

Selvitys pienen kokoluokan lämmöntuotantotekniikoista

Savon Voima Oyj

Toni Hiltunen

Opinnäytetyö

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Energiatekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Toni Hiltunen	
Työn nimi Selvitys pienen kokoluokan lämmöntuotantotekniikoista	
Päiväys 10.12.2013	Sivumäärä/Liitteet 54 / 2
Ohjaaja(t) Ritva Käyhkö, Jukka Huttunen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Savon Voima Oyj, Kari Anttonen	
Tiivistelmä	
<p>Vuosien saatossa öljyn asema lämmityspolttoaineena on heikentynyt suuresti pääasiassa öljyn hinnannousun myötä. Vanhat lähilämpökohteet ovat pääasiassa toteutettu käyttäen öljyä polttoaineena, jotka tulevat tarvitsemaan laajempaa huoltoa tai päivitystä lähitulevaisuudessa. Insinööri-työssä tarkastellaan muita mahdollisia lämmitystekniikoita lähilämpökohteille. Käsiteltävät lämmitystekniikat ovat öljy, pelletti, hake ja maalämpö sekä näiden lisäksi hybridijärjestelmät, joissa toissijaisena lämmitystekniikkana käytetään aurinkokeräimiä ja lämpöpumppuja. Työssä luotiin myös laskuriohjelma Excelille. Tätä laskuria voidaan hyödyntää verrattaessa lämmitysjärjestelmien kustannuksia toisiinsa sekä uudis- että saneerauskohteilla. Laskurilla voidaan myös tarkastella lämmitystekniikoiden kustannuskehitystä, joita käsitellään myös työssä esimerkein.</p> <p>Insinööri-työn tuloksina luotua excel ohjelmaa apuna käyttäen, saatiin paljon tietoa lämmitysmenetelmien erilaisista kustannuksista ja tekijöistä, jotka säätelevät kunkin tekniikan kannattavuutta kohteesta riippuen. Työssä käsitellään eri lämmöntuotantotekniikoiden tekijät, jotka voivat johtaa jonkin tekniikan välittömään hylkäämiseen mahdollisena lämmöntuotantomenetelmänä.</p> <p>Tässä insinööri-työssä analysoidaan myös esiteltyjä lämmöntuotantotekniikoita tulevaisuuden kannalta sekä tarkastellaan polttoaineiden kehityssuuntaa. Fossiilisten polttoainevarojen väheneminen ja sitä myötä ympäristönmuutoksen estämisen vuoksi syntynyt päästökauppa on johtanut siihen, että resursseja laitetaan kokoajan enemmän uusiutuvien energialähteiden sekä kolmannen asteen biopolttoaineiden kehitykseen.</p>	
Avainsanat Lähilämpökohde, kokonaiskustannukset, lämmitystekniikka, excel, öljyn hinta	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Energy Engineering			
Author(s) Toni Hiltunen			
Title of Thesis Clarification on small-scale heat generation technologies			
Date	10.12.2013	Pages/Appendices	54 / 2
Supervisor(s) Ritva Käyhkö, Jukka Huttunen			
Client Organisation /Partners Savon Voima Oyj, Kari Anttonen			
<p>Abstract</p> <p>Over the years the role of oil as heating fuel has greatly diminished mainly because of the increase in oil price. The old small-scale local heat generators are mainly carried out using oil as fuel, which will require either extensive maintenance or upgrading in the near future. The thesis examines other possible heating technologies for small-scale local heat generators. Examined heating technologies are oil, pellets, woodchips and geothermal heat and in addition, also the hybrid systems in which the secondary heating technologies are solar collectors and heat pumps. Also an Excel calculator program was created in thesis. The program can be used to compare the cost of heating technologies for new constructions and renovation sites. The program can also be used to examine the cost development for different heating technologies which are also reviewed in the work with examples.</p> <p>With the help of created excel program, the results of thesis gave a lot of information about the costs for different heating technologies and factors that regulate the viability of each technology depending on the site. The work deals with factors for different heat generation technologies, which may result in immediate disqualification as a potential heat production method.</p> <p>This thesis also analyzes presented heat production technologies as well as examines different fuels development in the future. The decrease in fossil fuel resources and, consequently, in order to avoid environmental change which has resulted in emission trading, has led to the fact that more and more resources are used in development of renewable energy sources as well as third-degree biofuel.</p>			
<p>Keywords</p> <p>Small-scale local heat generator, the total cost, heating technique, excel, the price of oil</p>			

ESIPUHE

Tämä opinnäytetyö tehtiin Savon Voima Oyj toimeksiannosta syksyllä 2013. Haluan kiittää opinnäytetyö ohjaajiani Ritva Käyhköä ja Jukka Huttusta.

Haluan myös kiittää Savon Voima Oyj:n henkilökunnasta erityisesti Kari Anttosta, Janne Tepposta ja Esko Hiltusta kaikesta informaatiosta, joita he jakoivat opinnäytetyötä varten.

Näiden lisäksi kiitokset kuuluvat myös yritysten henkilöille, jotka olivat tukemassa opinnäytetyöni kehitystä. Ariterm Oy:n Petri Liimatainen, Gebwell Oy:n Petrus Monni.

Lopuksi vielä kiitän kaikkia ystäviäni, jotka ovat olleet tukemassa opinnäytetyötä tavalla tai toisella. Sami Karppinen, Sari Ollikainen ja Janne Karhu.

Varkaudessa 5.12.2013

TERMISTÖJEN SELITYKSET

kW (Kilowatti) = Tehon yksikkö, joka osoittaa energian määrää

kWh (Kilowattitunti) = Energian yksikkö, mitataan energian määrää

MWh (Megawattitunti) = Energian yksikkö, mitataan energian määrää

kg (Kilogramma) = Painon yksikkö

t (Tonni eli 1000 kg) = Painon yksikkö

MJ (Megajoule) = Työn ja energian yksikkö

MJ / kg (Megajoule / kilogramma) = Kuinka monta megajoulea saadaan yhdestä kilosta kyseistä polttoainetta

m^3 (Irtokuutiometri) = Tilavuuden yksikkö

$^{\circ}\text{C}$ (Aste) = Lämpötilan yksikkö

m^3 (rakennuskuutio) = Rakennuksille käytettävä tilavuuden yksikkö

COP (Coefficient Of Performance) = Kertoo lämpöpumpun hyötysuhteen

SCOP (Seasonal Coefficient Of Performance) = Lämpöpumpun vuositason hyötysuhde

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	9
2	SAVON VOIMA OYJ	10
3	LÄMMITYKSEN TARVE JA LÄMMÖNTUOTANTOTEKNIIKAT	13
3.1	Lämmöntarve	13
3.2	Öljylämmitys	13
3.2.1	Kustannustekijät	15
3.3	Puupelletti.....	16
3.3.1	Kustannustekijät	18
3.4	Lämpöpumppu	19
3.4.1	Maalämpöpumppu.....	20
3.4.2	Ilmalämpöpumppu	21
3.4.3	Poistoilmapumppu.....	21
3.4.4	Multi - Split ja Monobloc	22
3.4.5	Lämpöpumppujen kustannustekijät.....	22
3.5	Hake	23
3.5.1	Kustannustekijät	24
3.6	Sähkölämmitys	25
3.7	Aurinkolämpö	25
3.7.1	Erlaiset hybridiratkaisut aurinkolämpöjärjestelmän kanssa.....	26
3.7.2	Investointi ja kannattavuus	27
4	LÄMMÖNTUOTANTOTEKNIIKOIDEN KUSTANNUSVERTAILU	29
4.1	Lämmöntuotantotekniikoista ja polttoainekustannuksista	29
4.2	Polttoaineiden lämpöarvot ja hinnasto	31
4.3	Lähilämpökohteen kustannuskartoitus	34
4.4	Uudiskohteet.....	37
4.5	Lämmöntuotantotekniikan vaihtokustannukset	38
5	EXCEL-LASKURI.....	39
5.1	Laskurin päätaulukot.....	39
5.2	Laskurin analysointi	44
5.3	Esimerkki 1	44
6	TULEVAISUUSANALYYSI.....	47
7	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	49
7.1	Pohdinnat	49
7.2	Itsearviointi.....	51
	LÄHTEET	52

LIITTEET

Liite 1 Pellettilämmitysjärjestelmän optioita

1 JOHDANTO

Lähilämpökohteella tarkoitetaan erilliskohdetta, jossa lämpöä tuotetaan yleensä vain yhdelle asiakkaalle omalla lämmöntuotantolaitoksella. Vanhat pienen kokoluokan lähilämpökohteet ovat usein toteutettu öljylämmityksellä. Tämä on ollut suosiossa pääasiassa öljylämmityksen vaivattomuuden ja yksinkertaisuuden vuoksi, josta kuitenkin ajat ovat muuttuneet. Öljyn riittävyys ja päästöasiat ovat tulleet keskeisiksi asioiksi, jotka ovat johtaneet siihen, että öljyn hinta on kasvanut vuosi vuodelta ja voidaan olettaa, että hinnan kasvu tulee myös jatkumaan. Tämä puolestaan on johtanut siihen, että vanhoja öljylämmitysjärjestelmiä on aloitettu korvaamaan toisilla lämmöntuotantomenetelmillä.

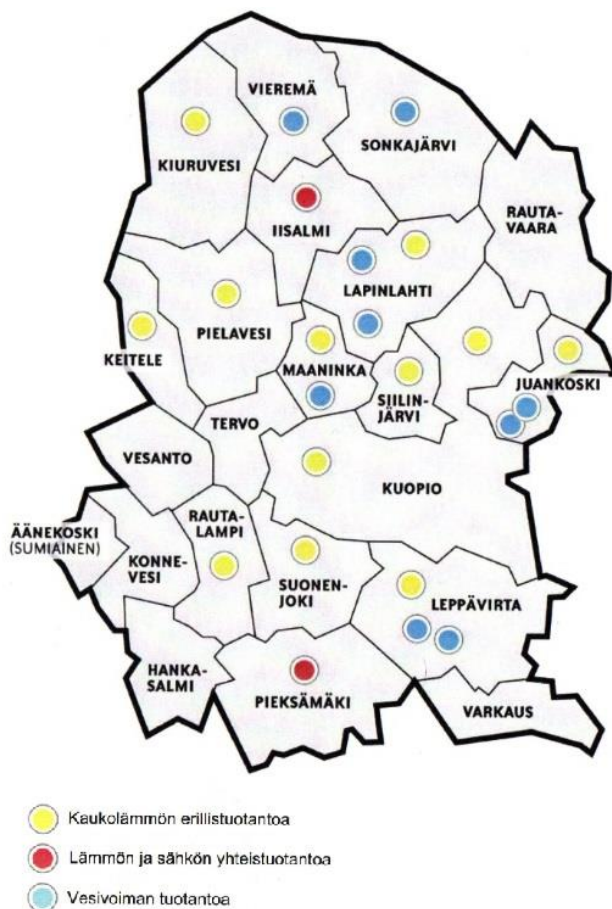
Tässä opinnäytetyössä selvitetään pienen kokoluokan (50 kW – 1500 kW) lämmöntuotantotekniikat ja niihin liittyvät kustannukset. Vertailussa otetaan huomioon tekniikoiden soveltuvuus eri kokoluokissa, kuten myös lämmöntarpeen pysyvyysskäyrien vaikutukset eri tekniikoilla. Lämmöntuotantotekniikoita, joita käsitellään, ovat puupelletti, hake, öljy, lämpöpumput ja mahdolliset hybridiratkaisut. Hybridiratkaisuilla tarkoitetaan sitä, että lämmitys tuotetaan pääasiassa ensisijaisesti edellä mainituilla tuotantotekniikoilla ja sen lisäksi käytetään aurinkolämpöä, ilmalämpöpumppua tai sellaisia lämmöntuotantomenetelmiä, jotka eivät pysty itsenäisesti tuottamaan koko lämmöntarvetta.

Työssä tutkitaan lähilämpökohteita esimerkein, kuinka paljon investointi- ja käyttökustannuksia toisi tällä hetkellä olevan lämmitysmenetelmän vaihto toiseen ja kuinka pitkä olisi sen takaisinmaksuaika? Savon Voiman lähilämpökohteet ovat pääasiassa saneerauskohteita. Työssä luotiin excel-laskuri, jota voidaan käyttää ominaisenergiakustannukseen perustuvassa (ts. € / MWh) kustannusvertailussa eri lämmöntuotantotekniikoilla. Laskuria voidaan optimaalisesti hyödyntää tarkastellessa lämmitysjärjestelmän tehoja 200 kW välein. Laskuria voidaan myös jatkossa hyödyntää lämmitysmenetelmien kustannustarkastelussa eri lähilämpökohteille.

2 SAVON VOIMA OYJ

Savon Voima –konserni on Pohjois- ja Keski-Savon suurin energia-alan yritys. Savon Voimien palveluksessa työskentelee noin 180 työntekijää joista suurin osa työskentelee yhtiön pääkonttorissa. Savon Voima ilmoittaa työllistävänsä myös eri yhteistyökumppaniensa kautta yli 300 henkilöä toiminta-alueellaan. Savon Voima- konsernin omistaa Savon Energia Holding Oy, joka taas on 22 Savolaiskunnan omistama yritys. Suurimpina omistajina Savon energia Holding Oy:ssä ovat Kuopio 12,48 % osuudellaan, sekä Lapinlahti noin 8,5 % osuudella ja Iisalmi 7,34 % osuudella.

Savon Voiman toimialue ulottuu läpi Keski- ja Pohjois-Savon. Eteläisimpinä kuntina ovat suuret taajamat Varkaus ja Pieksämäki, pohjoisimpina Vieremä ja kaupungeista Iisalmi. Kuvassa 1 esitetään Savon Voiman toimialueella toimivat energiantuotantoyksiköt.



KUVA 1. Kaukolämpö, lämmön ja sähkön yhteistuotanto ja vesivoima Savon Voiman toimialueella.

Savon Voima -konsernin liikevaihto oli vuonna 2012 noin 215 miljoonaa euroa. Vuoden 2012 liikevoitto oli 41,9 miljoonaa euroa. Liikevaihdolla mitattuna Savon Voima Oyj lukeutuu yhdeksi Suomen suurimmista energiapalvelujen myyjistä. Savon Voima ilmoittaa palvelevansa yli 100.000 asiakasta ja sen myötä olevan Suomen neljänneksi suurin sähkönmyyjä. (Yle)

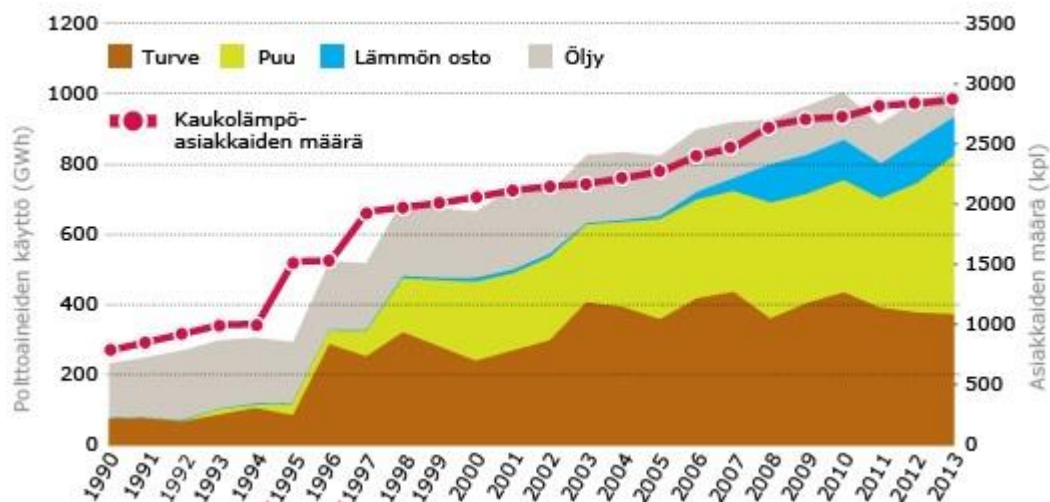
Savon Voima -konsernissa on viisi liiketoiminta-aluetta. Sähkönsiirto, -myynti, -tuotanto sekä salkunhallintapalvelut ja myös kaukolämmön tuotanto ja myynti. Savon Voimat kertoo käyttävänsä vuosittain noin 30–40 miljoonaa euroa energiainfrastruktuurin kehittämiseen ja ylläpitoon. Yrityksen investointikohteita ovat mm. kriittiset johdot-osat, taajamien sähkönsyötön varmuus sekä yleisten saatavuushäiriöiden pienentäminen. Investointien suurimpana tarkoituksena on vähentää lumikuorma ja ukkosmyrsky ongelmia.

Savon Voima verkko Oy:n tehtävänä on huolehtia yrityksen yli 25.000 kilometriä pitkän sähköverkoston toiminnasta ja ylläpidosta, sekä vastata sähkönsiirrosta. Savon Voima Salkunhallinta Oy hoitaa yrityksen sijoituspalveluiden lisäksi sähkönmyynnin. Savon Voima Salkunhallinta Oy:n tehtäviin kuuluvat kaikkien yrityksen asiakassuhteiden hoito yksityisistä kotitalouksista suuryrityksiin kuten myös Savon Voimien sähkö ja päästöjohdannaiskauppojen hoitaminen.

Energiantuotanto ja kaukolämpö yksikkö Savon Voimista tuottaa kaukolämpöä, ylläpitää yrityksen vesivoimaloita ja hallinnoi sen lämpölaitoksia. Paikallisesti Savon voima kertoo tuottavansa sähköä noin 200 GWh vuodessa. Näiden kautta sähköntuotantomäärä nousee vuositasolla noin 500 GWh:iin.

Vuoden 2012 lopussa Savon Voimilla oli 112.400 käyttöpaiikkaa ja kaukolämpöverkossa noin 2.880 asiakasta.

Savon Voimalla on voimalaitoksia ja tuotanto-osuuksia vesivoimasta, tuulivoimasta, bio- ja maakaasusta, kuten myös hiili- ja ydinvoimasta. Savon Voiman yhdeksän vesivoimalaitosta sijaitsevat eripuolilla Pohjois-Savo ja Savon Voima omistaa myös sähköä ja lämpöä tuottavat voimalaitokset Iisalmissa ja Pieksämäellä. Savon Voimalla on kaukolämpötoimintaa 13 kunnan alueella.



KUVA 2. Polttoaineiden käyttö ja yrityksen asiakasmäärien kehitys (Savonvoima)

Kotimaisten polttoaineiden osuus on noin 90 %, jonka rinnalla öljyn käyttö on vähentynyt samaan aikaan. Kuvassa 2 näkyy Savon Voima Oyj:n polttoaineiden käytön ja asiakasmäärien kehitys vuosina 1990–2013.

3 LÄMMITYKSEN TARVE JA LÄMMÖNTUOTANTOTEKNIIKAT

Tässä kappaleessa tarkastellaan rakennusten vuotuisia lämmityksen tarpeita sekä kartoitetaan eri lämmöntuotantotekniikat. Lämmöntuotantotekniikoiden yhteydessä selvitetään myös lyhyesti kyseisten lämmitysjärjestelmien kustannustekijät. Kustannustekijät yleisesti koostuvat käyttö- ja kunnossapitokustannuksista, omakäytösähkön tarpeesta, sekä itse järjestelmän investoinnista ja sen tuottamista polttoainekustannuksista.

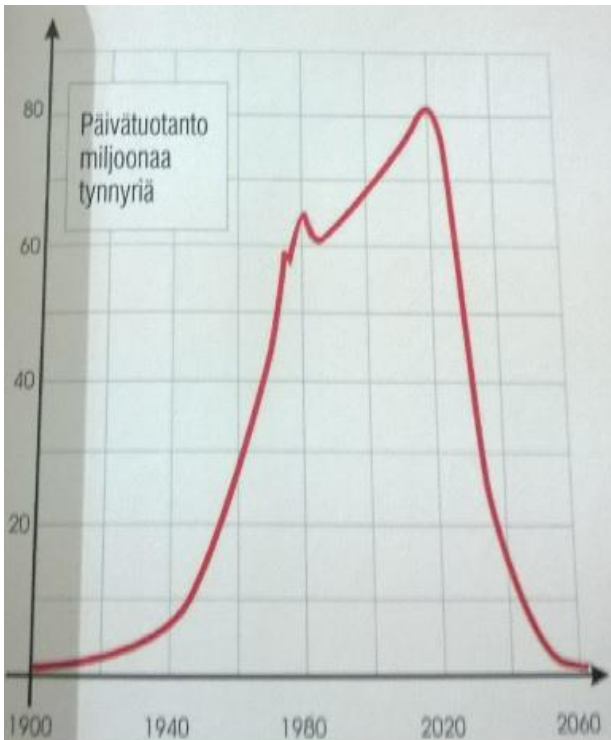
3.1 Lämmöntarve

Lämmöntarpeen vaihtelu seuraa tarkasti ulkoilman lämpötilamuutoksia. Rakennuksen lämmitystarpeen määrää ulkoilman lisäksi myös rakennuksen lämmöneristyskyky sekä ilmanvaihdon tehokkuus. Kesällä energiatarve voi olla niin matala, ettei lämmitysenergiaa tarvita mihinkään muuhun kuin käyttöveden lämmitykseen. Asuinkiinteistöjen energiasta kuluu vuodessa ~40 % huonetilojen lämmitykseen, ~35 % ilmanvaihdon lämmitykseen ja ~25 % käyttöveden lämmitykseen. Energiaa rakennuksille määritellään yleisesti kWh:n mukaisesti, mutta on tärkeää huomata, kun puhutaan energiasta, se voi tarkoittaa sekä sähköä että lämpöä. Pientalon energiakäyttö jakaantuu, jos otetaan huomioon myös sähkölaitteet siten, että ~50 % lämmitykseen, ~30 % sähkölaitteisiin ja ~20 % lämpimään veteen. (Kaukolämmön käsikirja, 2006, 51; Rakennusten Lämmitysjärjestelmät, 2007, 103; Laitinen, 2010, 12; Perälä, 2009, 20)

3.2 Öljylämmitys

Öljylämmitysjärjestelmä koostuu öljykattilasta, öljypolttimesta, säätölaitteista ja öljysäiliöstä. Öljyjärjestelmä lämmittää sekä huonetilat että käyttöveden. Öljyjärjestelmän kanssa ei tarvita erillistä lämmönvesivaraajaa vaan lämpö jaetaan huoneistoihin vesikiertoisella lämmönjakojärjestelmällä. Öljylämmitteisen kattilan huollontarve määräytyy itse kattilan suuruuden, kulutetun öljyn määrän ja käytössä olevien laitteiden teknisen tason mukaan. Tosin ilmasta saattaa myös tarttua pölyä ja kiinteitä hiukkasia polttimen sisäosiin, jotka taas heikentävät polttimen suorituskykyä ja lisäävät häiriöitä. Täten oikean huoltovälin pituuden löytäminen on hyvin olennaista.

Vaikka nykyaikaisten öljylämmityskattiloiden hyötysuhde on korkea, jopa 90 - 95 % ja öljylämmitysjärjestelmä kokonaisuudessaan on yksinkertainen, on öljy hiljalleen jäämässä pois suosista pääasiassa öljyn hinnan epävakauden vuoksi. Öljyn saataisuusongelmat ovat olleet ajankohtaisia hyvin pitkän ajan, vaikka jo viimeiset 20 vuotta on puhuttu, että öljy tulee loppumaan seuraavien 50 vuoden aikana. (Harju, 2010, 58; Rakennustieto, 2007, 75; Motiva). Kuvassa 3 on eräs ennuste öljyntuotannosta 2060 saakka.



KUVA 3. Öljytuotannon ennuste (Perälä, 2013, 9)

Raskasta polttoöljyä käytetään pääasiassa teollisuudessa ja kevyttä polttoöljyä kotitalous kokoluokissa. Kuitenkin myös lämpökeskuksissa on siirrytty hiljalleen kevyen polttoöljyn polttamiseen sen paremman käytettävyyden vuoksi verrattuna raskaaseen polttoöljyyn. Raskasta polttoöljyä on pidettävä hieman lämpimänä koko ajan viskositeetin säilyvyyden vuoksi, johon kevyellä polttoöljyllä ei ole tarvetta. Tällaiset pienet lämpökeskukset toimivat pääasiassa ainoastaan huippukulutuksen tai alueen pääasiallisen tuotantolaitoksen ollessa häiriösisokissa. Tämän vuoksi vuotuinen öljyn tarve on vähäinen. Vaikka kevyt polttoöljy on huomattavasti raskasta polttoöljyä kalliimpi, on järkevämpää käyttää kevyttä polttoöljyä pienissä lämpökeskuksissa edellä mainittujen asioiden vuoksi. Tulevaisuutta ajatellen, on kuitenkin suotavaa päästä öljystä eroon lämmityspolttoaineena.

3.2.1 Kustannustekijät

Öljyn hinta on vaihdellut voimakkaasti viime vuosina. Vuonna 2007 öljyn hinta kasvoi suuresti tuotannon ollessa riittämätön kysyntään nähden. Paineita hintakehitykselle toivat myös sodat ja eri konfliktit. Vuoden 2008 loppupuolella öljyn hinta taas romahti hetkeksi sotien jälkeen, mutta tämän jälkeen se on ollut kuitenkin jatkuvassa kasvussa. Tämän hetkisen hinta kehityksen mukaisesti voidaan sanoa, että öljyn hinta nousee rajusti myös tulevaisuudessa, jopa 10 % vuodessa. (lämpövinkki)

Suomessa kevyen polttoöljyn polttoainevero myös kaksinkertaistui vuoden 2011 alussa. Tällöin veron hinta kasvoi 8,7 sentistä 15,7 senttiin litralta. Kevyellä polttoöljyllä myös rikki- ja rikkipitoisuus vaikuttaa verotukseen, joka on johtanut rikkittömiin polttoöljyihin. Rikittömän kevyen polttoöljynvero vuoden 2013 alusta on yhteensä 16,34 senttiä litralta. Kevyen polttoöljyn hinta kokonaisuudessaan on luokkaa noin 1 € per litra. Öljylämmitys kuormittaa ilmastoa enemmän kuin muut pienen kokoluokan lämmitysvaihtoehdot. Kevyen polttoöljyn tehollinen lämpöarvo on 11,8 kWh/kg, joka tarkasteltaavuuden vuoksi on järkevä muuntaa kWh/l muotoon. Kevyen polttoöljyn tiheys on noin 0,8 – 0,9 kg/dm³. Tämän tiedon perusteella voidaan selvittää, mikä on aineen massa eli massa = tiheys * tilavuus ($m = \rho * V$) Tällöin massaksi saadaan juuri 0,8 – 0,9 kg, jonka avulla voidaan selvittää lämpöarvo yksikössä kWh/l eli 0,8 – 0,9 kg / dm³ * 11,8 kWh/kg = 9,44 – 10,62 kWh / l. (Oil; Laitinen, 2010, 69)

Käyttö- ja kunnossapitokustannuksia ei kuitenkaan öljylämmityksessä paljoa synny. Vuodessa öljylämmitysjärjestelmä ei tarvitse paljoa muuta kuin polttimeen ja kattilan puhdistuksen sekä muutaman vuoden välein öljysäiliön tarkistuksen. Työmäärällisesti ajatellen, huoltotyötunnit vuoden aikana ovat aika vähäiset, noin 50 h, jos ei lasketa häiriöseisokkeja mukaan. Mikäli häiriöseisokit otettaisiin huomioon, tuntimäärä tällöin olisi hieman korkeampi. Öljylämmitysjärjestelmä kokonaisinvestointina on edullinen verrattuna muihin lämmitysmenetelmiin öljyn suuren lämpöarvon vuoksi. Öljylämmitysjärjestelmän omakäyttösähkö on hyvin matala, kokoluokkaa 0,3 % tuotetusta energiasta. Kuitenkin on huomioitava saneerauskohteita tarkasteltaessa, jos öljylämmitysjärjestelmä vaihdettaisiin joko pelletti- tai hakelämmitysjärjestelmään, pääsulakkeen koko tulisi muuttamaan, joka tuo ylimääräisiä vaihtokustannuksia. (haastattelu1)

3.3 Puupelletti

Puupelletit ovat uusiutuvaa bioenergiaa, tiivistä ja tasalaatuista polttoainetta. Ne valmistetaan puristamalla sylinterimäisiä puumassoja, joita ovat esimerkiksi kuiva sahanpuru, höylänlastu ja hiontapöly. Puupellettien kosteus jää jopa alle 10 %, jonka vuoksi ne eivät jäädy tai homehdu. Pelletit on luokiteltu Euroopassa kolmeen eri luokkaan, A1, A2 ja B. A1 on korkein luokituksista, jolla on vähäisin tuhkapitoisuus. B – luokkaa käytetään enemmän teollisuudessa lämmöntuotannon ylittäessä 100 kW tehon. B- luokan pelletin käyttöä tulisi välttää kotitalouksien lämmityksessä, koska pienen kokoluokan pellettikattilat eivät pysty selviytymään tietyistä tekijöistä, kuten alhaisempi tuhkan sulamispiste ja korkeampi tuhkan määrä. (Oberberger & Thek, 2010, 5, 45; pellettikarelia)

Pellettilämmitys on pitkälti hyvin samankaltainen verrattuna öljylämmitykseen. Tarvitaan kattila, johon kytketään pellettipoltin. Poltin voidaan myös saneerauskohteissa kytkeä suoraan öljykattilaan, mutta toimivin järjestelmä saadaan, jos hankitaan aivan uusi kattila pellettipoltinta varten. Pellettikäyttöön tarkoitettulla kattilalla on suuri tulipesä sekä vesitilavuus, jotta nuohous ja tuhkapisto ovat riittävän helppoja suorittaa. Voidaan kuitenkin sanoa, että polttimena voidaan käyttää myös hakekäyttöön suunniteltua stokeripoltinta. Kun puhutaan stokeripoltimesta, se nykyään tarkoittaa kokonaisuutta, jossa on ruuvi, polttoainesäiliö ja poltinosa. Muita tarvittavia pääkomponentteja pellettijärjestelmään, ovat polttoainesiilo ja polttoaineenkuljetin, joka on mekaaninen tai pneumaattinen. Yleisesti kuljettimena toimii ruuvikuljetin. Nykyään suurin osa pellettijärjestelmistä on toteutettu automaattisella polttoaineensyötöllä, joka lisää kustannuksia, mutta myös kokonaisyötösuhdetta. Modernin pellettilämmitysjärjestelmän hyötysuhde saattaa nousta jopa yli 90 %. (Oberberger & Thek, 2010, 36, 37; Bioenergiatieto)

Pellettisiilot ovat pääasiassa pysty – ja vaakasiiloja, mutta pellettimarkkinoiden kasvaessa ovat myös maan alle sijoitettavat pellettisiilot tulleet ajankohtaisiksi tilan säästön vuoksi. Tällöin pellettilämmityksen järjestäminen kohteisiin, missä ei ole siilolle tilaa, kuten kouluissa, on helpompaa. Tosin maanalaisten pellettisiilojen polttoaineensyöttö täytyy olla pneumaattinen. Tällöin on myös huomioitava mahdollinen pintavesien valunta, joka voidaan ratkaista salaojituksilla. Taulukkoon 1 on koottu esimerkkikohteiden puupelletin siilotilavuusvaatimuksia.

TAULUKKO 1. Arvioita polttoainetarpeesta eri kohteissa (Vapo, 62)

Esimerkkikohte	Poltinteho	Bruttoala	Lämmitettävä tilavuus	Puupellettejä		Siilontilavuus
	kW	m ²	r-m ³	t/a	m ³ /a	m ³
Omakotitalo	15...20	125	375	4...5	6...8	10
Rivitalo	40...50	425	1275	14...16	21...24	15
Pienkerrostalo	80...100	1000	3009	28...32	42...48	20

Siilontilavuus riippuu myös suuresti siitä, kuinka paljon pellettiä halutaan kerralla varastoida. Järkevää on mitoittaa siilontilavuus siten, että pellettiä voidaan toimittaa kerralla mahdollisimman paljon hankintakustannusten säästämiseksi.

Pellettilämmitysjärjestelmän yhteydessä puhutaan yhdistelmäkattiloista ja pellettipoltin – ja kattilajärjestelmistä. Yhdistelmäkattiloissa on sisäänrakennettu puhdistustekniikka, joka vähentää puhdistushuollon tarvetta. Suositus kattiloiden huoltoon on 600 käyttötuntia, jolloin palotila ja palopää harjataan puhtaaksi. Kerran vuodessa tehdään perusteellisempi huolto. Jos järjestelmä on erillinen pellettipoltin ja -kattila, silloin 600 käyttötunnin huoltoon kuuluu myös kattilan nuohous ja tuhkatilan tyhjennys. (Motiva)

Yhtenä kokonaisuusesimerkinä voidaan tarkastella vuodesta 2004 lähtien toiminutta pellettilämmitysjärjestelmää Jämsänkoskella. Lämmitysjärjestelmä rakennettiin saneerauskohteeseen Koskenpään koululle. Alun perin koulu lämmitettiin kahdella kattilalla, joiden polttoaineena käytettiin polttopuita, kunnes myöhemmin kattila saneerattiin öljylämmitykseen. Vuonna 1967 rakennetulla järjestelmällä öljyn kulutus oli 45.000 – 50.000 litraa vuodessa. Vuonna 2002 järjestelmä haluttiin saneerata uudelleen, jolloin vaihtoehdoksi nousi pellettilämmitys. Tällöin toinen kattiloista purettiin, jonka tilalle tuotiin pelletin polttoon suunniteltu kattila, jonka teho on 200 kW, ja toinen kattiloista toimii vieläkin ylimääräisenä lämmöntuottajana, mikäli siihen on tarvetta esimerkiksi huippukuorman aikaan. Pellettisiilo rakennettiin maan alle koulun viereen, josta pelletti kuljetetaan kattilaan pneumaattisesti. Vuosittainen käyttö on noin 4000 – 5000 tuntia ja siilon tilavuus on 25 m³, joka riittää kaksi viikkoa kattilan toimessa 200 kW:n teholla. Esimerkitapausjärjestelmän tekniset tiedot on koottu taulukkoon 2. Järjestelmän investointikustannukset eivät nousseet korkeammaksi kuin 44.500 €. (Obernberger & Thek, 2010, 435 – 438)

TAULUKKO 2. Esimerkki pellettilämmitysjärjestelmän teknisistä tiedoista. (Oberberger & Thek, 2010, 440)

Pelletti yksikkö		
Nimellislämpöteho	500	kW
Minimilämpöteho	150	kW
Polttoainekulutus nimellisteholla	115	kg/h
Vuosittainen polttoaineen tarve	407	t/a
Hyötysuhde	89,1	%
Vuosittainen lämmöntuotanto	1.6	GWh/a
Syöttölämpötila	75	C
Paluulämpötila	55	C
Siilon kapasiteetti	70	m ³
Siilon riittävyys nimellisteholla	16.5	days

Varallaolo yksikkö		
Polttoaine	Lämmitysöljy	
Nimellislämpöteho	485	kW
Minimilämpöteho	320	kW

3.3.1 Kustannustekijät

Pelletit 50 kW:n kokoluokassa toimitetaan yleensä puhallusautotoimituksilla, jolloin kohteeseen kerralla tuodaan useita kuutioita pellettiä. Pellettien toimitushinta riippuu paljon kuljetusmatkasta, erän koosta ja toimitustavasta. (Tuomi & Kouki, 2001, 15). Vapo toimittaa pellettiä irtopellettinä hintaan 188 €/tn ilman, että arvolisävero on otettu huomioon. Arvonlisävero 24 % huomioon ottaen hinnaksi muodostuu 233,12 €/tn. Pelletin lämpöarvo on luokkaa 4,7 kWh / kg. Tämän tiedon avulla voidaan laskea pellettienergian ominaishinta yksikössä € / kWh. Pelletin ominaisenergiainnaksi saadaan $0,23312 \text{ €} / \text{kg} / 4,7 \text{ kWh} / \text{kg} = 4,96 \text{ snt} / \text{kWh}$.

Pellettilämmitysjärjestelmän muita kustannuksia polttoaineen lisäksi ovat itse järjestelmän investointi, mikäli vanhaa kattilaa ei hyödynnetä. Tosin myös silloin tarvitaan ainakin pellettipoltin. Tämän lisäksi tarvitaan myös pellettisiilo ja pelletin syöttöjärjestelmä, joka yleensä on ruuvikuljetin.

Käyttö- ja kunnossapitokustannukset ovat pellettijärjestelmällä hieman korkeammat verrattuna öljyjärjestelmään. Vuosittaisen huoltotyötuntimäärän voidaan arvioida olevan noin 100h riippuen kattilan koosta, sekä käyttökustannukset ovat luokkaa 4000 € 1 MW kokoluokassa ja noin 2000 € 50 kW kokoluokassa. Lisäksi voidaan arvioida,

että pellettijärjestelmän omakäyttösähkö on noin 1,5 % sen tuottamasta energiasta. (haastattelu1)

3.4 Lämpöpumppu

Lämpöpumppu on laite, joka käyttää hyväksi ympärillemme varastoitunutta energiaa. Tätä energiaa on varastoitunut maahan, ilmaan, veteen, erilaisiin jäte – ja sivuainevirtoihin, joista se lämpöpumppujen avulla siirretään rakennuksiin lämmitysenergiana. Tämän mukaan lämpöpumput jaetaan eri alalajeihin, kuten maalämpöpumppu, joka hyödyntää geotermistä lämpöä. Poistoilmapumppu taas hyödyntää poistoilman mukana lähtevää lämpöä. Poistoilma – ja ilmalämpöpumppu tosin toimivat päälämmitysjärjestelmää tukevinä energialähteinä.

Lämpöpumpun toiminta perustuu lämmön keräämiseen ja siirtämiseen kylmemmästä paikasta lämpimämpään. Höyrystimeen jäähtynyt kylmäaine kerää itseensä lämpöä ja kaasuuntuu. Höyry tämän jälkeen imetään kompressoriin ja puristetaan korkeampaan paineeseen, jolloin höyry lämpiää. Tämä jälkeen kuumentunut höyry ohjataan lauhduttimeen, jossa se luovuttaa keräämänsä energian rakennuksen lämmittämiseen ja samalla tiivistyy nesteeksi ja aloittaa uuden kierroksen. (Perälä, 2009, 30–31)

Lämpöpumppujen lämpökerroin tai COP – luvulla ilmaistaan kyseisen lämpöpumpun prosessin hyötysuhdetta. COP - luku tarkoittaa, kuinka paljon sähköä tarvitaan lämpöyksikköä kohden. Mitä suurempi lämpöpumpun COP – luku on niin sitä energiatehokkaampi se on. Tyypillisiä vuosilämpökertoimia (SCOP – luku) lämpöpumpuilla ovat:

- Maalämpö 3 – 3,5
- Ilmalämpöpumppu 2 – 2,5
- Ilma/vesilämpöpumppu 2 – 2,4

Pakkasen kiristyessä $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, varsinkin ilmalämpöpumpun COP – luku saattaa päätyä lähelle lukua 1, joka puolestaan tarkoittaa, että lämmitys toteutettaisiin sähköllä kokonaan. (Virta & Pylsy, 2011, 120; Perälä, 2013, 32)

3.4.1 Maalämpöpumppu

Maalämpöpumpulla kerätään sitoutunutta energiaa joko maaperästä tai vesistöistä. Maalämpöpumpulla tuotetaan rakennuksen peruslämpö. Maalämpöjärjestelmä yleensä mitoitetaan siten, että se tuottaa 80 – 95 % tarvitsemasta lämmitysenergiasta. Tällöin puuttuva lämmitysenergia tuotetaan varalämmönlähteellä, joka voi olla esimerkiksi öljy – tai sähkölämmitys. (Virta & Pylsy, 2011, 119) Tällä tavalla menetellään investointikustannuksien vuoksi, koska maalämpöpumppu on kertainvestointina kallis, mutta muutoin kustannuksiltaan halpa energianlähde.

Maalämpöjärjestelmä koostuu lämmönkeruupiiristä, lämpöpumpusta, lämminvesivaraajasta ja varalämmönlähteestä. Keruupiirissä kiertää lämmönkeruuneste, joka lämpiää maaperän tai vesistön johdosta muutamia asteita. Lämmönkeruuneste luovuttaa lämpönsä lämpöpumpussa kiertävälle kylmäaineelle, joka on glykoli / etanoli – vesiseos, jonka avulla lämpöä siirretään rakennuksen tiloihin ja käyttöveteen. Maalämpöjärjestelmä sisältää aina vähintään kaksi kompressoria, joiden käyttöä vuorotellaan kuorman mukaisesti. Niiden käyttö suunnitellaan sillä tavoin, että yhden käyntiaika on mahdollisimman pitkäaikainen. Muutoin huipputehon aikaan molemmat ovat päällä. (Virta & Pylsy, 2011, 115; haastattelu2)

Maalämpöjärjestelmä voidaan toteuttaa upottamalla lämmönkeruuputkisto riittävän laajalle alalle maahan, jolloin syvyys on noin 0,7 – 1,2 metriä tai sitten voidaan käyttää lämpökaivoa, joka on noin 200 metriä syvä ja johon lämmönkeruuputkisto sijoitetaan. Mikäli käytetään lämpökaivoja, niiden keskimääräinen etäisyys toisistaan täytyy olla vähintään 15 metriä ja niiden syvyyteen vaikuttaa pääasiassa kallion lämmönjohtokyky. Pintamaahan sijoittamisen perusteena on maan laatu, jonka tärkeimmät tekijät ovat lämmönjohtavuus ja kosteuspitoisuus. Mikäli lämpökaivoa käytetään, on huomioitava, että suuremmissa rakennuksissa voidaan joutua käyttämään useampaa lämpökaivoa. (Virta & Pylsy, 2011, 116; Perälä, 2013, 34). Tietenkin helpoin tapa putkiston asennukselle olisi sijoittaa se suoraan vesistöön, mikäli kohteessa on mahdollisuus siihen. Hyötysuhteen kannalta lämpökaivossa lämmönsiirtymisteho on kaikista korkein. Lisäksi voidaan vielä mainita, että maalämpöjärjestelmän koneikot vievät nykyään vähän tilaa, sekä tarpeen mukaan voidaan myös asentaa kiinteistöjen ulkopuolelle, mikäli asukkaat kokisivat käyntiään rasittavana. (haastattelu2)

Maalämpöjärjestelmän käyttäminen jäähdyttämiseen parantaa sen hyötysuhdetta yleisesti, mutta mikäli on tarvetta viilentää jäähdytettävää kohdetta alle 10 asteeseen, tarvitaan kylmäkoneikko. Hyötysuhteeseen vaikuttaa myös se, että mitä lämpimäm-

pää vettä maapiiristä saadaan, sitä parempi on kokonaishyötysuhde. On olemassa myös tietynlaisia ohjenuoria, jotka vaikuttavat hyötysuhteeseen. Tällaisia ovat esimerkiksi, höyrystinpuolella 1 astetta lämpimämpää vettä, tuo noin +3 % parannuksen hyötysuhteeseen ja lauhdutin puolella 1 asteen matalampi lämpötilainen vesi tuo noin +2,5 % parannuksen hyötysuhteeseen. Kokonaisuudessaan maalämpöpumpun COP-kerroin on noin 3 eli maalämpöpumpun tuottamasta lämmöstä noin 2/3 on maaperästä otettua energiaa ja noin 1/3 on tuotettu sähköllä. (Sulpu; haastattelu2)

3.4.2 Ilmalämpöpumppu

Ilmalämpöpumppua kutsutaan myös ilma-ilmalämpöpumpuksi, joka ottaa lämmön ulkoilmasta ja siirtää sen sisäilmaan. Ilma-ilmalämpöpumput eivät kuitenkaan sovellu rakennuksen ainoaksi lämmönlähteeksi, vaan ainoastaan täydentäviksi lämmönlähteiksi. Niiden teho on hyvin rajallinen ja hyötysuhde tippuu jyrkästi lämpötilan laskiessa alle -15 °C:een. Ilma-ilmalämpöpumppua voidaan käyttää myös jäähdytyslaitteena, jolloin sisäilmaa jäähdytetään poistamalla lämpö ulos. (Perälä, 2013, 39). Ilma-ilmalämpöpumpun tarkoituksena on säästää energiakuluissa, mutta pahimmassa tapauksessa se voi lisätä vuosittaista kokonaisenergiakulutusta käytettäessä lämpöpumppua jäähdytykseen.

Ilmalämpöpumppu voidaan myös toteuttaa ilma-vesilämpöpumppu menetelmällä. Ilma-vesilämpöpumppu kerää lämpöä ulkoilmasta, mutta luovuttaa lämpöenergian suoraan käyttöveteen. Ilma-vesilämpöpumppua kuitenkin rajoittavat samat tekijät kuin ilma-ilmalämpöpumppua, mutta se soveltuu myös päälämmityslaitteeksi jopa 200 m²:n taloihin. (Perälä, 2013, 73–74)

Ilma-vesilämpöpumppujärjestelmä soveltuu parhaiten öljylämmitteisiin tai varaavalla sähkölämmityksellä varustettuihin pienkerros- ja rivitaloihin. Tällöin lisälämmönlähteenä käytetään vanhaa lämmitysjärjestelmää, olkoon se sitten öljy tai sähkö. (Virta & Pylsy, 2011, 120–121)

3.4.3 Poistoilmapumppu

Nykyisten rakennusmääräysten mukaisesti, uusissa rakennuksissa poistoilman lämpöenergiasta on otettava vuositasolla vähintään 45 % talteen ja sisäilman on vaihdettava kertaalleen kahdessa tunnissa. Tämä saadaan toteutetuksi tehokkaasti poistoil-

malämpöpumpuilla, joilla lämpö otetaan talteen poistettavasta sisäilmasta ja siirretään vesivaraajaan, josta lämpö taas saadaan siirrettyä käyttöveteen tai rakennuksen lämmitykseen. Hyvin usein poistoilmalämpöpumppua käytetään asuinkerrostaloyhtiöissä. Poistoilmalämpöpumppu voidaan helposti asentaa rakennukseen, josta löytyy tuloilma – ja poistoilmakanavat. (Perälä, 2013, 77; Virta & Pylsy, 2011, 118)

Poistoilmalämpöpumppu ei riitä kovilla pakkasilla rakennuksen ainoaksi lämmönlähteeksi. Tyypillisesti poistoilmapumpulla voidaan säästää noin 40 % rakennuksen energiakuluista.

3.4.4 Multi - Split ja Monobloc

Yksi vaihtoehdoista lämpöpumppujärjestelmissä on Monobloc-laite, jossa koko lämpöpumppu on ulkoyksikössä, jolloin sisätiloihin ainoastaan tarvitaan lämminvesivaraaja. Toinen vaihtoehto on Split – laite, joka tarkoittaa että yhteen ulkoyksikköön voi olla kytkettynä monta sisäyksikköä. (Perälä, 2013, 74)

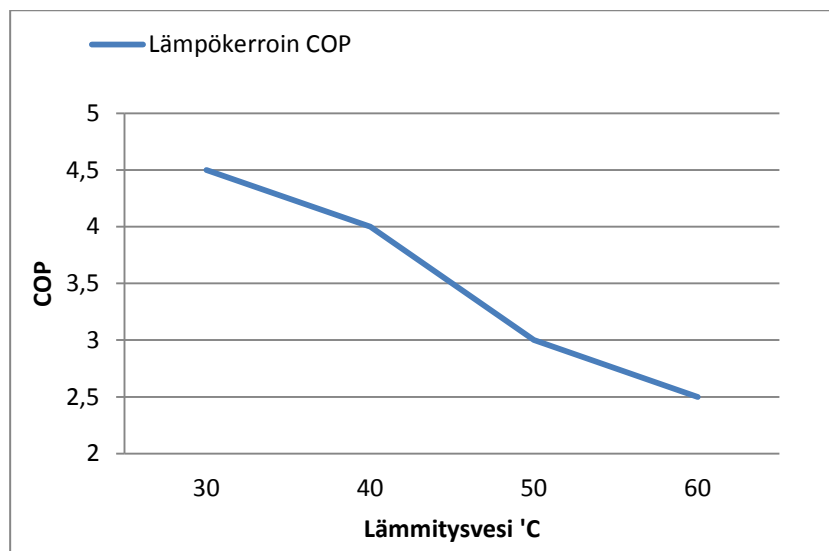
3.4.5 Lämpöpumppujen kustannustekijät

Lämpöpumpun kustannuksia ajatellen, täytyy ottaa huomioon, että kertainvestointina lämpöpumppu on kallis, mutta muutoin energiakustannuksiltaan halpa lämmitysmenetelmä. Suurin osa investointikustannuksista maalämpöjärjestelmällä koostuu putkistojen asennuksessa, varsinkin jos järjestelmä toteutetaan lämpökaivoilla, joka on noin 26 – 30 € / m. Järjestelmä ei vaadi paljoa huoltoa ja laitteiden käyttöikä on suhteellisen pitkä, esim. lämmönkeruuputkistojen käyttöikä on noin 30 vuotta. Yleisesti ylempään automaatiojärjestelmään liitettynä ei tarvitse muuta kuin vuotuisen tarkistuksen (haastattelu2). Täytyy kuitenkin huomioida, että väärin mitoitettu lämpöpumppujärjestelmä voi tulla sellaiseksi investoinniksi, ettei se koskaan pysty maksamaan itseään takaisin. Maalämpöpumppu yleensä mitoitetaan kustannustehokkuuden vuoksi siten, että pumpun teho on 80 % rakennuksen tarvitsemasta huipputehosta, jolloin tarvittava loppu tuotetaan sähkövastuksilla, joita tarvitaan vain kovilla pakkasilla.

Mikäli maalämpöjärjestelmä toteutetaan lämpökaivoilla, on hyvin tärkeää mitoittaa kaivot hyvin tarkasti. Mitoitusvirhe kaivojen määrässä voi johtaa jopa niiden jäätymiseen. Yleinen mitoitusohje pintamaahan asennettavalle putkistolle on 1-2 metriä put-

kea / rakennus m³ ja tonttimaata noin 1.5 m² yhtä putki metriä kohti. Yleisesti lämpökaivot ovat asennuksiltaan kalliimpia verrattuna pintamaahan asennettuun putkistoon. Veteen asennettuna taas vesistön syvyyden täytyisi olla jo noin 2 metriä aivan rannan läheisyydessä ja keruuputket täytyy myös ankkuroida vesistön pohjaan. (Sulpu)

Kokonaisuudessaan, yleensä lämpöpumpun käyttö on sitä edullisempi, mitä alempi tarvittava lämpötila taso on. Normaaleilla maalämpöjärjestelmillä ei voida edes tuottaa yli 60 °C:sta lämmitysvettä, joka pois sulkee esimerkiksi vanhat kerrostalot ja rivitalot, jotka yleisesti tarvitsevat pattereiden vedenkierrossa 65 °C lämmitysvettä. Suuntaa-antavina arvoina lämpökertoimelle suhteessa lämmitysveteen voidaan käyttää kuvan 4 mitoituskuvaajaa. (Seppänen, 2001, 379; haastattelu2)



KUVA 4. COP-luku lämmitysveden lämpötilan mukaan

Alla on vielä listattuna lämmitysmuotojen keskimääräiset veden lämpötilavaatimukset.

- Ilmalämmitys 20...40°C
- Lattialämmitys 20...30°C
- Patterilämmitys 40...80°C

3.5 Hake

Hake on pelletin tavoin uusiutuvaa bioenergiaa. Raaka-ainelähteinä hakkeelle käytetään pienpuuta, hakkuutähteitä, kantoja ja järeeää runkopuuta (Metsäteho). Hakelämmitys kokonaisuudessaan on hyvin samankaltainen pellettilämmityksen kanssa. Eroavaisuutena on vain se, että hakelämmitysjärjestelmä tarvitsee hieman eri laitteet.

Vaatumuksena ovat järeämmät siirtolaitteet polttoaineelle ja polttoaineen kosteuden vuoksi myös väljemmät kattilat. Huomioitava on myös se, että hakkeella on moninkertainen tuhkapitoisuus pellettiin nähden, mikä aiheuttaa enemmän huollon tarvetta. (HTenerco)

Hakkeen osalta huonoksi tekijäksi muodostuu myös erittäin suuri tilantarve polttoaineen varastointia varten. Siilon ja varaston yhteistilavuus on oltava vähintään 150 kuutiota yli 50 kW kattiloilla. Esimerkkinä mainittakoon, että 500 kW kattila kuluttaa keskimäärin haketta 110 i-m³ viikossa. Myös varastoidun hakkeen suuri kosteuspiitoisuus voi aiheuttaa polttoaineen jäätyksen ja homehtumisen. Pienen kokoluokan (alle 1 MW) järjestelmille toimitettu hake ei saisi ylittää 40 % kosteutta (Airaksinen & Puhakka & Alanen, 2001,7, 11, 34)

Pienen kokoluokan hakelämmitys kohteeksi järkevä olisi sellainen, jossa lämmittäjä olisi omavarainen polttoaineen suhteen. Tämän lisäksi täytyy myös huomioida suuren siilon tarve. Tällaisia kohteita ovat esimerkiksi suurehkot maatilat.

3.5.1 Kustannustekijät

Pääkustannustekijät ovat hakejärjestelmällä samat kuin pellettijärjestelmällä. Kattila, poltin, siilo ja polttoaineenkuljetin. Kustannukset näissä ovat hieman korkeammat yleisesti verrattuna pellettijärjestelmään korkeampien laitevaatimusten ja tilantarpeen vuoksi, jolloin mahdolliseen konttiin kuluu huomattavasti enemmän materiaali ja työkustannuksia. Huollon tarve myös hakelämmitysjärjestelmällä on hieman suurempi pellettijärjestelmään verrattuna.

Käyttö- ja kunnossapitokustannukset suuntaa-antavasti ovat kokoluokkaa 150 työtuntia vuodessa, jolloin materiaalikustannukset mukaan lukien, ovat noin 14000 € 1 MW kokoluokassa. Käyttö- ja kunnossapitotyömäärä pysyy suurin piirtein samana kokoluokasta riippumatta, mutta järjestelmän kokoluokan tippuessa 50 kW:iin, euromääräinen kustannus suurin piirtein puolittuu. Omakäyttösähkö on hakkeella keskimäärin 2 - 2,5 % tuotetusta energiasta. (Haastattelu1)

Hakkeen hinta on noin 2 snt / kWh ja lämpöarvo riippuen kosteudesta on 1,69 – 2,5 kWh/kg, joka kannattaa huomioida hakkeen alhaista hintaa tarkasteltaessa. Toisin sanoen, mitä kosteampi poltto, sitä enemmän hakkeen energiaa kuluu polttoaineen

kosteuden haihduttamiseen. Siten halpa ominaisenergia hinta ei välttämättä tarkoita edullista hake ominaisenergiaa.

3.6 Sähkölämmitys

Sähkölämmitys voidaan toteuttaa kahdella eri tavalla, suoralla tai varaavalla sähkölämmityksellä. Suorassa sähkölämmityksessä lämpö tuotetaan hetkellisen tarpeen mukaan ja järjestelmälle on ominaista helppo ja nopea säädettävyys. Varaavassa sähkölämmityksessä tuotetaan molemmat käyttö- että lämmitysvesi. Tarkoitus on kerätä lämpöä varaajaan öisin, jolloin sähkön hinta on hieman halvempi. Varaava sähkölämmitys tosin sopii myös rakennuksiin, joilla on suuri sähkötehon tarve päivällä ja jota voidaan käyttää yöllä lämmitykseen. Tällaisia kohteita ovat esimerkiksi pienen ja keskisuuren teollisuuden tuotantotilat. Sähkön liittymäteho on suuri tuotannon vuoksi, jolloin lämmityskäyttö ei nosta sitä. (Seppänen, 2001, 356, 362)

Sähkökattila soveltuu hyvin päälämmitysjärjestelmän lämmöntuotannon täydentämiseen. Sähkökattila on luotettava sekä sen tilantarve on vähäinen, mutta sitä ei kuitenkaan kannata käyttää muutoin kuin tarvittaessa sähkön hinnan vuoksi.

Käyttäessä sähkölämmitysjärjestelmää, lopulliseen hintaan vaikuttavat myös sähköliittymän koko ja tarvittava sähkökattila.

3.7 Aurinkolämpö

Aurinkolämmön hyödyntäminen tapahtuu taso – ja tyhjiöputkikeräimien avulla. Näiden lisäksi on myös keskittävä kerääjä, mutta ne eivät hyödynnä auringon hajasäteilyä, jonka osuus erityisesti Suomessa on suuri kokonaissäteilystä. Aurinkokeräimellä muutetaan auringosta tuleva säteily lämmöksi absorptiopinnan avulla, josta lämpö taas siirtyy putkistossa virtaavaan lämmönsiirtonesteeseen, joka on pakkasta kestävä vesi-glykoliseosta. Lämmönsiirtonesteestä lämpö voidaan taas johtaa esimerkiksi lämminvesivaraajaan. Suomessa auringonsäteily on vähäistä talvella, jonka vuoksi aurinkoenergian hyödyntäminen tapahtuu pääasiassa huhtikuun – syyskuun välisenä aikana. (Harju, 2010, 193; Laitinen, 2010, 94)

Keräintyypeistä tasokeräin on vanhempi ja halvempi, mutta myös hyötysuhteeltaan heikompi verrattuna tyhjiöputkikeräimeen. Tasokeräimessä säteilyä kerätään tumman

keräinelementin avulla. Tumma pinta absorboi siihen tulevan auringonsäteilyn, jonka johdosta se kuumenee. Absorbointi kykyyn voidaan vaikuttaa pinnoittamalla keräinelementti selektiivisillä pinnoitteilla. (Erat & Erkkilä & Nyman & Peippo & Peltola & Suokivi, 2008, 72–73)

Tyhjiöputkikeräimet voidaan jakaa vielä kahteen eri alatyypin. Tyhjiöputket, jossa lämmönsiirtoneste kiertää putkessa mustan absorboivan pinnan alla ja toinen tapa on erillinen ”heat-pipe” lämpöputki, jossa oleva neste höyrystyy jo alhaisessa lämpötilassa. Tyhjiöputki eroaa tasokeräimestä pääasiassa sekä absorptiopinnan muodon vuoksi että lasiputken tyhjiön toimimisesta lämmöneristeenä. Neste lämpiää lasiputkissa, joiden ulkopinnalla on kahden lasin välinen tyhjiö, joka estää lämmön karkaamista takaisin ulkoilmaan. Tyhjiön vuoksi voidaan keräimellä pyrkiä saavuttamaan korkeampi lämpötila ilman lämpöhäviöitä. Näiden tekijöiden vuoksi tyhjiöputkikeräinten lämmöntuotto on tasokeräijä korkeampi erityisesti kylminä aikoina. (Erat & Erkkilä & Nyman & Peippo & Peltola & Suokivi, 2008, 72–73, 81; Laitinen, 2010, 94–95)

Aurinkolämmitysjärjestelmää suunniteltaessa täytyy huomioida eri tekijöitä, jotka vaikuttavat kokonaishyötysuhteeseen. Näitä ovat mm. aurinkokeräimen suuntaus ja kaltevuus, lasin ominaisuudet, lämmöneristys ja tiiviys, aineiden absorptio – ja lämmönsiirtokyky, lämmönsiirtoaineen ominaisuudet, tarvittava lämpötila jne. Tarkan mitoituksen lähtökohtana on kohteen energiankulutuksen tunteminen. (Erat & Erkkilä & Nyman & Peippo & Peltola & Suokivi, 2008, 80)

3.7.1 Erilaiset hybridiratkaisut aurinkolämpöjärjestelmän kanssa

Aurinkolämpöjärjestelmä voidaan asentaa käytännössä minkä tahansa lämmitysjärjestelmän apujärjestelmäksi. Tämä tarkoittaa myös sitä, että päälämmitysjärjestelmä voidaan muuttaa helposti ilman suuria muutosten tarpeita aurinkolämpöjärjestelmään.

Öljylämmityksen yhteyteen rakennettua aurinkolämpöjärjestelmää käytetään pääasiassa tuottamaan lämmintä käyttövedtä ja kokoluokasta riippuen myös huonetilojen lämmitykseen. Aurinkolämpöjärjestelmän kytkeminen öljylämmitykseen edellyttää öljykattilalta suurempaa vesitilavuutta keräinten tuottaman energian välivarastoinnaksi. Uudiskohteessa tai kattilan vaihdon yhteydessä voidaan perinteisen kattilan sijaan käyttää kattilavaraajaa, jolla on suurempi vesitilavuus ja valmiiksi asennettu lämmönsiirrin aurinkokeräinkytkentää varten. Yleisesti aurinkolämmitys silloin mitoitetaan siten, että aurinkoenergialla saadaan tuotettua pääosa kesäajan käyttöveden

tarpeesta. Mikäli aurinkolämpöjärjestelmä halutaan kytkeä vanhaan kattilaan, joudutaan asentamaan erillinen varaaja aurinkolämpöä varten, joka kytketään rinnan kattilan kanssa. Edullisin vaihtoehto aurinkolämpöjärjestelmän kytkennässä öljyjärjestelmään on kattilavaraaja. (Erat & Erkkilä & Nyman & Peippo & Peltola & Suokivi, 2008, 102)

Aurinkolämpöjärjestelmän kytkentä puulämmitysjärjestelmiin toimii samalla periaatteella kuin öljylämmitykseen kytkentäkin. Molemmat aurinkolämpöjärjestelmä ja puulämmitysjärjestelmä luovuttavat lämpöenergian varaajaan. Kesäaikana pyritään pääasiassa lämmittämään pelkästään lämpökeräimillä, jonka vuoksi keräinten ala valitaan kesäaikaisen lämmöntarpeen perusteella. (Erat & Erkkilä & Nyman & Peippo & Peltola & Suokivi, 2008, 104)

Aurinkolämpöjärjestelmän kytkentä lämpöpumppujärjestelmään yksinkertaisimmillaan toteutetaan kytkemällä aurinkokeräimet lämmönsiirtimien avulla varaajaan. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että lämpöpumppujärjestelmän varaaja varustetaan ylimääräisellä lämmönsiirtimellä. (Erat & Erkkilä & Nyman & Peippo & Peltola & Suokivi, 2008, 104)

Aurinkolämpöä voidaan myös helposti hyödyntää suoraan vesikiertoiseen sähkölämmitykseen. Myös tällöin aurinkolämpö liitetään järjestelmään lisäämällä varaajaan ylimääräinen lämmönsiirrin keräinpiiriä varten.

3.7.2 Investointi ja kannattavuus

Aurinkokeräinten hinnat ovat noin 200–550 €/m². Yhden neliömetrin keräin tuottaa energiaa yleensä 250 – 400 kWh vuodessa. (Motiva) Toisin sanoen aurinkolämpöjärjestelmän hinta vaihtelee kohteesta riippuen. Itse järjestelmä koostuu keräimestä, pumppuyksiköstä, ohjausyksiköstä, varaajasta, lämmönsiirtimestä, putkistosta ja varolaitteista.

Aurinkojärjestelmän kannattavuutta rajoittavat suuresti järjestelmään kuuluvien komponenttien hinnat, sekä se että Suomessa on hyvin vähän kerättyä informaatiota keräinten todellisista tehoista. Teoreettiset laskelmat antavat monesti liian optimistisia tuloksia. Järjestelmään kuuluvat komponentit, kuten kytkimet ja säätimet ovat myös sen verran hinnakkaita, ettei kannata edes harkita hyvin pienen aurinkolämpöjärjestelmän hankkimista. Tällöin saattaa käydä, ettei järjestelmä ehdi maksaa itseään ta-

kaisin käyttöikänsä aikana. (Laitinen, 2010, 97) Aurinkolämpöjärjestelmän ongelmana on myös kuukausittainen vaihteleva aurinkoenergian saatavuus.

4 LÄMMÖNTUOTANTOTEKNIKOIDEN KUSTANNUSVERTAILU

Pienen kokoluokan lämmöntekniikoiden kaikkia kustannuksia tarkasteltaessa nousee esiin suurehko ero alkuinvestointien sekä kaikkien käyttökustannusten välillä. Öljy- ja sähkökattila vievät hyvin vähän tilaa ja alkuinvestoinneiltaan ne ovat halpoja, mutta niiden käyttö on taas kallista. Tässä kappaleessa tarkastellaan hieman eri polttoainneiden lämpöarvoja ja niiden hintakehitystä kuluneiden vuosien perusteella. Lisäksi tarkastellaan saneeraus- ja uudiskohteiden kustannuksia hieman tarkemmin eri lämmitystekniikoilla.

4.1 Lämmöntuotantotekniikoista ja polttoainekustannuksista

Tarkastellaan aluksi öljyjärjestelmää, joka on investointikustannuksiltaan suhteellisen halpa sekä sen käyttö- ja kunnossapitokustannukset ovat matalat, mutta mikä siitä nykyään tekee kannattamattoman, on polttoaineen hinta, joka myös todennäköisesti jatkaa nopeaa kasvuaan. Öljyn hinnanvaihtelu ja tuotannon epävarmuus luovat suuria riskitekijöitä öljylämmitysvaihtoehtoa harkitseville. Lisäksi tulevaisuudessa mahdollinen öljyntuotannon heikkeneminen tuo pitkällä tähtäimellä suuria riskejä öljyn saatavuuden kannalta ja sen myötä sitä energianlähteenä käyttäville.

Hakelämmitysjärjestelmä taas polttoainekustannuksiltaan on erittäin edullinen. Huomioitavana on kuitenkin, vaikka polttoainekustannuskulut ovat matalat, kannattavuuteen vaikuttavat myös monet muut tekijät. Polttoainesilo vie hyvin paljon tilaa, joka täytyy ottaa huomioon, kun kartoitetaan asennuskohdetta. Hakkeen saanti polttoaineena on helppoa, mutta suuret laatuvaihtelut rajoittavat käytettävyyttä ja sen mukaan kannattavuutta. Hakkeella on myös jäätymisen vaara talvella, mikäli se on varastoitu hyvin kosteana. Jos vielä verrataan biopolttoaineita, haketta ja pellettiä, hake tuottaa noin 10 kertaa enemmän vikahälytyksiä, joista 90 % johtuvat polttoaineen syötöstä (haastattelu1). Pellettijärjestelmä investointikustannuksiltaan on halvempi kuin hakejärjestelmä johtuen siitä, että tarvittava silo- ja konttilavuus on huomattavasti pienempi ja muutoin myös järjestelmän komponentit ovat kustannuksiltaan hieman halvempia. Pellettiä ja haketta tarkasteltaessa voidaan sanoa, että pelletti on halvempi kaikilta muilta tekijöiltä, paitsi polttoainekustannuksiltaan.

Maalämpöjärjestelmä on alkuinvestoinneiltaan kaikista kallein, mutta lopuksi ns. polttoainekustannuksiltaan on edullinen. Sähkö sinänsä on kallis lämmitysjärjestelmänä,

mutta maalämpöjärjestelmissä tähän vaikuttaakin COP-luku. Yleisesti puhutaan että maalämpöjärjestelmällä saadaan lämmitykseen käytettävän sähkönkulutuksen tiputettua kolmasosaan verrattaessa sähkölämmitystä. Maalämpöjärjestelmän käyttö –ja kunnossapitokustannukset ovat myös erittäin alhaiset.

Sähkökattila on edullinen investointi, luotettava ja hyvin vähän tilaa vievä, eikä myöskään vaadi oikeastaan yhtään kunnossapitokustannuksia. Tämän jälkeen oikeastaan ainoaksi negatiiviseksi tekijäksi nouseekin sähkön korkea hinta, joka tekee sähkökattilan käytön kalliiksi.

Jos tarkastellaan lämmöntuotannon kokonaiskustannuksia kohteelle, jolla vuotuinen lämmöntarve on noin 2500 MWh ja lämpö tuotetaan 1000 kW järjestelmällä, tällöin ominaisenergiakustannus (€ / MWh) on, kun ei huomioida investointia, vaan otetaan huomioon vain järjestelmän vuotuiset käyttö- ja kunnossapitokustannukset, omakäytösähkökustannus ja polttoainekustannukset, näyttäisi seuraavanlaiselta eri lämmöntuotantotekniikoilla (taulukko 3).

TAULUKKO 3. Lämmöntuotannon kokonaiskustannukset ilman investointia eri lämmöntuotantotekniikoilla € / MWh.

	Hyötysuhde	€ / MWh
Öljy	90 %	93,45
Pelletti	90 %	50,07
Hake	90 %	33,97
Maalämpö	COP 3	34,68

Jos vielä tarkastellaan hintakehitystä ottaen huomioon vuotuisen laskentakoron, joka on tässä tapauksessa asetettu arvoon 5 % ja polttoaineiden keskimääräisen vuotuisen hinnan kasvun, jotka ovat öljylle 4 %, pelletille 4 %, hakkeelle 5 % ja sähkölle 3 %, tällöin viiden vuoden kuluttua ominaisenergiakustannukset € / MWh lukemat olisivat seuraavanlaiset (taulukko 4).

TAULUKKO 4. Lämmöntuotannon kokonaiskustannukset ilman investointia eri lämmöntuotantotekniikoilla viiden vuoden kuluttua € / MWh.

	Hyötysuhde	€ / MWh
Öljy	90 %	109,03
Pelletti	90 %	58,02
Hake	90 %	39,24
Maalämpö	COP 3	38,56

Jos tarkastellaan ominaisenergiakustannusta vielä siten, että otetaan järjestelmien investointikulut mukaan (uudiskohteet), jolloin tulokset (taulukko 5) näyttää seuraavnlaisilta. Kaikilla lämmitysmenetelmillä oletetaan investoinnin takaisinmaksuajan olevan 10 vuotta ja laskentakorko 5 %.

TAULUKKO 5. Lämmöntuotannon ominaiskustannukset nyt ja 10 vuoden kuluttua, kun huomioidaan investoinnin kokonaiskustannukset (tarkasteluaika 10 vuotta, 5 % korko)

	Investointi kokonaisuudessaan [€]	Vuotuinen lyhennys	€ / MWh	€ / MWh 10 vuoden kuluttua
Öljy	103467	13399	98,81	137,63
Pelletti	312894	40521	66,28	86,08
Hake	379333	49125	53,62	67,06
Maalämpö	630827	81695	67,36	76,78

4.2 Polttoaineiden lämpöarvot ja hinnasto

Polttoaineen lämpöarvolla tarkoitetaan, kuinka paljon polttoaineesta saadaan lämpöenergiaa tuotettua. Lämpöarvoa voidaan tarkastella kahdella eri tavalla, kalorimetrinen ja tehollinen lämpöarvo. Kalorimetrinen lämpöarvo tarkoittaa ns. ylempää lämpöarvoa jolloin vedyn palamisesta lähtöisin oleva savukaasun sisältämä kosteus lauhuu, josta saadaan höyrystymislämpö talteen. Tehollinen eli alempi lämpöarvo taas, että savukaasun sisältämä kosteus jää höyrytilaan savukaasun poistuessa kattilasta, jolloin tämä höyrystymislämpö käytännössä menetetään. Yleisesti tehollinen eli alempi lämpöarvo on se arvo, mitä käytetään käytännössä kun polttoaineiden energiasältöjä ja niiden sisältämän energiaperusteisia hintoja lasketaan. Taulukkoon 6. on kerätty lämmityspolttoaineina käytettyjen polttoaineiden tehollisia lämpöarvoja.

TAULUKKO 6. Polttoaineiden tehollisia lämpöarvoja (finbioenergy)

Polttoaine	Tehollinen lämpöarvo
Raskas polttoöljy	11,28-11,41 kWh/kg
Kevyt polttoöljy	11,8 kWh/kg
Polttohake	800 kWh/i-m ³
Puupelletit	4,7 kWh/kg

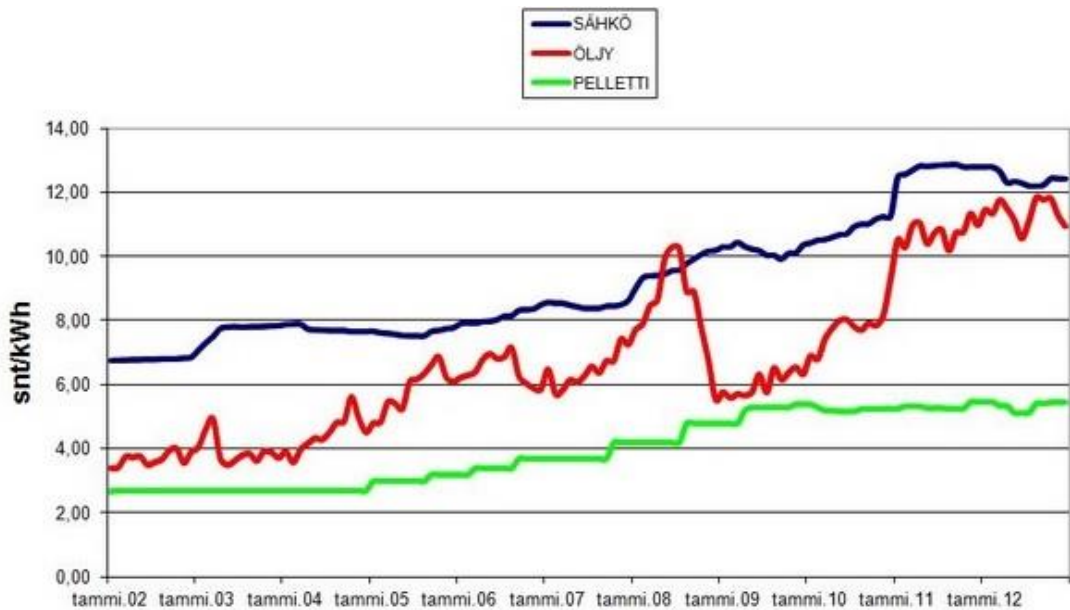
Taulukossa 6 polttohakkeen lämpöarvo on ilmoitettu irtokuutiometreinä. Yksi irtokuutiometri on noin 0,40 kiintokuutiometriä (m³) eli 400 litraa (vaihteluväli 0,38 – 0,46). (Finbioenergy)

Metsätähdehakeella on lämpöarvo yleisesti noin 6-9 MJ/kg (, kun kosteus vaihtelee välillä 40–50 %) ja 1 MJ = 0,278 kWh, jolloin tästä saadaan metsähakkeen tyypilliseksi lämpöarvoksi 6-9 MJ/kg * 0,278 kWh = 1,69 – 2,5 kWh/kg.

Polttoaineita tarkasteltaessa, vuosien saatossa öljyn hinta on vaihdellut eniten. Kuvassa 5 esitetään lämmitysenergioiden keskinäinen hintakehitys tammikuun alussa 2013. Öljyn hinnan vuosittainen kasvu on ollut noin 10 % vuodessa viimeisen kymmenen vuoden ajan (taulukko 7)

TAULUKKO 7. Lämmitysenergian hintakehitys (Lämpövinkki)

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



KUVA 5. Lämmitysenergioiden hintakehitys vuosina 2002 – 2013. (pellettienergia)

Maalämpölämmitystä tarkasteltaessa, ei voida suoraan sanoa, kuinka paljon on sen ominaisenergian (€ / kWh) hinta, koska se riippuu useasta tekijästä. Näitä tekijöitä ovat mm. tuleeko maalämmön keruuputkisto sijoitettua veteen vai maahan? Mikäli putkisto tulee sijoitettua maahan, onko se silloin toteutettu lämpökaivolla vai pintaputkistoilla? Maalämpöjärjestelmää kartoittaessa hinta määräytyy hyvin paljon riippuen kohteen soveltuvuudesta lämmitystekniikalle, kuten myös sähkön hinnasta. Maalämpöjärjestelmä kuluttaa noin kolmasosan siitä sähköenergian määrästä, joka kuluisi lämmitykseen, verrattaessa suoraan sähkölämmitykseen. Tässä työssä on tarkasteltu ainoastaan porakaivo vaihtoehtoa ja maalämpöjärjestelmien hintoja vertaillaankin muihin lämmitystekniikoihin myöhemmin työssä luotua excel-laskuria apuna käyttäen.

Hakkeen hinta on keskimäärin ollut noin 2 snt / kWh. Hake on polttoainekustannuksiltaan hyvin halpa, mutta tässä kannattaa kuitenkin huomioida hakkeen matala lämpöarvo verrattaessa puupellettiin, vaikka tämä ei luonnollisesti vaikuta hintaan. (HTenerco)

Lämmitysjärjestelmän kustannukset koostuvat pääasiassa kiinteistä ja muuttuvista kustannuksista. Kiinteät kustannukset jaotellaan pääomakustannuksiin ja kiinteisiin käyttö – ja kunnossapitokustannuksiin. Pääomakustannuksiin kuuluu esimerkiksi investointi, joka taas voidaan jaotella järjestelmän suunnittelu yms. kustannuksiin. Investoinnin suuruus riippuu suuresti lämmitysjärjestelmän halutuista varusteista. Näitä ovat mm. tuhkaruuvi, automaattinen savukaasupuhdistin, paisunta-astian materiaali, erilaiset suojaukset ja etäkäyttö ohjaukset yms. Kuvassa 6 on valokuva eräästä lähi-

lämpölaitoksesta, joka käyttää pellettiä polttoaineena. Kiinteisiin kustannuksiin kuuluvat mm rakennukset ja polttoainevarastot ja – kuljettimet.



KUVA 6. Tyypillinen muutaman MW lähilämpölaitos

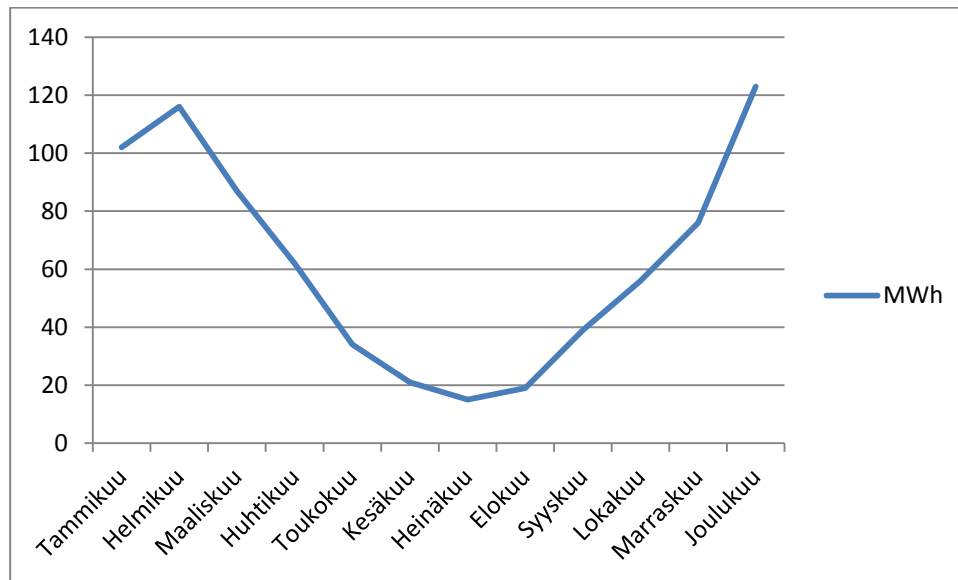
Työn lopussa on liitteenä täydentävä lista suunniteltavan pellettilämmitysjärjestelmän eri ominaisuusvaihtoehdoista. Muuttuvat kustannukset puolestaan sisältävät polttoainekustannukset, päästöjen rajoittamiskustannukset, omakäyttösähkö ja kunnossapitoon kuuluvat aineet ja tarvikkeet. Lämmitysjärjestelmää hankittaessa, investointikustannukset vaihtelevat hyvin paljon eri lämmitysjärjestelmillä, mutta nykyään kuitenkin polttoaineen hinta määrää hyvin pitkälle kannattavuuden. (Kaukolämmön käsikirja, 2006, 312; Lankinen & Puhakka, 2013, 54; haastattelu1)

4.3 Lähilämpölaitoksen kustannuskartoitus

Tarkastellaan esimerkkinä kuvitteellista lämmön erillistuotantoyksikön tarvitsijaa, jolla on seuraavanlainen vuotuinen lämmöntarve (taulukko 8 ja kuva 7).

TAULUKKO 8. Kuukausittainen kohdealueen lämmöntarve.

Tammikuu	102
Helmikuu	116
Maaliskuu	87
Huhtikuu	62
Toukokuu	34
Kesäkuu	21
Heinäkuu	15
Elokuu	19
Syyskuu	39
Lokakuu	56
Marraskuu	76
Joulukuu	123
	750 MWh



KUVA 7. Kohteen vuotuinen lämmöntarve graafisesti.

Huipputehon tarve on talvella noin 350 kW ja kesällä minimissään noin 15 kW. Lämmitys toteutetaan pääasiassa öljylämmityksellä, mutta kesällä tehontarpeen ollessa minimissä, lämmitetään sähkökattilalla. Yleensä kattilan ajoaika on toukokuusta syyskuuhun, mutta tähän tosin vaikuttaa myös polttoaineen markkinahinta eli tässä tapauksessa öljyn hinta. Nykyisen korkean öljyn hinnan vuoksi voi olla kustannustehokkaampaa lämmittää sähkökattilalla niin kauan kun keli pysyy + asteiden puolella. Sähkökattilan käyttöä puoltaa myös se, että kesän aikana käyttö- ja kunnossapitokulut jäävät minimiin.

Öljylämmitysjärjestelmä on vanha, jonka vuoksi hyötysuhde on luokkaa 85 %, joka heikentää suuresti sen kannattavuutta. Jos tarkastellaan pelkästään polttoaineen kustannuksia, niin silloin öljylle se olisi $750 \text{ MWh} * 80 \text{ €} / \text{MWh} * 1,15 = 69000 \text{ €}$ polttoaine kustannuksena. Jos sama lämmitys tuotettaisiin pelletillä, jonka hyötysuhde olisi 90 %, tällöin polttoaineen hinnaksi tulisi vain 33000 €. Taulukossa 9 on esitetty polttoaineen ominaisenergiat (€/MWh). Sen mukaisesti on laskettu vuotuiset polttoainekustannukset eri lämmitysjärjestelmillä 741 MWh lämmöntuotantotarpeelle taulukkoon 10.

TAULUKKO 9. Polttoaineiden keskimääräinen hinta Savon Voimalle. (Savon Voima)

	€/MWh
POK	80
Pelletti	40
Sähkö	90
Hake	20

TAULUKKO 10. 741 MWh lämmöntarpeelle polttoainekustannukset vuodessa.

	Hyötysuhde	[€]
Öljy	85 %	69000
Pelletti	90 %	33000
Hake	90 %	16500
Maalämpö COP	3	22500

Jos oletetaan vuosittaisten polttoaineiden hinnan kasvun olevan taulukon 11 mukainen, voidaan laskea polttoainekustannus kyseiselle lämmitystarpeelle eri lämmöntuotantotekniikoilla viiden vuoden kuluttua. Tulokset on myös esitetty taulukossa 11.

TAULUKKO11. Vuotuinen polttoainekustannusarvio viiden vuoden kuluttua.

	Hyötysuhde	Hinnan kasvu / a	[€]
Öljy	85 %	4 %	83949
Pelletti	90 %	4 %	40150
Hake	90 %	5 %	21059
Maalämpö COP	3	sähkö 3 %	26084

Vaikka öljylämmitysjärjestelmällä on alhaiset omakäyttösähkökustannukset ja, vaikka se omaa alhaiset käyttö- ja kunnossapitokustannukset jopa järjestelmän ollessa vanha, on öljylämmitysjärjestelmä ennusteen mukaisella hinnan kehityksellä polttoaine-

kustannuksiltaan kuitenkin paljon muita kalliimpi, ettei järjestelmä ole millään tavoin kannattava enää nykyään.

4.4 Uudiskohteet

Kun aloitetaan lämmöntuotantomenetelmän valinta uudiskohteelle, ennen kustannustarkastelua on tärkeää havainnoida kohdetta yleisesti sekä lisäksi sen mahdollisia vaatimuksia. Kohteen sijainnilla onkin suuri vaikutus siihen, millaisia lämmitysteknisiä ratkaisuja voidaan käyttää. Jos kohde on esimerkiksi keskellä kaupunkia, yleensä maisemallisesti savupiipun sijoittaminen voi olla hankalaa. Samassa yhteydessä on myös tarkasteltava, kuinka paljon tilaa on käytettävissä, esimerkiksi hakkeen vaatima siilotilavuus saattaa pois sulkea hakkeen käytön lämmitysjärjestelmänä. Riippuen lämmöntarpeesta, maalämpöjärjestelmä saattaa vaatia hyvinkin monta lämpökaivoa, joka tulisi vaatimaan suuren määrän maanmuokkaustöitä. Maalämpöjärjestelmävaihtoehdossa on huomioitava, että maalämpöjärjestelmällä ei voida yleisesti tuottaa +70 °C lämmitysvettä.

TAULUKKO 12. Uudiskohteiden ominaisenergiakustannuksen € / MWh laskentataulukko eri lämmitysmenetelmillä.

Investoinnin takaisinmaksuaika	10	a		
Korkoprosentti	5	%		
Lämmityksen tarve vuodessa	750	MWh		
Lämmitysjärjestelmän teho	350	kW		
	Ölly	Pelletti	Hake	Maalämpö
lämmitysjärjestelmien investointi [€]	59167	129767	151733	229720
lämmitysjärjestelmien hyötysuhteet	90 %	90 %	90 %	3
Polttoaineiden kustannukset [€ / MWh]	80	40	20	90
Omakäyttö sähkö verrattuna tuotettuun energiaan	0,30 %	1,50 %	2,50 %	33,33 %
Käyttö- ja kunnossapitokustannukset [suhteessa investointiin]	5 %	4 %	8 %	1 %
	2 183 €	3 199 €	8 007 €	2 898 €
Lämmöntuotanto kokonaiskustannus [€/MWh]	104,93	73,82	62,29	74,46
Polttoaineen keskimääräinen vuosittainen hinnan kasvu	4 %	4 %	5 %	3 %
Lämmöntuotanto [€/MWh] 5 vuoden jälkeen	120,51	81,77	67,56	78,34

Taulukossa 12 esitetään sekä uudiskohteiden lämmitysjärjestelmän laskennan lähtötiedot että tietojen pohjalta lasketut ominaisenergiakustannukset eri lämmitysmenetelmillä. Vertaamalla taulukoiden 11. ja 12. tuloksia voidaan huomata, että hake on aina kaikista edullisin ominaisenergiakustannuksiltaan (€ / MWh). Tässä on kuitenkin huomioitava aikaisemmin mainitut tekijät, jotka saattavat tehdä hakkeen hyödyntämi-

sen kohteessa lähes mahdottomaksi tai muulla tavalla kannattamattomaksi. Maalämpöjärjestelmän kustannustietoja arvioitaessa on tärkeä muistaa muutama tärkeä asia. Maalämpöjärjestelmän alkuinvestointi on huomattavasti muita lämmitysjärjestelmiä kalliimpi ja siten sen kannattavuus paranee, jos tarkasteluaikaa muutetaan 5 vuodeksi. Jos polttoaineiden hintakehitys käyttäytyy kuin aiempaan 10 vuotena, niin silloin ominaisenergiakustannuksiltaan (€ / MWh) kustannuksiltaan maalämpö onkin jo hieman pellettiä edullisempi.

4.5 Lämmöntuotantotekniikan vaihtokustannukset

Kustannuksia, jotka syntyvät vaihdettaessa lämmöntuotantotekniikasta toiseen ovat mm. vanhan lämmitysjärjestelmän mahdolliset purkukustannukset, uuden järjestelmän mekaaninen asennus, sähköasennus, mahdollisesti hieman LVI-asennuskuluja. Pääsulakkeen koko vaihtuu varsinkin, jos siirrytään öljystä biopolttoaineisiin (hake ja pelletti). Erillisenä voidaan vielä mainita maalämpö lämmitysjärjestelmänä. Tällöin syntyy huomattavia kustannuksia lämpökaivojen poraamisessa. Arvolisäverottomana hinta on noin 26–30 € / m, ja lämpökaivosta saatava energia on 100 kWh / m / a. Voidaan kuvitella kohdetta, jonka vuotuinen lämmöntarve on 750 MWh, jolloin tarvitaan lämpökaivoille aktiivisyvyyttä 5000 m COP luvun ollessa kolme, mikä tarkoittaa, että tämä tuo lämpökaivon tekokustannuksia jopa 140 000 €. Porakaivon syvyys voidaan laskea seuraavalla tavalla. $(\text{vuotuinen lämmöntarve} * (1 - 1/\text{COP luku})) / 100 \text{ kWh / m}$. Eli toisin sanoen, jos COP luku on 3, niin silloin porakaivon syvyys olisi $(750\,000 \text{ kWh} * (1 - 1/3)) / 100 \text{ kWh / m} = 5000 \text{ m}$. (haastattelu1 ja haastattelu2)

Seuraavan kappaleen yhteydessä käsitellään saneerauskohteita hieman tarkemmin.

5 EXCEL-LASKURI

Tässä kappaleessa esitellään opinnäytetyötä varten luotu excel-laskuri. Laskurilla voidaan tarkastella päälämmitysjärjestelmien kokonaiskustannuksia sekä saneeraus-, että uudiskohteissa. Laskurille voidaan asettaa uudiskohteen haluttu takaisinmaksuaika ja korkoprosentti ja sen mukaisesti määrittää, kuinka paljon kullakin lämmöntuotantotekniikalla on ominaisenergiakustannus (€ / MWh) vuodessa. Laskuriin voidaan sijoittaa luku 1 – 20 välillä, kun halutaan tarkastella € / MWh kustannuskehitystä numeron mukaisen vuoden kuluttua. Saneerauskohteilla vertaillaan lämmitysjärjestelmiä toisiinsa, kuten öljystä pellettiin tai hakkeesta maalämpöön jne. Myös saneerauskohteille voidaan asettaa haluttu vuosiluku hintakehityksen tarkasteluksi. Lisäksi saneerauskohteille on asetettu vuosittainen laskentakorko, jonka mukaan säästö on diskontattu ja sen mukaisesti saatu ”todellinen vuotuinen säästö”. Jokaiselle lämmitystekniikan vaihdolle on myös taulukoitu oletettu takaisinmaksuaika, mikäli se on alle 20 vuotta. Takaisinmaksuajan ollessa yli 20 vuotta, laskuri vain ilmoittaa ”yli 20 vuotta”.

Excelissä itse editoitavat kohdat ovat merkitty vihreällä pohjalla ja arvot, jotka laskuri laskee, ovat punaisella värillä havainnollisuuden vuoksi.

Tämä kyseinen raportin osio toimii samalla myös excel – laskurin ohjekirjana.

5.1 Laskurin päätaulukot

TAULUKKO 13. Laskurin päätaulukko, missä syötetään lähtötiedot

		X vuoden päästä					
Polttoaineen hinta		0	Kokonaislämmityksen tarve vuodessa				
	€/MWh	€/MWh	€/a	750	MWh		MWh
POK	80	80,00	69000	Lämpimän käyttöveden tarve		Käyttövesi	225
Pelletti	40	40,00	33000	30 %		Lämmitys	525
Sähkö	90	90,00	22500	Lämmitysjärjestelmän teho			
Hake	20	20,00	16500	500	kW		

Päätaulukossa (taulukko 13) on ilmoitettu tällä hetkellä olevat polttoaineiden hinnat € / MWh (savon voima). Tulevaisuudessa nämä arvot voivat muuttua, jonka vuoksi ne

on laitettu vihreille pohjille. Sarake X vuoden päästä tarkoittaa polttoaineen hintaa vuoden 0 – 20 päästä oletetuilla polttoaineen vuosittaisilla korkoprosenteilla. Tässä yhteydessä on myös ilmoitettu, kuinka paljon kustannuksia tulee puhtaasti pelkästä polttoaineesta vuodessa. Huomioitava on, että € / a hintaan vaikuttaa myös lämmitysjärjestelmien hyötysuhteet, sekä asetettu kokonaislämmityksen tarve vuodessa. Hyötysuhteeseen voidaan vaikuttaa seuraavassa taulukossa (taulukko 14) esitellyssä taulukossa. Lämpimän käyttöveden tarve on kohteesta riippuen normaalisti 25 % - 40 % kokonaislämmityksen tarpeesta. Tässä taulukossa ei käytännössä tarvitse operoida muita kohtia kuin kokonaislämmityksen tarve ja lämmitysjärjestelmän teho.

TAULUKKO 14. Hyötysuhteen ja muiden laskentaan vaikuttavien parametrien syöttötaulukko

Lämmityksen hyötysuhde:	Öljy	Pelletti	Hake	Maalämpö
	85 %	90 %	90 %	3
Polttoaineelta tarvittava lämmitysteho vuodessa				
MWh	862,5	825	825	250,00
Polttoaineen hinnan keskimääräinen vuosittainen hinnan kasvu				
	4 %	4 %	5 %	3 %
Omakäyttösähkö verrattuna tuotettuun energiaan				
	0,3%	1,5%	2,5%	33 %
Käyttö- ja kunnossapitokustannukset				
	5 %	4 %	8 %	2 %
€	3000	4800	12400	5375
Lämmitysjärjestelmän investointikulut				
€	60000	120000	155000	268747
Muut ylimääräiset kulut saneerauskohteille; sähköliittymä, urakointipalvelu, purkukulut yms.				
€	0	0	0	0
Laskentakorko		3,5 %		

Taulukossa 14. on lähemmin tarkasteltu lämmitysmenetelmiä ja niihin kuuluvia muuttujia. Aluksi voidaan syöttää lämmityksen oletettava hyötysuhde, joka maalämmöllä on käytännössä sen COP-luku. Tämän tiedon perusteella ohjelma laskee polttoaineelta tarvittavan lämmitystehon, joka sitten vaikuttaa siihen kuinka paljon polttoainekustannuksia tulee kultakin lämmitysmenetelmältä vuodessa. Seuraavaksi voidaan syöttää polttoaineiden keskimääräinen vuotuinen hintakehitys, joka on asetettu tämänhetkisen tilastokeskuksen tiedon mukaiseksi. Omakäyttösähkö verrattuna tuotettuun energiaan on saatu selville Petri Liimataisen (projektipäällikkö, Ariterm Oy) haastatteluihin. Käyttö- ja kunnossapito kustannukset ovat suhteutettu siihen arvoon, mitä ne suurin piirtein voisivat vuodessa olla, olettaen ettei tule ylimääräisiä häiriöseisokkeja. Esimerkiksi pelletillä täytyy noin kolmen vuoden välein vaihtaa arinoita. Excelin

ylimääräiset kaavat taulukossa ovat käyttö- ja kunnossapitokustannukset hieman tarkemmin eriteltyinä. Lämmitysjärjestelmän investointikulut tulevat sarakkeisiin automaattisesti riippuen ensimmäiseen taulukkoon syötetystä lämmitysjärjestelmän teho (kW) määrästä. Tähän investoinnin suuruuteen on huomioitu mekaanisen-, sähkön- ja LVI-asennuksien tuomat arviot kustannuksista muilla, paitsi maalämmöllä. Maalämpöjärjestelmälle suurimmat asennuksien tuomat kulut ovat lämpökaivoista. Tämän lisäksi on itse koneikkojen asennuskustannukset, jotka ovat noin 8000 € koneikkojen määrästä riippuen. Viimeisinä sarakkeina ovat vielä muut kulut saneerauskohteille, kuten mahdollinen sähköliittymän laajennustarpeen tuomat kustannukset tai purkukulut. Nämä ovat eritelty jokaiselle erikseen, koska ne voivat hieman vaihdella lämmitysjärjestelmästä riippuen. Laskentakorolla sitten diskontataan vuotuinen säästö nykyarvon mukaiseen todelliseen säästöön. Taulukossa 13 oleellimmat sarakkeet, joihin täytyy vaikuttaa, ovat hyötysuhde, muut kulut ja laskentakorko.

TAULUKKO 15. Laskentataulukko lämpökaivon kustannukselle

Maalämpö	lämpökaivojen vaatima aktiivisyvyys ja kustannus	
Porametri	28	€/m
Aktiivisyvyys	6667	m
Kulut	186667	€
Lämpökaivoja	32	kpl

Taulukossa 15 on lämpökaivojen kustannuslaskennan taulukko, mistä näkyy hyvin, miksi maalämpöjärjestelmä on paljon kalliimpi investoinniltaan muihin verrattuna. Arvolisäverottomana porametrin hinta on noin 26 - 30 € / m ja lämpökaivon tuottama energia on 100 kWh / m / a. Taulukosta voidaan huomata, että lämpökaivojen tuomat kustannukset ovat hyvin suuret. Lämpökaivojen määrän tarve on laskettu suoraan aktiivisyvyys / 210 m (normaali syvyys on 200 – 220 m). Tämän lisäksi täytyy myös muut kulut sarakkeeseen syöttää mahdolliset asennuskulut yms. Tähän taulukkoon käytännössä ei tarvitse koskea lainkaan, ellei ole tarvetta muuttaa porametri hintaa.

TAULUKKO 16. Kustannus – ja takaisinmaksutulosten yhteenvetotaulukko (saneerauskohte)

Saneerauskohteet:				
Ensimmäinen vuosi €				
	Öljy	Pelletti	Hake	Maalämpö
Öljy		-75 124	-95 600	-202 716
Pelletti	-96 305		-134 762	-241 878
Hake	-109 162	-127 143		-254 735
Maalämpö	-110 376	-128 357	-148 833	
Viiden vuoden kuluttua €				
	Öljy	Pelletti	Hake	Maalämpö
Öljy		81 161	111 700	29 911
Pelletti	-222 196		-63 484	-150 362
Hake	-280 158	-151 985		-203 236
Maalämpö	-287 492	-159 320	-128 781	
15	vuoden kuluttua (0-20 a) €			
	Öljy	Pelletti	Hake	Maalämpö
Öljy		343 423	459 141	435 205
Pelletti	-430 006		57 996	-8 938
Hake	-562 560	-190 276		-98 494
Maalämpö	-593 337	-221 054	-105 335	
Takaisinmaksuaika [a]				
	Öljy	Pelletti	Hake	Maalämpö
Öljy		3	3	5
Pelletti	yli 20 vuotta		10	17
Hake	yli 20 vuotta	yli 20 vuotta		yli 20 vuotta
Maalämpö	yli 20 vuotta	yli 20 vuotta	yli 20 vuotta	

Taulukossa 16 esitetään aikaisemmin täytettyjen taulukoiden mukaiset tulokset saneerauskohteille. Taulukon rakenne tarkoittaa sitä, että pystyrivi on mistä lämmitystekniikasta vaihdetaan pois ja vaakarivi ilmaisee mihin lämmitystekniikkaan. Esimerkiksi ensimmäinen rivi on, että öljystä vaihdetaan joko pellettiin, hakkeeseen tai maalämpöön. Ensimmäinen vuosi kohdassa on esitetty tilanne, kuinka paljon ollaan vielä investoinnin jälkeen miinuksella ensimmäisen vuotuisen säästön tai tappion jälkeen. Seuraavaksi on sama tilanne viiden vuoden kuluttua. Kolmanneksi on vielä lisätty vaihtoehto, johon voidaan itse kirjoittaa haluttu vuosi (1-20) ja tarkastella mikä on kustannusvertailun tilanne. Esimerkkitapauksessa 14 vuoden kuluttua oltaisiin plus-sa puolella verrattaessa tilannetta, jos vaihdettaisiin pelletistä hakkeeseen. Viimeiseksi on vielä taulukoitu kunkin investoinnin takaisinmaksuaika.

TAULUKKO 17. Kustannus – ja takaisinmaksutulosten yhteenvertaus (uudiskohte)

Uudiskohteet:				
Investoinnin takaisinmaksuaika	15			
Laskenta korkoprosentti	5 %			
	Öljy	Pelletti	Hake	Maalämpö
Muut kulut; Tontti, sähköliittymä, yms.	0	0	0	0
Investoinnin suuruus kontin kanssa	77000	181000	227600	268747
Lämmöntuotanto kontin kanssa € / MWh	102,22	69,39	59,75	62,17
Investoinnin vuotuinen lyhennys kontillisena €	7418	17438	21928	25892
Lämmöntuotanto ilman konttia €/MWh	100,58	63,51	52,75	62,17
Investoinnin vuotuinen lyhennys €	5781	11561	14933	25892
Kustannus ilman investointia €/MWh	94,80	51,95	37,82	36,27
	1			

Taulukossa 17 ovat uudiskohteen laskenta ja yhteenvertaus. Tässä on oleellista syöttää investoinnille haluttu takaisinmaksuaika sekä laskentakorkoprosentti, että muut mahdolliset kulut. Näiden tietojen ja aikaisempiin taulukkoihin lisättyjen tietojen perusteella lasketaan lämmöntuotannon ominaisenergiakustannukset € / MWh kontin kanssa ja ilman. Lämmöntuotanto kontin kanssa tarkoittaa, että järjestelmä asennettaisiin kiinteistön ulkopuolelle, jolloin tarvitaan erillinen kontti. Muutoin järjestelmä voidaan rakentaa kiinteistön sisälle irto-osina, jolloin säästetään kustannuksissa. Molemmat pitävät sisällään itse investoinnin, omakäytösähkön, käyttö- ja kunnossapitokulut ja muut mahdolliset kulut. Näiden lisäksi on lisätty vielä tarkastelunäkökohdaksi tilanne, että ei tehtäisi investointia lainkaan vaan oletuksena on, että järjestelmä olisi pystyssä ja sillä tuotettaisiin lämpöä taulukon mukaisella ominaisenergiakustannuksella € / MWh. Viimeisessä sarakkeessa voidaan vielä vaikuttaa tarkasteluun X vuoden kuluttua, joka toimii 1 – 20 välillä. Lopuksi ohjelmaan on vielä luotu painonappi ”alkuperäiset arvot”, joka palauttaa arvot alkuperäisiin oletettuihin arvoihin.

Yhteenvertona voidaan vielä todeta, että tärkeimmät muutettavat kohdat ovat; kokonaislämmityksen tarve vuodessa, lämmitysjärjestelmän teho, lämmityksen hyötysuhde, laskentakorko ja muut mahdolliset kulut.

5.2 Laskurin analysointi

Laskuria voidaan hyödyntää tarkasteltaessa uudis- ja saneerauskohteita yleisellä tasolla. Kun tiedetään lähtötiedot tarpeeksi tarkasti, voidaan määrittää suurin piirtein millaiset tulisivat olemaan lämmöntuotantotekniikan vaihtokustannukset ja sen takaisinmaksuaika. Uudiskohteille samoin tavoin voidaan selvittää millaiset ovat ominaisenergiakustannukset € / MWh lämmöntuotannossa. Täytyy kuitenkin huomata, että kyseisellä laskurilla saadaan vain suuntaa-antavia kustannusarvioita. Lämmitysjärjestelmien hinnat koostuvat hyvin monista eri tekijöistä, jonka vuoksi on hankalaa saada luotua tarkkoja laskelmia. Myös se, että lämmitysjärjestelmää hankittaessa, hankkija aina räätälöi hankintansa tarpeiden mukaisesti. Tässä laskurissa juuri tällaisia tekijöitä ei voida ottaa huomioon, vaan ovat ns. ”peruspaketti” hinta-arvioita. Laskurin antamia arvoja ei voi käyttää tarkkaan kustannustarkasteluun. Myös on tärkeää huomioida, että maalämpöjärjestelmälle täytyy syöttää asennuskulut, jotka ovat jo syötetty muille lämmitysjärjestelmille.

Laskuria voisi myös paljon vielä kehittää. Laskuri käsittelee maalämpöjärjestelmää vain lämpökaivojen osalta, eikä lainkaan pintaputkisto tai veteen asetettavien putkistojen kannalta. Myös se, että laskuri käsittelee maalämpöjärjestelmää ainoastaan täyستehomitoituksen kannalta. Ohjelmaa voisi viedä vielä eteenpäin lisäämällä hybridijärjestelmän laskelmat. Tällä hetkellä laskurilla ainoastaan käsitellään lähilämpökeskuksia, mutta sitä voitaisiin myös laajentaa omakotitalo kokoluokkia varten. Tällöin tosin tarkasteltavia lämmöntuotantotekniikoita olisi lisättävä. Laskuria voisi myös kehittää siltä kannalta, että se laskisi tarvittavan huipputehon määrän annetusta vuotuisesta kokonaislämmöntarpeesta, tällöin tosin joudutaan lisäämään myös muita kysyttäviä kriteereitä ja silloin tarvittaisiin vielä tarkemmat lämmitysjärjestelmien kustannustiedot eri kattilakooilla. Tällä hetkellä laskurilla voidaan hyödyntää optimaalisesti seuraavat lämmitysjärjestelmän tehot; 50 kW, 150 kW, 300 kW, 500 kW, 700 kW, 1000 kW, 1500 kW.

5.3 Esimerkki 1.

Tarkastellaan ohjelmalla yksi fiktiivinen skenaario. Asetetaan kokonaislämmityksen tarpeeksi 2500 MWh vuodessa ja tähän tarvittaisiin 1000 kW:n lämmitysjärjestelmä. Asetetaan vielä hyötysuhteiksi siten, että öljyllä 90 %, pelletillä ja hakkeella 90 % ja maalämmön COP 3. Maalämpöjärjestelmälle asetetaan ”muut kulut” kohtaan arvioiksi

25 000 €, koska investointi ei sisällä asennuskuluja maalämpöjärjestelmällä. Tällöin saneerauskohteen yhteenvetotaulukko 18 näyttää seuraavanlaiselta.

Taulukko 18. Lämmityskustannusten yhteenvetotulokset saneerauskohteille

Saneerauskohteet:				
Ensimmäinen vuosi €				
	Öljy	Pelletti	Hake	Maalämpö
Öljy		-74 810	-118 616	-518 233
Pelletti	-177 698		-217 775	-617 392
Hake	-214 527	-210 797		-654 221
Maalämpö	-208 713	-204 983	-248 789	
Viiden vuoden kuluttua €				
	Öljy	Pelletti	Hake	Maalämpö
Öljy		299 995	397 836	55 785
Pelletti	-507 733		-45 282	-400 056
Hake	-671 914	-307 304		-551 514
Maalämpö	-653 845	-289 236	-191 394	
10	vuoden kuluttua (0-20 a) €			
	Öljy	Pelletti	Hake	Maalämpö
Öljy		660 091	891 922	625 290
Pelletti	-822 860		119 689	-198 236
Hake	-1 106 669	-395 950		-430 751
Maalämpö	-1 093 886	-383 167	-151 337	
Takaisinmaksuaika [a]				
	Öljy	Pelletti	Hake	Maalämpö
Öljy		2	2	5
Pelletti	yli 20 vuotta		7	18
Hake	yli 20 vuotta	yli 20 vuotta		yli 20 vuotta
Maalämpö	yli 20 vuotta	yli 20 vuotta	yli 20 vuotta	

Jos tarkastellaan samaa uudiskohteilla ja vielä siten, ettei lisätä kustannusarvioita muihin kuluihin, tällöin taulukko 19 uudiskohteille näyttäisi seuraavanlaiselta.

Taulukko 19. Lämmityskustannusten yhteenvetotulokset uudiskohteille

Uudiskohteet:				
Investoinnin takaisinmaksuaika	15			
Laskentakorko	5 %			
	Öljy	Pelletti	Hake	Maalämpö
Muut kulut; Tontti, sähköliittymä, yms.	0	0	0	25000
Investoinnin suuruus kontin kanssa	103467	312894	379333	655827
Lämmöntuotanto kontin kanssa € / MWh	97,43	62,13	48,59	61,22
Investoinnin vuotuinen lyhennys kontillisena €	9968	30145	36546	63184
Lämmöntuotanto ilman konttia €/MWh	96,63	57,11	44,27	61,22
Investoinnin vuotuinen lyhennys €	7945	17599	25756	63184
Kustannus ilman investointia €/MWh	93,45	50,07	33,97	35,95

Maalämpöjärjestelmälle ei ole vielä asetettu asennuskuluja niin on laitettu muut kulut kohtaan arviollinen summa.

6 TULEVAISUUSANALYYSI

Tarkasteltaessa tämän hetkisiä polttoaineiden kustannuksia ja hintakehitystä, viitaten aikaisemmin työssä esitettyyn taulukkoon 9., Savon Voiman antamat polttoaineiden hintatiedot ovat 80 € / MWh öljylle, 40 € / MWh pelletille, 20 € / MWh hakkeelle ja 90 € / MWh sähkölle. Viimeisten 13 vuoden perusteella esimerkiksi öljyn hinta on kasvanut keskimäärin 10 % vuodessa. On todennäköistä, että hintakehitys tulee jatkumaan samanlaista tahtia. Työssä aikaisemmin mainitun kuvan 3. mukaisesti, ennusteet vaikuttavat siltä, että öljyn tuotanto tulee olemaan huipussaan vuonna 2020, jonka jälkeen se tulee laskemaan kokoajan (Perälä, 2013, 9).

Lähilämpökohteilla kannattavammiksi lämmityksentuotantomenetelmiksi ovat kasvaneet vaihtoehtoiset ratkaisut. Eritoten voitaisiin mainita pellettilämmitysjärjestelmät, joiden suosio on kasvanut koko ajan. Tosin tulevaisuutta ajatellen, on hyvä huomioida myös maalämpöjärjestelmät, koska voidaan olettaa, että ilmaston lämpeneminen tulee jatkumaan ja sen vuoksi maalämpöjärjestelmien vuotuinen SCOP-luku eli koko lämmityskauden lämpökerroin tulee olemaan entistä korkeampi, jolloin lämmitykseen käytettävä sähkö vähenee entisestään. Tällä hetkellä kuitenkin sähkön hinnan kehitys vaikuttaa siltä, että tulevaisuudessa tullaan tarkkailemaan lähemmin sähkön hintaa tuntitasolla. Tämä edesauttaa maalämpöjärjestelmien osatehomitoitusta siten, että voidaan tarkkailla kokoajan sähköhinnan vaihtelua tuntitasolla. Esimerkiksi kuvitellaan tilannetta, jossa pistäisin sähkösaunan lämpiämään. Vaihtoehtoina olisi pistää lämpiämään joko nyt tai puolentunnin päästä, jolloin sähkönhinta saattaa olla tippunut jopa puoleen. Tämä myös auttaisi Suomea laajassa mittakaavassa. Jos asiakkaat voisivat tarkkailla sähköhintaa tuntitasolla ja sen mukaisesti suunnitella sähkönkäyttöä, säästettäisiin todella paljon tuotantokustannuksissa. (haastattelu3)

Edellä mainittujen seikkojen lisäksi erilaiset päästökaupat, ovat johtaneet siihen, että kokoajan käytetään enemmän resursseja uusiutuvien energialähteiden kehitykseen. Tällä hetkellä aurinkokeräimet eivät ole vielä keränneet paljoa suosiota, mutta lähitulevaisuudessa vielä tekniikan kehittyessä tulee varmasti olemaan varteenotettava toissijainen lämmityksentuotantomenetelmä. Tähän myös vaikuttaa se, että uusien asuinrakennuksien lämpötehon tarve on laskenut 25 – 30 W/rm³, jopa alle 18 W/rm³ arvoon. Tämän vuoksi myös hybridijärjestelmillä tällä hetkellä toissijaisina toimivat ratkaisut, kuten ilma/vesilämpöpumppu ovat saavuttamassa roolin päälämmitysjärjestelmänä, ainakin omakotitalo kokoluokissa. Näiden tekijöiden lisäksi on kehitteillä myös energiavarastointia, kuten esimerkiksi akkuteknologia, jonka kehitys menee

kovaa vauhtia eteenpäin. On myös sovelluksia, joissa kesäaikana lämpö johdetaan maahan, josta se sitten kylmän kauden aikana puretaan pois. Lisäksi on ns. kolmannen asteen biopolttoaineet, kuten mikrolevistä saatu biopolttoaine, jotka tulevat lisääntymään niiden saatavuuden ja hinnan ollessa sopiva. Kokonaisuudessaan energiatilanne on kehittymässä koko ajan siihen suuntaan, että hiljalleen pyritään pääsemään eroon fossiilisista polttoaineista.

7 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä kappaleessa on pohdittu työn tavoitteita ja tuloksia, joka sisältää myös puutteiden tarkastelun sekä mahdolliset jatkotutkimustarpeet. Lisäksi itsearviointi osuudessa on arvioitu työn onnistumista ja merkitystä.

7.1 Pohdinnat

Jos tarkastellaan pelkästään laskelmia ja sieltä saatuja tuloksia, niiden perusteella hake olisi aina kustannustehokkain ja sen kautta kannattavin vaihtoehto. Kuitenkin mahdollisten häiriöiden aiheuttamat kustannukset heikentävät kilpailukykyä, jolloin ominaisenergiakustannus € / MWh ei välttämättä ole kaikista ratkaisevin tekijä. Myös kun tarkastellaan lähilämpökohteille lämmitysratkaisua, kannattaa tarkastella kustannuksia pitkällä aikavälillä, esimerkiksi voi olla että jokin lämmitysjärjestelmistä saattaa olla kustannustehokkaampi kuin toinen vasta 10 vuoden jälkeen. Suuret investointikustannukset saattavat koitua eduksi pitkän aikavälin saatossa.

Ongelmaksi maalämpöjärjestelmillä on löytää optimaalinen mitoitus. Osatehomitoituksen kannattavuuslaskenta on huomattavasti monimutkaisempi. Kuvitellaan tilannetta, että täystehomitoituksella tarvitaan 3x8000 € koneikkoa ja osatehomitoituksella vain 2x8000€ koneikkoa. Oletetaan vielä, että maalämpöjärjestelmä olisi toteutettu lämpökaivoilla, jolloin tarvittava aktiivisyvyys olisi myös hieman vähäisempi osatehomitoituksella, jolloin säästettäisiin myös lämpökaivojen tekemisessä. Voi olla, että osatehomitoitettu järjestelmä olisi 75 % huipputeho tarpeesta ja huipputehon tarve vuodessa on hyvin vähäinen eli voidaan sanoa, että järjestelmä pystyisi tuottamaan noin 90 - 95 % vuotuisesta lämmöntarpeesta. Tämä kuitenkin tarkoittaa sitä, että loput tarvittava 5 – 10 % on tuotettava suoralla sähköllä sekä huipputehon tarve on juuri kovimmilla pakkasilla, jolloin myös sähkön hinta on huipussaan, mikäli ostetaan Spot-markkinoiden mukaan hinnoiteltua sähköä.

Mikäli sähköä ostetaan Spot-markkinoilta, tällöin sähkön hinnan hurja vaihtelu hankalointaakin suuresti maalämpöjärjestelmän optimaalista ja kannattavinta mitoitusta. Tähän tosin vaikuttaa itse käyttäjäkin. Viisas maalämpöjärjestelmän käyttäjä investoi osatehomitoitukseen, mutta huipputarvetta ei lämmitä sähköllä vaan esimerkiksi takalla. Kuitenkin on "turvallisempaa" toteuttaa maalämpöjärjestelmä täystehomitoituk-

sella, vaikka saattaisi säästää jonkin verran vuotuisissa kuluissa osatehomoitoksella.

Tarkasteltaessa saneerauskohteita, jos saneerattava kohde on öljy niin kaikista helpoimmalla päästäisiin korvaamalla se pellettilämmitysjärjestelmällä. Jos on vielä mahdollista, niin järkevintä olisi jättää vanha öljylämmitysjärjestelmä varalämmitysjärjestelmäksi, jolloin ei tulisi edes purkukustannuksia ja säästyttäisiin ongelmilta, mikäli pellettijärjestelmä päättyy häiriöseisokkiin. Pellettilämmitysjärjestelmällä ei myöskään kohdata ongelmia, kuten polttoaineen jäätyminen polttoainesiiloon tai syötössä esiintyviin ongelmiin, joita ilmenee usein hakelämmitysjärjestelmällä. Pellettilämmitysjärjestelmät nykyään ovat luotettavia, jonka puolesta se soveltuu oikein hyvin etäkäyttöön ja lisäksi omaavat korkean hyötysuhteen. Kokonaisuudessaan lämmitysjärjestelmää valittaessa vaikuttaa myös se, millainen kohde on. Onko kohde esimerkiksi tehdashalli, sairaala tai vaikka taajama-alue? Onko tällä hetkellä lämmitysjärjestelmä sijoitettu kiinteistön sisälle vai ulkopuoliselle kontille?

Öljylämmitysjärjestelmän tilantarve on vähäinen, jonka vuoksi sitä korvattaessa muilla lämmitysjärjestelmillä voi niiden sijoittaminen kiinteistön sisälle olla haasteellista. Kohteet, joilla on suuri jäähdytyksen tarve, tekee taas maalämpöjärjestelmästä hyvin kannattavan. Maalämpöjärjestelmällä on sitä parempi hyötysuhde, mitä matalampi on tarvittava lämmitysveden lämpötila. Kuitenkaan maalämpöjärjestelmiä harvemmin voidaan hyödyntää saneerauskohteissa, koska saneerauskohteissa tarvitaan yleensä korkeampaa tuloveden lämpötilaa ja sen seurauksena COP-luku laskee. Toiseksi vielä putkiston asennuskustannukset tulisivat olemaan hyvin suuret ainakin lämpökaivoja hyödynnettäessä. Esimerkiksi jos vuotuinen lämmöntarve olisi 750 MWh ja COP-luku 3, tällöin lämpökaivoille tarvittaisiin aktiivisyvyyttä jopa 5000 metriä.

Uudiskohteita kartoittaessa on maalämpöjärjestelmä alkuinvestoinnin suuruudesta huolimatta erittäin varteenotettava lämmityksentuotantojärjestelmä. Maalämpöjärjestelmällä on hyvin vähäiset vuotuiset käyttö- ja kunnossapitokustannukset. Kohteesta kuitenkin on tiedettävä, mikä lämpötila tarvitaan lämmitysvedelle. Mikäli vaaditaan +65 °C, pois sulkee tämä maalämpöjärjestelmän mahdollisena lämmitysjärjestelmänä, ellei lämmitysveden lämpötilaa sitten nosteta myös muulla lämmitysjärjestelmällä. Muutoin uudiskohteiden lämmitysmenetelmiä kartoittaessa, vaikuttavat tekijät, jotka esitettiin edellisessä kappaleessa.

Tällä hetkellä hybridijärjestelmien toteuttaminen työn tarkastelemisissa kokoluokissa on hankalaa. Omakotitalo kokoluokassa aurinkokeräimet saattavat olla varteenotettava

toissijainen lämmitysmenetelmä, mutta lähilämpökohteilla järkevä mitoitus vaatisi paljon keräinpinta-alaa, josta syystä keräinten hyödyntäminen on haastellista. Toinen kannattavuutta rajoittava tekijä on vielä keräinten korkea investointikustannus suhteessa saatuun energiaan.

Lähilämpökohteissa, joissa käytetään polttoaineena haketta tai pellettiä, tulisi huomioida käytettävyys minimikuormalla. Kesällä tehontarpeen ollessa hyvin matala, kyseiset laitokset eivät välttämättä toimi, jolloin lämmin käyttövesi joudutaan tuottamaan muulla tavalla, kuten sähkön tai aurinkokeräinten avulla.

7.2 Itsearviointi

Opinnäytetyössä luotiin suuntaa-antava kustannuksia arvioiva laskuri, joka käsittelee kustannuksia pelletti, hake, maalämpö ja öljy lämmitysjärjestelmille. Informaatio kuitenkin hybridijärjestelmistä sekä raportoinnissa että laskurissa jäivät valitettavan puutteellisiksi. Tämä johtui pääasiassa siitä, että yritykset eivät vastanneet kustannusarvio kyselyihin lainkaan tai sitten he eivät pysty järjestämään omakotitalo kokoluokkaa suurempia toissijaisia lämmitysjärjestelmiä. Saatujen tietojen perusteella nämä eivät kuitenkaan ole vielä tällä hetkellä kannattavia ainakaan omakotitaloja suuremmassa kokoluokassa. Vaikka hybridijärjestelmät jäivät laskuriin toteutumatta, on sitä helppo lähteä kehittämään eteenpäin jo luodun pohjalta. Laskuria voidaan käyttää yleisellä tasolla kustannusarvioita kartoittaessa, mutta on kuitenkin ymmärrettävä, että hinta saattaa olla yllättävänkin paljon erilainen todellisuudessa haluttujen ominaisuuksien tai lisäominaisuuksien vuoksi. Erilaisia mahdollisia optioita on listattu liitteessä 1.

LÄHTEET

Finbioenergy www-sivu [viitattu 2.10.2013] Saatavissa:

<http://www.finbioenergy.fi/default.asp?SivuID=9205>

Lämpövinkki www-sivu [viitattu 2.10.2013] Saatavissa:

http://www.lampovinkki.fi/DowebEasyCMS/Sivusto/Dokumentit/ladattavatoppaatjatyo_kalut/Maal%C3%A4mm%C3%B6n%20kustannukset%20pikaopas.pdf

Pellettienergia www-sivu [viitattu 4.10.2013] Saatavissa:

<http://www.pellettienergia.fi/Pelletin%20hinta-%20ja%20tilastotietoja>

Htnerco www-sivu [viitattu 4.10.2013] Saatavissa:

<http://www.htnerco.fi/fi/bioenergialammitys/polttoainevertailu/?id=208>

Motiva www-sivu [viitattu 4.10.2013] Saatavissa:

http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/oljylammitys

Pellettikarelia www-sivu [viitattu 5.10.2013] Saatavissa:

http://www.pellettikarelia.fi/pelletti_karelia/materiaali/pellettiopas.pdf

Yle www-sivu [viitattu 5.10.2013] Saatavissa:

http://yle.fi/uutiset/savon_voiman_liikevaihto_laski_tammi-elokuussa/6859724

Savonsanommat www-sivu [viitattu 5.10.2013] Saatavissa:

<http://www.savonsanommat.fi/uutiset/kotimaa/kuopion-energia-ja-savon-voima-aloittavat-yhteistyneuvottelut/1315092>

Savon Voima www-sivu [viitattu 5.10.2013] Saatavissa:

<http://www.savonvoima.fi/Yritysesittely/Konserni/Sivut/konserni.aspx>

Bioenergiatieto www-sivu [viitattu 5.10.2013] Saatavissa:

http://www.bioenergiatieto.fi/default/www/etusivu/energian_tuotanto/energiatuotannon_tekniikka/polttotekniikka_kiinteille_polttoaineille/keskuslammityskattilat/stokeripoltin/

Motiva www-sivu [viitattu 5.10.2013] Saatavissa:

http://www.motiva.fi/files/1375/Lampoa_puusta_puhtaasti_ja_uusiutuvasti_-_pellettilammitys.pdf

Sulpu www-sivu [viitattu 7.10.2013] Saatavissa:

<http://www.sulpu.fi/lampopumpputyypit>

Metsäteho www-sivu [viitattu 9.10.2013] Saatavissa:

http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Tuloskalvosarja/Tuloskalvosarja_2013_04_M_etsahakkeen_tuotantoketjut_2012_ms.pdf

Energiateollisuus www-sivu [viitattu 9.10.2013] Saatavissa:

<http://energia.fi/sahkomarkkinat/sahkon-hinta-ja-sopimukset/mista-sahkon-hintamuodostuu>

Energiateollisuus ry. 2006. Kaukolämmön käsikirja. Helsinki. Kirjapaino Libris Oy.

Harju, P. 2010. Lämmitystekniikan oppikirja. Anjalankoski. Solverpalvelut Oy.

Laitinen, J. 2010. Pieni suuri energiakirja. Tallinna. Into Kustannus Oy.

Perälä, R. 2009. Lämpöpumput. Suomalainen käsikirja aikamme lämmitysjärjestelmästä. Tallinna. Alfamer Oy.

Rakennustieto Oy. 2007. Rakennusten lämmitysjärjestelmät. Tampere. TammerPaino Oy.

Lankinen R, Puhakka A. 2013. Hajautetut energiaratkaisut. Kuopio. Kareliammattikorkeakoulu.

Vapo. Pellettikirja. Ajatuksia ja ohjeita taloudelliseen puulämmitykseen.

Obernberger I, Thek G. 2010. The Pellet Handbook. London. MPG Books.

Virta J, Pylsy P. 2011. Taloyhtiön energiakirja. Helsinki. Kiinteistöalan Kustannus Oy.

Seppänen O. 2001. Rakennusten lämmitys. Kouvola. Solver palvelut Oy

Puhakka A, Alakangas E, Alanen V-M, Airaksinen L, Soini R, Siponen T, Kainulainen S. 2001. Hakelämmitysopas. Helsinki. Motiva

Erat B, Erkkilä V, Nyman C, Peippo K, Peltola S, Suokivi H. 2008. Aurinko-opas aurinkoenergiaa rakennuksiin. Porvoo. Painoyhtymä Oy.

Haastattelu1: Palaveri Petri Liimataisen kanssa (Ariterm) 29.10.2013

Puhelin palaveri Petri Liimataisen kanssa (Ariterm) 19.11.2013

Puhelin palaveri Petri Liimataisen kanssa (Ariterm) 20.11.2013

Haastattelu2: Palaveri Petrus Monnin kanssa (Gebwell) 6.11.2013

Haastattelu3: Keskustelu Janne Tepposen kanssa (Savon Voima) 20.11.2013

LIITE1, 500 kW pellettilämmitysjärjestelmän optioita**500 kW pellettikattila varusteita****Kattila 4- 10 bar valittavissa****Tuhkatilan suuruus valittavissa****Tuhkaruuvit**

Tuhkaruuvi, kattilaruuvi (ensiö) sis. Moottorin 500 kW
Tuhkaruuvi, toisioruuvi(t) sis. Moottorin, L-1000mm
Tuhkaruuvin lisäpituus; ensiö / toisio, 114,3 x 4,5
Tuhka-astia kannella 1100 l
Tuhka-astia kannella 2000 l

Savukaasujen puhdistimet ja puhaltimet

Savukaasupuhallin O/V, Ventur GMT-200T, 400-500 kW
Savukaasupuhaltimen asennussola
Savukaasupuhdistin / puhallin Hake 300-400 kW / Pelletti 500-700 kW
Puhdistinpuhallinpaketti JM Stoffteknik pelletti 500 kW
Tuhkäsiiliö ja tuhkapelti JM Stoffteknik

Poltin

Biojet 500 P
Multijet 500 K

Biojet-polttimen lisäosat

Polttimen jäähdytyspumppu, Grundfos UPS 25-80

Poltinruuvi

Poltinruuvi pelletille \varnothing 114 mm, sis moottorin 0,55 kW

Pellettisyöttö

PS-10, 500-1000
Siiloruuvi pelletille \varnothing 114 mm, sis moottorin 0,55 kW
Siiloruuvin lisäpituus (7943 ja 30047)
Sulkusyötin pelletille moottorilla 0,37 kW

Lisävarusteet

Eurovac 53, 3,6kW matalalla syklonilla
Teflonsuodatin (kangassuodatin vakiona)
Tuhkatynnyri kantokahvoilla 200 l
Energiamittari MC 602 – UF 25 DN65/300mm Pt500 3m
Haponkestävä kalvopaisunta-astia
Hälyttävä painemittari paisunta-astiaan
Jauhesammutusjärjestelmä
Varapullo jauhesammutusjärjestelmään
Kuiviinkiehuntasuoja 120-3000kW, FIN

Ruotsin turvalaitepaketti alle 500 kW
Kattilaveden alipainekeytkin
Tarkkailuluukku Calderys G14070 valurungolla
Öljypoltinluukku A2, 240x350, ylläpitopoltin, ø90 mm
Öljypoltinluukku C2, 517x460, ilmoita poltinporaus
Öljypoltinluukku C3, 517x460 kääntyvä, ilmoita poltinporaus
Automaattinuohoin Aerovit S, 500kW
Moleminpuoliset nuohousluukut, Arimax Bio SP 500
Päältänuohottavan luukkusarja automaattinuohouksella, 500 kW
Kompressori Atlas Copco, AF 20 E 24
Jäähdytyskuivain FX 1, Atlas Copco
Lämpimän käyttöveden vaihdinpaketti 57 kW

Automatiikka

Sähkökeskus Arimatic 500, Pelletti

Arimatic 200 lisävarusteet

7" kosketusnäyttö
Tekstiviesti hälytysjärjestelmä GSM-modeemi (ei sisällä liittymää)
Modbus-liitäntä
Savukaasuimurin ohjaus 0.75 - 1.5 kW
Savukaasuimurin ohjaus 2.2 - 3.0 kW
MultiJet 200-500 kW ohjaus
Tuhkaruuvi 3 ohjaus
Tuhkaruuvi 4 ohjaus
Verkostopumpun ohjaus (1-vaiheinen)
Verkostopumppu ohjaus (3-vaiheinen)
BioComp-kattilaohjaus (nuohous ja lv-pumppu)
Varalähdöt (3~ 16A ja 10A, 1~ 16A ja 10A)
Paineilmanuohouksen ohjaus (max 7 venttiiliä)
Lämmityspiiri 1 ohjaus
Lämmityspiiri 2 menovesianturi
Varaajaohjaus
Energiamittaus
Konttivarusteet PELLETTI
Varastoruuvi 2 ohjaus 0.55 kW
Sulkusyötin ohjaus 0.37 kW
Pulssisammutusjärjestelmä
Tankopurkain ohjaus

