruupiiri vesistössä (Suomen Uusiutuva Energia Oy, 2010)

Lämpöpumpputyypin valintaan vaikuttaa merkittävästi lämpimän käyttöveden kulu-
tus. Jos taloudessa on monta henkilöä tai talossa on kylpyamme, suositellaan lämpö-
pumppua riittävän suurella lämminvesivaraajalla. Maalämpöpumppu voidaan mitoiti-
taa täysteholle tai osateholle, täystehomitoitus pystyy kattamaan rakennuksen lämmi-
tystarpeen jokaisena päivinä vuodessa. Osateholle mitoitettaessa lauhdutin pystyy
kattamaan vain osan rakennuksen mitoitustehosta. Esimerkiksi jos lauhdutin mitoite-
taan kattamaan puolet mitoitustehosta sillä pystytään kuitenkin tuottamaan noin 90 %
koko vuoden energian tarpeesta. (Hakala & Kaappola 2011, 236.)

Niin sanotulla muuttuvalla lauhtumislämpötilalla toimivassa maalämpöpumpussa,
lauhtumislämpötila muuttuu aina tarpeen mukaan. Lämpöpumpun lämpökerroin on
sitä parempi mitä alhaisempaa lauhtumislämpötila pystytään pitämään. Lauhdutti-
mella lämmitetään menovesi suoraan ulkolämpötilan edellyttämään lämpötilaan.
Toisin sanoen lämmitysvettä ei shuntata, kuten tehdään kiinteällä lauhtumislämpöti-
lalla toimivissa maalämpöpumpuissa sekä lämmityskattiloissa. Osateholle mitoite-
tuissa lämpöpumpuissa, jälkilämmitetään kovimmilla pakkasilla lauhduttimelta tule-
va vesi lopulliseen lämpötilaansa sähkövastuksella, ennen kuin vesi syötetään patte-
riverkkoon. Tavanomaisten maalämpöpumppujen tuottama maksimilämpötila lauh-
duttimella on noin 60 °C, lisäksi sähkövastuksella pystytään korottamaan lämpötilaa
muutamalla asteella. Tavanomaisten maalämpöpumppujen maksimi menoveden

lämpötila on noin 65 °C. (Aittomäki 2012, 344; Hakala & Kaappola 2011, 230; Lämpöä omasta maasta 2012).

Maalämpöpumppujen toinen perustyyppi on tulistuslämmön erikseen hyödyntävä lämpöpumppu. Tätä kyseistä tekniikkaa suosivat erityisesti kotimaiset maalämpöpumppuvalmistajat. Tämän tyyppin maalämpöpumppu soveltuu kohteisiin, joissa lämpimän käyttöveden kulutus on kohtuullista. Kylmäainepiirissä kompressorilta lähtevä tulistunut jopa 80–85 °C:nen höyry, johdetaan ensin erilliseen tulistuslämmönvaihtimeen ja vasta tämän jälkeen varsinaiseen lauhduttimeen. Tulistuneen höyryn osuus lauhdelämmöstä voi olla 15–20 %. Tulistuslämmönvaihtimessa kiertävä vesi johdetaan lämmitysvaraajan yläosaan ja lauhdelämpö varaajan alempaan osaan. Käyttövesi esilämmitetään alaosassa lauhdelämmöllä ja jälkilämmitetään varaajan yläosassa tulistuslämmöllä. (Hakala & Kaappola 2011, 231; Lämpöä omasta maasta 2012).

Maalämpöpumppujen kolmannessa perustyyppissä lauhtumislämpötila on vakio. Lauhduttimelta lämpö ajetaan varaajasäiliöön. Varaajasäiliöstä lämmitysverkkoon johdettava vesi shuntataan paluueden kanssa. Varaajasäiliö toimii myös käyttöveden esilämmittimenä, lopulliseen lämpötilaansa lämminkäyttövesi jälkilämmitetään sähköllä. Tämä maalämpöpumpputyyppi on suosittu Euroopassa, toimintaperiaatteeltaan yksinkertainen sekä hyvin toimintavarma. (Hakala & Kaappola 2011, 233; Lämpöä omasta maasta 2012).

2.2 Puupellettilämmitys

Pelletti soveltuu hyvin pientalon lämmityskattilan polttoaineeksi. Puunjalostusteollisuuden tavoitteena on ollut kehittää puusta tuote, jonka poltto on yhtä pitkälle automatisoitavissa kuin öljyn tai maakaasun. Tämän mahdollistaa pellettikattiloiden polttoaineen automaattinen sytytysjärjestelmä, joka lisää käyttömukavuutta huomattavasti. Pellettilämmityksessä hyödynnetään kotimaista puuta, lisäksi pelletti ei sisällä olenkaan rikkiä jolloin palokaasujen mahdollinen happokastepiste ei ole yhtä korkea ja haitallinen kuin fossiilisilla polttoaineilla. Lisäksi pelletin lämpösisältö on korke-

ampi kuin muiden puupohjaisten polttoaineiden, johtuen sen suuresta ominaispainosta sekä pienestä kosteuspitoisuudesta. (Pellettilämmitys 2012, 2.)

Kotimaassa myytävien pellettikattiloiden asennusohjeissa ei mainita lainkaan varaajasäiliön käyttämistä kattilan rinnalla. Muualla Euroopassa suositukset varaajasäiliön käytöstä vaihtelee. Varaajasäiliöstä käytetään joskus nimitystä puskurisäiliö, jolla tarkoitetaan tilavuudeltaan pienempää ja mahdollisesti kytkennältään hieman erilaista varaajaa. Varaajasäiliöön voidaan myös yhdistää muita lämmönlähteitä, mutta puskurisäiliö palvelee vain varsinaista kattilaa tai päälämmönlähdettä. (Jenkins, D. 2010; 67.)

Käyttämällä varaajasäiliötä on pidennetty kattilan käyntijaksoja ja näin pyritty parantamaan kattilan vuosihyötysuhdetta, sillä syttymis- ja sammumisjaksojen aikana muodostuu häviöitä. Pitkistä seisontajaksoista muodostuu myös häviöitä. Monesti riittävän suuri pellettikattilan vesitila toimii puskurisäiliönä ja pystyy pitämään hyötysuhteen korkeana kesäkaudenakin jolloin kuormitus on lyhytjaksoista. Sähköistä pellettien sytytystä ei tarvita silloin kun kuormitusta on enemmän, polttimen palopäässä oleva hiillos riittää sytyttämään pelletit, polttimen uudelleen käynnistyessä.

Euroopassa suositaan aurinkokennoja pellettikattilan rinnalle tukilämmitysmuodoksi, kennot kykenevät tuottamaan riittävästi lämmintä käyttövedtä kesäkautena jolloin pellettipoltinta ei tarvitse käyttää lainkaan lyhyitä syklejä. Kyseinen järjestely kuitenkin lisää hankintakustannuksia, joka vaikuttaa laitteiston takaisinmaksuaikaan. (Jenkins, D. 2010; 68.)

Pellettikattilan mitoittaminen suomen ilmastossa on haastavaa ilmaston suuren lämpötilanvaihtelun takia. Kotimaisissa pellettipolttimissa on tavanomaisesti kaksi käyntiasentoa osateho ja täysteho, joita polttimen käyttölaite ohjaa tarpeen mukaan. Kattila ja poltin suositellaan mitoittavaksi melko kireiksi, jolloin käyntijaksot saadaan pitemmiksi ja säätösuhde vastaamaan paremmin tavanomaista lämmitystehon tarvetta. Esimerkkinä Tampereen seutu jonka mitoitusulkolämpötila on $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$, kun taas kokovuoden keskilämpötila samalla paikkakunnalla on $3,7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Riittävä lämpimän käyttövedentuotto tilanteesta riippuen, saattaa kuitenkin nousta pellettikattilan mitoitt-

tavaksi tekijäksi etenkin jos sen yhteyteen ei asenneta varaajasäiliötä. (Pellettilämmitys 2012; Ilmatieteenlaitoksen www-sivut 2015)

Pellettilämmitysjärjestelmä on melko paloturvallinen, pitkälti johtuen pellettien muodosta ja tasalaatuisuudesta. Pellettien syötön säännöstely polttimessa on helppoa. Kiinteänä polttoaineena pellettilaitteistolta edellytetään samalla tavalla takatulenestolaitteet kuten hakelämmitysjärjestelmältäkin. Pellettilaitteiston kuljetus ja turvalaitteet ovat kevytrakenteisempia kuin hakejärjestelmän, nimenomaan pelletin aikaisemmin mainituista ominaisuuksista johtuen. Pellettijärjestelmissä paloturvariskin aiheuttaa pitkälti rikkoutuneet pelletit joista tulee kuivaa ja pölyävää jauhoa joka taas on helposti syttyvää.

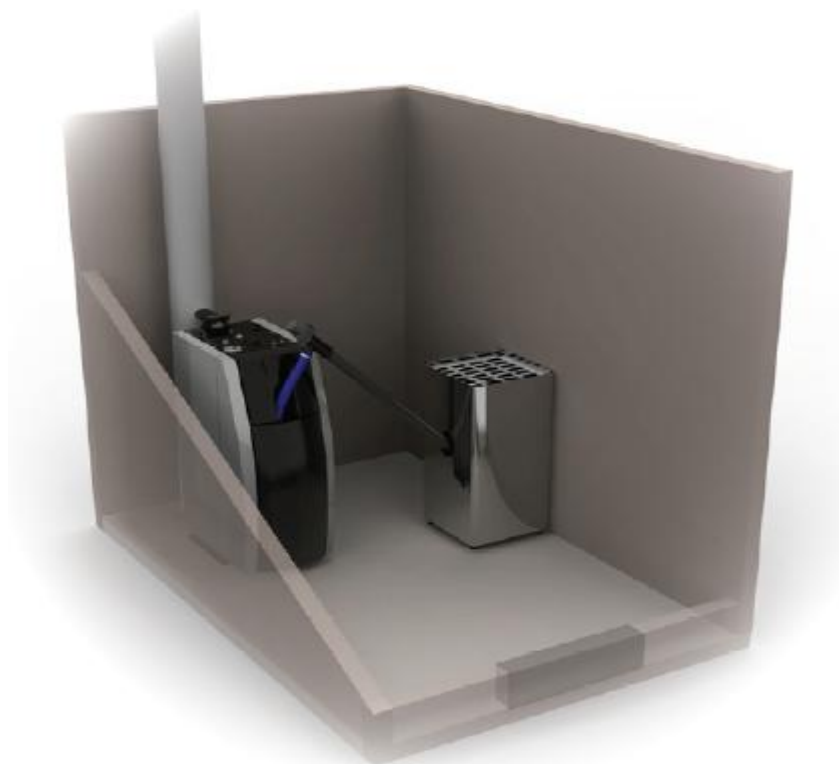
Pellettien varastointi on aina otettava huomioon jo alustavassa suunnitteluvaiheessa. Tyypillisesti käytettyjä ratkaisuja on kaksi varastosiilo ja viikkosiilo.

Varastosiilo ratkaisussa siilon tilavuus kattaa kohteen vuotuisen pellettitarpeen 1-3 täyttökerralla, pientaloissa tämä järjestely edellyttää pääsääntöisesti erillistä lämpökeskusta. Kuvassa 1 on esitetty tuotevalmistaja Aritermin sovellus varastosiilosta, pellettikattilan rinnalla. Tässä ratkaisussa pellettikattila ja varastosiilo sijoitetaan samaan erillsrakennukseen eli lämpökeskusrakennukseen, kattilatila ja siilo täytyy erottaa toisistaan palomääräysten edellyttämällä seinämällä. (Kiinteän polttoaineen lämpökeskuksen paloturvallisuus 2007, 5-9; Kiinteiden polttoaineen lämmityskattiloiden turvallisuus 2009, 8-11; Suomen RakMK E9 2005, 6).



Kuva 1 Varastosilo (Ariterm, 2015)

Rakennuksen yhteydessä olevaan tavanomaiseen kattilahuoneeseen voi kuitenkin sijoittaa $0,5 \text{ m}^3$ pellettisiilon, jota kutsutaan viikkosiiloksi. Kevytrakenteinen ruuvi-kuljetin syöttää pelletit viikkosiilolta pellettipolttimelle. Kuvassa 2 on tuotevalmistaja Aritermin sovellus, jossa viikkosiilo palvelee pellettikattilaa ja laitteet on sijoitettu samaan kattilahuoneeseen. Siitä huolimatta että siilo ja kattila sijaitsevat samassa tilassa, järjestely täyttää palomääräysten asettamat vaatimukset. Tässä järjestelyssä täytyy kuitenkin suuremmat pellettimäärät varastoida erikseen. Tämä tyypillisesti tarkoittaa erillistä varastorakennusta, josta viikkosiiloa sitten täytetään tarpeen mukaan. (Kiinteän polttoaineen lämpökeskuksen paloturvallisuus 2007, 5-9; Kiinteiden polttoaineen lämmitys-kattiloiden turvallisuus 2009, 8-11; Suomen RakMK E9 2005, 3).



Kuva 2. Pellettikattila ja viikkosiilo (Arterm, 2015)

Pellettilämmityksessä keskeisenä seikkana on pellettien toimitus, joka myös pitää selvittää hankesuunnitteluvaiheessa. Pelletin voi tilata joko säiliöautolla, jolloin pelletit puhalletaan autosta suoraan varastoon. Pellettien puhallusetäisyys säiliöautosta on kuitenkin enintään kymmenen metriä, tämä täytyy ottaa varaston sijoituksessa huomioon. Pelletit voi myös tilata suur- tai piensäkeissä, jotka antavat vapauksia pellettien kuljetukseen ja varastointiin, mutta vastaavasti nostavat hintaa. (LVI 11-10406 2006, 6.)

Pellettilämmityksen edut polttoaineena on sen kotimaisuus ja ympäristöystävällisyys, mukaan luettuna hiilipäästöt. Lisäksi pelletti ei sisällä rikkiä lainkaan jolloin savukaasujen lämpötilan laskiessa ei ole vaaraa syövyttävän rikkihapon muodostumisesta kuten on fossiilisia polttoaineita poltettaessa. Lisäksi pelletin kosteuspitoisuus on puupolttoaineeksi hyvin matala joka antaa paremman hyötysuhteen sekä salli hieman alhaisemman savukaasulämpötilan käytön yleensä muihin puukattiloihin verraten. (Pellettilämmitys 2012, 2.)

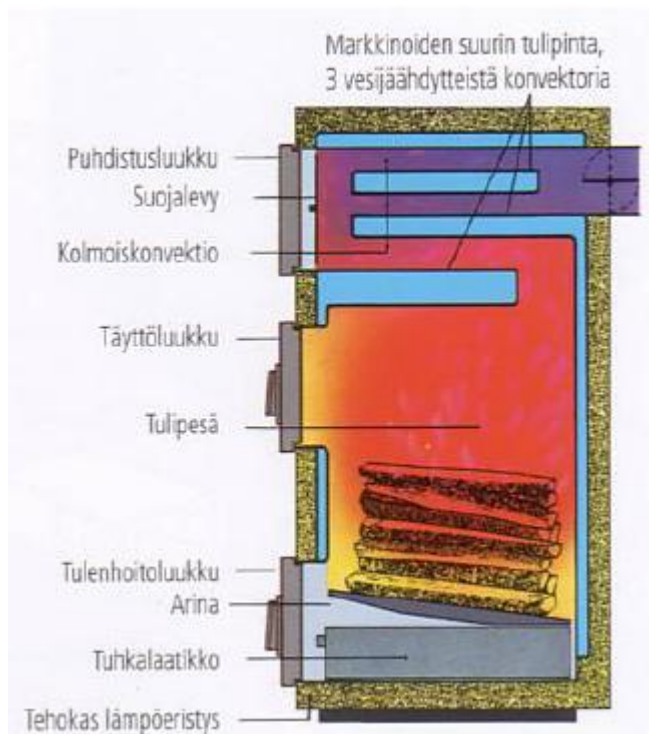
2.3 Puukattilalämmitys

Puukattila on hyvin perinteinen lämmitysmuoto suomessa. Puukattilalämmityksen ominaisuuksiin lukeutuu sen edulliset käyttökustannukset, pitkä käyttöikä sekä yksinkertainen laitteiston toimintaperiaate. Lämmitysmuodon varjopuolina on sen työläys sekä kaikenpuolinen sitovuus käyttäjältä. Pientalon puukattila vaatii rinnalleen aina varaajasäiliön. Puukattilavalmistajat edellyttävät poltettavalta puulta alhaista kosteuspitoisuutta 15–25 painoprosenttia.

Puukattiloiden eli tässä tapauksessa halkokattiloiden perustyyppit ovat alapalokattila, yläpalokattila sekä käänteispalokattila, tyypillisesti markkinoilla olevat puukattilat ovat näiden kolmen perusmallin välimuotoja.

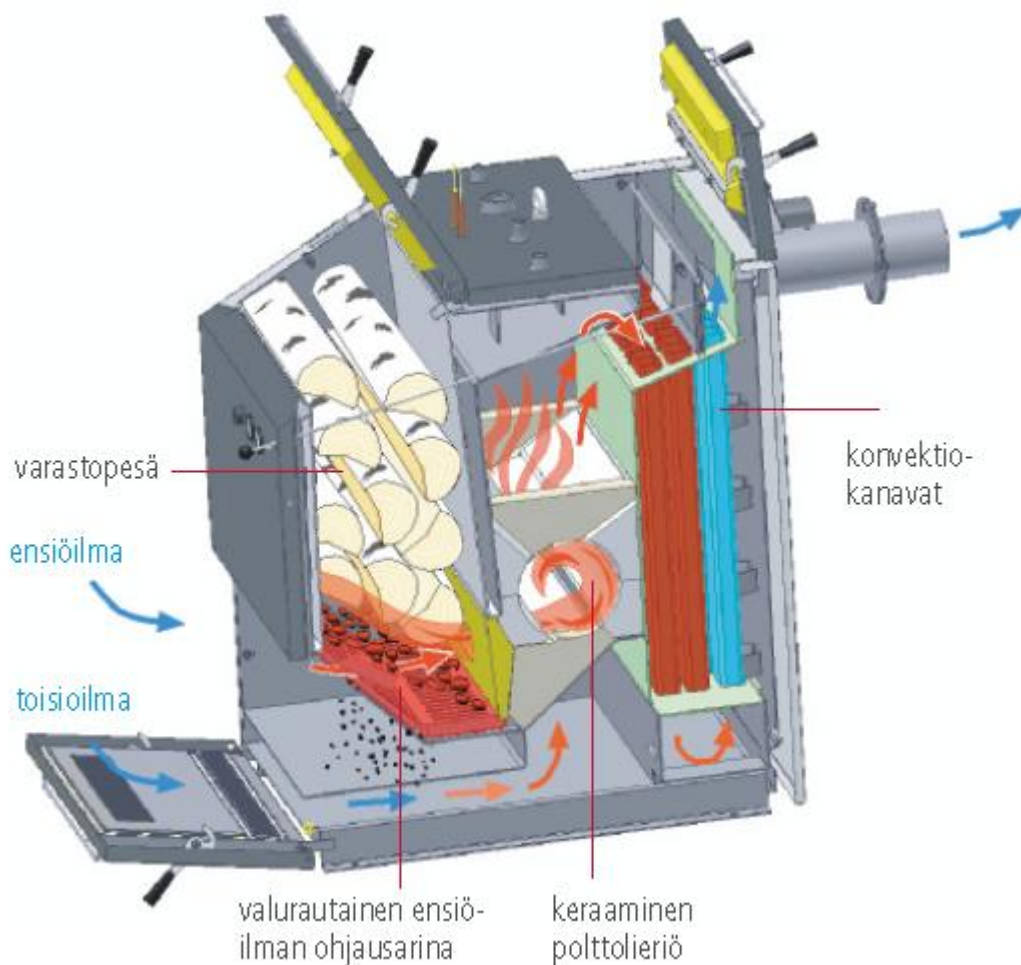
Puukattilajärjestelmän mitoituksen yleisenä ohjeena pidetään, että varaajasäiliön koko määrittää sen, kuinka usein lämmitetään ja kattilan teho sen, kuinka kauan varaajan lämmittäminen puukattilalla vie aikaa. (Puulämmitys 2011, 2.)

Yläpalokattilan toimintaperiaate on esitetty kuvassa 3. Kattilan tulipesään ladotut puut palavat kaikki samaan aikaan ja puita voidaan joutua lisäämään useitakin kertoja varaajasäiliön tilavuudesta sekä lämpötilasta riippuen. Yläpalokattilan etuja ovat sen pieni tilantarve, jolloin se on omiaan saneerauskohteiden korvaavana lämmityskattilana. Yläpalokattila soveltuu hyvin myös jonkun toisen lämmitysmuodon rinnalle. Yläpalokattilassa ei ole varastopesää, tavallisesti puita joudutaan lisäämään kattilaan lämmityksen aikana useitakin kertoja. (Wahlroos 1979, 114; Puulämmitys 2011, 8).



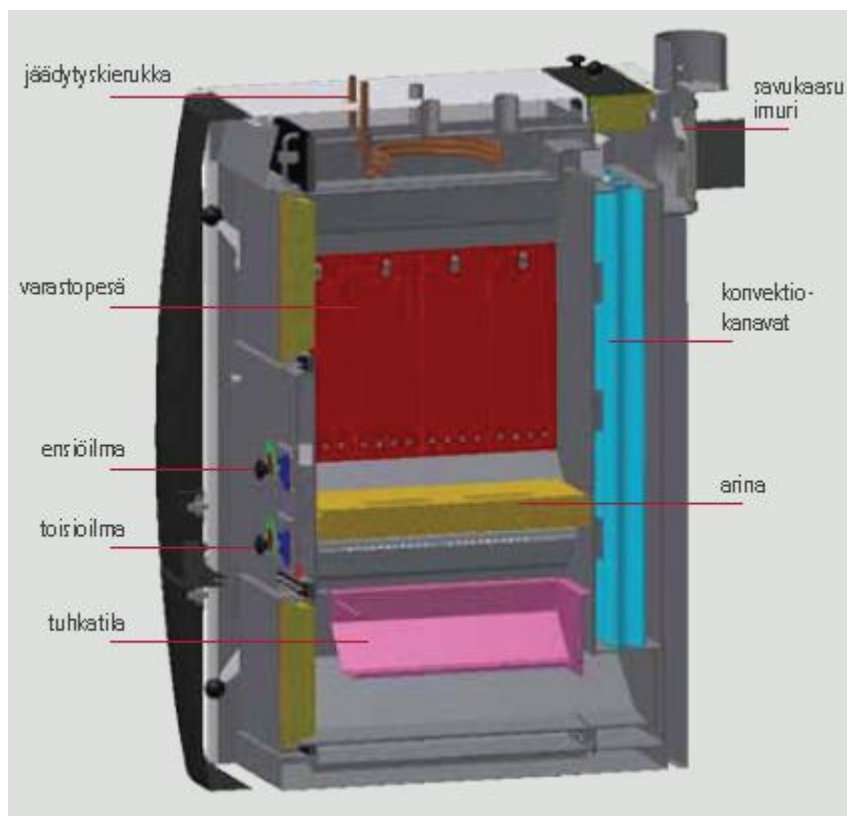
Kuva 3 Yläpalo-kattila (Ariterm, 2011)

Alapalo-kattila on varustettu niin sanotulla varastopesällä. Polttopuut ladotaan varastopesään, jossa ne sitten laskeutuvat arinaa kohti palamisprosessin edetessä. Alapalo-kattilassa puut palavat arinan päällä, johon palamisen edellyttämä ensiö-ilma johdetaan arinan alta. Toisio-ilma tuodaan varastopesän vierellä olevan tulipesän alaosaan, tällöin se sekoittuu hyvin palamiskaasujen kanssa. Alapalo-kattilan hyötysuhde sekä palamistulos ovat paremmat kuin yläpalo-kattilalla. (Wahlroos 1979, 112; Puulämmitys 2011, 6).



Kuva 4 Alapalokattila (Ariterm, 2010)

Käänteispalokattila on useimmin käytetty puukattila muualla Euroopassa. Sen toimintaperiaate on hyvin samantapainen kuin alapalokattilan, mutta tässä ensiö-ilma tuodaan varastopesän läpi arinalle. Toisio-ilma tuodaan myös tulipesän alaosaan. Käänteispalokattila on tavallisesti varustettu savukaasuimurilla, tämä parantaa savuhormin toimivuutta. Käänteispalokattilalla saavutetaan korkea hyötysuhde ja palamistulos. (Wahlroos 1979, 116; Puulämmitys 2011, 4).



Kuva 5 Käänteispalokattila (Ariterm, 2011)

3 LÄMMITYSJÄRJESTELMIEN TOTEUTETTAVUUS KOHTEESSA

3.1 Maalämmössä huomioitavat seikat

Lämmitysjärjestelmän mitoitukseen vaikuttaa rakennuksen lämmityksen mitoitus-
hontarpeen lisäksi, lämpimän käyttöveden kulutus joka tässä tapauksessa suunnitel-
laan neljälle henkilölle ja lisäksi otetaan huomioon varaus kylpyammeelle. Järjestel-
män mitoituksessa tärkeänä tietona on kohteen vuotuinen energiankulutus joka tässä
kohteessa on noin 3500 litraa kevyt polttoöljyä vuodessa. Tämä on öljykattilan 87 %
hyötysuhteella laskettuna noin 30,5 MWh vuodessa.

Maalämpöputkiston asentaminen vaatii toimenpideluvan kunnan tekniseltä toimelta.
Luvan saantiin vaikuttaa pohjavesialueet, suojaetäisyydet tontin rajoihin sekä muihin

kaivoihin. Maalämpöjärjestelmää hankittaessa on myös tarkastettava kiinteistön sähköliittymän riittävyys asennettavalle lämpöpumpulle. (Lämpöä omasta maasta 2012.)

Maalämpöpumpun mitoittamisessa lähdetään usein siitä mitoitetaanko lämpöpumppu täysteholle, jolloin se kattaa rakennuksen koko mitoitustehontarpeen, vai mitoitetaanko se osateholle, jolloin lämpöpumppu kattaa 70–80 % mitoitustehosta. Jälkimmäisessä tapauksessa loppu 20–30 % vaaditusta tehosta tuotetaan sähkövastuksella. Osateholla mitoitettu lämpöpumppu kattaa kuitenkin noin 90 % kohteen vuotuisesta energian tarpeesta. (Hakala, P. 2011; Motiva 2012)

3.2 Pellettilämmityksessä huomioitavat seikat

Pellettilämmityksessä joudutaan kiinnittämään erityistä huomiota palomääräyksiin. Varastoitaessa useita kuutioita kiinteää ja pölyävää polttoainetta, palokuorma on hyvin suuri. Suunniteltaessa lämpölaitosta tulee olla yhteydessä paikalliseen palotarkastusviranomaiseen sekä kaupungin rakennusvalvontaan, lupahakemus käsitellään aina tapauskohtaisesti. Tässä kohteessa lämpölaitoksen rakentamiselle ei katsottu olevan suurempia esteitä, edellytyksellä että vaaditut suojaetäisyydet täyttyvät ja varsinainen lämpölaitosrakennus ei poikkea huomattavasti ympäröivän rakennuskannan tyylistä.

Pellettipolttimien tuotekehityksessä yhtenä johtotähtenä on ollut suunnitella poltinsiten että se soveltuu asennettavaksi vanhoihin kiinteänpolttoainekattiloihin, mutta myös joihinkin öljykattiloihin. Tavallisesti kuitenkin siten, että kattila on suunniteltu toimivan sekä öljy, että pellettipolttimella. Kuitenkin toiminnan kannalta paras lopputulos saavutetaan, hankkimalla saman valmistajan yhteenkuuluvat pellettikattila ja pellettipoltin.

Liitteen 1 kustannusvertailussa pellettilämmityksen hankintakustannukset on saatu näin alas johtuen siitä, että hankintahinta on laskettu pellettikattilalla joka sijoitettaisiin vanhaan kattilahuoneeseen olemassa olevan öljykattilan tilalle. Koska rakentamismääräysten mukaista lämpölaitosrakennusta ei kohtuullisilla rakennuskustannuksilla pystytä toteuttamaan, joudutaan tyytymään suunnittelussa vaihtoehtoon jossa

0,5 m³ pellettisäiliö sijoitettaisiin pellettikattilan yhteyteen kattilahuoneeseen. (Suomen RakMK E9.)

Varsinainen pellettivarasto jouduttaisiin kuitenkin rakentamaan erillsrakennuksena talon tontille. Tällä ratkaisulla pystyttäisiin toteuttamaan palomääräysten mukainen pellettijärjestelmä minimi kustannuksilla. Kyseinen järjestely on kuitenkin melko sitova, sillä pellettien kulutusta täytyy tarkkailla säännöllisesti, ja täten menetetään osa pellettilämmityksen alkuperäisestä ideasta. Tämä järjestely olisi siitäkin huolimatta käyttäjäystävällisempi kuin ihan perinteinen puukattilalämmitys.

Toisena vaihtoehtona pellettilämmityksen toteutukselle olisi että rakennettaisiin kokonaan erillinen lämpökeskus tontille, jonne sijoitettaisiin pellettikattila ja pellettisiiilo, jolloin lämmitysjärjestelmä toimisi itsenäisesti. Siiloon pystyisi varastoimaan vaikka koko vuoden pelletti määrän. Lämpökeskus olisi ratkaisu huomattavasti kalliimpi kuin ensimmäinen vaihtoehto. Korkean hankintahintansa ja käyttöominaisuuksiansa vuoksi tämä kuitenkin olisi vertailukelpoinen maalämmön kanssa.

Pellettikattilan etu muihin lämmitysratkaisuihin on, että se ei edellytä erillistä varaajasäiliötä. Kattilan voisi mitoittaa niin että sen teho riittäisi tuottamaan vaaditun lämpimän käyttöveden. Varaajasäiliön pois jättäminen tuo säästöjä laitteiston hankintakustannuksiin. (Finanssialan Keskusliitto 2006; Jenkins, D. 2010)

3.3 Puukattilalämmityksessä huomioitavat seikat

Puukattilan sijoittaminen vanhan öljykattilan tilalle on melko yksinkertainen toteuttaa. Kunhan savuhormin poikkipinta-ala on riittävä puun polttoon, jossa poistettavien savukaasujen määrä on suurempi kuin öljyn poltossa. Savupiipun tulee olla tarpeeksi korkea, jotta saavutetaan riittävä veto kaikissa sääolosuhteissa, muussa tapauksessa voidaan joutua turvautumaan savukaasumuriin. (Wahlroos 1979, 187.)

Puulämmityksessä keskeiseksi kysymykseksi nousee halkojen varastointi. Yhden vuoden edellyttämä puumäärä kyseisen kiinteistön 30,5 MWh:n kulutuksella vastaa noin 49 irtokuutiometriä halkoja. Kattilavalmistajien suositus 15–20 % poltettavan

puun suhteellisesta kosteudesta edellyttää että halkojen on oltava ylivuotisia. Tämä asettaa puulämmitykselle rajoituksia, kuten tässä kohteessa tarvitsisi tontilla varastoida 50 irtokuutiota puuta välillisesti vuoden aikana. (Wahlroos 1979, 66.)

4 KIINTEISTÖN ENERGIANKULUTUS

4.1 Lämmitysöljyn kulutus

Määrittäessäni kohdetalon lämmitysenergian kulutusta, sain vanhoista öljylaskuista kerättyä toimitetut öljymäärät sekä toimituspäivämäärät. Laskiessani vuosittaista öljynkulutusta tein oletuksen että öljysäiliö on ollut tyhjä kun uusi öljytoimitus on tullut, laskennassa interpoloin öljyn toimituspäivämäärien välin aina vuodenvaihteeseen olettaen että öljynkulutus on vakio kaikkina kuukausina. Tässä menetelmässä aiheutuu virhettä, koska todellisuudessa talvikuukausien öljynkulutus on melko suuri ja kesäkuukausina hyvin vähäistä. Interpoloinnin olisi voinut toteuttaa myös lämmityskausien mukaan asettamalla esimerkiksi heinäkuun vuoden lämmityskauden rajaksi. Asettamalla lämmityskaudeksi kalenterivuosi, lämmitystarpeen normeerauksen laskenta helpottui.

Lämmitysenergian kulutuksen laskennassa hajontaa eri vuosien välille teki myös sähköenergian ajoittainen käyttö korvaavana energiana, tämän huomioon ottaminen edellytti eri vuosien sähkölaskujen vertaamista toisiinsa. Sähkøyhtiön verkkosivuilta sain käyttööni kiinteistön sähkönkulutus tiedot, useamman vuoden ajalta. Oletuksena, että taloussähkön kulutus pysyy likimain samana joka kuukausi, jolloin vertaamalla eri vuosien, mutta vastaavien kuukausien kulutusta, voi havaita normaalista kulutuksesta poikkeamia. Nämä poikkeamat lisäämällä aina kyseisen vuoden lämmitysenergian kulutukseen, saadaan todenmukainen lukema kyseisen vuoden kulutuksesta.

Eri vuosien lämmitysenergian kulutuksen vertailu edellyttää myös säättekijöiden huomioon ottamista, tämä onnistuu parhaiten kulutuksen normeerauksella. Normeerauksen laskentakaavat on esitetty kohdassa 4.2.

Öljylaskuista ilmeni, että vuosien 2004–2007 välisenä aikana öljyn kulutus on ollut 4000–3500 litraa vuodessa, aikajana on riittävän pitkä, jotta voidaan olettaa energiankulutuksen liikkuvan tällä välillä. Sähkön osuutta lämmityksessä tänä aikana ei pystynyt selvittämään, sillä sähköyhtiön antama kiinteistön kulutushistoria ei kattanut näin vanhoja kulutustietoja. Puun käyttö lisäenergiana voidaan olettaa pitkässä juoksussa pysyvän samanlaisena. Edellä mainituiden seikkojen perusteella voidaan kannattavuus vertailussa käyttää vuotuisena energiankulutuksena 30,5 MWh, joka vastaa 3500 litraa kevytpolttoöljyä, kattilan hyötysuhteen ollessa 87 %.

4.2 Lämmitysenergiankulutuksen normeeraus

Normeerauksessa laskettavan vuoden lämmitysenergiankulutuksesta (Q_{kok}) vähennetään oletettu käyttöveden lämmittämisen osuus ($Q_{\text{lämmin käyttövesi}}$), jolloin tuloksena saadaan rakennuksen lämmitykseen kulunut energia ($Q_{\text{toteutunut}}$). Tämä luku kerrotaan kyseisen vuoden vertailupaikkakunnan ja normaalivuoden lämmitystarvelukujen suhteella ($S_{N \text{ vpkunta}} / S_{\text{toteutunut vpkunta}}$). Luku kerrotaan vielä ($K1$):llä, joka on paikkakuntakohtainen korjauskerroin vertailupaikkakuntaan verrattaessa, tässä tapauksessa kiinteistön paikkakunta on Nokia, jonka vertailupaikkakuntana toimii Tampere. Tulokseen vielä summataan käyttövedenlämmityksen osuus ($Q_{\text{lämmin käyttövesi}}$) saadaan lopputulokseksi kohteen normitettu lämmitysenergiankulutus (Q_{norm}). Vuotuisia normitettuja kiinteistön lämmitysenergian kulutuksia, voidaan verrata toisiinsa luotettavammin, koska eri vuosien ulkolämpötilanvaihteluiden vaikutus lämmitysenergian kulutukseen on poistettu. (Motivan www-sivut, 2015.)

$$Q_{\text{toteutunut}} = Q_{\text{kok}} - Q_{\text{lämmin käyttövesi}}$$

$$Q_{\text{norm}} = k1 \times S_{N \text{ vpkunta}} / S_{\text{toteutunut vpkunta}} \times Q_{\text{toteutunut}} + Q_{\text{lämmin käyttövesi}}$$

Kaavan selitteet:

Q_{norm}	rakennuksen normitettu lämmitysenergiankulutus
$Q_{toteutunut}$	rakennuksen tilojen lämmittämiseen kuluva energia
Q_{kok}	rakennuksen kokonaislämmitysenergiankulutus
$Q_{lämmin\ käyttövesi}$	käyttöveden lämmittämisen vaatima energia. Lue lisätietoja kohdasta: <u>Laskukaavat: lämmin käyttövesi</u>
$S_{N\ vpkunta}$	normaalivuoden tai -kuukauden (1981-2010) lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla
$S_{toteutunut\ vpkunta}$	toteutunut lämmitystarveluku vuosi- tai kuukausi- tasolla vertailupaikkakunnalla

k_1	<u>Paikkakuntaakohtainen korjauskerroin vertailupaikkakuntaan.</u>
$S_{N\ vpkunta}$	Normaalivuoden tai -kuukauden (1981-2010) lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla.
$S_{toteutunut\ vpkunta}$	Toteutunut lämmitystarveluku vuosi- tai kuukausitasolla vertailupaikkakunnalla.

Lämpimänkäyttöveden kulutuksen arvio, jos omakotitalossa kulutetaan vettä 110 l/henkilö/vrk ja tästä lämpimän veden osuus on 40 %, niin kokonaiskulutukseksi saadaan neljälle henkilölle 64 m^3 lämmintä käyttövettä vuodessa. Tavanomaisesti yhden ihmisen vuotuisen käyttöveden lämmittämiseen menee noin 1000 kWh energiaa vuodessa. (Motivan www-sivut, 2015.)

$$V_{lkv} = 110\text{ l/hlö/vrk} \times 4\text{ hlö} \times 365\text{ vrk/a} \times 0.4 \times 1\text{ m}^3/1000\text{ l} = 64\text{ m}^3$$

$$Q_{lkv} = 64\text{ m}^3 \times 1000\text{ kg/m}^3 \times 4,19\text{ kJ/kg} \times 50\text{ }^\circ\text{C} = 3800\text{ kWh}$$

Kohteen todellisen energiankulutuksen laskentaan vaikuttaa vielä puulämmityksen osuus lämmitysenergiasta, jonka osuuden arviointia vaikeuttaa sen epäsäännöllinen käyttö sekä puun laadun suuri vaihtelu. Takan käytöllä, voidaan osittain selittää öljyn kulutuksen huojuntaa eri vuosien välillä.

Kannattavuusvertailun lähtötietona täytyy selvittää kohteen vuotuinen energiankulutus. Varsinaisen lämmityslaitteiston mitoitukseen vaikuttaa ensisijaisesti rakennuksen mitoitusohjeet sekä lämpimänkäyttöveden kulutus. Näiden tietojen perusteella pystytään mitoittamaan oikean kokoinen lämmityskattila tai vastaavasti maalämpöpumppu sekä arvioimaan mahdollisen varaajan tarve sekä tämän kokoluokka.

Kohteen energiankulutustietojen avulla voidaan arvioida rakennuksen mitoitustehoa, joka vanhassa kohteessa tarkalla lämpöhäviöiden mallintamisohjelmilla olisi hyvin työlästä ja muutenkin epätarkkaa. (Motivan www-sivut 2015)

4.3 Rakennuksen mitoitusteho

Rakennuksen mitoitustehoa määritettäessä valitaan ajanjakso, esimerkiksi joku talvi-kuukausi jonka energiankulutus tiedetään riittävän luotettavasti. Tässä tapauksessa ajanjaksoksi valittiin 16.12.2009–16.2.2010, jolloin kohteen kulutus on ollut 1004 litraa öljyä joka 87 % hyötysuhteen kattilalla vastaa 8306 kWh:a, tätä merkitään yhtälössä lyhenteellä (Q_{kok}). Kokonaiskulutuksesta vähennetään arvioitu lämpimän-käyttöveden osuus jolloin saadaan pelkän rakennuksen energiankulutus ($Q_{\text{toteutunut}}$). Tämän jälkeen luku jaetaan kyseisen ajanjakson kuukausien yhteenlasketulla lämmitystarveluvulla, näin saadaan oletettu rakennuksen konduktanssi. Konduktanssi kerrotaan paikkakunnan mitoitus ulkolämpötilan (Nokia $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$) ja sisälämpötilan ($21\text{ }^{\circ}\text{C}$) erotuksella ($\Delta T_{\text{mitoitus}}$) jolloin saadaan likiarvo rakennuksen mitoitusteholle. Alla oleva laskentamenetelmä on tarkoitettu lämmöntuotantolaitteiston mitoitustehon arviointia varten, kiinteistö kulutustietojen perusteella.

$$Q_{\text{toteutunut}} = Q_{\text{kok}} - Q_{\text{lämmin käyttövesi}}$$

$$P_{\text{mitoitus}} = Q_{\text{toteutunut}} \times \Delta T_{\text{mitoitus}} / 24 \times K_d \times k_1$$

$$P_{\text{mitoitus}} = 8004 \text{ kWh} \times (21 - (-29))\text{ }^{\circ}\text{C} / 24 \text{ h/vrk} \times (1717\text{ }^{\circ}\text{C vrk}) = 9,7 \text{ kW}$$

$$P_{\text{lämmin käyttövesi}} = Q_{\text{lämmin käyttövesi}} / 8760 \text{ h} / \text{vuosi}$$

$$P_{\text{lämmin käyttövesi}} = 3800 \text{ kWh} / 8760 \text{ h} = 0,5 \text{ kW}$$

$$P_{\text{kokonais}} = P_{\text{mitoitus}} + P_{\text{lämmin käyttövesi}}$$

$$P_{\text{kokonais}} = 9,7 \text{ kW} + 0,5 \text{ kW} = 10,2 \text{ kW}$$

Muita yleisesti käytettyjä, suuntaa antavia menetelmiä tähän tarkoitukseen on ohjelmat joissa annetaan likiarvot rakennuksen tehontarpeesta rakennuskuutiota kohden (W/m^3). Ohjelmassa käytettävät arvot perustuu kokemuseräisiin lukuarvoihin. Oh-

jelman laskennassa käyttämät arvot määräytyvät talon valmistumisvuoden mukaan. (Motivan www-sivut 2015)

5 KUSTANNUSLASKENTA

5.1 Energiahinta

Puukattilälämmityksen käyttökustannuksiin vaikuttaa polttopuun hinta. Kannattavuus vertailussa halkolämmityksen vertaamista muihin lämmitysmuotoihin hankaloittaa puun käsittelystä muodostuvien kustannusten arvioiminen.

Yleensä halkolämmityksen kokonaiskustannusarviossa ei huomioida työn osuutta eikä muita puun käsittelystä muodostuvia kustannuksia. Tässä vertailussa käytin puun hintana yleistä kuitupuun hankintahintaa harvennushakkuulta. Kustannusvertailussa ei huomioitu puun pienimisestä ja kuivaamisesta ja varastoimisesta muodostuvia työ ja muita kustannuksia, mutta on jossain määrin vertailukelpoinen puun energian hintaan.

Kuitupuun hinta annetaan kiintokuutioina ja puun energiasisältönä käytin 8000 MJ/kiinto m³ joka on koivun ja sekapuun keskiarvo 25 % kosteudella, joka taas on tyypillinen puukattiloissa poltettavien halkojen kosteusprosentti. Myös puukattiloiden hyötysuhde ilmoitetaan monesti 25 % puun kosteuspitoisuudella, suurempi kosteusprosentti hankaloittaa jo puun polttoa. (Motivan www-sivut 2015)

5.2 Hankkeen kannattavuus

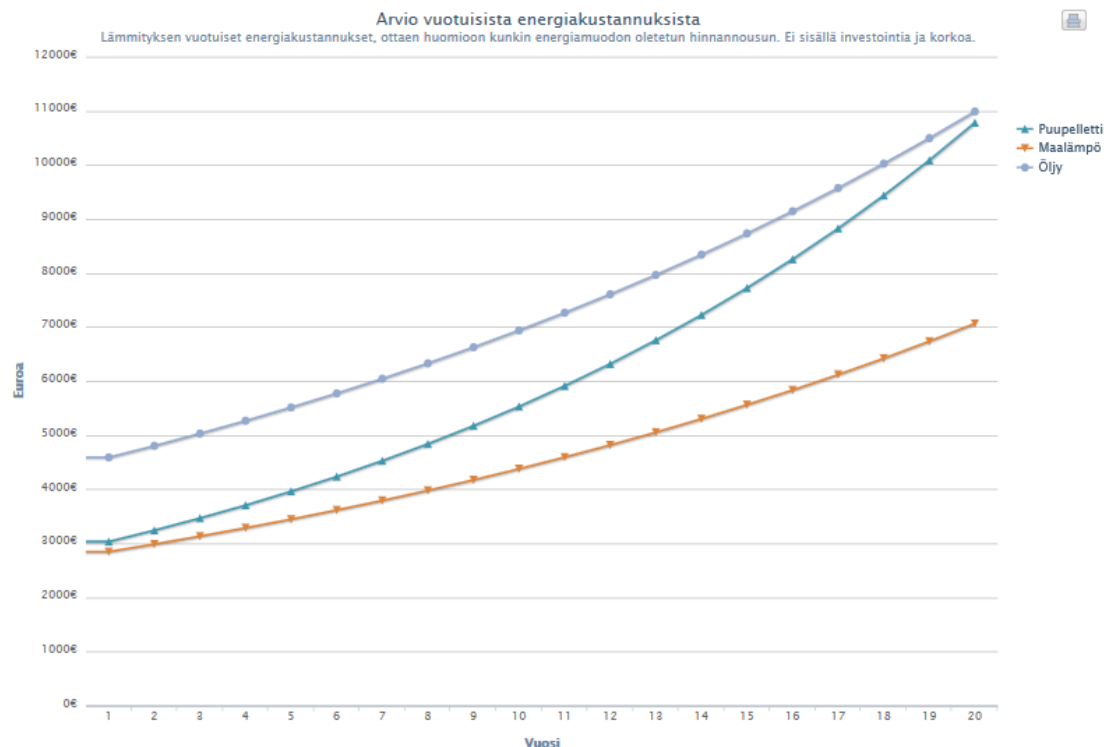
Kunnossapitokustannukset tarkasteluajanjaksoissa on arvioitu laskelmassa hyvin alakanttiin, koska todellisia komponenttien käyttöiä on vaikea arvioida, kyseiset lämmityslaitteistot oikein käytettynä ja säädettynä voivat olla hyvinkin pitkäikäisiä. Maalämpöpumpun kompressorille on annettu elinkaareksi 10–15 vuotta, tämän uu-

simiskustannusta ei laskelmassa oteta huomioon, koska se on laitteiston hankintahintaan suhteutettuna melko pieni kustannuserä.

Uuteen lämmityslaitteistoon investoinnin kannattavuus riippuu pitkälti öljyn hintakehityksestä. Sähkön ja öljyn hintakehitys on kulkenut hyvin samassa suhteessa. Pelletin hintakehitys yleiseen energianhintaan on vaikea ennustaa, sillä sen tuotannon kannattavuus on kuitenkin riippuvainen puuteollisuudesta. Suurusluokkana voidaan pitää, että pelletin hinta on noin puolet kevyenpolttoöljyn hinnasta kWh:a kohden laskettuna. Puun hintataso on ollut jo pitkään hyvin vakaa joten sen hintakehityksessä ei todennäköisesti ole odotettavissa suuri heilahteluja lähitulevaisuudessa.

Korkokanta vaikuttaa myös osaltaan lämmitysjärjestelmän takaisinmaksuaikaan joten uuden lämmitysjärjestelmän investoinnille on tässäkin laskelmassa otettu huomioon vuotuinen korko, sen määrittäminen 10 ja 15 vuoden ajanjaksoille on vaikeaa. Yleinen korkotaso on tällä hetken alhainen, käytin laskelmissa 2 % vuotuista korkoa.

Kuvassa 3 on Motivan antama ennuste pelletin, maalämmön ja öljyn hintakehityksestä tulevina vuosina. Puulämmitys on jätetty vertailussa pois puun passiivisen hintakehityksen vuoksi. Kevytpolttoöljy on vertailussa mukana olemassa olevana lämmitysmuotona. Arvion mukaan pelletin hinta olisi nousemassa kaikkein voimakkaimmin ja maalämmön kannattavuus paranisi oletetun yleisen energian hintatason nousun vuoksi.



Kuva 8. Arvio vuotuisista energiakustannuksista

Liitteessä 1 on esitetty eri järjestelmien vuosittaiset kustannukset kymmenen vuoden laskenta-ajalla, 2 % korolla ja 30,5 MWh kulutuksella. Maalämpö on kustannuksiltaan kaikkein kallein ja puulämmitys kaikkein edullisin kun omantyyön osuutta ei oteta vertailussa huomioon. Liitteen 1 perusteella maalämmön vuosikustannusten ero pellettilämmitykseen on sen verran vähäinen, että maalämpö on varteenotettava vaihtoehto, kun otetaan käyttömukavuus ja toimintavarmuus tarkastelussa huomioon.

Liitteessä 2 on laskettu mitkä olisivat kustannukset kymmenen vuoden aikana, 2 prosenttiyksikön korolla jos vertailtavien lämmitysmuotojen energiahinnat olisikin puolitoistakertaiset.

Liitteessä 3 on laskettu vuosikustannukset, kaksinkertaisilla energiahinnoilla tämän hetken kustannuksiin verrattuna. Laskenta-aikana on tässä käytetty myös kymmentä vuotta, joka on vielä hyvinkin realistinen arvio tulevaisuuden hintakehityksestä.

Liitteessä 4 nähdään esimerkkinä että puupellettilämmitysjärjestelmän takaisinmaksuaika olisi noin 9 vuotta, tämän hetken energiahinnoilla laskettuna. Maalämmön takaisinmaksu olisi hiukan pidempi.

6 YTEENVETO

Päättötyön tavoitteena oli selvittää Nokialla sijaitsevaan 250 m², 1960- luvulla valmistuneeseen omakotitaloon parhaiten sopiva lämmitysmuoto olemassa olevan öljylämmityslaitteiston tilalle kolmesta eri vaihtoehdosta. Työssä perehdyin vertailtavien lämmitystapojen yksityiskohtiin ja ominaisuuksiin. Pyrin vertailussa painottamaan myös vaihtoehtoisten lämmitysratkaisujen ympäristöystävällisyyttä.

Lopputuloksena päädyin suosittelemaan maalämpöpumppua kohteen uudeksi lämmitysmuodoksi. Tulokseen päädyin, koska vuotuiset kustannukset kymmenen vuoden laskenta-aikana ovat vain vähän korkeammat kuin pellettilämmityksellä. Vaikka pellettilämmityksen hankintakustannukset olivat pienemmät kuin maalämmöllä, joka pitkälti johtui siitä että valitsin vertailuun pellettilämmitysratkaisuista edullisemman sovelluksen. Ratkaisuun vaikutti oletus, että pelletin hinta kehitty tulevaisuudessa samassa suhteessa yleisen energian hintatason kanssa, vaikka kyseessä onkin kotimainen ja puhtaasti puupohjainen polttoaine. Tätä oletusta tukee osaltaan myös Motivan esittämä pelletin hintakehitys trendi.

Puukattilalämmitys oli vertailussa käyttökustannuksiltaan ylivoimaisesti edullisin ja laitteiston hankintakustannuksetkin kohtuulliset, mistä johtuen laitteiston takaisinmaksuaika olisi tämän hetken energia hinnoilla noin neljä vuotta. Puulämmityksen edullisuudesta huolimatta, puukattilan käyttö katsottiin liian työlääksi ja sitovaksi lämmitysmuodoksi, joten tästä vaihtoehdosta luovuttiin. Lämmityslaitteiston valinnassa olen pyrkinyt kiinnittämään huomiota lämmitystavan käyttömukavuuteen ja vähäiseen huollontarpeeseen.

Työn aikana ilmeni lämmöntuotantolaitteiston oikea mitoituksen merkittävyys toimivan kokonaisuuden aikaan saamiseksi. Erityisesti tämä koskee maalämpöpumppua sekä pellettikattilajärjestelmää. Lämmöntuotantolaitteiden ylimitoittamisen haittavaikutukset nousivat useasti esiin työn laiteselvityksiä tutkittaessa.

Rakennuksen vuotuisen energiankulutuksen määrittämisessä vanhoista sähkön- ja öljynkulutustiedoista oli hankalaa, vaikka tiedot oli saatavissa melko kattavasti. Ole-

tuksena, että rakennuksen vuosittainen energiankulutus ei juuri vaihtelisi, huojuntaa oli yllättävän paljon vaikka otti huomioon sään vaikutusta lämmitystarpeen normeerauksella tai sähkön käyttöä öljyn rinnalla.

LÄHTEET

Suomen rakentamismääräyskokoelma E9 (2005) Kattilahuoneiden ja polttoainevarastojen paloturvallisuus, ohjeet.

Aittomäki, A. 2014. Kylmätekniikka. Helsinki. Kylmäyhdistys ry.

Wahlroos, L. 1979. Kotimaiset polttoaineet ja keskuslämmityskattilat. Kokemäki. Energiakirjat.

Jenkins, D. 2010. Wood pellet heating systems. London. Earthscan..

Seppänen, O. 2001. Rakennusten lämmitys. Helsinki. Suomen LVI-liitto.

Hakala, P. 2011. Kylmälaitoksen suunnittelu. Tampere. Opetushallitus.

Lämpöä omasta maasta. 2012. Helsinki. Motiva.

LVI 11-10332. 2002. Lämpöpumput. Rakennustieto Oy.

LVI 11-10406. 2006. Puupellettilämmitys. Rakennustieto Oy.

Pellettilämmitys. 2015. Saarijärvi. Ariterm.

Asennus- ja käyttöohje Biomatic Basic. 2012. Saarijärvi. Ariterm.

Airmax puulämmitys. 2011. Saarijärvi. Ariterm.

Kiinteiden polttoaineen lämmitys-kattiloiden turvallisuus. 2009. Tukes.

Kiinteän polttoaineen lämpökeskuksen paloturvallisuus ohje. 2006. Helsinki. Finanssialan Keskusliitto.

Motivan www-sivut. Viitattu 2015. <http://www.motiva.fi>

Pellettienergia www-sivut. Viitattu 2015. <http://www.pellettienergia.fi>

Vatenfall www-sivut. Viitattu 2015. <http://www.vatenfall.fi>

Metsälehti Puunhinta www-sivut. Viitattu 2015. <http://www.metsälehti.fi>

Ilmatieteenlaitos www-sivut. Viitattu 2015. <http://www.ilmatieteenlaitos.fi>

Eneuvonta www.sivut. Viitattu 2015. <http://lammitysvertailu.eneuvonta.fi/>

Alakangas, E. 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. Espoo. VTT

Suomen Uusiutuva Energia Oy www-sivut. Viitattu 2015. <http://www.uusiutuva.fi>

Lapinlampi, T; Juvonen, J. 2013. Energiakaivo. Helsinki. Edita Prima Oy

LIITE 1

Lämmön- tarve	30,5	MWh/vuosi					
Laskenta- aika	10	vuotta					
Korko	2 %						
Lämmitys- muoto	Hankintakustannus		Energia hinta	Energia hinta	Kunnossa pito- kustannus	Invest. kustannus	Kokonais- kustannus
	Lämmön- tuotanto	Asen- nus					
	€	€	€/MWh	€/vuosi	€/vuosi	€/vuosi	€/vuosi
Pelletti- lämmitys	7000	2000	51	1958	100	1 002	3060
Maalämpö- pumppu	13500	2500	120	1464	50	1 781	3295
Puukattila- lämmitys	6000	1500	18	781	100	835	1716
Öljyläm- mitys	0	0	86	3015	100	0	3115

LIITE 2

Lämmön- tarve	30,5	MWh/vuosi					
Laskenta- aika	10	vuotta					
Korko	2 %						
Lämmitys- muoto	Hankintakustannus		Energia hinta	Energia hinta	Kunnossa pito- kustannus	Invest. kustannus	Kokonais- kustannus
	Lämmön- tuotanto	Asen- nus					
	€	€	€/MWh	€/vuosi	€/vuosi	€/vuosi	€/vuosi
Pelletti- lämmitys	7000	2000	77	2938	100	1 002	4040
Maalämpö- pumppu	13500	2500	180	2196	50	1 781	4027
Puukattila- lämmitys	6000	1500	27	1172	100	835	2107
Öljyläm- mitys	0	0	129	4522	100	0	4622

LIITE 3

Lämmön- tarve	30,5	MWh/vuosi					
Laskenta- aika	10	vuotta					
Korko	2 %						
Lämmitys- muoto	Hankintakustannus		Energia hinta	Energia hinta	Kunnossa pito- kustannus	Invest. kustannus	Kokonais kustannus
	Lämmön- tuotanto	Asen- nus					
	€	€	€/MWh	€/vuosi	€/vuosi	€/vuosi	€/vuosi
Pelletti- lämmitys	7000	2000	103	3917	100	1 002	5019
Maalämpö- pumppu	13500	2500	240	2928	50	1 781	4759
Puukattila- lämmitys	6000	1500	36	1562	100	835	2497
Öljyläm- mitys	0	0	172	6030	100	0	6130

LIITE 4

Lämmön- tarve	30,5	MWh/vuosi					
Laskenta- aika	9	vuotta					
Korko	2 %						
Lämmitys- muoto	Hankintakustannus		Energia hinta	Energia hinta	Kunnossa pito- kustannus	Invest. kustannus	Kokonais- kustannus
	Lämmön- tuotanto	Asen- nus					
	€	€	€/MWh	€/vuosi	€/vuosi	€/vuosi	€/vuosi
Pelletti- lämmitys	7000	2000	51	1958	100	1 103	3161
Maalämpö- pumppu	13500	2500	120	1464	50	1 960	3474
Puukattila- lämmitys	6000	1500	18	781	100	919	1800
Öljyläm- mitys	0	0	86	3015	100	0	3115