

Juha Ruohomaa

ÖLJYLÄMMITYKSEN KORVAAMINEN
BIOPOLTTOAINEELLA

Rakennustekniikan koulutusohjelma
2012

ÖLJYLÄMMITYKSEN KORVAAMINEN BIOPOLTTOAINEELLA

Ruohomaa, Juha
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Huhtikuu 2012
Ohjaaja: Sirén, Pekka
Sivumäärä: 33
Liitteitä: 10

Asiasanat: bioenergia, lämmitys, hake, energialähteet

Tämän opinnäytetyön aiheena on öljylämmityksen korvaaminen biopolttoaineella. Työssä tehtiin selvitys kohteen lämmitysenergian kulutuksesta ja nykyisistä kustannuksista. Kohteena oli maatila, jota lämmitetään polttoöljyllä. Tavoitteena oli siirtyä luontoystävällisempään ja edullisempaan lämmitysmuodon vaihtoehtoon.

Työn tarkoituksena oli alentaa maatilán lämmityskustannuksia. Lämmityskustannuksia pyrittiin alentamaan siirtymällä käyttämään biopolttoainetta. Uudeksi lämmitysvaihtoehdoksi työssä verrattiin hake- ja pellettilämmitystä, joista valittiin edullisempi ja käytännöllisempi vaihtoehto.

Opinnäytetyön alussa selvitettiin lämmitettävät rakennukset ja niiden lämmitysenergiankulutukset Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaan. Lämmitystehontarpeenlaskennan jälkeen vertailtiin mahdollisia vaihtoehtoja uudeksi lämmitysmuodoksi. Lämmitysmuotoja vertailtiin polttoainekustannusten ja laitteiston investointikustannusten perusteella. Työssä tutkittiin erittäin paljon biokattilan hyödyntämistä viljan kuivaamisessa.

Opinnäytetyön tuloksista saatiin selville investointikustannukset rakennuskohtaisesti ja kannattavuus niiden liittämiseen uuteen lämmitysverkostoon. Opinnäytetyön tuloksista selviää nykyiset lämmityskustannukset, kun rakennuksien lämmittämiseen käytetään kevytpolttoöljyä. Raportista selviää myös bioenergian käyttökustannukset ja bioenergiaan siirtymisen investointikustannukset. Työn raportista saatiin arvio hankkeen toteuttamisen takaisinmaksuajasta. Opinnäytetyön perusteella saatiin havainnollistettua hankkeen kannattavuus investointikustannusten suhteessa nykyisiin lämmityskuluihin.

REPLACING OIL HEATING WITH BIO FUEL

Ruohomaa, Juha

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Construction Engineering

May 2012

Supervisor: Sirén, Pekka

Number of pages: 33

Appendices: 10

Keywords: bioenergy, heating, woodchips, sources of energy

This thesis discusses the replacement of oil heating with bio fuel. The thesis is based on a survey conducted on a farm whose heating system runs on fuel oil. The purpose was to examine the heating energy consumption and its costs. The aim was to provide an environmentally friendly alternative with reduced costs.

The purpose was to reduce the heating costs of the farm. The main way to achieve this was to replace the old heating system with a bio fuel alternative. The two alternatives compared were wood chips and wood pellets, and the selection was based on efficiency, costs and practicality.

The first step was to chart the buildings that needed heating and calculate their heating energy consumption on the basis of the National Building Code of Finland. After the calculations on heating power requirements, the new options were weighed on the grounds of fuel costs and equipment investments. The possibility of utilising a bio burner in drying grain was emphasised.

The results of this thesis displayed the investment costs on each building and the cost-effectiveness of their connection on the new heating network. The results show the current heating costs when the heating system runs on light fuel oil. In addition, the running costs of bio fuel and the investment costs caused by the transfer were calculated. The report provided an estimate on the repayment period of the plan and a visualisation on the cost-effectiveness of investments in relation to current heating costs.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	LÄMMITETTÄVÄT RAKENNUKSET	7
2.1	Tällä hetkellä lämmitettävät rakennukset	7
2.2	Nykyiset lämmityslaitteet	7
2.3	Tulevaisuudessa lämmitettävät rakennukset.....	8
2.4	Viljan kuivaus	9
2.5	Tulevaisuudessa käytettävät lämmityslaitteet.....	12
3	LÄMMITYSTEHONTARVE.....	13
3.1	Asuinrakennus	13
3.2	Kanalarakennus.....	14
3.3	Huoltopaja.....	15
3.4	Konesuoja	16
3.5	Uusi kanalarakennus	16
4	LÄMMITYSMUODON VAIHTOEHDOT	16
4.1	Uusi lämmitysmuoto	16
4.2	Hakelämmitys	16
4.3	Pellettilämmitys	17
5	LAITTEIDEN MITOITUS	19
5.1	Biopolttokattila	19
5.2	Tukikattila.....	20
5.3	Polttoainevarastot.....	21
6	INVESTOINTIKUSTANNUKSET	21
6.1	Rakennuskustannukset.....	21
6.2	Kattila- ja laitteistokustannukset.....	22
6.2.1	Bio- ja tukikattila.....	23
6.2.2	Putkistot ja lämmittimet	24
6.3	Investointikustannukset	25
7	KANNATTAVUUS	26
7.1	Nykyiset lämmityskustannukset	26
7.2	Biopolttoaineen kustannukset	26
7.3	Takaisinmaksuaika.....	28
8	LÄMPÖKESKUKSEN SJOITTAMINEN	30
8.1	Lämpökeskuksen sijoittaminen.....	30
8.2	Polttoainevaraston sijoittaminen.....	31
9	POHDINTA.....	31

LÄHTEET.....	34
LIITTEET	36

1 JOHDANTO

Uusiutuvan energian käyttö on kasvanut runsaasti viime vuosina niin pientaloissa, kuin suuremmisakin teollisuusrakennuksissa. Puuperäisillä polttoaineilla tuotettua energiaa käytettiin Suomessa jo vuonna 2009 toiseksi eniten energialähteistä. Puuperäisten polttoaineiden käyttö on edelleen kasvussa, sähkön ja öljyn hintojen noustessa. (Ylitalo 2010.)

Metsähakkeen ja pelletin käyttö on edullinen sekä vaivaton tapa lämmittää rakennuksia. Kiinteiden polttoaineiden polttokattilat ovat nykyään tehokkaita sekä toimivia ratkaisuja. Laitevalmistajilta saa nykyään kaikki tarvittavat komponentit valmiskonteissa tai erikseen tilattuna. Nykyaikaisilla kiinteänpolttoaineenkattiloilla saadaan päästöjä sekä energiakustannuksia pienemmiksi vanhaan öljylämmitykseen verrattuna. Energiakustannuksissa saatetaan säästää lyhyessäkin ajassa riippuen kohteesta ja vanhasta lämmitysmuodosta. (Motiva 2005.)

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on löytää maatilakohteeseen mahdollisimman edullinen sekä käytännöllinen lämmitysmuoto öljylämmityksen tilalle. Työssä selvitetään rakennusten lämmitystehontarpeet sekä niiden vuotuinen energian kulutus. Uusiutuvan energian polttoaineiden käyttökustannuksia vertaillaan näiden tietojen perusteella. Työssä vertaillaan vaihtoehtoina pellettilämmitystä sekä hakelämmitystä. Maatiloilla on erittäin ajankohtaista uudistaa lämmöntuotantomuoto nykyaikaisempaan teknologiaan energiakustannusten alentamiseksi sekä luontoa säästävemmäksi.

Työssä vertaillaan eri rakennusten liittämistä uuteen lämpökeskukseen ja mitkä rakennuksista on järkevää liittää uuteen lämpökeskukseen, jotta takaisinmaksuaika ei olisi järjettömän pitkä. Kohteen verrattaviin rakennuksiin kuuluu asuinrakennus, kanalarakennus, konesuoja sekä huoltopaja.

Aineistona työssä käytetään eri energiayhdistysten sekä biopolttoaineiden toimittajien www-sivuja. Sivustojen tieto perustuu laboratoriomittauksiin tai olemassa olevien kohteiden mittauksiin ja käyttökokemuksiin. Lisäksi työssä käytetään Suomen rakentamismääräyskokoelman eri osia.

2 LÄMMITETTÄVÄT RAKENNUKSET

2.1 Tällä hetkellä lämmitettävät rakennukset

Tutkittavassa kohteessa asuinrakennus on vanha noin 550 m² hirsirakennus ja sen takia lämpövuotoja on paljon. Mitoituspakkasella lämmittäminen tulee nykyisellä lämmitys muodolla kalliiksi ja se on työlästä. Asuinrakennuksessa ei ole mitään koneellista ilmanvaihtoa. Ilmanvaihto toimii painovoimaisesti pesuhuoneista sekä wc-tiloista, lisäksi keittiössä on liesituuletin.

Kanalarakennusta on laajennettu kaksi kertaa. Viimeinen laajennus tehtiin syksyllä 2011. Aikaisemmista laajennusvuosista ei ole tarkkaa tietoa, koska yrittäjä tilalla on vaihtunut. Kanalarakennus on viimeisen laajennuksen jälkeen 85 metriä pitkä, 12,5 metriä leveä ja sisäkorkeus on 3,1 metriä. Kanalarakennukseen on uusittu myös ilmanvaihto laajennuksen yhteydessä. Tilassa on koneellinen poistoilmanvaihto, joka hoidetaan kolmella 800 mm kattopuhaltimella sekä kolmella 1 000 mm seinäpuhaltimella. Raitisilma tuotantotilaan tulee seinällä olevista tuuletusluukuista sekä korvausilma-aukoista.

Huoltopaja on rakennettu konehallin päätyyn lämpimäksi tilaksi. Tilan pääsääntöinen käyttötarkoitus on koneiden huoltoa varten, mutta myös saada yksittäinen kone tarvittaessa lämpimään tilaan. Tila on 12 metriä pitkä, 6 metriä leveä ja 3,5 metriä korkea. Huoltopajan seinät on eristetty 100 mm paksuisella styrox-levyllä. Huoltopajassa ei ole ilmanvaihtoa.

2.2 Nykyiset lämmityslaitteet

Asuinrakennuksen lämpö tuotetaan tällä hetkellä puukattilalla sekä tukikattilana toimivalla öljykattilalla. Puukattila on uusittu vuonna 2009 ja nykyisen kattilan teho on 60 kW. Lämpöä ei kuitenkaan pystytä kunnolla johtamaan kattilalta asuinrakennukseen, koska lämpökanaali puukattilalta asuinrakennukseen on vanha ja huonossa kunnossa. Asuinrakennuksessa on vesikiertoiset patterit, jotka voidaan säilyttää ja

käyttää jatkossakin uuden lämmitysmuodon kanssa. Uudelta lämpökeskukselta johdetaan vain uusi lämpökanaali asuinrakennukselle.

Kanalarakennus lämmitetään kanalassa sijaitsevalla öljykattilalla, joka on uusittu kesällä 2011. Öljykattilan teho on 40 kW. Kanalarakennukseen on uusittu patteriverkostot ja putkistot laajennuksen yhteydessä. Kanalan puolella on uudet vesikiertoiset alumiinipatterit ja pakkaamon puolelle on asennettu vesikiertoiset patterit. Kanalarakennuksen patteriverkosto pystytään hyödyntämään uuden lämmitysmuodon yhteydessä.

Huoltopajassa tilaa lämmitetään sähkölämmittimillä. Tilassa on yksi sähköpatteri sekä yksi puhallin jossa on sähkövastukset. Huoltopajaan ei ole johdettu vesi- ja lämmitysputkia.

2.3 Tulevaisuudessa lämmitettävät rakennukset

Uuteen lämpöverkoston tullaan liittämään ennestäänkin lämmitettävät rakennukset, eli asuinrakennus, kanalarakennus ja mahdollisesti huoltopaja. Uutta lämpökeskusta voitaisiin hyödyntää mahdollisesti konesuojan lämmittämiseen ja kuivurissa viljan kuivaamisessa.

Konesuoja on vuonna 2010 valmistunut kaarihalli. Konesuoja on mitoiltaan 28 metriä pitkä, 20 metriä leveä ja 9 metriä korkeimmasta kohdasta. Konesuojassa ei ole tällä hetkellä mitään lämmityslaitteita. Konesuojassa on soralattia, seinät eristettyjä peltielementtejä ja katto peltiä, joka on eristetty ruiskuttamalla uretaani pellin pintaan.

Biokattilan mitoituksessa halutaan otettavan myös huomioon uuden kanalarakennuksen mahdollinen rakentaminen lähitulevaisuudessa. Tällä vältytään välittömältä kattilan vaihdolta suurempaan. Uusi kanalarakennus olisi kokoluokaltaan samaa, kuin vanha. Uusi rakennus tullaan sijoittamaan kuivurin ja konehallin väliin vanhan kanalan suuntaisesti, jotta kanaloiden tekniikkaa pystytään yhdistämään. Uuden kanalan sijoituspaikka muuttaa tulevan lämpökeskuksen alkuperäisesti suunniteltua paikkaa.

2.4 Viljan kuivaus

Kuivurissa viljan kuivausilma lämmitetään tällä hetkellä kevyellä polttoöljyllä. Lämpökeskusta voidaan hyödyntää kuivurin kuivausilman lämmittämiseen, jolla saadaan viljan kuivaamisen polttoainekustannusta pienemmäksi.

Kuivausprosessissa poistetaan kosteutta viljasta, joka vaatii polttoöljyä noin 0,15 litraa poistettua vesikiloa kohden. Hehtaarin viljasadon kuivaamiseen kuluu 30 – 70 litraa polttoöljyä, viljan kosteudesta riippuen. Vastaavan viljasadon kuivaamiseen kuluu 0,5 – 1,2 m³ haketta. (Kuva 3.) Nykyisellä öljyn hinnalla kuivaamisen hinta on 33,9 – 79,1 €/ha. Kevyen polttoöljyn hinta oli 15.11.2011 1,13 €/l. (Pellettienergiayhdistys). Tutkittavassa kohteessa viljeltävä peltoala on 194 ha, jolloin polttoöljyä kuluu vuosittain 5 820 – 13 580 litraa. Näin ollen kevytpolttoöljyn vuosikustannus viljan kuivaamisessa on 6 576,6 – 15 345,4 €. Vastaavasti hakkeella kuivatun viljan kuivauskustannukset olisivat 2 – 4,8 €/ha. Koko viljasadon kuivaamiseen haketta kului 97 – 232,8 m³. Kuivaamisen kustannukset haketta käyttäen olisivat 388 – 931,2 €. (Ahokas 2012, 5.) Hinta hakkeelle on laskettu sen mukaan, että hake tehdään omasta raaka-aineesta.

Viljan kuivaamisessa voitaisiin käyttää vesi-glykoli kiertoista lämmityspiiriä. Biokattilalta ohjattaisiin lämmitetty vesi lämmönvaihtimen läpi, jonka toisella puolella kulki vesi-glykoli seos. Kuivurin kuivausilman imuaukon eteen asennettaisiin lämmönsiirrin, jonka läpi ilma kulkisi. Kattilalta johdettu lämminvesi luovuttaa lämmönvaihtimessa lämpöä vesi-glykoliseokseen, joka johdetaan kuivurin lämmönsiirtimelle. Lämmönsiirtimen ympärille rakennettaisiin tiivis suojus, jotta kaikki kuivurille menevä ilma kulkisi lämmönsiirtimen läpi.

Kuivausilman lämmitystehontarvetta ei tarvitse erikseen ottaa huomioon lämpökokeskuksen mitoituksessa, koska sadon korjaamisen ja kuivaamisen ajankohta on elosyyskuu, jolloin rakennusten lämmitystehontarve on vähäinen. Lämpökeskukseen jätetään varaus kuivausilman lämmityspatterille, jotta hanke pystytään toteuttamaan myöhemmässä ajankohdassa.

Rovion tilalla käytetään vastaavaa ratkaisua viljan kuivaamisessa. Tilalla on 300 kW:n biokattila, joka riittää kuivausilman lämmittämiseen. Tilalla ei käytetä yhtään polttoöljyä viljan kuivaamisessa. Lämmönvaihdin on 500 kW ja lämmönsiirrin 350 kW. Lämmönvaihtimen pitää olla teholtaan suurempi kuin biokattila. Rovion tilalla oli ennen 300 kW:n lämmönvaihdin, mikä ei pystynyt siirtämään vedestä vesiglykoliseokseen lämpöä tarvittavaa määrää.



Kuva 1. Lämmönvaihdin lämpökeskuksessa Rovion tilalla. (Ruohomaa 2012)



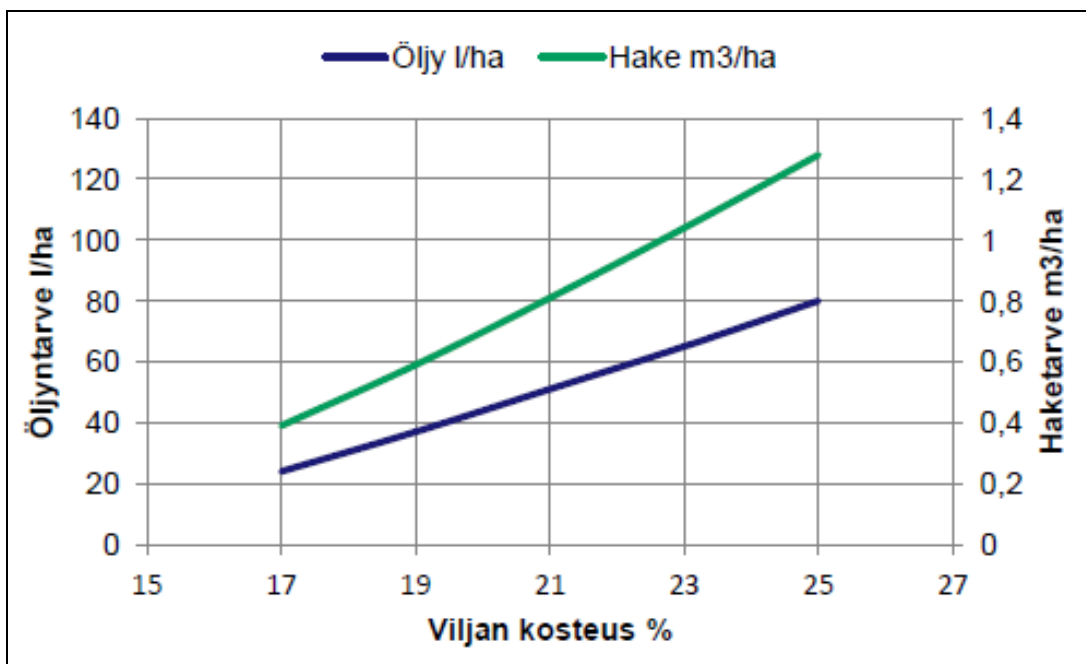
Kuva 2. Lämmönsiirrin Rovion tilalla kuivurin kuivausilma-aukon edessä (Ruohomaa 2012)

Viljan kuivaamiseen on saatavana Mepun ja Säättötulen yhteistyössä valmistama hakkeella toimiva kuivausilmanlämmitin. Kuivausilman lämmityskontin saa 300 kW tai 500 kW kokoisena. Kontin hinta on koosta riippumatta noin 70 000 €. (Mepu Oy 2011.)

Tutkittavassa kohteessa on kaksi kuivuria, joista uudempaan on ajateltu hakekuivausmahdollisuutta. Viljeltävää peltopinta-alaa on 194 ha. Tilaamalla valmiskonttiratkaisu viljan kuivaamista varten ja olettaen, sadosta kuivattavan hieman yli puolet uudemmalla kuivurilla. Investointikustannusten takaisinmaksuaika olisi tällöin 9 vuotta ilman korkoja ja huoltokuluja.

Taulukko 1. Mepun viljan kuivaamiseen tarkoitetun hakkeella toimivan ilmanlämmittimen takaisinmaksuaika.

	Hake	Öljy
Investointi [€]	70 000	-
Polttoaineen hinta [€/ha]	4,8	79,1
Kuivauspinta-ala [ha]	100	100
Kuivaus [€]	480	7 910
Takaisinmaksuaika		9 vuotta



Kuva 3. Tarvittava hakkeen tai öljyn tarve hehtaarin viljan kuivaamisessa.

2.5 Tulevaisuudessa käytettävät lämmityslaitteet

Asuinrakennukseen ja kanalaan ei tarvitse tehdä mitään muutoksia. Niihin pitää ai-noastaan johtaa uudet lämpökanaalit uudelta lämpökeskukselta sekä liittää olemassa olevat verkostot uuteen linjaan.

Huoltopajaa pidetään enintään +15 °C lämpötilassa, joten pitää tutkia onko kannatta-vaa liittää huoltopajaa uuteen lämmitysverkostoon. Huoltopajaan joudutaan johta-maan oman lämpökanaalin sekä asentamaan vesikiertoiset lämmittimet ja niille put-kitukset, jotka tuovat lisää kustannuksia hankkeeseen.

Konesuoja on niin suuri, että sinne pitää valaa betonilattia ja asentaa lattialämmitys, joka mahdollistaa matalan veden lämpötilan lämmityspiirissä. Lattialämmitys on ai-noa järkevä vaihtoehto, koska konesuoja on yhdeksän metriä korkea. Lattialämmi-tyksellä lämpö saataisiin hyödynnettyä esimerkiksi talvella, jos halutaan koneet läm-pimään suojaan sulamaan. Jos seinälle asennettaisiin puhallinkonvektoreita joilla ti-laa lämmitettäisiin, lämpö nousisi katon rajaan eikä lämmityksestä näin ollen olisi hyötyä.

Lattialämmitys pystyttäisiin toteuttamaan vanhan soralattian tilalle eristämällä alapohja ja valamalla betonilattia soran tilalle. Tämä toimenpide tulee olemaan todella kallis, jolloin kannattaa miettiä kannattaako konesuojaa lämmitysverkostoon liittää.

Kuivurin lämmitysilmän lämmittämiseen käytettäisiin vesi-glykolikiertoista lämmityspatteria, jotta biopolttoainetta pystytään hyödyntämään mahdollisimman paljon viljan kuivauksessa. Vesi-glykoliseos mahdollistaa nesteen pitämisen kiertopiirissä myös talviaikaan, nesteen pakkaskestävyyden johdosta. Seos estäisi lämmönsiirtimen jäätyvän ja siitä johtuvan rikkoutumisen.

3 LÄMMITYSTEHONTARVE

Lämmitystehontarpeet on pyritty laskemaan mahdollisimman tarkkaan rakennusten rakenteiden perusteella. Kaikista rakenteista ei kuitenkaan tarkkoja tietoja ole, joten niitä on aivan tarkkaan mahdoton määrittää. Laskelmat ovat kuitenkin erittäin hyvin suuntaa antavia, joiden perusteella lämmityskattila pystytään hyvin mitoittamaan.

Tuntemattomien rakenteiden lämmönläpäisykertoimina (U-arvoina) on käytetty Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D3 määritellyjä lukuarvoja. Rakentamismääräyskokoelmassa D3 on esitetty rakennetyypistä riippuen eri lämmönläpäisykertoimia, jotka ovat suuntaa antavia arvoja. Näillä arvoilla saadaan lämmitystehontarve laskettua niin tarkkaan kuin se on tarpeellista. Laskelmissa käytetyt kaavat löytyvät liitteistä.

3.1 Asuinrakennus

Asuinrakennuksessa on hirsiseinät, jonka pintaan on rakennettu paneelivuoraus. Näiden tietojen sekä Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3 vertailu U-arvon perusteella työssä arvioitiin seinien U-arvon olevan luokkaa $0,50 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$. Myöskään alapohjan ja yläpohjan U-arvoja ei ole tiedossa, joten niissä käytettiin D3:ssa määrättyjen vertailuarvojen mukaan. (Suomen RakMK D3 2012, 13.) Ikkunat ja käytössä oleva ulko-ovi on uusittu vuonna 2000. Niiden tarkkoja U-arvoja ei ole kuiten-

kaan tiedossa. Näin ollen niiden U-arvot on arvioitu uusien ikkunoiden U-arvojen mukaan. Lämmitystehontarvetta ei näin ollen saada laskettua aivan tarkalleen, mutta laskennassa päästään kuitenkin lähelle todellista lämmitystehontarvetta. Käyttöveden lämmittämiseen tarvitseman tehon laskentaan käytettiin oletuksena virtaamaa, jos kaksi henkilöä on samanaikaisesti suihkussa, tällöin mitoitusvirtaama on $0,4 \text{ dm}^3/\text{s}$. (Suomen RakMK D1 2007, 35). Käyttövedenlämmitys on kuitenkin niin pieni osuus kaikesta lämmitystehontarpeesta sekä kulutus on niin hetkellistä, että se ei vaikuta oleellisesti lämmitystehontarpeeseen. Käyttövesi jätetään siis huomioimatta lämmitystehontarpeen laskennassa, jolla vältetään myös lämpökeskuksen liialliselta ylimitoitukselta. Asuinrakennuksen tiedot ja laskelmat löytyvät liitteestä 1.

3.2 Kanalarakennus

Kanalarakennus on muurattu osaksi eristeharkoista ja osaksi tehty elementeistä, joissa on välissä 10 cm paksu polyuretaanieriste. Alapohjassa on maanvarainen 15 cm paksu betonilaatta. Yläpohjassa on profiilipelti, höyrysulku ja puhallusvillaa 30 cm. Näiden tietojen perusteella saatiin laskettua kanalan rakenteiden U-arvot Suomen rakentamismääräyskokoelman C4 mukaan.

Ilmanvaihto säätyy automatiikan avulla koko ajan joten poistoilmanvaihto laskettiin Maa- ja metsätalousministeriön rakentamismääräyksen C2.2, kanalan vähimmäisilmanvaihtomäärän mukaan. Määräyksessä vähimmäisilmamäärä kanalassa on $0,5 \text{ m}^3/\text{h}$ yhtä kanaa kohden. (Taulukko 2). Kanoja kanalassa on 18 000 kappaletta, joten poistoilman määräksi saatiin $9\,000 \text{ m}^3/\text{h}$. (MMM C2.2, 3.) Kanojen tuottama lämpöteho on laskettu taulukon 3 perusteella kaavalla $4,7666\text{m}^{0,7646}$. Tuotantorakennus on kerroslattiakanela, eli kanat pääsevät liikkumaan vapaasti ja näin ollen luovuttavat enemmän lämpöä, kuin häkkikanalassa jonka laskemiseen taulukon 3 kaava on tehty. Tästä johtuen, kaavassa kanan massana (m) on käytetty 2,5 kg:aa, jotta päästään todellisempaan lämmöntuottoon. Kanojen tuottama lämpöteho on $18\,000 * (4,7666 * 2,5^{0,7646}) = 172\,881 \text{ W}$. (Hautala, Mannfors & Viita 2010, 30.) Maa- ja metsäministeriön rakentamisohjeessa C2.2 on kanan lämmöntuoton määräksi asetettu 10 W/kana. Lämmöntuotto on siis yhteensä $18\,000 * 10 \text{ W} = 180\,000 \text{ W}$. (MMM C2.2, 3.)

Määräyksen C2.2 mukaan munituskanala ei tarvitse lisälämpöä. Suurin osa suomen munituskanaloista on ilman lisälämpöä, mutta kananmunan laatu on parempi lämmön ollessa tasainen koko ajan. Kana tuottaa paljon kosteutta, jota pyritään poistamaan ilmanvaihdon avulla. Ilmanvaihdosta aiheutuu paljon lämpöhäviöitä, koska poistoilmasta ei oteta lämpöä talteen. Näin ollen lämmitystehontarpeen laskennassa otetaan kanalan lämmitykseen huomioon vanhan öljykattilan teho, joka on 40 kW. Kanalarakennuksen tiedot ja laskelmat löytyvät liitteestä 2.

Taulukko 2. Munakanan tuottama lämpöenergia ja munakanalan tarvitsema ilmanvaihtomäärä. (MMM C2.2, 3).

Eläin	Paino kg	Eläinten ikä, Kk (vrk)	Suositus- lämpötila °C	Suht. Kost:n max-%	Lämmön- luovutus W/el.	Kosteuden luovutus g/h	Ilmanvaihto m ³ /h min. max.
Kana	2	>5	18	70	10	5	0.5 6.0

Taulukko 3. Yhden munakanan suoran lämmöntuoton laskentakaava häkkikanalassa. (Hautala, Mannfors & Viita 2010, 30).

Tuotantosuuruus	Sisälämpötila [°C] (talviolosuhteet)	Elopainoalue [kg]	Suora lämmön- tuotto; talvi [W]	Suora lämmöntuot- to mitoitus: +30 °C [W]
Munituskanat (häkki)	12	1,5 - 2,0	4,7666m ^{0,7646} (R ² = 1,0000)	2,2323m ^{0,7290} (R ² = 1,0000)

3.3 Huoltopaja

Huoltopajan seinissä on ulkopuolella pelti vuoraus ja sisäpuolella on 20 mm:n vahvuinen vesivaneri. Seinät on eristetty 100 mm:n vahvuisella styrox-levyllä. Huoltopajan nosto-ovi on uusittu syksyllä 2011, jonka U-arvo saatiin valmistajan kotisivulta. (Masadoors 2012). Muista rakenteista ei ole tarkkaa tietoa, joten niiden U-arvoina on käytetty Suomen rakentamismääräyskokoelman vertailu U-arvoja. (Suomen RakMK D3 2012, 13.) Huoltopajan tiedot ja laskelmat löytyvät liitteestä 3.

3.4 Konesuoja

Konesuojassa on soralattia, jossa soraa noin 400 mm. Tämän tiedon perusteella laskettiin lattian U-arvo. Päätyseinät on Ruukin elementeistä joissa on 200 mm:n villa. Kyseiselle elementille löytyi Ruukin tuoteluettelosta U-arvo. Kaari osuus on eristetty ruiskuttamalla 150 mm vahvuinen uretaani peltiä vasten. Konesuojan sisälämpötilana laskennoissa on käytetty +10 °C. Konesuojan tiedot ja laskelmat löytyvät liitteestä 4.

3.5 Uusi kanalarakennus

Lämpökeskukseen tullaan jättämään myös varaus mahdollisesti seuraavan parin vuoden aikana rakennettavaan uuteen kanalarakennukseen. Uusi tuotantorakennus tulee olemaan samaa kokoluokkaa, kuin vanhakin eli noin 20 000 munakanan eläinmäärällä. Kanalarakennukseen jätetään samankokoinen varaus mitä vanhaankin kanalaan, eli 40 kW.

4 LÄMMITYSMUODON VAIHTOEHDOT

4.1 Uusi lämmitysmuoto

Uuden lämmitysmuodon halutaan olevan hake- tai pellettilämmitys, joten tässä luvussa ei verrata muita mahdollisia vaihtoehtoja. Hake- tai pellettilämmitystä vertailaan sen ostoenergian ja lämmitysmuodon käytännöllisyyden perusteella tässä kohteessa. Lämpöarvoina laskuissa on käytetty Motiva Oy:n talukkoarvoja.

4.2 Hakelämmitys

Hake on Suomessa eniten käytetty puupolttoaine. Sitä käytetään muun muassa alue- lämpölaitoksissa, kaupunkien lämpölaitoksissa sekä teollisuuden lämpölaitoksissa. Haketta tuotetaan muun muassa hakkuutähteistä, kuten suuremmista oksista ja puun rangoista. (Viirimäki 2008, 5). Metsähakkeen tuotanto on suuressa kasvussa. Hak-

keen merkitys lämmitysenergian tuotannossa on otettu huomioon myös kansallisesti. Hakkutähteiden hakettaminen tekee hakkeesta ympäristöystävällisen lämmitysratkaisun.

Hakkeen lämpöarvoon vaikuttaa oleellisesti sen kosteus ja palakoko. Mitä enemmän hakkeessa on kosteutta, sitä enemmän palamisenergiasta kuluu energiaa kosteuden poistoon. Hake poltetaan yleensä 20 – 50 % kosteudessa. (Motiva 2012.) Hakkeen kosteudella pystytään tosin säätelemään kattilan tehoa. Polttamalla mahdollisimman kuivaa haketta, saadaan kattilasta lämmitystehoa huomattavasti enemmän.

Hakelämmityksen hyviä puolia on sen varastoinnin helppous ja halpa hinta. Hakkeelle ei tarvitse olla minkäänlaista umpinaista silloa, koska vähäinen kosteus ei sitä vahingoita. Hake voidaan tässä tapauksessa varastoida suoraan katokseen, joka suojaa hakkeen suurilta kosteuksilta kuten sateelta. Näin hakevarasto pystytään toteuttamaan pienillä muutostöillä, vaikka vapaana olevaan ulko-varastoon.



Kuva 4. Energiapuusta polttovalmiiksi hakettua hakelastua. (HT Enerco)

4.3 Pellettilämmitys

Pelletin tuotanto ei kuluta luonnonvaroja, koska se valmistetaan puuteollisuuden sivutuotteista. Pellettiä valmistetaan esimerkiksi kutterilastusta hionta pölystä ja sa-

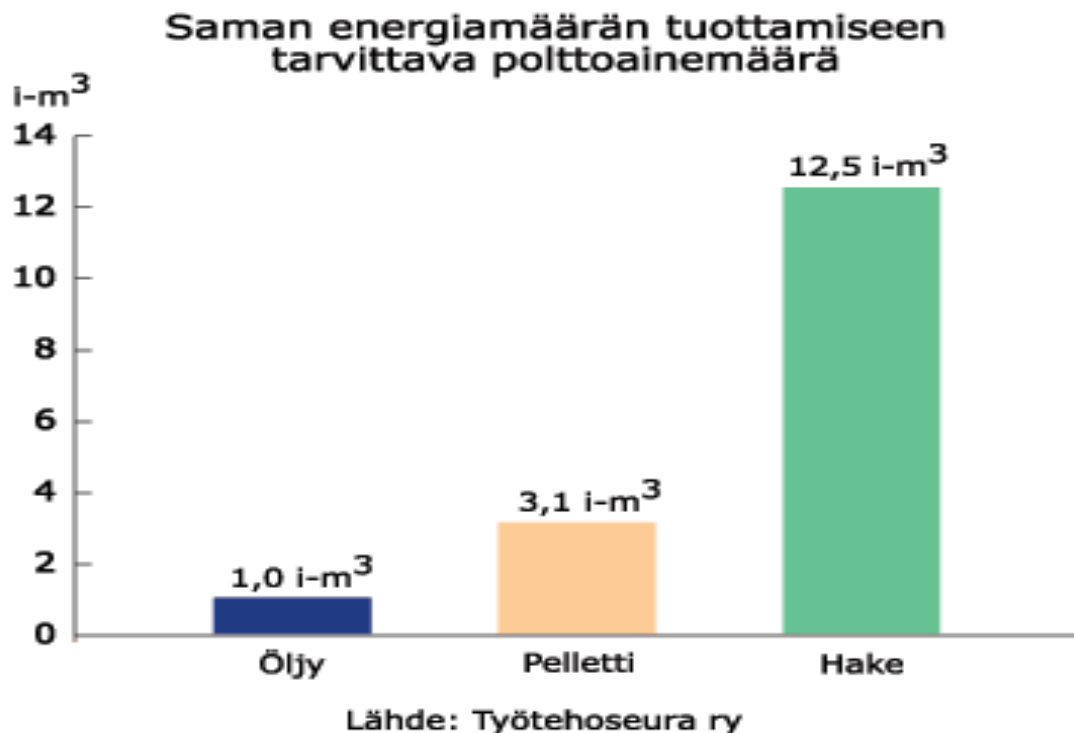
hanpurusta. Pelletti on tasalaatuista ja siinä on korkeampi lämpöarvo, kuin hakkeessa. (Kuva 6). Pelletin lämpöarvo on hyvä, koska niissä on todella vähän kosteutta. Kosteusprosentti puupelletissä on yleensä 8-12. Markkinoilla on erittäin kattavasti eri teholuokan pellettilaitoksia. (Motiva 2012.)

Pelletti puristetaan koneellisesti sylinterin malliseksi. Tämä helpottaa polttoaineen syöttöä polttimelle, joka vähentää syöttöhäiriöitä. Kuitenkin pelletistä irtoaa hienoa purua ja tomua, joka puolestaan saattaa aiheuttaa syöttöruuvissa ongelmia. Pelletin käyttö on kasvussa koko ajan. (Motiva 2012.)



Kuva 5. Mekaanisen puutuotannon sivutuotteista polttovalmiiksi puristettuja pellettisylintereitä. (HLR-energia)

Pelletin varastointi on kuitenkin vaikeampaa mitä hakkeen, erityisesti varastoidessa suuria määriä polttoainetta. Pelletti pitää suojata kosteudelta, koska se valmistetaan kutterinpurusta, sahanjauhoista ja hiontapölystä. Pelletti pitää varastoida huolellisesti sisätiloihin. Haluttaessa varastoida pellettiä ulos, se pitää olla säkeissä tai muuten hyvin kosteudelta suojattuna. Pellettiä pystytään kuitenkin siirtämään kymmeniä metrejä pelletti-imurin avulla. Pellettilämmityksessä pitää myös kattilaa nuohota ja huoltaa useammin, kuin hakelämmityksessä. (Motiva 2012.)



Kuva 6. Kuvassa näkyy kuinka paljon kutakin polttoainetta tarvitaan saman energiamäärän tuottamiseen tarvitaan. (Työtehoseura ry)

5 LAITTEIDEN MITOITUS

5.1 Biopolttokattila

Kohteeseen tullaan valitsemaan uudeksi biopolttolaitteeksi hake sen edullisuuden ja käytännöllisyyden perusteella. Tukikattilaa ei hankita uuden lämpökeskuksen yhteyteen. Biopolttolaitteisto mitoitetaan mitoitustehon perusteella niin, että siitä saadaan kaikki lämmitykseen tarvitsema teho. Lämmöntuotannon jakauma biokattilalle ja tukikattilalle löytyy liitteistä 7 ja 8.

Hakekattilan mitoituksessa otetaan huomioon lämpökanaalin lämpöhäviöt. Kanaalin lämpöhäviöt ovat 2 – 3 kW/100 m. (Viirimäki 2008, 17). Lämpökanaalia lämpökeskukselta rakennuksiin tulee enintään 300 metriä. Kanaalista aiheutuvat häviöt ovat, 30 W/m * 300 m = 9 000 W. Vuodessa on 8 760 tuntia, joista rakennuksia pitää lämmittää 6 570 tuntia (9 kuukautta). Näin ollen kanaalien lämpöenergiahäviöt ovat

59 130 kWh. Kattilan mitoituksessa ei oteta huomioon käyttövedenlämmitystä, koska sen käyttö on niin hetkellistä, että se ei vaikuta lämpökeskuksen tehoon oleellisesti.

Yhteenlaskettu lämmitystehontarve on 95 318 W, jos mukaan lasketaan myös konesuoja. Konesuoja jätetään kuitenkin pois mitoituksesta, koska lattialämmityksen asentaminen niin suureen tilaan toisi liikaa kustannuksia. Konesuojan osuus lämmitystehontarpeesta on 24 398 W.

Lämmitystehontarpeeseen kuitenkin lisätään mahdollisesti lähivuosina rakennettavan tuotantorakennuksen tehontarve. Uuden tuotantolaitoksen tehontarpeeksi arvioidaan olemassa olevan tuotantorakennuksen mukaan, koska uusi tulee olemaan samaa kokuokkaa. Uuden tuotantolaitoksen tehoksi arvioidaan 40 000 W.

Näin ollen, kun konesuojan osuus vähennetään ja uuden tuotantolaitoksen ja kanaalilämpöhäviöiden osuus lisätään, saadaan lämmitystehontarpeeksi $95\,318\text{ W} - 24\,398\text{ W} + 40\,000\text{ W} + 9\,000 = 119\,919\text{ W}$. Lähin hakekattilakoko on 120 kW, joten valitaan sellainen.

5.2 Tukikattila

Tukikattilaksi jätetään asuinrakennuksessa oleva vanha öljykattila sekä kanalarakennuksessa sijaitseva toinen öljykattila. Tällä mahdollistetaan lämmön riittävyys mahdollisissa mitoitus olosuhteissa. Öljykattilan teho asuinrakennuksessa on 20 kW ja kanalarakennuksessa 40 kW.

Kanalarakennuksen öljypoltin ja öljykattila on uusittu vuonna 2011 ja on erittäin hyvässä kunnossa. Asuinrakennuksen öljykattila on valmistettu vuonna 1975. Asuinrakennuksen öljykattila on ikänsä puolesta uusittava. Kuitenkin asuinrakennuksen öljykattila on käyttökelpoinen tukikattila, koska sen käyttö on ollut todella vähäistä. Asuinrakennuksen öljykattila on toiminut tukikattilana uudesta saakka.

5.3 Polttoainevarastot

Polttoainevarasto tullaan sijoittamaan konehalliin, vapaana olevaan tilaan. Sijoittamalla polttoainevarasto olemassa olevaan tilaan säästetään huomattavasti investointikustannuksissa. Muutamalla konehallista tila hakevarastoksi päästään pienillä muutostöillä sekä kustannuksilla. Hakkeelle konehalliin rakennettavassa varastossa on runsaasti tilaa, jolla mahdollistetaan hakkeen riittävyys pitkälle ajanjaksolle. Biopolttoainevaraston mitat ovat 12m x 15m x 4m. Polttoainevaraston sijoituspaikka löytyy luvusta 8, kuvasta 8.

Tukikattilalle ei tarvitse hankkia polttoainesäiliöitä. Polttoainesäiliöiksi jätetään olemassa olevat kolme öljysäiliötä. Yksi öljysäiliöstä sijaitsee kanalarakennuksessa ja kaksi sijaitsee asuinrakennuksessa. Öljysäiliön tilavuus kanalarakennuksessa on 3 000 litraa ja asuinrakennuksessa olevien säiliöiden tilavuudet ovat $2 * 900$ litraa = 1800 litraa.

6 INVESTOINTIKUSTANNUKSET

6.1 Rakennuskustannukset

Rakennuskustannuksiin kuuluu LVI-kustannukset, sähkökustannukset ja rakennuskustannukset. Kaikkien alojen kustannukset sisältävät materiaalit. Rakentamiseen tarvittavien materiaalien kustannukset lasketaan sen mukaan, että lämpökeskusrakennus teetetään rakennusliikkeen kautta tilaamatta valmiskontti-ratkaisua biolaittevalmistajalta.

Taulukko 4. Arvioidut lämpökeskuksen rakennuskustannukset.

Valmistaja	Tuote	Hinta € (sis. Alv. 23%)	Huom!
Sähkö	Asennustyö	4 000	sis. tarvikkeet
Rakennus	harkoista	24 600	
LVI	Lämpökanaali	19 500	
	Asennustyö	7 500	sis. tarvikkeet

Kustannukset yhteensä 55 600 €

LVI-töiden kustannusarvio on saatu LVI- ja rakennuspalvelu Ojala Ky:ltä. Rakennuskustannusarvio IP-Rakennuspalvelulta. Sähkötöiden arvio Proelman Oy:ltä.

6.2 Kattila- ja laitteistokustannukset

Kattilakustannusten selvittämiseen käytetään kattilavalmistajien ohjehintoja, joista saadaan suuntaa antavat kustannukset kattilan hankintaan sekä kannattavuuden laskemiseen. Oheislaitteistokustannusten hintatietoina käytetään valmistajien sekä jälleenmyyjien hintatietoja.

Suurimmassa osassa lämmitettävistä rakennuksista on hyväkuntoiset sekä käyttöön jäävät kytkentäjohdot, joten putkistojen määrässä ja kustannuksissa ei ole otettu huomioon lämmityslaitteiden kytkentöjä, koska ne ovat todella vähäisiä.

Kannattavuuden ja takaisinmaksuajan perusteella voidaan kilpailuttaa valmistajien hinnat sekä pohtia onko lämmitysmuodonmuutos kannattavaa. Rakennus-, Sähkö- ja LVI-urakoitsijoiden tarkempi kilpailuttaminen tehdään lähempänä hankkeen toteutamisajankohtaa.

6.2.1 Bio- ja tukikattila

Biokattilan teho on 120 kW. Ala-Talkkarin valmistama Veto 120 kattila maksaa verollisena 6 979 €. Ala-Talkkarin 120 kW kattila on lähes sama malli kuin 100 kW. Pienempi tehoista kattilaa on vain korotettu niin, että siitä saadaan 120 kW teho.

Poltin, kuljetin ja jousipurkain 16 m³ säiliöllä maksaa 20 163 € verollisena. Jousipurkain toimii niin, että säiliön pohjalla on jousikuormitteiset siivet. Säiliön keskellä oleva moottori pyörittää siipiä ja siivet siirtävät polttoainetta polttimen syöttöruuville.

Piippu hakekattilaan maksaa noin 2 500 €. Piipun valmistaja on Härmä-Air. Piipun sisähalkaisija on 175 mm ja ulkohalkaisija 290 mm. Piipussa on ulko- ja sisäkuori, joiden välissä on eriste. Piipun materiaali on ruostumatonta terästä. Piipun pitää olla kaksi kertaa lämpökeskuksen korkuinen. Lämpökeskus tulee olemaan noin kolme metriä korkea. Näin ollen piipun pituus on noin kuusi metriä. Tässä tapauksessa piipun pituus on 6 410 mm valmistajan piippumoduulien pituudesta johtuen. Mitoitusohjelman mukaan piipun halkaisija on 165 mm, mutta 175 mm on lähin koko mikä kyseisen valmistajan tuotteista löytyy.

Taulukko 5. Toimivan lämpökeskuksen tarvittavien komponenttien investointikustannukset.

Piippu on mitoitettu SAMK palamislaskentaohjelmalla

Valmistaja	Tuote	Hinta € (sis. Alv. 23%)	Huom!
Ala-Talkkari	Veto 120 kW	6 979	
Ala-Talkkari	Jousipurkain + poltin	20 163	16 m3 säiliöllä
Härmä-Air	RH T450 RST	2 500	
	Piippu Ø 175		
	pit. 6 410 mm		

Kattilan kustannukset yhteensä: 29 642 €

6.2.2 Putkistot ja lämmittimet

Pajaan asennetaan kaksi kappaletta Purmo Hygiene 30, 1 800 x 600 radiaattoria. Yhden radiaattorin lämmitysteho on 1 909 W. Radiaattorien yhteen laskettu lämmitysteho on näin ollen 3 816 W. Lämmitystehontarve huoltopajassa on 3 818 W. Radiaattorien ohjehinta on 590 €/kpl eli yhteensä 1 180 €. (Purmo 2012.)

Lämpökanaalin määrää laskettaessa oletetaan kuivuri liitettävän lämpökeskukseen. Lämpökanaalia jossa on käyttövesi sekä lämmitysputket pitää näin ollen asentaa lämpökeskuksesta asuinrakennukselle, asuinrakennukselta pajalle ja lämpökeskuksesta kanalalle. Lämpökeskuksesta kuivurille asennetaan kanaali, jossa on vain lämmitysputket. LK1 tarkoittaa lämpökeskuksen sijoittamista kuivurin 1 ja konehallin väliin ja LK2 tarkoittaa lämpökeskuksen sijoittamista kuivurin 2 ja konesuojan väliin. Lämpökeskuksen mahdolliset sijoituspaikat ovat luvussa 8, kuvassa 8.

Taulukko 6. Lämpökanaalien hinnat lämpökeskuksesta lämmitettävään kohteeseen. Lämpökeskuksen sijoituspaikkana kuivurin 2 ja konesuojan väli. (Taloon.com)

Mistä	Mihin	Pituus [m]	Hinta [€/m]	Hinta [€]	Huom
LK2	AR	85	80,79	6 867,15	(a)
AR	Paja	25	80,79	2 019,75	(a)
LK2	Kanala	80	80,79	6 463,2	(a)
LK2	Kuivuri	105	40,91	4 295,55	(b)
	yht.	295		19 645,65	

Taulukko 7. Lämpökanaalien hinnat lämpökeskuksesta lämmitettävään kohteeseen. Lämpökeskuksen sijoituspaikkana kuivurin 1 ja konehallin väli.

Mistä	Mihin	Pituus [m]	Hinta [€/m]	Hinta [€]	Huom
LK1	AR	55	80,79	4 443,45	(a)
AR	Paja	25	80,79	2 019,75	(a)
LK1	Kanala	60	80,79	4 847,4	(a)
LK1	Kuivuri	25	40,91	1 022,75	(b)
	yht.	165		12 333,35	

(a) = Eristetty lämpö- ja vesiputki Ecoflex Quattro 2x32/28+18/175

(b) = Eristetty lämpöputki Ecoflex Thermo Twin 2x25/175

7 KANNATTAVUUS

7.1 Nykyiset lämmityskustannukset

Nykyisten lämmityskustannusten laskennassa oletetaan, että rakennukset lämmitetään öljyllä kokonaan ja lasketaan myös polttoainekustannukset, jos puolet lämmöstä tuotettaisiin öljyllä ja puolet puulla. Näin saadaan suuntaa nykyiseen lämmitysmuotoon, jossa lämmitetään osa puukattilalla. Öljylitralla saadaan tuotettua lämpöenergiaa noin 10 kWh.

Rakennusten kuluttama lämpöenergia lämpökanaalihäviöt mukaan laskettuna on vuodessa 363 556 kWh, öljyn hinta on tällä hetkellä 1,17 €/litra. Öljyä tarvitaan siis koko lämpöenergian tuottamiseen 36 356 litraa. Öljykattilan hyötysuhde oletetaan olevan 90 %. Vuosittain tarvittavan öljyn hinta on $(36\,356 \text{ litraa} * 1,17 \text{ €/litra}) / 0,9 = 47\,262 \text{ €}$. Ilman konesusojaa lämpöenergian määrä on 271 919 kWh ja näin ollen lämmitykseen tarvittavan öljyn hinta on 35 349 €/a.

Tuotettaessa puolet lämmöstä puukattilalla vuotuisen polttoöljyn hinnaksi jäisi $47\,262 \text{ €} / 2 = 23\,631 \text{ €}$. Puun arvoa ei oteta huomioon, koska se on omasta raaka-aineesta. Vuodessa käytetyn puun määrä ja arvo on vaikea määrittää. Ilman konesusojaa hinta on 17 675 €/a (a = vuosi).

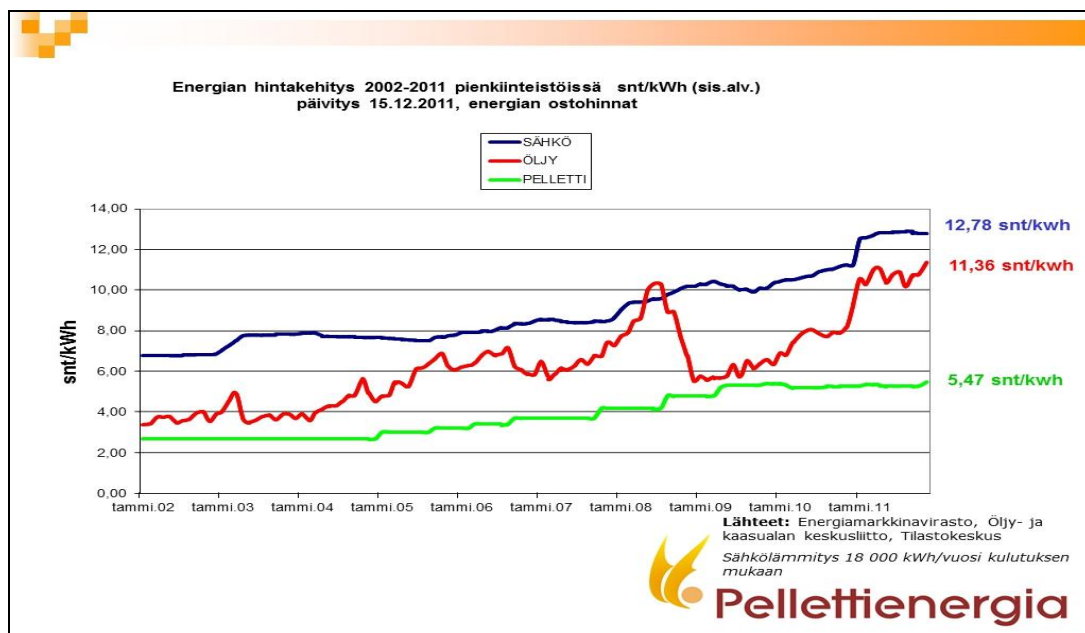
7.2 Biopolttoaineen kustannukset

Biopolttoaineiden kustannukset lasketaan niin, että hake haketettaisiin omasta puusta haketusurakoitsijan toimesta. Pelletin hinta puolestaan joudutaan laskemaan sen ostohinnan perusteella. Pelletin hintatiedot ovat Pellettienergiayhdistyksen taulukosta.

Lämmitettäessä kaikki tutkittavat rakennukset asuinrakennus, kanalarakennus, huoltopaja ja konesusoja hakkeen tarve lämmittämiseen olisi 262 m^3 . Hakettamisen hinta omasta puusta maksaa noin 4 €/i-m^3 , jonka perusteella hakkeen hinnaksi omasta raaka-aineesta tulee 1 231 €. Ilman konesusojaa hinnaksi jää 921 €/a. Hakekattilan hyö-

tysuhteen oletetaan olevan 85 %. Hake on hintansa sekä varastoinnin käytännöllisyyden perusteella paras lämmitysmuodon vaihtoehto tähän kohteeseen.

Pelletin tarve kohteen lämmittämiseen on 120 m³. Motivan polttoaineiden lämpöarvoja käyttämällä (Taulukko 9), pellettilämmityksessä polttoaineen hinnaksi tulee vuodessa 23 289 €. Pellettienergia yhdistyksen laskuria käyttämällä pelletin vuotuiseksi polttoainehinnaksi tulee 23 022 €. (Pellettienergiayhdistys). Pellettienergiayhdistyksen laskurin tulokset ovat liitteissä 9 ja 10. Molemmilla laskutavoilla oletettiin pellettikattilan hyötysuhteen olevan 85 %. Ilman konesuojaa hinnaksi jää 17 419 €/a. Pelletti on kuitenkin lähes puolet kalliimpi mitä hakelämmitys, joten pellettilämmitys voidaan sulkea pois uusien lämmitysmuotojen vaihtoehdoista.



Kuva 7. Energian hinta sekä hintakehitys sähkö-, öljy- ja pellettilämmityksessä. (Pellettienergiayhdistys)

Taulukko 9. Rankahakkeen, puupelletin ja kevytpolttoöljyn teholliset lämpöarvot kuiva-aineessa sekä saapumistilassa. (Motiva 2012)

Lämpöarvo	Rankahake	Puupelletti	Kevytpolttoöljy
Tehollinen lämpöarvo kuiva-aineessa MJ/kg	18,5 - 20	19,0 - 19,2	42,5 - 42,9
Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa MJ/kg	7,0 - 11,0	16,8	42,4 - 42,9

1kWh = 3,6 MJ

7.3 Takaisinmaksuaika

Takaisinmaksuaika lasketaan halvemmän vaihtoehdon mukaan. Takaisinmaksuajan laskennassa käytetään urakoitsijoiden kustannusarvioita sekä laitevalmistajien ja -toimittajien ohjehintoja. Takaisinmaksuaikaa lasketaan tarkastelemalla vanhaa lämmitysmuotoa niin, että puolet lämmitetään öljyllä ja puolet puulla. Takaisinmaksuaikaa tarkastellaan myös niin, että öljylämmityksellä katetaan koko lämmitystehontarve. Konesuoja on jätetty näissä laskelmissa pois lämmityspiiristä. Takaisinmaksuaikaa tutkitaan myös jättämällä huoltopaja pois lämmityspiiristä. (Taulukko 11). Taulukossa 10 on huomioitu huoltopajan LVI-työt lisäämällä 3 000 € kustannuksiin. Takaisinmaksuajassa ei ole huomioitu korkoja, jotka aiheutuvat mahdollisista maksueristä. Laskuissa ei ole myöskään huomioitu hakekeskuksen vuosittaisia huoltokuluja.

Taulukko 10. Biolämmitysinvestoinnin takaisinmaksuaika. Laskelmassa lämmityspiiriin kuuluu asuinrakennus, kanalarakennus, huoltopaja ja kanaalivaraus kuivurille.

	Hake [€]	Polttoöljy [€]
Investointi [€]	88 263	-
Lämmitys 100 %	921	35 349
50 %	-	17 675
Säästö [€/a] 100 %	34 428	
50 %	16 754	
Takaisinmaksuaika:		
100 %	2,56	vuotta
50 %	5,27	vuotta

Taulukko 11. Biolämmitysinvestoinnin takaisinmaksuaika. Laskelmassa lämmityspiiriin kuuluu asuinrakennus, kanalarakennus ja kanaalivaraus kuivurille.

	Hake [€]	Polttoöljy [€]
Investointi [€]	83 243	-
Lämmitys 100 %	878	33 687
50 %	-	16 843
Säästö [€/a] 100 %	18 225	
50 %	5 959	
Takaisinmaksuaika:		
100 %	2,54	vuotta
50 %	5,21	vuotta

Takaisinmaksuaika on todella lyhyt, kun verrataan öljyä käytettävän koko lämmitystehontarpeen kattamiseen. Takaisinmaksu on lyhyt myös, kun polttoöljyä käytetään 50 % lämmitystehontarpeesta. Polttoöljyn hinta on jatkuvassa nousussa, joten hanke on varmastikin järkevää toteuttaa mahdollisimman pian.

Huoltopajan liittäminen lämmityspiiriin ei pidennä oleellisesti takaisinmaksuaikaa, joten se kannattaa liittää lämmityspiiriin hanketta toteutettaessa. Arviolta myös kui-

vurin polttoöljyn käytöstä saataisiin puolet pois, joka lyhentäisi takaisinmaksuaikaa. Arvio perustuu Rovion tilalla käytettävään 300 kW hakekeskukseen, jossa viljan kuivaamisessa ei polttoöljyä tarvita.

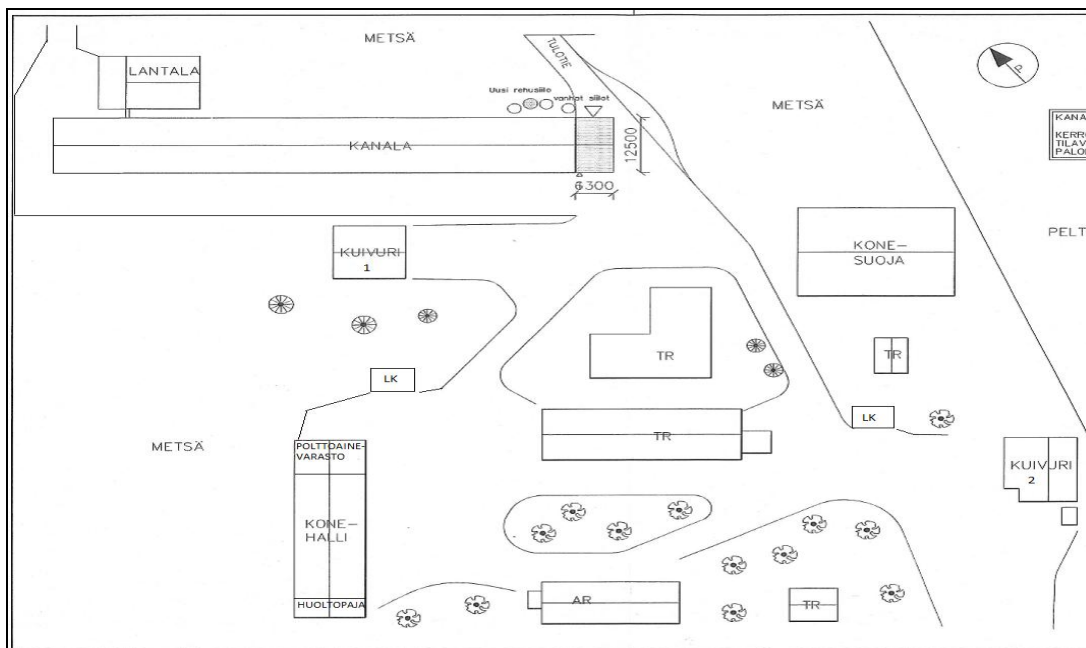
8 LÄMPÖKESKUKSEN SJOITTAMINEN

8.1 Lämpökeskuksen sijoittaminen

Lämpökeskuksen paikkaa valittaessa, oman paikkakunnan paloviranomaisen, rakennustarkastajan sekä oman vakuutusyhtiön mielipide ja määräykset pitää ottaa huomioon. Lämpökeskuksen ympäröivä maasto sekä rakennukset pitää myös huomioida välttääkseen mahdolliset paloturvallisuusriskit. (Motiva 2012.)

Lämpökeskuksen paras mahdollinen sijoituspaikka on konehallin ja kuivurin 1 väliin. (Kuva 8). Paikka on hyvä, koska se mahdollistaa lyhyet etäisyydet jokaiseen lämmitettävään kohteeseen. Lyhyillä etäisyyksillä minimoidaan lämpöhäviöt maanalaisissa lämpökanaaleissa lämpöä siirrettäessä, sekä säästetään putkistokustannuksissa.

Lämpökeskuksen toinen mahdollinen sijoituspaikka on konesuojan ja kuivurin 2 väliin. (Kuva 8) Tämä sijoituspaikka on todennäköisempi uuden kanalarakennuksen sijoittamisen johdosta. Tämä sijoituspaikka aiheuttaa pidemmät lämpöputkiston mitat, josta aiheutuu lisää lämpöhäviöitä ja putkistokustannuksia. Viljan kuivaamiseen haketta käytettäisiin vain kuivurissa 1, jonne on myös toisesta lämpökeskuksen sijoituspaikalta huomattavasti pidempi matka.



Kuva 8. Lämpökeskuksen sijoittamismahdollisuudet tutkittavassa kohteessa.

8.2 Polttoainevaraston sijoittaminen

Polttoainevarasto tullaan tekemään olemassa olevan konehallin pätyyn, jossa biopolttoaineelle on riittävästi tilaa. Olemassa olevan tilan mitat ovat 15 metriä leveä, 12 metriä syvä ja 4 metriä korkea.

Tulevalta polttoainevarastolta on myös lyhyt etäisyys lämpökeskukselle, jos lämpökeskus sijoitetaan konehallin ja kuivurin 1 väliin kuvan 8 mukaan. Polttoainevarastolta kattilalle ei asenneta mitään kuljettimia. Biokattilaan yhteyteen tehdään tai tilataan polttoainesäiliö johon mahtuu esimerkiksi kahden viikon hakemäärä. Siiloa pystyy näin täyttämään kuormaajalla aina tarpeen mukaan.

9 POHDINTA

Opinnäytetyön alussa tietoni bioenergian tuotannosta ja bioenergiailaitoksen toiminnasta oli todella vähäinen. Opinnäytetyön edetessä opin kuitenkin todella paljon bioenergiavaihtoehtoista sekä bioenergiailaitoksen toiminnasta. Työn alussa piti selvit-

tää rakennusten lämmitystehontarve, jonka osasin hyvin. Lämmitystehontarpeenlaskennan jälkeen työn eteneminen keskeytyi hetkeksi. Keskeytymisen syynä oli tietämättömyys seuraavasta työvaiheesta. Työn edetessä tuntui, että opinnäytetyöhön ei saa tarpeeksi asiasisältöä. Työn lopussa bioenergiaan alkoi olla suurempi kiinnostus ja aiheesta alkoi olla enemmän tietoa. Siitä seurasi, että työn loppuvaiheessa alkoi tulla jo liikaa ajatuksia siitä, mitä aiheita työhön voisi liittää. Pystyin kuitenkin rajaamaan aiheen mielestäni hyvin.

Työn tarkoituksena oli selvittää maatilan lämmitysenergian kulutusta. Kulutuksen pohjalta saatiin kustannusarvio ja kannattavuuslaskelmat mahdollisen bioenergialaitoksen rakentamisesta. Hankkeen kustannusarvio onnistui kohtalaisen hyvin, vaikka urakoitsijoiden hinnat raportissa ovat suuntaa antavia. Raportissa on pitkä osuus viljankuivaamisen mahdollistamisesta biopolttoaineella. Tämä johtuu siitä, että yritin saada bioenergialaitoksen mahdollisimman hyvin hyödynnettyä ja saada näin takaisinmaksuaikaa lyhemmäksi.

Työhön valittiin vertailtaviksi polttoaineiksi hake ja pelletti. Kohteen lämmitysmuodoksi valittiin hake sen edullisuuden ja sen tuotannon omavaraisuuden vuoksi. Näiden polttoaineiden lisäksi olisi voinut tutkia palaturpeen käyttöä lämpöenergianlähteenä. Palaturpeessa on hyvä lämpöarvo ja sen ostohinta on myös suhteellisen edullinen. Tosin palaturpeen käyttö tulevassa laitoksessa ei ole mitenkään pois suljettu vaihtoehto. Tulevalla laitteistolla pystytään polttamaan kaikkia kiinteitä biopolttoaineita.

Hake on kuitenkin kaikkein edullisin vaihtoehto lämmitysmuodoksi. Hakkeen vuosikustannuksista oli näin ollen paras laskea takaisinmaksuaika ja havainnollistaa maksimaalinen säästö lämmityskustannuksissa. Hanke tullaan toteuttamaan tutkimukseni tietojen perusteella kolmen vuoden sisään.

Aineistoa työhöni hain lähinnä www-sivuilta, mutta tutkin asiaa myös käytännön pohjalta. Keräsin tietoa tuttaviltani, jotka toimivat bioenergialaitosten jälleenmyyjinä. Kävin kahdella maatilalla tutustumassa hakelämmitysjärjestelmään. Järjestelmät maatiloilla olivat muutaman vuoden vanhoja ja toisessa niistä lämpökeskuksen avulla kuivattiin myös vilja. Aineistot www-sivuilla ovat erittäin luotettavia, koska yritykset ovat erikoistuneet bioenergia-alalle.

Tilaaajan edustaja auttoi mahdollisimman paljon kohteen tietojen saamisessa ja kertoi omia mielipiteitään asioihin. Tilaaaja järjesti myös käynnit käytössä oleviin hakelämmityskeskuksiin. Yhteistyö tilaaajan kanssa sujui kaikin puolin moitteettomasti. Kokonaisuudessaan työn tekeminen oli erittäin mielenkiintoista ja opin mielestäni paljon uutta lämmitysjärjestelmistä työ aikana.

LÄHTEET

Ahokas, J. Viljan kuivatuksessa säästöjä nopeasti, 39. Viitattu 15.3.2012.

<http://www.energia-akatemia.fi/>

Hautala, M., Mannfors, B. & Viita, T. 2010. Tuotantoeläinrakennusten ilmanvaihto: Ilmanvaihto- ja lämmitysenergiälaskurit. Helsingin Yliopisto. Viitattu 9.2.2012.

<http://www.energia-akatemia.fi/attachments/article/67/Laskurien%20kayttoohjeet.pdf>

Masadoors www-sivut. Tuotteet 2012. Viitattu 9.2.2012. <http://masadoor.fi/>

MMM C2.2. Maatalouden tuotantorakennusten lämpöhuolto ja huoneilmasto. Maa- ja metsäministeriön rakentamismääräykset ja -ohjeet. Viitattu 9.2.2012.

<http://www.mmm.fi/>

Härmä-Air. 2012. Tuotteet, Hinnasto. Viitattu 22.5.2012.

http://www.harmaair.com/index.php?c_id=22&p_id=191

Motiva. 2005. Selvää säästöä syntyi jo ensimmäisenä vuonna, 2. Viitattu 21.4.2012.

http://www.motiva.fi/files/331/pk_suonsaari.pdf

Motiva. 2012. Bioenergia, Metsäpolttoaineet. Viitattu 22.5.2012.

<http://www.motiva.fi/>

Motiva. 2012. Bioenergia, Pelletin säilytys- ja siirtojärjestelmä. Viitattu 22.5.2012.

<http://www.motiva.fi/>

Motiva. 2012. Bioenergia, Pelletit. Viitattu 22.5.2012. <http://www.motiva.fi/>

Pellettienergiayhdistys. 2012. Laskuri. Viitattu 6.2.2012

<http://pellettienergia.fi/laskuri/index.html>

Purmo www-sivut. Ohjehinnasto 2011. Viitattu 25.3.2012. <http://www.purmo.com/>

Ruukki. Tuotteet 2012. Viitattu 9.2.2012. <http://www.ruukki.fi/Tuotteet-ja-ratkaisut/Rakentamisen-ratkaisut/Sandwich-paneelit/Sandwich-paneelit-ulkoseiniin/Ruukin-sandwich-paneeli-SPA-E>

Suomen RakMK C4. 2003. Lämmöneristys. Ohjeet 2003. Helsinki: Ympäristöministeriö Asunto- ja rakennusosasto. Viitattu 25.1.2012. <http://www.ymparisto.fi/>

Suomen RakMK D1. 2007. Kiinteistöjen vesi- ja viemärilaitteet. Määräykset ja ohjeet 2007. Helsinki: Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto. Viitattu 25.1.2012. <http://www.ymparisto.fi/>

Suomen RakMK D3. 2012. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Viitattu 25.1.2012. <http://www.ymparisto.fi/>

Suomen RakMK D5. 2007. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeenlaskenta. Määräykset ja ohjeet 2007. Helsinki: Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto. Viitattu 25.1.2012. <http://www.ymparisto.fi/>

Viirimäki, J. Maatilan hakelämmitysopas 2008. Viitattu 27.3.2012
<http://www.bioenergiaporssi.fi/k%C3%A4sitteet-ja-laskurit/pilketuotanto-ja-maatilan-hakel%C3%A4mmitys-opa>

Ylitalo, E. 2010. Metsätilastotiedote, 16/2010, Puun energiakäyttö 2009. Viitattu 21.4.2012.

<http://www.metla.fi/tiedotteet/metsatilastotiedotteet/2010/puupolttoaine2009.htm>

LIITTEET

Kaikissa laskuissa on käytetty Suomen rakentamismääräyskokoelman D1, D3, D5 tai C4 kaavoja ja tietoja. Käytetyt kaavat löytyvät liitteistä.

LIITE 1

Asuinrakennus

Mitat:

RAKENNUS	Pituus [m]	Leveys [m]	Korkeus [m]	V [m ³]	A [m ²]
Alakerta	30	10	3	900	300
Yläkerta	30	8	3	720	240
			As.rak. Yht	1620	540

Mitoittavat lämpötilat ja U-arvot:

RAKENNUS	T _s	T _{mit}	U _{us}	U _{yp}	U _{ap}	U _{ikkuna}	U _{ovi}
Asuinrakennus	21	-26	0,50	0,14	0,26	1,40	1,40

Rakenteiden pinta-alat:

RAKENNUS	A _{seinä} [m ²]	A _{ikkuna} [m ²]	A _{ovi} [m ²]	A _{ap} [m ²]	A _{yp} [m ²]
Asuinrakennus	450	26,00	6,00	300,00	240,00

Johtumislämpöhäviöt:

RAKENNUS	H _{joht} [W/K]	V [m ³]	Φ _{joht} [W]
Asuinrakennus	381,40	1620	17925,80

Vuotoilmanvaihto ja vuotoilmahäviöt:

RAKENNUS	q _{vuoto} [m ³ /s]	H _{vuoto} [W/K]	Φ _{vuoto} [W]
Asuinrakennus	0,072	86,400	4060,80

Johtumis- ja vuotolämpöhäviöt:

RAKENNUS	Q _{joht} [kWh]	Q _{vuoto} [kWh]
Asuinrakennus	51569,32	11682,20

Lämmitystehontarve φ ja lämmitysenergiantarve

Q:

RAKENNUS	Φ _{läm.} [W]	Q _{läm} [kWh]
Asuinrakennus	21986,60	63251,52

LIITE 2

Kanalarakennus

Mitat:

RAKENNUS	Pituus [m]	Leveys [m]	Korkeus [m]	V [m ³]	A [m ²]
Kanala	85	12,5	3,1	3293,8	1062,5

Mitoittavat lämpötilat ja U-arvot:

RAKENNUS	T _s	T _{mit}	U _{us}	U _{yp}	U _{ap}	U _{ikkuna}	U _{ovi}
Kanala	18	-26	0,30	0,18	0,4	1,4	1,4

Rakenteiden pinta-alat:

RAKENNUS	A _{seinä} [m ²]	A _{ikkuna} [m ²]	A _{ovi} [m ²]	A _{ap} [m ²]	A _{yp} [m ²]
Kanala	605	10	20	1063	1050

Johtumislämpöhäviöt:

RAKENNUS	H _{joht} [W/K]	V [m ³]	Φ _{joht} [W]
Kanala	837,70	3360	36858,80

Vuotoilmanvaihto ja vuotoilmahäviöt:

RAKENNUS	q _{vuoto} [m ³ /s]	H _{vuoto} [W/K]	Φ _{vuoto} [W]
Kanala	0,149333	179,200	8422,40

Johtumis- ja vuotolämpöhäviöt:

RAKENNUS	Q _{joht} [kWh]	Q _{vuoto} [kWh]
Kanala	113266,92	24229,74

Lämmitystehontarve φ ja lämmitysenergiantarve Q:

RAKENNUS	Φ _{läm.} [W]	Q _{läm} [kWh]
Kanala	45281,20	137496,66

Kanalan ilmanvaihto:

Kanjoja [kpl]	IV [m ³ /h]/kana	IV [m ³ /s]/kana	IV [m ³ /s]	IV [l/s]/kana	IV [l/s]
18000	0,50	0,000139	2,5	0,14	2500,00
V _{kanala}	3360				
vaihtoa/h	2,68				

LIITE 3

Huoltopaja

Mitat:

RAKENNUS	Pituus [m]	Leveys [m]	Korkeus [m]	V [m ³]	A [m ²]
Huoltopaja	12	6	3,5	252	72

Mitoittavat lämpötilat ja U-arvot:

RAKENNUS	T _s	T _{mit}	U _{us}	U _{yp}	U _{ap}	U _{ikkuna}	U _{ovi}
Huoltopaja	15	-26	0,34	0,14	0,24	1,4	1,4

Rakenteiden pinta-alat:

RAKENNUS	A _{seinä} [m ²]	A _{ikkuna} [m ²]	A _{ovi} [m ²]	A _{ap} [m ²]	A _{yp} [m ²]
Huoltopaja	113	4	9	50	50

Johtumislämpöhäviöt:

RAKENNUS	H _{joht} [W/K]	V [m ³]	Φ _{joht} [W]
Huoltopaja	75,62	252	3100,42

Vuotoilmanvaihto ja vuotoilmahäviöt:

RAKENNUS	q _{Vuoto} [m ³ /s]	H _{Vuoto} [W/K]	Φ _{Vuoto} [W]
Huoltopaja	0,011200	13,440	551,04

Johtumis- ja vuotolämpöhäviöt:

RAKENNUS	Q _{joht} [kWh]	Q _{Vuoto} [kWh]
Huoltopaja	10224,63	1817,23

Lämmitystehontarve φ ja lämmitysenergiantarve Q:

RAKENNUS	φ _{läm.} [W]	Q _{läm} [kWh]
Huoltopaja	3651,46	12041,86

LIITE 4

Konesuoja

Mitat:

RAKENNUS	Pituus [m]	Leveys [m]	Korkeus [m]	V [m ³]	A [m ²]
Konesuoja	28	20	9	4150	560

Mitoittavat lämpötilat ja U-arvot:

RAKENNUS	T _s	T _{mit}	U _{us}	U _{yp}	U _{ap}	U _{ovi}
Konesuoja	10	-26	0,2	0,2	0,35	1,4

Rakenteiden pinta-alat:

RAKENNUS	A _{seinä} [m ²]	A _{ovi} [m ²]	A _{ap} [m ²]	A _{yp} [m ²]
Konesuoja	296	18	560	880

Johtumislämpöhäviöt:

RAKENNUS	H _{joht} [W/K]	v [m ³]	ϕ _{joht} [W]
Konesuoja	456,40	4150	18712,40

Vuotoilmanvaihto ja vuotoilmahäviöt:

RAKENNUS	q _{Vvuoto} [m ³ /s]	H _{vuoto} [W/K]	ϕ _{vuoto} [W]
Konesuoja	0,184444	221,333	7968,00

Johtumis- ja vuotolämpöhäviöt:

RAKENNUS	Q _{joht} [kWh]	Q _{vuoto} [kWh]
Konesuoja	61710,12	29926,61

Lämmitystehontarve ϕ ja lämmitysenergiantarve Q:

RAKENNUS	ϕ _{läm.} [W]	Q _{läm} [kWh]
Konesuoja	24398,40	91636,73

LIITE 5

Lämmitystehontarve yhteensä:

RAKENNUS	$\Phi_{\text{läm}} [W]$	Q _{läm} [kWh]
Asuinrakennus	21 986,60	63 251,52
Kanala	45 281,20	137 495,66
Huoltopaja	3 651,46	12 041,86
Konesuoja	24 398,40	91 636,73
Kanaalin lämpöhäviöt	9 000	59 130
YHTEENSÄ:	104 317,66	363 555,76
Ilman konesuojaa:	70 919,26	271 919,03

(Suomen RakMK D5, 18)

$$\Sigma H_{\text{joht}} = \Sigma (U_{\text{ulkoseinä}} A_{\text{ulkoseinä}}) + \Sigma (U_{\text{yläpohja}} A_{\text{yläpohja}}) + \Sigma (U_{\text{alapohja}} A_{\text{alapohja}}) + \Sigma (U_{\text{ikkuna}} A_{\text{ikkuna}}) + \Sigma (U_{\text{ovi}} A_{\text{ovi}}) \quad (4.2)$$

joissa

Q _{joht}	rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia, kWh
ΣH _{joht}	rakennusosien yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö, W/K
U	rakennusosan lämmönläpäisykerroin, W/(m ² K)
A	rakennusosan pinta-ala, m ²
T _s	sisäilman lämpötila, °C
T _u	ulkoilman lämpötila, °C
Δt	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi.

(Suomen RakMK D5, 51)

$$\Phi_{\text{joht}} = \Sigma H_{\text{joht}} (T_s - T_{u,\text{mit}}) \quad (9.3)$$

jossa

Φ _{joht}	johtumislämmitysteho, W
ΣH _{joht}	rakennusosien yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö, W/K
T _s	sisäilman lämpötila, °C
T _{u,mit}	mitoitettava ulkoilman lämpötila, °C.

LIITE 6

(Suomen RakMK D5, 22)

$$H_{iv} = \rho_i c_{pi} q_{v,poisto} t_d r t_v (1 - \eta_a) \quad (4.10)$$

joissa

Q_{iv}	ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia, kWh
H_{iv}	ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö, W/K
ρ_i	ilman tiheys, 1,2 kg/m ³
c_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kgK)
$q_{v,poisto}$	poistoilmavirta, m ³ /s
t_d	ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhte, h/24h
t_v	ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhte, vrk/7 vrk
r	muuntokerroin, joka ottaa huomioon ilmanvaihtolaitoksen vuorokautisen käyntiajan
T_s	sisäilman lämpötila, °C
T_u	ulkoilman lämpötila, °C
Δt	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi.
η_a	ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhde tai keskimääräinen hyötysuhde laskentajaksolta, -.

(Suomen RakMK D5, 53)

$$\phi_{iv} = H_{iv} (T_s - T_{u,mit}) \quad (9.5)$$

jossa

ϕ_{iv}	ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema teho, W
H_{iv}	ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö, W/K
T_s	sisäilman lämpötila, °C
$T_{u,mit}$	mitoitettava ulkoilman lämpötila, °C.

(Suomen RakMK D5, 20)

$$H_{vuotoilma} = \rho_i c_{pi} Q_{v,vuotoilma} \quad (4.6)$$

joissa

$Q_{vuotoilma}$	vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia, kWh
$H_{vuotoilma}$	vuotoilman ominaislämpöhäviö, W/K
ρ_i	ilman tiheys, 1,2 kg/m ³
c_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kgK)
$Q_{v,vuotoilma}$	vuotoilmavirta, m ³ /s
T_s	sisäilman lämpötila, °C
T_u	ulkoilman lämpötila, °C
Δt	ajanjakson pituus, h

LIITE 7

(Suomen RakMK D5, 52)

$$\phi_{\text{vuotoilma}} = H_{\text{vuotoilma}}(T_s - T_{u,\text{mit}}) \quad (9.4)$$

jossa

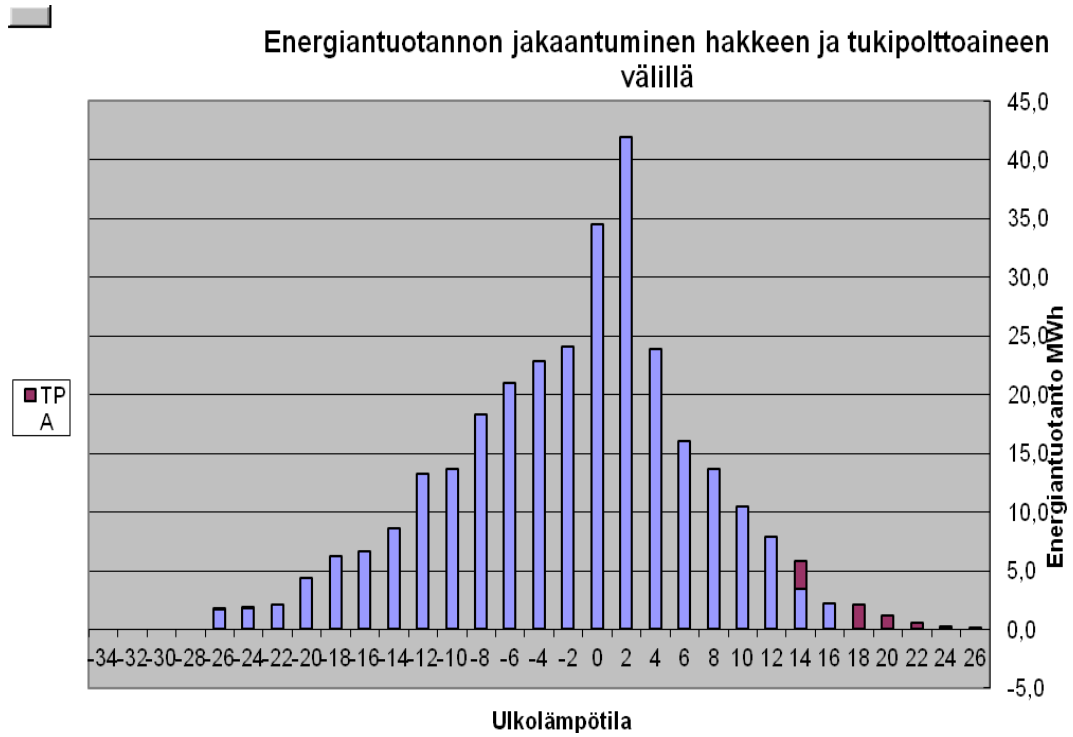
$\phi_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman lämmityksen tarvitsema teho, W
$H_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman ominaislämpöhäviö, W/K
T_s	sisäilman lämpötila, °C
$T_{u,\text{mit}}$	mitoitettava ulkoilman lämpötila, °C

Taulukko. Hakelaitoksen esisuunnitteluohjelma lähtötiedot (SAMK)

1 = Helsinki, 2 = Tampere, 3 = Jyväskylä, 4 = Oulu	1	
Verkoston mitoitusteho, kW	120	120,0
Vuotuinen lämpöenergian kokonaiskulutus, MWh	304	304,1
Lämpimän käyttöveden osuus lämpöenergian kulutuksesta %	10 %	
Hakekattilan mitoitusteho, kW	120	
Hakekattilan käytettävyys vuositasolla, %	100 %	
Hakekattilan pienin sallittu osateho, %	5 %	
Hakkeen mitoituskosteus, 30...60%	50 %	
Hakelaitoksen hyötysuhde, %	85 %	
Tukipolttolaitoksen hyötysuhde, %	90 %	
Korkein ulkolämpötila, jossa KPA-kattila on käytössä, °C	16	
Hakekattilan vuotuinen käyttöaika ilman häiriöitä, h	7621	
Hakekattilan vuotuinen käyttöaika käytettävyys huomioon ottaen, h	7621	
Laskennalliset häiriötunnit vuodessa, h	0	
Laskennallinen vähäisen kulutuksen aika vuodessa (vain TPA käytössä), h	1139	
Nimellistehon käyttöaika, h	2480	
Hakkeella tuotetun energian osuus koko lämmöntuotannosta, %	98 %	
Hakkeella tuotetun energian määrä, MWh	298	
Tukipolttolaitteella tuotetun energian määrä, MWh	6	
Hakkeen lämpöarvo, MJ/kg	8,2	
Hakkeen kulutus vuodessa, irto-m ³	551	
Hakkeen kulutus vuorokaudessa mitoitusteholla, irto-m ³	5,3	
Tukipolttolaitteen kulutus, jos kevyt polttoöljy, m ³ /vuosi	1	
Tukipolttolaitteen kulutus, jos pelletti, irto-m ³ /vuosi	2	

LIITE 8

(SAMK, Hakelaitoksen esisuunnitteluohjelma)



Kuva 1. Kuvasta selviää kuinka paljon lämmittämiseen käytetään haketta ja kuinka paljon öljyä.

LIITE 9

(Pellettienergiayhdistys 2012)



PELETTIENERGIAN ETUSIVULLE

PELETTILÄMMITYKSEN KUSTANNUSLASKURI

Voit muuttaa sinisten kenttien arvoja ja laskuri laskee uudet tulokset kun kohdistin siirtyy pois kentästä. Viemällä hüren osoittimen kysymysmerkkikuvakkeiden päälle saat lisäohjeita aiheesta.

- Laske kustannusvertailu kinteistön koon perusteella.
- Laske kustannusvertailu nykyisen öljynkulutuksen perusteella

Kinteistön tiedot

Rakennustilavuus: m³ ?
 Huipputeho: W/m² ?
 Ominaiskulutus: kWh/m³ ?
 Liittymisteho: kW ?
 Vuosienenergia: MWh ?

Polttoaineiden hinnat

Pelletti: €/tn ?
 Oletushinta 254,1 â,-/tn on 15.3.2012 hinta.
 Kts. voimassaolevat ajantasaisten hintojen linkeistä.

Öljy: c/l ?
 Oletushinta 117,2 snt/litra on 15.3.2012 hinta.
 Kts. voimassaolevat ajantasaisten hintojen linkeistä.

Sähkö: c/kwh ?
 Oletushinta 12,64 snt/kwh on 15.3.2012 hinta.
 Kts. voimassaolevat ajantasaisten hintojen linkeistä.


Ajantasaiset hinnat:

[Pelletti, öljy, suorasähkölämmitys, osittain varaava sähkölämmitys](#)

Vuotuiset polttoainekustannukset

	Pelletti	Öljy,vanha kattila	Öljy,uusi kattila	Sähkö
Hyötysuhde:	<input type="text" value="85"/> % ?	<input type="text" value="75"/> % ?	<input type="text" value="90"/> % ? Uusien öljylämmitysjärjestelmien vuosihyötysuhde vaihtelee välillä 86% - 90%.	<input type="text" value="99"/> %
Tuotettu energia:	<input type="text" value="430.5"/> MWh/a <input type="text" value="4.75"/> MWh/tn ? (PA=polttoaine)	<input type="text" value="487.9"/> MWh/a	<input type="text" value="406.6"/> MWh/a	<input type="text" value="369.6"/> MWh/a
PA:n energiasisältö:	Eri polttoaineilla on erisuuruinen energiasisältö. Tonnista pellettejä saadaan 4,75 megawattituntia lämpöenergiaa.	<input type="text" value="10"/> MWh/tn	<input type="text" value="10"/> MWh/tn	
Polttoainentarve:	<input type="text" value="90.6"/> tn/a ? Pelletillä 1 tn vastaa aina noin 1,5 m ³ .	<input type="text" value="48.8"/> tn/a	<input type="text" value="40.7"/> tn/a	
Yhteensä:	<input type="text" value="23021.5"/> €/a	<input type="text" value="57193.6"/> €/a	<input type="text" value="47700.4"/> €/a	<input type="text" value="46717.4"/> €/a
Vuotuinen säästö pellettilämmityksellä:		<input type="text" value="34172.1"/> €/a	<input type="text" value="24678.9"/> €/a	<input type="text" value="23695.9"/> €/a
	Pellettilämmityksen varaston koko			
Varaston pituus:	<input type="text" value="10"/> m			
Varaston leveys:	<input type="text" value="5"/> m ?			
Varaston korkeus:	<input type="text" value="4"/> m			
Varaston bruttovolumi:				

LIITE 10

Varaston nettotilavuus: m³ 

Varastoon sopiva pellettimäärä: tn 

Yksi tonni pellettejä on 1.5 m³.

Varaston rüttö: kk

Puhallusautotäytössä tulisi varaston olla kooltaan vähintään 7 m³