

Antti-Pekka Tastula

Lämmitysratkaisun suunnittelu ja valinta Hakalan tilalle

Opinnäytetyö

Kevät 2017

SeAMK Elintarvike ja maatalous

Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Elintarvike ja maatalous

Tutkinto-ohjelma: Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: Kasvi- ja agroteknologia

Tekijä: Antti-Pekka Tastula

Työn nimi: Lämmitysratkaisun suunnittelu ja valinta Hakalantilalle

Ohjaaja: Jussi Esala

Vuosi: 2017 Sivumäärä: 33 Liitteiden lukumäärä: 4

Työn tavoitteena oli tehdä selvitys edullisimmasta lämmitysratkaisusta Hakalantilalle. Työssä paneuduttiin uuden lämmitysratkaisun aiheuttamiin perustamiskustannuksiin sekä vuosittaisiin käyttökustannuksiin.

Työn teoriaosuus koostuu luvuista kaksi ja kolme. Luvussa kaksi esitellään perustietoja vartenotettavista lämmitysratkaisuista. Kolmannessa luvussa keskitytään kohteeseen ja siihen liittyviin rakennuksiin. Lisäksi kerrotaan miten paljon tilalla tällä hetkellä kuluu energiaa lämmittämiseen.

Luvussa neljä rajataan lämmityslaitteistot kahteen parhaiten vaatimukset täyttävään lämmitysratkaisuun. Luvussa neljä kerrotaan myös, mikä vaikuttaa lämmitysratkaisun valintaan. Luvussa viisi kerrotaan, mitä tarjouspyynnöissä on laitteilta vaadittu ja kuinka tarjoukset on yrityksiltä kysytty. Viidennessä luvussa myös eritellään lämmityslaitteistojen hankintakustannukset ja perehdytään käytöstä aiheutuviin kustannuksiin. Luvussa kuusi päädytään siihen, että tilalle paras ratkaisu on maalämpö ja lisäksi selvennetään diagrammin avulla kuinka kustannukset kehittyisivät milläkin lämmitysvaihtoehdolla.

Avainsanat: Lämmitysratkaisu, maalämpö, hakelämpö, perustamiskustannus, käyttökustannus, hyötysuhde

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Food and Agriculture, Ilmajoki

Degree programme: Agricultural and Rural enterprises

Specialisation: Plant production and agro-technology

Author/s: Antti-Pekka Tastula

Title of thesis: Planning and selection of a heating solution for the Hakala farm

Supervisor(s): Jussi Esala

Year: 2017 Number of pages: 33 Number of appendices: 4

The aim of this thesis was to find out the most economical heating solution for Hakala farm. The work focused on the purchase costs and the annual operation costs of the new heating solution.

The theoretical part of the thesis consists of chapters two and three. In chapter two is presented the basic information about important heating solutions. The third chapter focuses on the target and related buildings. Additionally in this chapter how much energy the farm is consuming for heating is mentioned.

Chapter four limits the heating systems to the two heating solutions that fulfill the requirements the best. Chapter four also tells what affects the choice of a heating solution. Chapter five tells the invitation to tender requirements for devices and how the biddings are asked from companies. In chapter five is also specified the purchase costs of heating systems and oriented the operation costs. In chapter six, it is shown that the best solution is the geothermal heat system, and it is further clarified by the diagram on how the costs would develop with any heating option

Keywords: Heating solution, geothermal heat, biomass heat, purchase cost, operation cost, efficiency

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	1
Thesis abstract.....	2
SISÄLTÖ.....	3
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo.....	5
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	6
1 JOHDANTO.....	7
1.1 Työn tausta.....	7
1.2 Työn tavoitteet.....	7
2 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT.....	8
2.1 Puulämmitys.....	8
2.1.1 Hake-lämmitys.....	9
2.1.2 Pelletti-lämmitys.....	9
2.1.3 Klapi-lämmitys.....	10
2.2 Lämpöpumppuratkaisut.....	11
2.2.1 Ilmalämpöpumppu.....	12
2.2.2 Maalämpöpumppu.....	13
2.3 Aurinko-lämpö.....	14
2.4 Sähkölämmitys.....	15
3 KOHDE.....	16
3.1 Asuinrakennus.....	16
3.2 Navettarakennus.....	17
3.3 Korjaamohalli.....	18
4 Tilalle sopivan lämmitysjärjestelmän valinta.....	19
4.1 Alustava valinta ja perusteet.....	19
4.2 Tarkempaan tarkasteluun valitut järjestelmät.....	21
4.2.1 Hake-lämmitys.....	21
4.2.2 Maalämpö.....	21
4.3 Valittujen järjestelmien kustannustarkastelu.....	22
4.3.1 Tarkastelun toteutus.....	22
4.3.2 Lämpölaitteistotarjoukset.....	23

4.3.3 Käyttökustannukset	25
4.4 Lopullinen valinta ja sen perustelu	27
5 Pohdinta.....	29
LÄHTEET	31
LIITTEET.....	34

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Taulukko 1. Hakelämpölaitteistojen hintavertailu	23
Taulukko 2. Hakelämpölaitteistojen varustevaatimukset.....	23
Taulukko 3. Maalämpölaitteistojen hintavertailu	24
Taulukko 4. Maalämpölaitteistojen varustevaatimukset	25
Kuvio 1. Polttopuun käyttö	8
Kuvio 2. Lämpöpumppujen määrä	11
Kuvio 3. Lämpöpumpun toimintaperiaate.....	12
Kuvio 4. Sähkön alkuperä	20
Kuvio 5. Lämmitysratkaisujen kustannustarkastelu.....	27

Käytetyt termit ja lyhenteet

Lämmitysratkaisu	Lämmitysmuoto, jolla lämmitysenergia tuotetaan
Maalämpö	Kalliosta porakaivolla tai pintamaasta keruuputkistolla saatava lämpö. Maalämpö tuotetaan maalämpöpumpulla, joka lämmönkeruunestettä lämmönkeruupiirissä kierrättäen ja sen painetta nostaen ja laskien tuottaa lämpöenergiaa.
Hakelämpö	Puuhaketta polttamalla saatua lämpöenergiaa. Puuhake kuljetetaan varastosiilosta ruuvikuljettimella lämmityskattilaan, jossa palaminen tapahtuu.
Perustamiskustannus	Kustannus, joka syntyy lämmityslaitteiston hankinnasta.
Käyttökustannus	Kustannus, joka syntyy lämmityslaitteistoa käytettäessä.
Hyötysuhde	Lämmityslaitteiston ottaman energian suhde tuotettuun lämpöenergiaan.

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Ajatus opinnäytetyön aiheeseen syntyi, kun vanhaa maalaistupaa alettiin remontoida. Vanhan maalaistalon seinissä sähköpatterit eivät oikein miellyttäneet omaa silmää ja ne päätettiin mittavan remontin yhteydessä vaihtaa vesikiertoiseen lattialämmitykseen. Lattialämmitykseen päädyttiin myös, koska se on energiatehokkaampi tapa lämmittää taloa kuin patterit seinillä.

Talon-lattialämmityskierto on asennettiin väliaikaiseksi lämmönlähteeksi 6kW lämmitysvastus, joka hoitaa tällä hetkellä talon n. 65 remontoitun neliön lämmittämisestä. Ennen remontin laajentamista olisikin aiheellista tehdä lämmitysjärjestelmän päivitys, sillä lämpövastus ei kykene lämmittämään paljon suurempaa alaa talosta.

Talon pihapiirissä on myös vanha navettarakennus jonka yhteydessä on lämmin korjaamohalli, jotka myös tarvitsisivat lämmitysjärjestelmän päivittämistä. Navettarakennus sekä halli lämpenevät tällä hetkellä Etnan kaksoiskattilalla, joka lämmitää pääasiassa öljyllä mutta ajoittain myös klapeilla.

Tarkoituksena olisi siis vähentää tilan lämmittämiseen kuluva energiaa, tehdä lämmittämisestä ympäristöystävällisempää sekä halvempaa.

1.2 Työn tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, mikä lämmitysratkaisu olisi rakennuskustannusten kannalta paras ratkaisu pienen maatilakiinteistöryhmän lämmittämiseen. Kustannusvertailun lisäksi on tarkoitus kiinnittää huomiota lämmitysjärjestelmän käytön helppouteen sekä lämmittämisen ympäristövaikutuksiin.

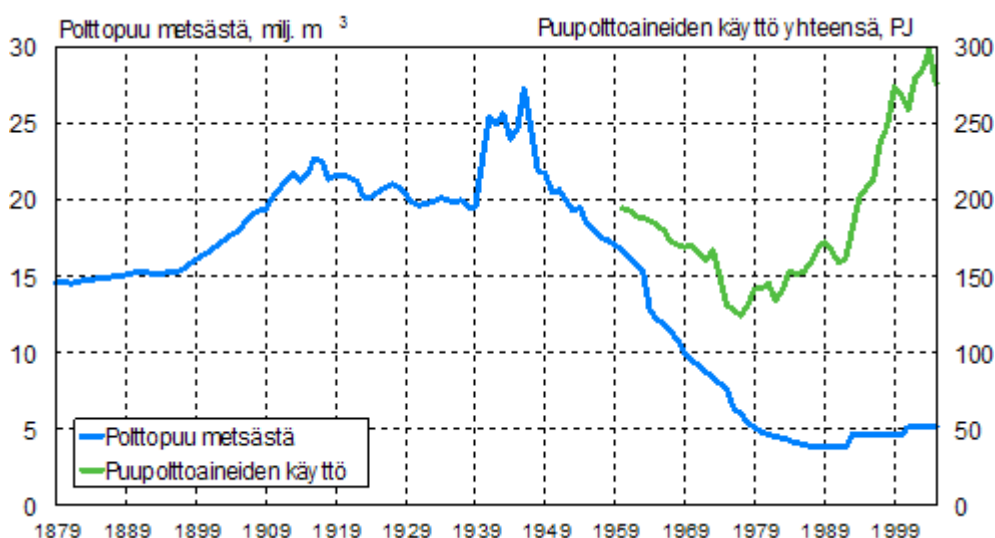
Tila omistaa metsää, josta saadun hakkuujäte- ja ensiharvennusmateriaalin hyödyntäminen on myös mahdollista lämmitysjärjestelmää hankittaessa.

2 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT

2.1 Puulämmitys

Puu on lämmönlähteenä tuttu monille ja sen käyttö juontaakin juurensa hyvin pitkän ajan taakse. Vanhojen talojen lämmönlähteinä toimivat yleensä uunit ja takat, joita lämmitettiin tarpeen mukaan. Uuneja oli taloa kohti useita riippuen lämmitettävien huoneiden lukumäärästä.

Nykyään Suomessa on liki kolme miljoonaa tulisijaa lämmittämässä suomalaisten asuntoja. Puulämmityksen suosio onkin ollut nousussa ja pääosin uusista omakotitaloista löytyy takka. Puu on lämmönlähteenä Suomen suosituin ja lämmitysenergiasta 40% tuotetaan puulla, kun taas sähkö ja öljy jäävät kumpainenkin vain noin 20% tienoille. (Laitinen 2010, 105.)



Kuvio 1. Polttopuun käyttö
(Energian käyttö ja lähteet 1917-2007. 30.3.2007.)

2.1.1 Hake-lämmitys

Hake on pientä puusta valmistettua palaa, jota voidaan hakelämmitysjärjestelmään syöttää ruuvikuljettimia avuksi käyttäen. Haketta voidaan tehdä pienillä sähköhakkureilla, traktorin perään kytkettävillä maataloushakkureilla tai suurteho-hakkureilla. Suurteho-hakkuri voidaan myös asentaa suoraan kuorma-auton päälle, jolloin hakkuria yleensä pyöritetään kuorma-auton omalla moottorilla.

Hakkeeksi tehtävä puu on hyvä kerätä hyvissä ajoin ennen haketusta ja mahdollisesti myös peitettävä, mikäli haketuksen ajankohta ei ole selvillä. Metsästä saatavassa puussa on normaalisti 50-60% vettä ja vastaavasti laadukkaan hakkeen kosteusprosentti on 25-30% (Laatu. 2016).

Hakelämmitysjärjestelmään kuuluu yleensä pieni 1-5 m³ hakevarasto, josta hake siirretään ruuvikuljettimella lämmityskattilan palopäälle. Palopäältä kuumat savukaasut poistuvat kattilan takaosaan luovuttaen samalla lämpönsä vesitilassa kiertävään veteen.

2.1.2 Pelletti-lämmitys

Pelletti on puun purusta ja lastuista puristettua pientä parin sentin mittaista pötköä. Pelletti omaa hyvän lämpöarvon ja on kotimaisen puunjalostuksen sivutuote. Pelletti on hyvin tasalaatuista, mikä tekee sen polttoainekäytöstä helppoa ja vaivatonta (Pelletti. 2017).

Pelletti toimitetaan asiakkaalle, joko irtotavarana kuorma-autolla tai asiakas voi itse noutaa pelletin säkitettynä. Irtotavarana toimitettu pelletti puhalletaan ilmalla kuorma-autosta varastosäiliöön, johon on oltava täyttöputket ja kuorma-autolle esteetön pääsy. (Pelletin varastointi. 2017)

Pelletin polttoon tarvitaan yksinkertaisimmillaan lämmityskattila, kuljetusruuvi ja pellettivarasto, josta kuljetusruuvi kuljettaa pelletin lämmityskattilaan. Pelletin polttamiseen voidaan myös käyttää hakelämmitysjärjestelmää, mikäli tilalta sellainen löytyy. Hakelämmitysjärjestelmää käytettäessä on huomioitava oikeat säädöt pelletille, jotta energiatehokkuus säilytettäisiin. (Pelletin käyttö. 2017)

2.1.3 Klapi-lämmitys

Klapi lämmitys on lämmitysratkaisuista työläin, mutta edullinen tapa lämmittää. Klapeilla lämmittäminen on edullista silloin kun omaa puuta on hyvin saatavilla ja puiden pienimiseen tarvittavat laitteet löytyvät itseltä. Varasto tilan tarve on iso, joten klapeilla lämmittäminen onnistuu sen vuoksi parhaiten maaseudulla. (Laitinen 2010, 72.)

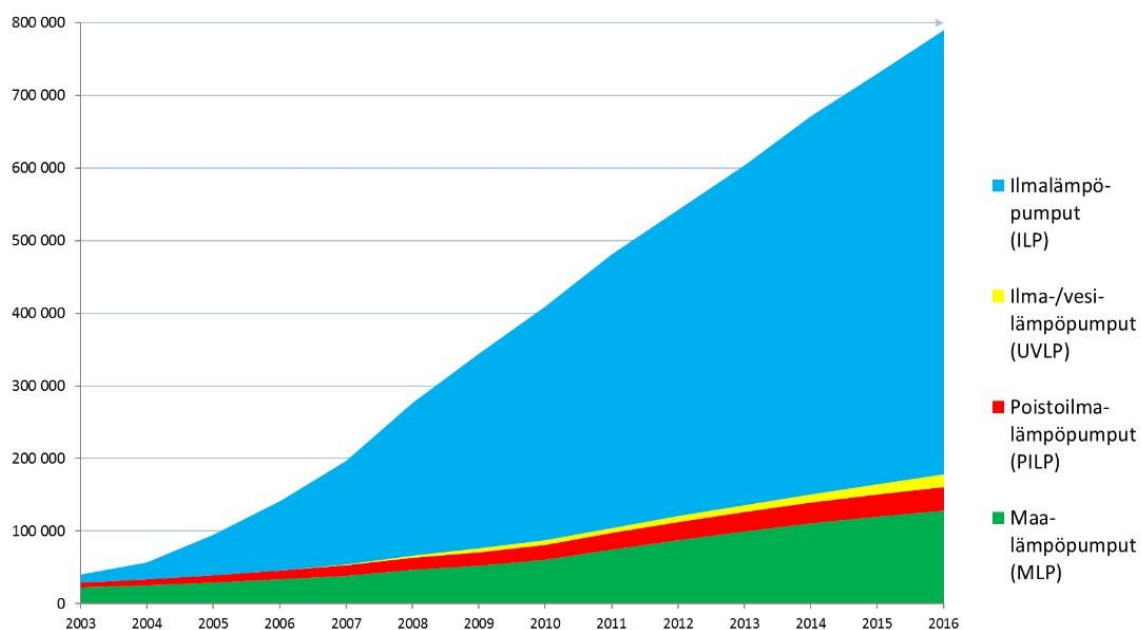
Klapi-kattiloita jaetaan kolmenlaisiin kattilatyyppeihin ylä-, ala- ja käänteispalokattiloihin. Yläpalokattilan toiminta periaate sama kuin avotulesa eli palamistapahtuma sijoittuu palavan materiaalin päälle. Ongelmaksi tämän tyyppisissä kattiloissa muodostuu usein poltettavan materiaalin eli puiden lisääminen palavien puiden päälle, jolloin saatetaan häiritä tai jopa keskeyttää pesässä jo käynnissä oleva palamistapahtuma. (Eklund, M. 27.4.2015)

Alapalokattila toimii nimensä veroisesti polttamalla puuta alapäin. Puut kasataan arinan päälle, jonka läpi johdetaan ilmaa tehostamaan palamisprosessia. Alapalokattilan palamisprosessissa syntyvät kaasut palavat erillisessä palotilassa luovuttaen lämpöenergiansa veteen. Alapalokattilaan on helpompi lisätä puita häiritsemättä palotapahtumaa. Puita lisätessä on kuitenkin huolehdittava kattilan riittävästä vedosta, että savukaasut tai tuli eivät pääse työntymään puiden lisäysluukusta täyttäjän silmille. (Arterm. 9.3.2011)

Käänteispalokattilan palotapahtuman suunta on alaspäin, kuten nimestä voisi mahdollisesti päätellä. Puut lisätään kattilaan yläpuolelta aivan kuin alapalokattilassakin, mutta palaminen tapahtuu arinan läpi alaspäin. Kattilaan synnytetään alipaine yleensä savukaasuimurilla, jolloin arinan alla olevaan vapaaseen tilaan johdetun sekundääri-ilman avustamana poltetaan savukaasut puhtaasti ja tehokkaasti. (Vesiluoma, A. 2013)

2.2 Lämpöpumppuratkaisut

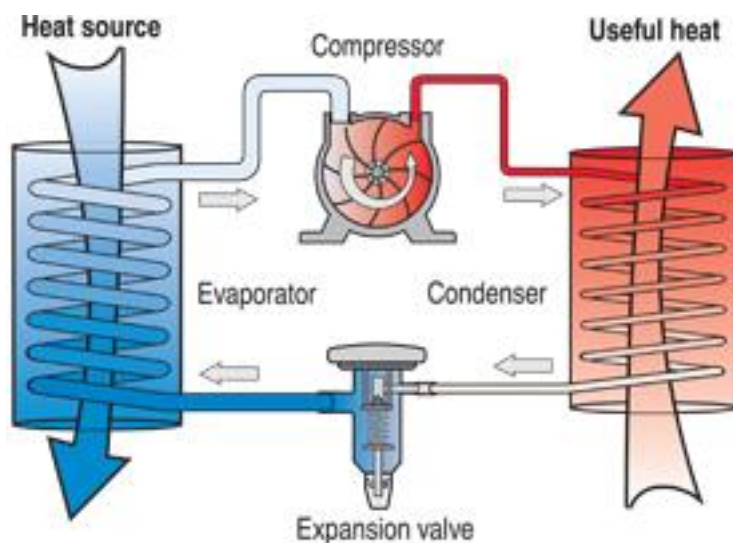
Erilaisten lämpöpumpputekniikalla toimivien lämmitysratkaisuiden suosio on viime vuosina kasvanut huomattavasti (KUVIO 2). Lämpöpumppujen tekniikka perustuu kylmäaineen lämpenemiseen ja sen jäädyttämiseen. Lämpöpumput toimivat sekä lämmittävänä, että viilentävänä.



Kuvio 2. Lämpöpumppujen määrä (Myydyt lämpöpumput 2016.)

2.2.1 Ilmalämpöpumppu

Ilmalämpöpumppuun kuuluvat sisä- ja ulkoyksikkö, joista ulkoyksikkö kerää ulkoilmasta lämmön ja sisäyksikkö luovuttaa kerätyn lämmön sisäilmaan. Sisäyksikön asemaa voi ajaa myös lattialämmitys jos kyseessä on ilma-vesi lämpöpumppu. Ulkoyksikön ja sisäyksikön välillä kiertää kylmäaine, joka höyrystyy jo alhaisessa lämpötilassa. Ulkoyksikköön mennessään kylmäaine kulkee paineenalennusventtiilin läpi, jossa kylmäaineen painetta lasketaan ja samalla kylmäaineen lämpötila myös laskee. Kylmäainenesteen kulkiessa ulkoyksikön läpi se sitoo lämpöenergiaa ulkoilmasta, höyrystyy ja siirtyy kompressoriin. Kompressori kohottaa kylmäaineen painetta, jolloin kylmäaineen lämpö nousee entisestään. Paineenalaisena lähes sata asteisena höyrynä kylmäaine kulkee sisäyksikön läpi ja vapauttaessaan lämpöenergiaa kylmäaine muuttuu nesteeksi. Nesteenä kylmäaine kulkee jälleen paineenalennusventtiiliin ja kierto alkaa alusta. (Lämpöä ilmassa)



Kuvio 3. Lämpöpumpun toimintaperiaate
(Saimaa Gardens Service.)

Ilmalämpö pumpun hyötysuhdetta kuvataan nykyään SCOP-arvolla. Tämä SCOP-arvo (Seasonal Coefficient of Performance) tarkoittaa sitä, kuinka paljon lämmitysenergiaa ilmalämpöpumppu tuottaa keskimäärin yhdellä kilowattitunnilla sähköä. Ilmalämpöpumppu on sitä tehokkaampi mitä suurempi SCOP-arvo sillä on. SCOP- arvo eroaa edeltäjästä COP-arvosta siten, että vuosi on jaettu neljään eri lämmityskauteen ja näille jokaiselle kaudelle täytyy määrittää oma SCOP-arvonsa. (RefGroup Oy).

Lämmityskausien lisäksi koko Eurooppa jaetaan kolmeen eri ilmastovyöhykkeeseen, joiden avulla laitteille lasketaan energialuokitukset. Ilmastovyöhykkeiden yksilöllisten energialuokitusten perusteella saadaan laiteille kutakin ilmastovyöhykettä vastaava energialuokitus. Tätä energialuokitusta käytetään asennettaessa lämpöpumppuja eri ilmastovyöhykkeille. (RefGroup Oy).

Ilmalämpöpumppu toimisi huonolla hyötysuhteella kohteen kaltaisessa talossa, jossa on paljon erillisiä huoneita. Ilmalämpöpumppu sopisi toimivuutensa kannalta pohjaratkaisultaan yksinkertaiseen asuntoon, jossa olisi paljon isoja yhtenäisiä tiloja.

2.2.2 Maalämpöpumppu

Maalämpöpumppu toimii samalla periaatteella kuin ilmalämpöpumppu. Maalämpöpumppu ottaa kuitenkin nimensä mukaisesti lämmön maasta, johon sitä on sekä auringon että maanytimen lämmittävästä vaikutuksesta varastoitunut.

Maalämpö voidaan toteuttaa kolmella eri tavalla. Yleisin tapa on lämpökaivon poraaminen ja lämpöputkiston upottaminen kaivoon. Porattava kaivo on 115-165mm halkaisijaltaan oleva 100-250 metriä syvä reikä, jonka matkalla vedestä ja glykolista tehty lämmön siirtoneste kerää itseensä lämpöä ja vapauttaa sen sitten kompressorin jälkeen lämmitysveteen tai käyttöveteen. (Maalämpöpumppu 29.3.2017; Lämpöä omasta maasta)

Toiseksi yleisin menetelmä toteuttaa lämmönkeruuputkisto on vaakaputkisto. Vaakaputkisto tarvitsee ison alueen, joten sen asentaminen vaatii myös ison tontin. Vaakaputkisto on kaivettava maahan vähintään metrin syvyyteen, yli 1,5 metrin putkivälillä sekä putkea on laskettava noin 1-2 metriä lämmitettävää huonekuutiota kohden. Mittavista kaivuutöistä huolimatta tämä tapa on yleensä edullinen vaihtoehto pientaloihin, mutta tontin pinta-ala tarpeen vuoksi mahdollinen lähinnä vain haja-asutusalueella. (Lämpöä omasta maasta)

Kolmas ja harvinaisin tapa toteuttaa lämmönkeruupiiri on upottaa se vesistöön. Tämä tapa tottakai edellyttää lähellä olevan vesistön lisäksi myös sen, että vesistö on tarpeeksi syvä. Liian matalaan vesistöön asennetun putkiston pintaan saattaa kertyä jäätä, jonka aiheuttama noste voi nostaa putken veden pintaan, jolloin se voi jäätyä tai hyötysuhde minimoitua. Putkisto olisi hyvä asentaa ainakin kahden metrin syvyyteen, missä veden liike on jo runsaampaa ja vedestä näin ollen irti saatava hyöty parempi. Tällä tavalla toteutettu keruupiiri on porakaivoa edullisempi ratkaisu, koska kaivuu- ja poraustöitä ei tarvitse tehdä, kun putki painotetaan noin 3-5 metrin välein. Erikoiskaluston käyttäminen kuitenkin lisää kustannuksia ja lisäksi vesistön soveltuvuus lämmöntuotantoon on harkittava tapauskohtaisesti. (Maalämpöpumppu 29.3.2017)

2.3 Aurinko-lämpö

Aurinkoa voidaan käyttää hyödyksi aurinkopaneelien tuottaman sähköön tai aurinkokeräin putkistojen keräämän lämmön kautta.

Aurinkokeräin laitteistoon kuuluu yleensä katolle asennettavat keräinputkistot, kiertovesipumppu sekä lämminvesivaraaja (Aurinkolämpöjärjestelmät 11.1.2017). Tyhjiöputkien lämmön keruu perustuu höyrystymis-tapahtumaan. Putken sisällä oleva neste lämpenee auringon valon vaikutuksesta, jolloin neste höyrystyy ja nousee putken yläpäähän. Putken yläpää on lämmönsiirtonesteessä, johon putken sisällä oleva neste luovuttaa lämpönsä tiivistyen samalla nesteeksi ja vajoten taas tyhjiöputken alapäähän. (Tyhjiöputkikeräimet 11.11.2016) Kiertovesipumppu kiertää lämmönsiirtonestettä järjestelmässä siirtäen lämmitetyn siirtonesteen lämminvesivaraajalle, josta se sitten käytetään rakennuksen lämmitykseen.

Aurinkosähköä taas tuotetaan aurinkopaneeleilla, jossa fotoneita eli säteilyenergiaa kuljettavia hiukkasia sisältävät auringonsäteet luovuttavat energiansa kennoissa oleville elektroneille (Auringosta lämpöä 20.11.2016). Tämän jälkeen elektronit saavat aikaan sähkövirran, joka siirretään johtimia pitkin, joko tasavirralla soveltuviin sähkölaitteisiin tai invertterille, joka muuttaa tasavirran normaalia sähköverkkoa vastaavaksi vaihtovirraksi. Kerätyllä sähköllä voi lämmittää lattiaa suoraan sähkölämmityskaapelilla tai välillisesti lämmittämällä vettä lämminvesivaraajassa (Auringosta lämpöä 20.11.2016).

2.4 Sähkölämmitys

Sähkölämmityksellä voidaan tarkoittaa sähköllä lämpeneviä pattereita, mutta myös sähkövastuksella lämmitettävää vesikiertoista lattialämmitystä. Opinnäytetyön kohteessa suoralla sähkölämmityksellä tarkoitetaan näitä molempia. Remontoituun osaan taloa on asennettu vesikiertoinen lattialämmitys, mutta remontoimattomassa osassa taloa on sähkölämmitteiset patterit seinissä. Vesikiertoinen lattialämmitys toimii juuri tällaisella sähkövastusperiaatteella.

3 KOHDE

Lämmityksen piiriin kuuluu yksi asuinrakennus, vanha navettarakennus sekä korjaamohalli. Rakennusten yhteenlaskettu lämmitettävä tilavuus on 1373m³. Vuodessa sähköä kuluu noin 31 500 kWh. Tilalla ei ole erillisiä mittareita lämmityssähkön kulutusta seuraamaan, joten lämmityssähkön osuus on arvioitava. Keskimäärin suomalaisen omakotitalon sähkönkulutus jakautuu seuraavasti: Lämmityssähkö 52%, Lämmin käyttövesi 20% ja muuhun taloussähköön 28% (Kodin keskimääräinen energiankulutus 2016).

3.1 Asuinrakennus

Asuinrakennus on vanha 1800- ja 1900-luvun vaihteessa valmistunut pohjalaistalo, joka on tällä kyseisellä paikalla ollut vuodesta 1918 lähtien. Talon yläkerta on vielä pääosin kylmää tilaa, mutta on tarkoitus lähitulevaisuudessa remontoida asuinkäyttöön. Talon tämän hetkisenä lämmönlähteenä toimii suora sähkö ja syy lämmitysratkaisun muuttamiseksi on halu pienentää sähkölaskua ja näin ollen myös lämmityskustannuksia. Talon kerrosala on 130m²:tä, jonka lisäksi alakertaan kuuluu 14m²:n kuisti. Asuinrakennuksen kokonaisala on siis kuisti mukaan lukien; 278,5m².

Lämmitettävät kuutiot voidaan laskea huonekorkeus kertaa huoneistoala eli, kun alakerta on 2,56 metriä korkea ja vintti on keskimäärin 1,40 metriä korkea saadaan alakerran tilavuudeksi 369m³:ta ja yläkerran 182m³:ta. Asuinrakennuksen lämmitettävät kuutiot ovat 551 m³:ta.

3.2 Navettarakennus

Vanha navettarakennus on 1960-luvulla valmistunut ja nykyisin tuotantokäytöstä poistunut puurunkoinen rakennus. Navettarakennus on kokonaispinta-alaltaan 140 m², mutta pinta-alasta lämmitettävää on vain 91 m². Navettarakennus toimii nykyään harrastehevostallina sekä varastotilana. Navettarakennuksen lämmitykseen käytetään vesipattereita sekä omavalmisteista auton jäähdyttäjistä tehtyä lämmitintä. Lämmitintä sekä vesipattereita lämmittelee navettarakennuksessa sijaitseva vanha Etnan öljy/klapikattila. Kattilalla lämmitetään navettarakennuksen lisäksi korjaamohalli ja lämmönlähteenä käytetään pääosin öljyä. Kesäkuukausina sekä leutoina talvikuukausina lämmittämiseen käytetään myös klapeja. Öljyä kuluu talvisaikaan keskimäärin 14 litraa päivässä ja koko vuonna öljyä menee lämmittämiseen noin 1400 litraa. Kevyen polttoöljyn lämpöarvo on 10,02 kWh/litra, mikä tarkoittaisi 14 028 kWh lämpöenergiaa navettarakennuksen sekä korjaamohallin lämmittämiseen (Motiva Oy 19.4.2010).

Navettarakennuksen huonekorkeus on 2,2 metriä ja näin ollen lämmitettävien kuu-
tioiden määrä on 200m³. Navettarakennuksen sisälämpötila pidetään lämmitys-
kauden aikana vain noin 10 asteen tienoilla, sillä navettarakennuksen eristystaso
on niukka ja kovempi lämmittäminen aiheuttaisi vain turhia lämmityskustannuksia.

Vanhan navettarakennus luultavasti tulee uusittavaksi tulevaisuudessa, jolloin siitä
tulisi mahdollisesti 200m² varastotila ja autotalli. Tällöin rakennukseen asennettaisiin
vesikiertoinen lattialämmitys ja lisäksi työvaatehuoltoa varten avonaista kupari-
putkea vaatteiden kuivatusta varten.

3.3 Korjaamohalli

Korjaamohalli on koneiden säilyttämistä ja korjaamista varten vuonna 1996 tehty 123m² konehalli, joka on peruskorjattu ja lisäeristetty 150mm villapeltielementeillä vuonna 2012. Halli sijaitsee navettarakennuksen yhteydessä ja se on vesikiertoisena lattialämmityksen lämmittämä. Vettä lämmitetään navettarakennuksessa olevalla Etnan MiniSuper-lämmityskattilalla. Kattila on yhdistelmäkattila, jossa on sekä öljypoltin että yläpalokattila. Polttoaineena käytetään kuitenkin pääasiassa öljyä.

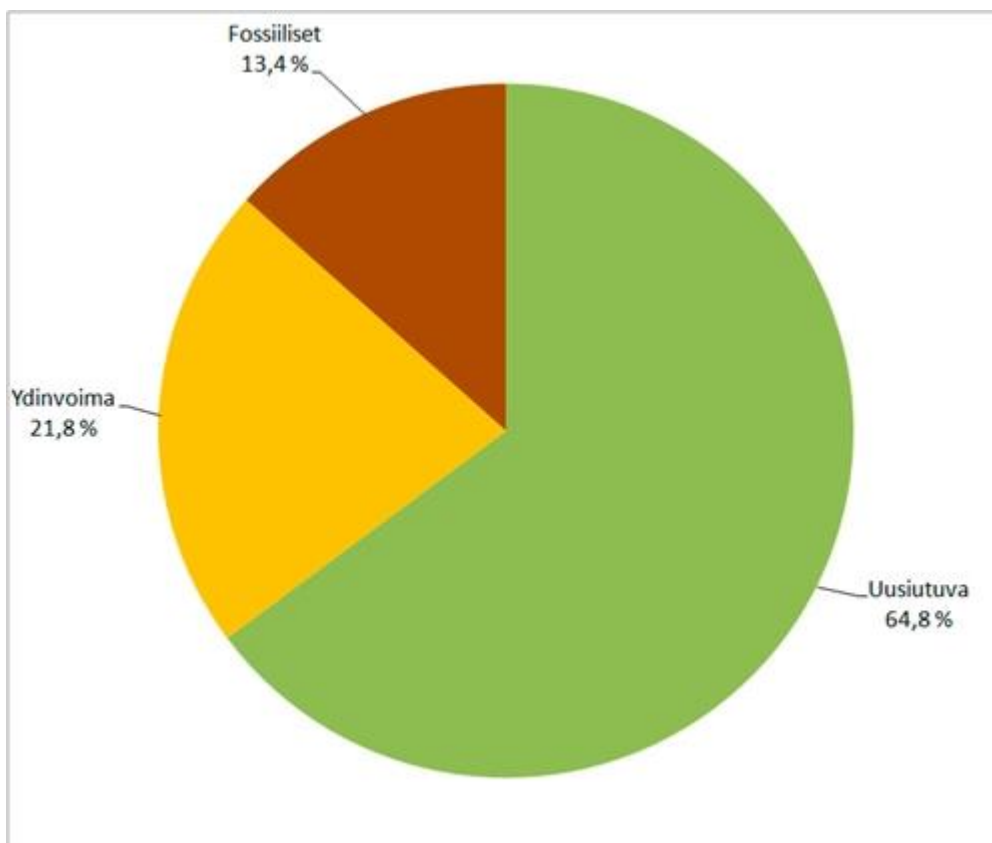
Korjaamohallin sisäkorkeus on 5 metriä ja näin ollen lämmitettävien kuutioiden määrä on 625m³. Korjaamohallin runko on tehty puusta ja ulkokuorena on pelti. Halli on kuitenkin peruskunnostettu vuonna 2012, jolloin hallin rungon sisäpuolelle rakennettiin uudet seinät 150mm paksuisista villapeltielementeistä. Kunnostuksen aikana lisäeristettiin myös katto sekä lattia. Lattian uusimisen yhteydessä asennettiin myös lattialämmitys. Korjaamohallin sisälämpötilaa ei pidetä kovinkaan korkeana talviaikana, sillä se kuluttaisi vain turhaa energiaa. Sisälämpötila pidetään talvella vain noin 10-15 asteessa.

4 Tilalle sopivan lämmitysjärjestelmän valinta

4.1 Alustava valinta ja perusteet

Edellä mainituista lämmitysjärjestelmistä kiinnostavimmiksi luokittelisin hake- ja maalämmitysratkaisut. Aurinko-lämpökin olisi kiinnostava lisälämmönlähde, jos sellainen katsottaisiin tässä tapauksessa tarpeelliseksi.

Ensisijainen valintaan vaikuttava tekijä on tietenkin lämmitysjärjestelmän hankintahinta ja käytöstä aiheutuvat kustannukset. Lisäksi lämmitysjärjestelmän välillisesti aiheuttamat kustannukset, kuten varastotilojen rakentaminen ja omantyön määrä on otettava huomioon valintaa tehdessä. Lämmitysratkaisun valintaprosessissa haluan myös kiinnittää huomiota kestävään ja ympäristöä vaaliviin seikkoihin. Hakelämmityksessä kotimaisen puun käyttö takaisi sen, että lämmitykseen käytettävä raaka-aine on kotimaista ja ekologisesti tuotettua. Maalämmön osalta voidaan myös sanoa, että lämmitykseen käytettävä raaka-aine eli maaperään varastoitunut lämpö on kotimaista ja ekologista. Kumpainenkin lämmitysjärjestelmä tarvitsee sähköä toimintaansa. Tila käyttää Korpelan Voiman tarjoamaa sähköä, josta 64,8% on uusiutuvilla; 21,8 ydinvoimalla ja 13,4 fossiilisilla- polttoaineilla tuotettua (Sähkön alkuperä 2016).



Kuvio 4. Sähkön alkuperä
(Sähkön alkuperä. 2016.)

Tarkemman tarkastelun ulkopuolelle jäivät puulämmityksistä pelletti- ja klapi­lämmitys. Pelletti sen vuoksi, että hakelämmityksessä voitaisiin hyödyntää omasta metsästä saatua raaka-ainetta. Klapi­lämmitys jäi pois yksinkertaisesti liian suuren työmäärän vuoksi. Vuosittaisen klapi­määrän tekemiseen ei katsottu olevan tarpeeksi aikaa.

Lämpöpumppuratkaisuista tarkastelun ulkopuolelle jäi ilmalämpöpumppu, joka olisi varmasti ollut edullinen verrattuna hake- ja maalämpöön, mutta talon monimutkaisen pohjakaavan vuoksi ilmaa puhaltavalla sisäyksiköllä ei olisi saavutettu riittävää lämmitys tehoa.

Sähkölämmityksestä halutaan luopua sähkönkulutuksen pienentämiseksi. Lisäksi sähkölämmittämisen jatkamiseksi olisi siihenkin täytynyt investoida, jotta lämmitys-teho olisi riittänyt edes koko talon vesikiertoiseen lämmittämiseen.

4.2 Tarkempaan tarkasteluun valitut järjestelmät

4.2.1 Hake-lämmitys

Hake-lämmityksen valintaa puoltaa uusiutuvan energian käyttö sekä omien metsävarojen hyödyntäminen. Puu on lähes hiilineutraali energianlähde, jossa syntyvät hiilidioksidi-päästöt tulevat lähinnä puuhakkeen valmistukseen käytettävistä laitteista. (Bioenergia pörssi 20.2.2017)

Hake-lämmityksen valintaa kuitenkin varjostaa sen työllistävä vaikutus sekä huoltotöiden määrä. Itse tehtävä puuhake työllistää puun hankintavaiheessa sekä hakkeen valmistusvaiheessa. Näitä työvaiheita voi helpottaa teettämällä energiapuunkorjuu metsähakkuiden yhteydessä, jolloin oma puunhankintatyö jää vähäiseksi. Lisäksi haketustyö voidaan teettää urakoitsijalla. Nämä muilla teetetetyt työvaiheet kuitenkin nostavat lämmitysenergian hintaa.

4.2.2 Maalämpö

Maalämmön valintaa puoltaa sen vaivattomuus. Maalämpölaitteiston huolto on melko helppoa sillä siihen kuuluu lähinnä vain kiertovesipumppujen toiminnan tarkastukset, maaliuospiirin suodattimen puhdistaminen sekä järjestelmäpaineiden ja mahdollisten vuotojen tarkistus. (Gebwell Oy)

Maalämpöön siirryttäessä omasta metsästä hakatut puut voidaan oman käytön sijaan myydä haketettavaksi. Maalämpöön siirryttäessä säästö suhteessa sähkölämmitykseen käyttökustannuksissa olisi noin 75%, mikäli SCOP-arvo olisi esimerkiksi Lämpöässä VMI 17 pumpun EN 14825-normin mukainen 3,96.

4.3 Valittujen järjestelmien kustannustarkastelu

4.3.1 Tarkastelun toteutus

Tarjouspyynnöt olisi voitu tehdä ainoastaan sähköpostikeskusteluna, mutta oletuksena oli, että soittamalla saadaan parempi valmistajien tavoitettavuus.

Tarjouspyyntöjen kysely suoritettiin puhelimitse, joko valmistajalta suoraan kuten Hake 1, Hake 2 sekä Maalämpö 1 tai asennusliikkeeltä kuten Maalämpö 2. Puhe- linkeskustelua varten olin laatinut tietyn varustelistan laitteille sekä perustietotaulukon tilan rakennuksista. Perustietojen kuten lämmitettävien kuutioiden ja neliöiden perusteella toimittajat saivat heti oikean kokoluokan, jonka perusteella lähteä tarjousta laskemaan.

Tarjousten saavuttua jouduin siltikin toteamaan, että maalämpö-tarjoajat painottivat tarjouksissaan eri tavalla lämmitettävät kuutiot ja nykyisen sähkönkulutuksen. Tämä aiheuttaa sen, etteivät tarjoukset ole täsmälleen samaa kokoluokkaa. Tarjouksista voi kuitenkin selvästi huomata laitteiden perustamiskustannusten suuruusluokan hakelaitteistoihin verrattuna.

Kustannuslaskennassa on jätetty huomiotta hakelämpö-konttien valmistajien vaatimat betonilaatat, sillä on hyvin todennäköistä, että maalämpö-laitteistokin tulitaiisiin sijoittamaan erikseen rakennettavaan rakennukseen. Lisäksi kummankaan lämmitysjärjestelmän vaativia kiertovesipumppuja tai lämmönjakopiirejä ei ole huomioitu, sillä ne vastaavat toisiaan eivätkä tämän vuoksi vaikuta merkittävästi kustannuseroihin.

4.3.2 Lämpölaitteistotarjoukset

Seuraavissa taulukoissa on eritelty ensin hakelämmitysjärjestelmien hinnat sekä varusteet ja sen jälkeen maalämpölaitteistojen hinnat sekä varusteet. Taulukoissa mainitut hinnat on saatu valmistajien lähettämistä tarjouksista.

Taulukko 1. Hakelämpölaitteistojen hintavertailu

Tuote	Hinta alv 0%	Hinta alv 24%
Hake 1, 60kW	47740,0	59197,6
Rahti	900,0	1116,0
Yhteensä	48640,0	60313,6
Hake 2, 60kW	63000,0	78120,0
Rahti	1500,0	1860,0
Yhteensä	64500,0	79980,0

Hakelämpöjärjestelmien lämpökonttiratkaisujen hinnat on esitelty taulukossa 1. Lämpökonttien varusteet ovat hyvin toisiaan vastaavat. Konttien tarjoukset sisältävät taulukon 2 varusteet

Taulukko 2. Hakelämpölaitteistojen varustevaatimukset

Varusteet	Hake 1	Hake 2
Liikkuva-arinainen palopää	x	x
Lisäputkilähtö x1	x	x
Paineilmanuohous	x	x
GSM hälytyskeskus	x	x
Tuhkaruuvi	x	
Tuhka-astia	x	
Sytytin	x	x
Jousipurkain	x	
Tankopurkain		x

Molemmat kontti-valmistajat edellyttävät valmista betonilaattaa, jonka päälle kontti voidaan asentaa. Kontin sisällä asennustyö on tehty tehtaalla valmiiksi, mutta kaikki muu kytkentä työ tehdään ostajan kustannuksella toimitusosoitteessa.

Lämpökonttien hinnanero johtunee suurimmilta osin lämpökonttirakenteista, sillä valmistajien tarjousten perusteella irtolaitteistot ovat 1000€ sisään saman hintaisia. Hake 2:n hakevarasto on 15m³, kun taas Hake 1:n varasto on kuutiota pienempi eli 14m³. Hake 2 kattilan maksimi paine on tietojen mukaan 3 baria, joka on hiukan Hake 1:n kattilan 1,5 baria suurempi. Eroavaisuudet tuskin loppuvat siihen ja epäilemättä komponentti ja logiikka eroja löytyy, jotka varmasti myös omalta osaltaan vaikuttavat laitteiston hintaan.

Hakelämmityksen perustamiskustannuksia lisäksi hakkeelle tarvittava varastorakenne, joka ei kuitenkaan ole välttämätön osto-haketta käytettäessä. Hakkeen logistiikan kannalta olisi kuitenkin hyvä olla varastohalli, johon voisi esimerkiksi tilata ajoneuvoyhdistelmä-kuorman haketta kerralla. Hakevarasto vaikutusta hakejärjestelmä hankintahintaan on vaikea arvioida, sillä varaston voi tehdä lähes niin suuren tai niin pienen kuin katsoo itse tarvitsevänsä. Tällä tilalla mahdollisuus olisi valaa sorapohjaiseen konehalliin tarvittavan kokoinen betonilaatta ja haketta hake suoraan tähän varastoon. Mahdollisuus olisi myös vuokrata hakevarastotilaa naapurista, missä hakelämpöjärjestelmä on käytettävä lämmitysmuoto.

Taulukko 3. Maalämpölaitteistojen hintavertailu

Laitetoimittaja	Tuote	Hinta alv 0%	Hinta alv 24%
Maalämpö 1	17 kW	17536,0	21744,6
	Lämpökaivo 280m+poraus	sis. Hintaan	sis. Hintaan
	KytKentätyöt	sis. Hintaan	sis. Hintaan
	Yhteensä	17536,0	21744,6
Maalämpö 2	24 kW	14112,9	17500,0
	Lämpökaivo 540m+poraus	10887,1	13500,0
	Asennus+työt	4838,7	6000,0
	Yhteensä	29838,7	37000,0

Talulukosta 3 nähdään kustannuserittelyä maalämpö-laitteistoista. Toimittajien tarjousten erilaisuutta selittää maalämpöpumppujen tehoero. Maalämpö 2 on painottanut tarjouksessaan enemmän lämmitettävää tilavuutta, kun taas Maalämpö 1 on painottanut enemmän sähkönkulutusta mitoituslaskelmaa tehdessään. Lisäksi Maalämpö 1:n 17kW:n lämpöpumppu on varustettu isolla 430 litran sisäänrakenn-

netulla lämminvesivaraajalla, mikä vaikuttaa hintaa alentavasti. Maalämpö 2:n pumppuun on otettava erillinen puskurivaraaja, mikä nostaa järjestelmän hintaa.

Näiden kahden tarjouksen perusteella on haastava sanoa, kumpi vaihtoehto olisi se oikea. Todennäköisesti oikea ratkaisu kuitenkin löytyy näiden kahden välistä.

Kumpaakin tarjousta kysyessäni mainitsin asiat, jotka haluaisin maalämpöpumpussani olevan. Taulukossa 4 olen eritellyt vaatimuksia maalämpöjärjestelmille.

Taulukko 4. Maalämpölaitteistojen varustevaatimukset

Varusteet

Maalämpölaitteisto, varaajalla

Maalämpökeskus, jos mahdollista

Etähallinta

Mahdollisuus kolmen lämmityspiirin ohjaukseen

Varaus ulkoisen lämmönlähteen käytölle (aurinkokeräin)

Maalämpö 1:llä olisi ollut mahdollisuus tarjota maalämpökeskustakin, mutta sen teholuokka ei osu tarpeiden kanssa samaan haarukkaan. Maalämpölaitteisto tulee asennettavaksi joko navettarakennukseen tai laitteistolle erikseen rakennettavaan huoneeseen. Asuinrakennukseen laitteistoa ei haluta asentaa, sillä se aiheuttaisi jo valmiiksi remontoituihin tiloihin uusia remonttitoimenpiteitä. Kolmenpiirin ohjausta vaadin siksi, että olisi mahdollisuus lämmittää asuinrakennuksen ja korjaamo/navettarakennusten lisäksi myös naapuritalon lämmin käyttövesi.

4.3.3 Käyttökustannukset

Lämmitysjärjestelmistä kumpikin tarvitsee energiaa toimiakseen. Sähköenergiaa kuluu erilaisten kiertovesipumppujen ja sähkömoottoreiden pyörittämiseen. Maalämpöpumppu käyttää sähköä polttoaineenaan lämpöenergian tuottamiseen. Sähkön kulutus riippuu SCOP-arvosta eli maalämpöpumpun hyötysuhteesta. Hakelämpölaitos taas tarvitsee sähköä käyttöenergiakseen ja esimerkiksi haketta tai turvetta polttoaineekseen, jonka hinnalla on suurempi merkitys hakelämpölaitoksen käyttökustannuksiin kuin sähkön hinnalla.

Kohteen tämän hetkinen lämpöenergian kulutus on noin 37000 kWh, kun otetaan huomioon hallin ja navetta-rakennuksen lämmitykseen käytettävä kevyt polttoöljy. Kohteeseen toimitettavan sähkön todellinen hinta saadaan kun lasketaan kaikki sähkөөn käytetty raha mukaan lukien siirtohinnot ja jaetaan ne käytetyn sähkön määrällä. Edeltävää laskukaavaa käyttäen saadaan todelliseksi sähkön hinnaksi 0,107 €/kWh eli 10,7 c/kWh.

Hakelämmityksen käyttökustannukset muodostuvat suurimmilta osin polttoaineen hankinnasta. Polttoaineena käyttökustannuslaskennassa on käytetty haketta, joka on ostettu ulkopuoliselta tuottajalta. Hinta metsähakkeelle löytyi Koneviestin bioenergiailitteestä, jonka mukaan hakkeen hinnan 12kk:n liukuva keskiarvo olisi 20,8 €/MWh eli 0,0208 €/kWh (Koneviesti 16.3.2017, 98). Motivan julkaisun (19.4.2010) mukaan hakekattilan vuosihyötysuhteeksi voidaan ajatella 80%. Oikea lämpöenergian tarve 46314 kWh saadaan, kun jaetaan 37000 kWh prosenttiluvulla 80. Näin ollen lämpöenergian polttoainekustannukset hakelämmityksellä saadaan kun kerrotaan kohteen lämpöenergian tarve 46314 kWh hakkeen hinnalla 0,0208 €/kWh. Polttoainekustannus on tällöin 963 €/v.

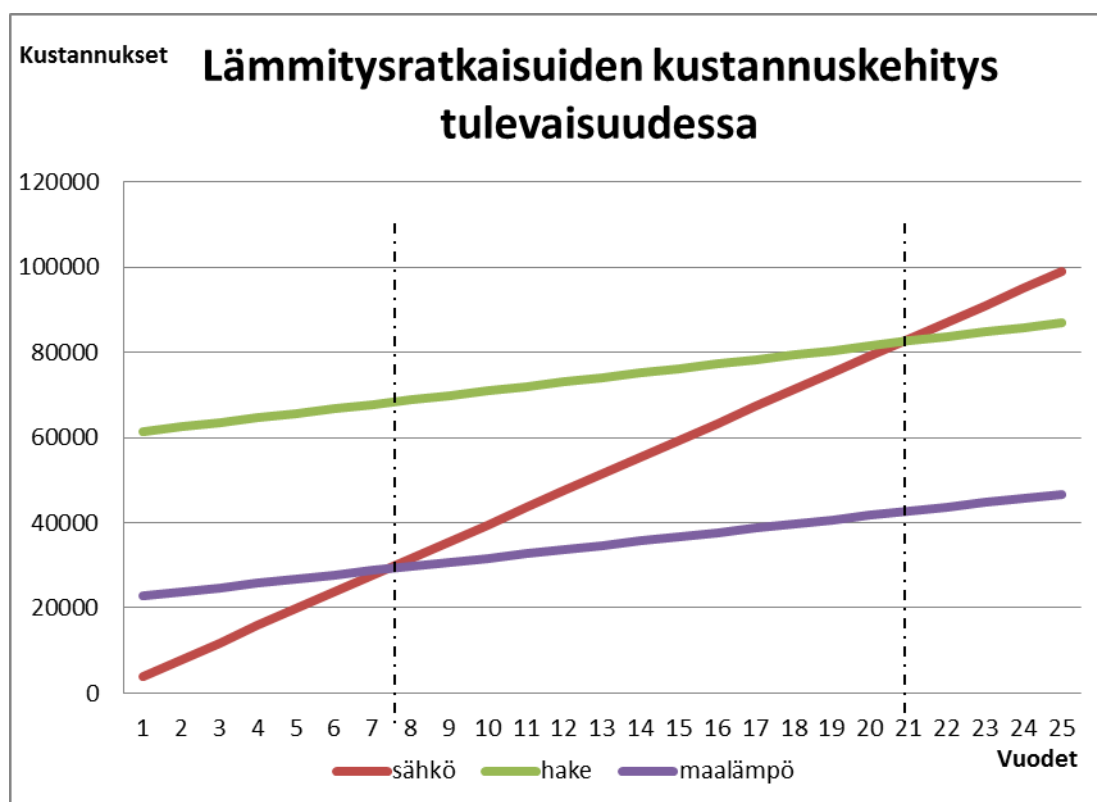
Pielisen Karjalan Bioenergia (2014, 84) julkaisun mukaan lämpölaitosten yleinen omakäytösähkön osuus on 1-2% lämpökeskuksen tuottaman lämpöenergian määrästä. Tässä tapauksessa käytettiin siis 2%:a lämpölaitoksen tuottaman 46314 kWh energiamäärästä eli 926 kWh/v. Vuosittaisiksi käyttökustannuksiksi tulee siis polttoainekustannusten lisäksi 99 euron omakäytösähkö eli yhteensä 1062 €.

Lämpöä tuottaakseen myös maalämpö-järjestelmä tarvitsee sähköä ja se tarvitsee sitä suhteessa enemmän, mitä hake-lämmitys. Sähkön kulutuksen suhde tuotettuun lämpöenergiaan riippuu paljolti maalämpöpumpun hyötysuhteesta eli SCOP-arvosta. Tässä kyseisessä tapauksessa edullisemman tarjouksen tehneen valmistajan maalämpöpumpussa SCOP-arvo oli 5,22/3,96 ja se oli saatu EN 14825 standardia käyttäen. Tämä tarkoittaa sitä, että SCOP-arvolla 5,22 lämpöpumpusta syötetään 35 asteista vettä lämmönjakopiiriin, kun taas SCOP-arvolla 3,96 lämmönjakopiiriin syötetään 55 asteista vettä (Cop vs. SCOP – hyötysuhteiden erot). Toisin sanoen, mitä lämpimämpää vettä verkostoon jaetaan, sen huonommaksi SCOP-arvo muuttuu.

Käyttökustannuslaskelmissa olen käyttänyt maalämpöpumpun huonompaa SCOP-arvoa, joka on 3,96. Tällä hyötysuhteella saadaan 37000 kWh:n lämpöenergian tuottamiseen tarvittavaksi sähkönmääräksi 9356 kWh, mikä tarkoittaa euroina 999 € vuodessa. Omakäyttö sähkön kustannukset ovat siis reilusti hake-lämmitystä suuremmat, mutta toisaalta maalämmölle etumatkaa investoinnin takaisin maksussa antavat pienemmät perustamiskustannukset.

4.4 Lopullinen valinta ja sen perustelu

Opinnäytetyöstä käy ilmi, että lämmitysjärjestelmän muutoksella saadaan aikaan merkittäviä säästöjä käyttökustannuksissa. Hakelämmitykseen kuuluvat vuosittaiset käyttökustannukset ovat hiukan maalämpöä suuremmat, kun maalämmön hyötysuhteena käytetään huonompaa 3,96 SCOP-arvoa. Perustamiskustannukset ovat kuitenkin hakelämmityksessä huomattavasti suuremmat, mikä vaikuttaa investointipäätökseen merkittävästi. Seuraavasta kuviosta (Kuvio 5) voidaan huomata kuinka perustamis- ja käyttökustannukset vaikuttavat vuosien päästä.



Kuvio 5. Lämmitysratkaisujen kustannustarkastelu

Kuviossa 5 on esitetty halvimpien tarjousten perusteella eri lämmitysratkaisujen kustannuskehitys tulevaisuuteen. Kuvio osoittaa, että maalämpö alittaa sähkölämmityksen kustannuskäyrän seitsemännen vuoden aikana. Käyrien leikkauspisteet osoittavat ajankohdan, jolloin kyseinen lämmitysmuoto muuttuu halvemmaksi ylläpitää kuin sähkölämmitys. Sähkölämmityksen käyrä lähtee ensimmäisenä vuonna 3950 euron kustannuksesta, mikä vastaa sähkölämmityksen vuosittaista käyttökustannusta. Hake- ja maalämmön kustannukset lähtevät oman perustamiskustannuksen ja ensimmäisen vuoden käyttökustannuksen summan kohdalta. Vuosittain jokaiseen käyrään lisätään vuosittainen käyttökustannus eli laitteistojen käytöstä ja polttoaineesta aiheutuvat kustannukset huonelämpötilojen pysyessä lähes vakiona ympäri vuoden. Hakejärjestelmässä tämä tarkoittaa ostohakkeen hinnan sekä omakäyttösähkön yhteenlaskettua arvoa. Omakäyttösähkön hinta on 99€/v ja ostohakkeen 963€/v. Maalämpö-järjestelmässä vuosittaiset käyttökustannukset tarkoittavat omakäyttösähköä eli 999€/v. Vuosittaisiin käyttökustannuksiin ei ole huomioitu huoltokustannuksia, jotka riippuvat paljon järjestelmän käytöstä, laiteyksilöstä ja esimerkiksi hakkeella polttoaineen laadusta.

Kustannustarkastelussa ei ole huomioitu sitä, että rakennetaanko lämmitysjärjestelmät velkarahalla vai ilman. Korkokantaan ja lainojen lyhennyksiin ei ole tässä opinnäytetyössä paneuduttu.

5 Pohdinta

Pidän opinnäytetyön antamaa tulosta varsin luotettavana, sillä hinnat laitteille ja polttoaineille on saatu luotettavilta toimijoilta ja näin ollen virhemarginaali niiden suhteen on pieni. Maalämmön tarjousten osalta epävarmuutta hintoihin aiheuttaa poraamiskustannukset, jotka voivat vaihdella sen perusteella kuinka paksusti pintamaata on porattavalla paikalla. Hakelämmityksen kohdalla yksi epävarmuutta aiheuttava tekijä on hakkeen laatu, joka vaikuttaa niin poltettavan hakkeen määrään, kuin myös huoltotarpeen lisääntymiseen. Huoltotarpeiden lisääntyminen perustuu liialliseen nokeamiseen märällä hakkeella sekä epäpuhtaan hakkeen aiheuttamiin järjestelmähäiriöihin. Hakelämmityksen kustannuksia lisäisi vielä entisestään hakevaraston mahdollinen rakentaminen. Tilan käyttöön on aikaisemmin rakennettu pulpetti-mallinen 24 metriä leveä ja 12 metriä pitkä konehalli. Konehalli on soralattialla ja se on timpureiden rakentama. Halli tuli maksamaan verollisena noin 63000 €. Halli ei ole suoraan hakevarastoksi verrattavissa, sillä hakevarastossa pitäisi olla betonilattia, mutta voidaan kuitenkin todeta, ettei tarvittavan kokoinen hakevarasto tulisi kuitenkaan maksamaan enempää. Järkevin ja kustannustehokkain ratkaisu tällä tilalla olisi, joko valaa tilan kylmään konevarastoon betonilattia ja väliseinät hakkeen varastointia varten tai vuokrata naapurin isosta hakevarastosta osa oman tilan käyttöön.

Pitkät poissaolojaksot on helppo järjestää maalämmön kanssa. Etäyhteyden johdosta pumpun tilaa voidaan seurata lomalta käsin ja pumpun teho voidaan myös säätää pienemmälle loman ajaksi. Hakelämpöjärjestelmän jättäminen pidemmäksi aikaa on ongelmallisempaa. Hakejärjestelmää voidaan myös tarkastella ja säätää etäyhteydellä, mutta hakkeen lisääminen täytyy jonkun suorittaa manuaalisesti paikan päällä.

Maalämmön kustannuserissä ei ole huomioitu maalämpölaitteiston sijoituspaikkaa. Mikäli maalämpölaitteisto sijoitettaisiin erilliseen rakennukseen, kuten hakelämpölaitteisto täytyisi rakennuksen seinä- ja kattorakenteiden kustannukset lisätä maalämpölaitteiston perustamiskustannuksiin. Lämpölaitteistojen hinnanero on kuitenkin niin suuri, että hake-lämmitys jäisi todennäköisesti edelleen maalämpöä kalliimmaksi ratkaisuksi.

Opinnäytetyön osoittamien tutkimustulosten pohjalta voidaan todeta, että Hakalan-tilan käyttöympäristöön lämmitysratkaisuksi parhaiten sopisi maalämpöjärjestelmä. Maalämpöjärjestelmä 1 oli vertailluista järjestelmistä kustannustehokkain, mutta lisäksi myös vaivaton ja ympäristöystävällinen ratkaisu.

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää rakennuskustannuksiltaan edullisin lämmitysjärjestelmä ja lisäksi kiinnittää huomiota käytön helppouteen ja ympäristönäkökulmiin. Mielestäni tämä tavoite täytettiin tarvittavalla tarkkuudella ja opinnäytetyön pohjalta voidaan aloittaa tarkemmat hankintavalmistelut.

LÄHTEET

Ariterm. 9.3.2011. Asennus- ja käyttöohje Ariterm 35+. [Verkkajulkaisu]. Saarijärvi: Ariterm Oy. [Viitattu 20.4.2017]. Saatavana: <http://www.ariterm.fi/wp-content/uploads/2014/01/Ariterm-35+-asennus-ja-k%C3%A4ytt%C3%B6ohje.pdf>

Auringosta sähköä. 15.11.2016. [Verkkosivu]. Motiva Oy. [Viitattu 20.11.2016]. Saatavana: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringosta_sahkoa

Aurinkolämpöjärjestelmät. 11.1.2017. [Verkkosivu]. Motiva Oy. [Viitattu 18.4.2017]. Saatavana: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat

Bioenergia pörssi. 20.2.2017. Puu polttoaineena. [Verkkosivu]. Bioenergiapörssi: Turveruukki Oy. [Viitattu 2.4.2017]. Saatavana: <http://www.bioenergiaporssi.fi/k%C3%A4sitteet-ja-laskurit/puu-polttoaineena>

Bioenergianeuvoja. 2016. Puunkosteus. [Verkkosivu]. [Viitattu 2.3.2016]. Saatavana: <http://www.bioenergianeuvoja.fi/faktaa/puun-kosteus/>

Cop vs. SCOP – hyötysuhteiden erot. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Turku: Nilan Suomi Oy. [Viitattu 23.4.2017]. Saatavana: <http://www.nilan.fi/cop-vs-scop-hyotysuhteiden-erot/>

Eklund, M. 27.4.2015. Biokattilat energiatodistuksessa. [Verkkajulkaisu]. Insinööritieteiden korkeakoulu: Aalto-yliopisto. [Viitattu 20.4.2017]. Saatavana: https://www.motiva.fi/files/10323/Biokattilat_energiatodistuksessa.pdf

Energian käyttö ja lähteet 1917-2007. 30.3.2007. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Tilastokeskus. [Viitattu 10.11.2016]. Saatavana: <http://www.stat.fi/tup/suomi90/maaliskuu.html>

Gebwell Oy. Ei päiväystä. Asennus-, käyttö- ja huolto-ohjekirja Qi. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 24.4.2017]. Saatavana: https://cdn2.hubspot.net/hubfs/1830590/Tom_Allen/Esitteet-ja-kayttoohjeet/Gebwell/KG1_Gebwell-Qi.pdf?t=1487937384000

Huikuri, N., Okkonen, L., Tanskanen, H. 20.1.2014. Bioenergialla työtä ja toimeentuloa Pielisen Karjalaan. [Verkkajulkaisu]. Biotalouskeskus: Karelia ammattikorkeakoulu Oy. [Viitattu 17.4.2017]. Saatavana: http://bioenergia.pikes.fi/documents/812306/0/PKBEV_2013-2014.pdf/8de5d21b-8ccc-4070-8755-d83b71347064

- Laatu. 2016. [Verkkosivu]. Bioenergianeuvoja. [Viitattu 8.11.2016]. Saatavana: <http://www.bioenergianeuvoja.fi/biopolttoaineet/hake/laatu/>
- Laitinen, J. 2010. Pieni Suuri Energiakirja. Into Kustannus Oy.
- Lämpöä omasta maasta. Ei päiväystä. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Motiva Oy. Suomen lämpöpumppuyhdistys. [Viitattu 19.4.2017]. Saatavana: http://www.sulpu.fi/documents/184029/190695/Motiva%2C%20Lampoa_omasta_maasta-1.pdf
- Lämpöä ilmassa. Ei päiväystä. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Motiva Oy. Suomen lämpöpumppuyhdistys. [Viitattu 20.4.2017]. Saatavana: <https://www.motiva.fi/files/175/Ilmalampopumput.pdf>
- Maalämpöpumppu. 29.3.2017. [Verkkosivu]. Motiva Oy. [Viitattu 1.4.2017]. Saatavana: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpput_eknologi/maalampopumppu
- Motiva Oy. 19.4.2010. Polttoaineiden lämpöarvot, hyötysuhteet ja hiilidioksidin ominaispäästökertoimet sekä energian hinnat. [Verkkajulkaisu]. Energiatehokkuus-sopimukset. [Viitattu 10.3.2017]. Saatavana: https://www.motiva.fi/files/3193/Polttoaineiden_lampoarvot_hyotysuhteet_ja_hiilidioksidin_ominaispaastokertoimet_seka_energianhinnat_19042010.pdf
- Myydyt lämpöpumput 2016. Ei päiväystä. [Verkkajulkaisu]. Turku: Suomen lämpöpumppuyhdistys. [Viitattu 23.4.2017]. Saatavana: <http://www.sulpu.fi/documents/184029/208772/Myydyt%20%C3%A4mp%C3%B6pumput%202016%2C%20kaaviot%2C%20f.pdf>
- Kodin keskimääräinen energiankulutus. 2016. [Verkkosivu]. Vattenfall. [Viitattu 3.1.2017]. Saatavana: <http://www.vattenfall.fi/fi/keskimaarainen-sahkonkulutus.htm>
- Koneviesti. 2017. Polttoaineiden hintataso: Polttoaineen hinta lämmön tuotannossa. Koneviesti 16.3.2017 (4), 98.
- Pelletti. 2017. [Verkkosivu]. Bioenergianeuvoja. [Viitattu 20.1.2017]. Saatavana: <http://www.bioenergianeuvoja.fi/biopolttoaineet/pelletti/>
- Pelletin käyttö. 2017. [Verkkosivu]. Bioenergianeuvoja. [Viitattu 20.1.2017]. Saatavana: <http://www.bioenergianeuvoja.fi/biopolttoaineet/pelletti/pelletin-kaytto/>
- Pelletin varastointi. 2017. [Verkkosivu]. Bioenergianeuvoja. [Viitattu 20.1.2017]. Saatavana: <http://www.bioenergianeuvoja.fi/biopolttoaineet/pelletti/pelletin-varastointi/>

RefGroup Oy. Ei päiväystä. Energian säästö ja lämpökertoimet. [Verkkosivu]. Vantaa: RefGroup. [Viitattu 31.3.2017]. Saatavana: <http://www.ilmalampopumput.fi/fi/mika-ihmeen-lampopumppu/energian-saasto>

Saimaa Gardens Service. Ei päiväystä. Erilaisia lämpöpumppuja. [Verkkosivu]. [Viitattu 23.4.2017]. Saatavana: <http://www.saimaagardens.one1.fi/index.php?mid=70>

Sähkön alkuperä. 2016. [Verkkosivu]. Korpelan Voima. [Viitattu 3.1.2017]. Saatavana: <http://www.korpelanvoima.fi/Page.aspx?pid=1280>

Tyhjiöputkikeräimet. 11.11.2016. [Verkkosivu]. Motiva Oy. [Viitattu 18.4.2017]. Saatavana: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/nestekiertoiset_keraimet/tyhjioputkikeraimet

Veiluoma, A.2013. Keskuslämmityskattilan suunnittelu. [Verkkojulkaisu]. Vaasa: Vaasan ammattikorkeakoulu. Tekniikan ja liikenteen yksikkö, Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 26.4.2017]. Saatavana: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2013061213950>

LIITTEET

Liite 1. Tilarakennusten perutiedot

Liite 2. Sähkön hintalaskelma

Liite 3. Lämmityssähkön hintalaskelma

Liite 4. Lämmitysjärjestelmien vuosikustannuslaskelma

Liite 1 Tilarakennusten perustiedot

Tilarakennusten perustiedot				
	Pinta-ala, m ²	Huonekorkeus, m	Tilavuus, m ³	
Asuinrakennus				
Kellari-kerros	18,5	1,4	25,9	
1. kerros	144	2,6	374,4	
2. kerros	130	1,4	182	
Yhteensä	292,5		582,3	
joista lämmitettävää			556,4	
Korjaamohalli				
	123	5	616,25	
Yhteensä			616,25	
Navetta-rakennus				
	140	2,2	308	
Yhteensä			308	
joista lämmitettävää	91	2,2	200,2	
Lämmitettävää yhteensä		Pinta-ala, m²	Tilavuus, m³	
		507	1372,85	

Liite 2 Sähkön hintalaskelma

Sähkön hintalaskelmia				
Tuote	Hinta			
Perusmaksu 3*35 A	3,53	€/kk		
Energia muu aika	4,81	snt/kWh	0,0481	€/kWh
Energia talvipäivä	6,76	snt/kWh	0,0676	€/kWh
Siirtohinnot				
Perusmaksu 3*25 A	20,55	€/kk		
Energia muu aika	1,49	snt/kWh	0,0149	€/kWh
Energia talvipäivä	2,84	snt/kWh	0,0284	€/kWh
Todellinen sähkön hinta			3277,76	€/v
Todellinen sähkön hinta			0,106777	€/kWh
Sähkön kulutus				
		kWh		€
Energia muu aika	20581,7		1296,647	
Energia talvipäivä	10115,6		971,0976	
Perusmaksu			42,36	
Perusmaksu siirto			246,6	
Yhteensä			2556,70	

Liite 3 Lämmityssähkön hintalaskelma

Lämmityssähkö osuus			75,00 %
		kWh	€
Lämmityssähkön kulutus		23022,98	1331,879
		kWh	L
Öljyn kulutus		14028	1400
		kWh	€
Lämmityssähkö yhteensä		37050,98	3956,185

