
HAKEVOIMALAN SUUNNITTELU JA YHDISTÄMINEN KUIVURIIN



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö
Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma

Mustiala Kevät 2015

Ville Rissanen



MUSTIALA
Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma
Maatilatalous

Tekijä	Ville Rissanen	Vuosi 2015
Työn nimi	Hakevoimalan suunnittelu ja yhdistäminen kuivuriin	

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Joensuun Kartanot. Työn tavoitteena on laskea kannattavuus uudelle hakekattilalle ja mahdollisuudelle yhdistää kuivuri lämpökanaalin avulla lämpökeskukseen. Kuivuriin tultaisiin asentamaan radiaattorit tuloilma-aukkojen eteen. Tutkimuksen avulla selvitetään, saadaanko uudella tekniikalla säästöjä taloudellisesti ja poltettujen raaka-aineiden suhteen.

Työn teoriaosuudessa käsitellään lämpökeskuksen ja kuivurin energiankulutuksia ja tarvittavan tehon määriä. Työssä selvitetään viimeisen neljän vuoden energiankulutuksen määrä, joka tarvitaan asuintilojen lämmittämiseen. Tätä kautta saadaan selville tarvittavan hakekattilan teho.

Taustatietona käytetään vuoden 2014 syksyn satotietoja, kuivauksessa poltetun energian määrää ja käyttötunteja. Niiden avulla saadaan selville öljynkulutus kuivurissa. Kuivuriin suunniteltu järjestelmä käsittää kolme osa-aluetta: lämmönvaihdin pannuhuoneeseen, lämpökanaalin rakentaminen ja radiaattorit kuivuriin.

Tutkimusmenetelmänä käytetään seurantajaksoa hakkeen kulutuksesta ja siitä saatavaa energianmäärää kaukolämpöverkoston. Seurantajakson pohjalta saadaan selville vanhan hakepannun hyötysuhde, jota voidaan verrata uuteen hakepannuun. Aineiston keruu tapahtui pääsääntöisesti Joensuun kartanon kirjanpidosta, josta selvitettiin viimeisen neljän vuoden hakemukset ja öljylaskut.

Investointilaskelmien jälkeen pelkän hakepannun uusiminen olisi todella järkevää. Vuosittaiset säästöt olivat huomattavat. Kuivurin yhdistäminen kaukolämpöverkkoon ja lämmön tuottaminen radiaattoreiden avulla ei ollut kannattavaa. Ongelmaksi muodostui suuri välimatka lämpökeskuksen ja kuivurin välillä.

Avainsanat Lämpökeskus, radiaattori, investointi, kannattavuus

Sivut 18 s. + liitteet 1 s.

Mustiala
Degree Programme in Agricultural and Rural Industries
Agriculture Option

Author	Ville Rissanen	Year 2015
Subject of Bachelor's thesis	Heating system design and combining it with the dryer	

ABSTRACT

The thesis is commissioned by Joensuu Manor. The aim of the study is to calculate the profitability of a new wood chips boiler and of the possibility to combine the thermal center with the dryer through the heat canal. Two radiators are planned to install to the front of the air openings of the dryer. The study aimed at finding out if it is possible to reach savings in burned raw materials and financially with the new technology.

The theoretical part of the study deals with energy consumption and the amount of power needed in the thermal center and the dryer. The energy consumption needed to heat the living spaces during the last four years was studied. With this information it's possible to calculate the required power of the wood chips boiler.

The harvest information, operating hours and the total amount of burnt energy in the dryer during the year 2014 are the background information used. With these details it is possible to calculate the oil consumption of the dryer. The new system designed for the dryer includes three parts: a heat exchanger in the boiler room, a heat canal construction and two radiators.

As a research method a monitoring period is used. The wood chips consumption and the amount of received energy during the period are of the main interest. As a result the efficiency of the old boiler was figured out and that can be compared with the new one. The data is collected from the accounting of the Joensuu Manor and included oil bills and chippings during the last four years.

In accordance with the investment calculations the renewal of the wood chips boiler would be advantageous. Annual savings were substantial. Instead combining the dryer with the heating network and the heat production with the radiators appeared to be unprofitable. The problem seemed to be the long distance between the dryer and the thermal center.

Keywords Heating plant, radiator, investment, viability

Pages 18 p. + appendices 1 p.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	JOENSUUN KARTANON LÄMPÖLAITOS.....	2
2.1	Lähtökohdat.....	2
3	LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ.....	3
3.1	Lämpökeskus.....	3
3.2	Kaukolämpöverkosto	4
3.3	Polttoaineiden kulutukset	5
3.4	Raaka-aineen kustannuksen muodostuminen.....	5
3.5	Hyötysuhteen ja kulutuksen selvittäminen.....	6
4	KUIVURI	7
4.1	Tekniikka ja kulutukset	7
4.2	Tilat ja välimatkat.....	9
5	TOTEUTETTAVAN JÄRJESTELMÄN MITOITUS.....	10
5.1	Lämmitettävät tilat	10
5.2	Kuivurin vaatimukset	11
5.3	Lämpökanaalin mitoitus.....	11
6	INVESTOINNIN LASKENTA.....	11
6.1	Lämpökeskus.....	11
6.2	Lämpökeskuksen lämmönvaihdin.....	12
6.3	Kuivurin lämpökanaali teräsputkinen	13
6.4	Kuivurin lämpökanaali muoviputkinen.....	13
6.5	Kuivurin radiaattorit ja automatiikka	14
7	TULOKSET JA VERTAILU	15
7.1	Lämpökeskus.....	15
7.2	Lämpökeskuksen investoinnin kannattavuus	16
7.3	Lämpökeskuksen kokonaissästöt.....	17
7.4	Radiaattorit, kaukolämpöverkko ja lämmönvaihdin	17
8	YHTEENVETO	19
8.1	Pohdinta.....	19
8.2	Luotettavuus ja riskien hallinta	21
8.3	Työprosessi.....	21

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on uuden hakevoimalan suunnittelu ja yhdistäminen kuivuriin radiaattoreiden avulla. Uuden voimalan suunnittelu on lähtenyt tarpeesta kehittää tilan toimintaa ja saada tehokkaampia energiaratkaisuja tilalle. Tilan vanha energiantuotantojärjestelmä on vuodelta 1981. Ajatus uuden hakevoimalan suunnittelusta on lähtenyt käyttäjäkokemuksista. Olen myös itse kyseisen tuotteen käyttäjä.

Kiinnostukseni energia-asioihin on edesauttanut paljon aiheen valinnassa ja työn laajuudessa. Työn rajauksessa ajatukseni oli hyvin selkeä siinä mielessä, että halusin edistää vanhentuneen hakepolttojärjestelmän uudistamista ja samalla luoda mahdollisuuden pienentää kuivurissa käytettävän polttoöljyn käyttömäärää.

Työn tavoitteena on suunnitella hyvä ja tehokas ratkaisu tilan energialaskun pienentämiseksi ja samalla lisätä järjestelmän käyttömukavuutta ja -varmuutta. Tavoitteen saavuttamiseksi vertaillaan eri laitevalmistajien tuotteita ja tehdään kannattavuuslaskentaa. Pääajatuksena on hakepolttojärjestelmän uusiminen. Sen lisäksi lähdetään myös arvioimaan kuivurin ja kyseisen lämmitysjärjestelmän yhdistämisen kannattavuutta.

Työn tarkoituksena on laskea uuden ja vanhan hakepannun hyötysuhdeero, jonka avulla muodostetaan taloudellinen kokonaisuus. Säästöjä tavoitellaan raaka-aineiden pienemmän kulutuksen kautta. Laskelmissa tarkastellaan investoinnin kannattavuutta.

Työn haasteena tulee olemaan monien laitevalmistajien tarjoamat erilaiset lämpölaitosratkaisut ja niiden tekniset ominaisuudet. Lämpölaitostoimittajien joukosta pitäisi löytää juuri se toimija, joka pystyy toteuttamaan ja tarjoamaan hinta-laatusuhteeltaan parhaan mahdollisen ratkaisun.

Samalla joudutaan arvioimaan kuivuriin menevän kaukolämpöputken sisällä kulkevan nesteen ominaisuudet ja miettimään parasta ratkaisua niin käyttömukavuuden kuin lämmönjohtavuudenkin kannalta.

2 JOENSUUN KARTANON LÄMPÖLAITOS

2.1 Lähtökohdat

Työn ajatus on lähtenyt liikkeelle siitä, että Joensuun kartanolle saataisiin vanhan hakepannun tilalle uusi, nykyaikainen pannu. Uuden hakevoimalan avulla voisi olla mahdollista yhdistää kuivuri kaukolämpöverkkoon, jolloin hakepannua saataisiin hyödynnettyä enemmän. Uuden tekniikan avulla saataisiin monia hyötyjä, kuten mahdollisuus käyttää hakkeen lisäksi muita kiinteitä polttoaineita. Muina vaihtoehtoina voisi olla pelletti, vilja ja akanajäte.

Vanha hakepannu on vuoden 1981 stokerikattila, jonka palamisen hyötysuhteet eivät ole enää kovin hyvät. Uuden hakepannun avulla olisi mahdollista saada puhtaampi palaminen hyvällä hyötysuhteella. Nykyisellä pannulla kaikki säädöt tehdään näppituntumalta eli arvioimalla.

Stokerikattila muodostuu kolmesta peruselementistä: säiliöstä, syöttöruuvista ja palopäästä. Peruseriaatteena on, että säiliöstä siirretään haketta ruuvien avulla suoraan palopäähän, jossa se palaa. Palotilaan puhalletaan puhaltimien avulla ilmaa palon tehostamiseksi. (Tarke.2010).

Energiaomavaraisuuteen pyrkiminen on sekä ympäristön että taloudellisuuden kannalta järkevää. Joensuun kartanolla on metsää noin 2200 hehtaaria, jolloin kaikki metsäenergia saadaan omilta mailta. Kartanolla käytetään tällä hetkellä paljon kevyttä polttoöljyä. Esimerkiksi kuivurin kaikki lämpö tuotetaan polttoöljyllä. Tämän lisäksi lämpökeskuksessa kuluu kymmeniätuhansia litroja öljyä hakkeen lisänä. Suurin osa lämpökeskuksen lisäöljystä kuluu keskitalvella, jolloin hakepannun huipputeho ei riitä tuottamaan tarvittavaa energiamäärää.

Uusi hakepannu voisi mahdollistaa metsien monipuolisen hyödyntämisen energiataroitukseen. Tällä hetkellä lämpökeskuksessa poltetaan pelkäänsä rankahaketta sen tasalaatuisuuden vuoksi. Pannuhuoneen vanhat syöttölaitteet ovat pieniä halkaisijaltaan, jolloin suuret hakepalat ja pitkänmalaiset risut tukkivat syöttölaitteistoa.

3 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ

3.1 Lämpökeskus

Joensuun kartanon pannuhuone on valmistunut vuonna 1981. Pannuhuoneessa on kaksi hakepannuja ja yksi öljykattila. Isompi hakekattila on 700 kW Lakan stokerikattila ja pienempi 420 kW Lakan stokerikattila. Öljypolttimen tehoalue on 30 - 92 kW ja se on yhdistetty erikseen Lakan 480 kW ylipainekattilaan. Lämpökeskuksessa on käynnissä kerrallaan vain toinen hakekattiloista. Talvikaudella lisälämpö tuotetaan öljypolttimen avulla.

Hake syötetään kahden erillisen ruuvin avulla pannuun. Ruuvit ovat 15 cm halkaisijaltaan. Ensimmäinen ruuvi syöttää hakkeen varsinaiselle stokeriruuville, joka työntää hakkeen pannuun sisälle. Ensimmäiseltä ruuvilta hake putoaa 40 cm alemmaksi, minkä avulla ehkäistään palon pääsemistä siloon takapalon sattuessa.

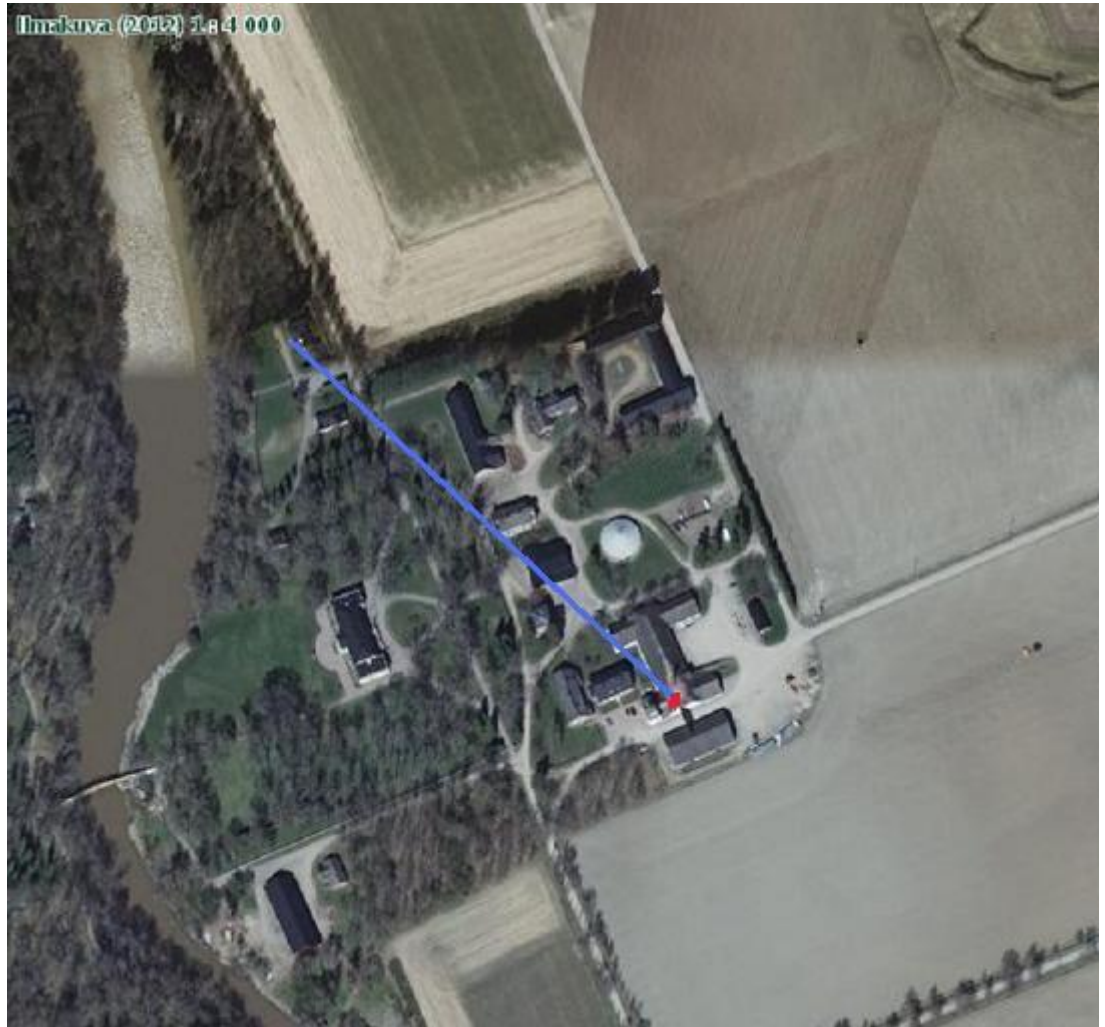
Lämpökeskus on integroitu isoon maatalousrakennukseen. Kattilahuone on 74 m², jossa molemmat hakepannut ja öljykattila sijaitsevat. Pannuhuoneessa on molemmille hakekattiloille erikseen hakesyöttöjärjestelmät. Hakesyöttöjärjestelmä pitää sisällään 20 m³ pystysiilon ja kaksi ruuvia, joilla hake siirretään hakepannuun.



Kuva 1. Pannuhuone ja oikealla kuvassa uusittava hakepannu

3.2 Kaukolämpöverkosto

Lämpökeskus sijaitsee kartanon miljöössä aivan keskellä piha-aluetta. Kartanon pihapiirin lämmitettävät rakennukset sijaitsevat kaikki 300 metrin säteellä lämpökeskuksesta. Kauimpana oleva rakennus sijaitsee 280 metrin päässä lämpökeskuksesta. Lämpökanaalia on kaiken kaikkiaan 900 metriä.



Kuva 2. Kartanon miljö. Punainen piste on pannuhuoneen sijainti. Sininen viiva on matka kauimpana sijaitsevalle lämmitettävälle rakennukselle 280 metriä.

3.3 Polttoaineiden kulutukset

Lämpökeskuksen vuotuiset polttoainekulutukset syntyvät hakkeen ja öljyn käytöstä (Joensuun kartanot kirjanpito).

Taulukko 1. Polttoaineen kulutukset

Vuosi	Haketusmäärä (i-m ³)	Öljy (l)
2011	2571	21000
2012	1038	23000
2013	1632	19000
2014	2020	6000
Yhteensä	7261	71000
4- vuoden ka.	1815 i-m ³	17750 l

Neljän vuoden keskiarvolla laskettuna teoreettinen energiankulutus on kartanolla muodostunut taulukon 2 mukaisesti. Laskentaperusteena on käytetty hakkeen lämpösisältöä.

Taulukko 2. Polttoaineiden teoreettiset kulutukset

Hakkeen teoreettinen energiamäärä	1815 i-m ³ * 0,8 MWh/i-m ³	1452 MWh
Öljyn energiamäärä	17750 l * 0,01 MWh/l	177,5 MWh
Yhteensä		1629,5 MWh

3.4 Raaka-aineen kustannuksen muodostuminen

Hakkeen hinta muodostuu useista osatekijöistä. Joensuun kartanolla hakepuu saadaan omasta metsästä päätehakkuiden ja harvennushakkuiden yhteydessä. Päätehakkuun ja harvennuspuun kiintokuution (k-m³) hintaan kuuluu myös rahti kartanon omalle haketusalueelle. Kiintokuutiosta puuta saadaan noin 2,5 irtokuutiometriä (i-m³) haketta. Yhteenlaskettuna saadaan hakekuution korjuukustannukset. Siihen lisätään vielä haketuksen hinta, kun ulkopuolinen urakoitsija käy hakettamassa. Kartanon oman työpanoksen hinta koostuu traktorin käyttötunneista ja palkkakustannuksista. Kaikki hinnat ovat arvonlisäverottomia (Metsäkeskus 2008).

Kartanolla raaka-aineena poltetaan pääsääntöisesti päätehakkuista saatavaa puuta. Päätehakkuut tehdään avohakkuina. Osa puutavarasta on tukkipuiksi kelpaamatonta puustoa kuten ylilahot ja väärät rungot. Nämä puut menevät hakepuiksi. Myös pienten leimikoiden harvennushakkuusta saatava materiaali käytetään hakkeena. Isojen harvennusten puustoa käytetään hakkeen raaka-aineena vähemmän. Päätehakkuupuun ja harvennushakkuupuun hintaan ei ole laskettu kantohintaa.

Taulukko 3. Raaka-aineiden hinnan muodostuminen

Raaka- aine	ranka- tavara m ³	hake i-m ³	haketus i-m ³ kustannus	oma työ- panos i-m ³	yht.	
Päätihakkuu puu	13,5€/	5.4€	3,7€	1€	10.1€ i-m ³	12.6€ MWh
Harvennus- puu	19€/	7.6€	3.7€	1€	12.3€ i-m ³	15,4€ MWh

3.5 Hyötysuhteen ja kulutuksen selvittäminen

Hakkeen kulutuksesta ja energiamäärän tuottamisesta kaukolämpöverkoon pidettiin kirjaa seurantajakson aikana. Ennen tätä tutkimusta vanhan hakepannun hyötysuhde ei ollut tiedossa. Poltettavan hakkeen määrä saatiin selville haketuksen yhteydessä. Tuolloin laskettiin, kuinka monta kärnyllistä haketta tuodaan tyhjään varastoon. Kärnyjen tilavuus oli laskettu huolellisesti, jotta hakemäärä olisi mahdollisimman tarkka. Kun varaston hakemäärä oli selvillä, otettiin energiamittarista kulutetun energiamäärän arvo ylös. Kun koko hakemäärä oli poltettu, energiamittarin arvoa vertailtiin lähtöarvoon. Seurantajakso tehtiin kahteen kertaan, jotta tulos olisi vertailukelpoisempi.

Seurantajakson aikana pidettiin kirjanpitoa hakkeen kulutuksesta ja verkostoon syötetystä energiamäärästä. Seurantajakso oli 10.12.2014 – 13.2.2015. Tuona aikana haketta poltettiin 536 i-m³ ja energiaa saatiin 300 MWh. Näin ollen hakekuutiosta saatiin hyödynnettyä vain 300 MWh / 536 i-m³ = **0,56 MWh/i-m³** haketta. Hakkeen laatu oli todella hyvää. Seurantajakson aikana poltettiin ylivuotista kokopuuhaketta, jonka kosteusprosentti oli 30.

Hakkeen kosteusprosentti selvitettiin uunikuivauksella. Uuniin laitettiin 200 g haketta folioastiassa. Haketta kuivattiin 100 asteisessa uunissa noin viisi tuntia, jonka jälkeen mitattiin hakkeen paino ja laskettiin haihtunut vesimäärä. Vinkki tämän tyyppiseen hakkeen kosteusprosentin selvittämiseen saatiin haastatteleamalla Jussi Somerpaloa Otso-palveluista (Somerpalo, haastattelu 10.12.2014).

Yllä lasketun hyötysuhteen perusteella Joensuun kartanolla käytetty todellinen kokonaisenergian määrä vuodessa on:

Hake 1815 i-m³*0,56 MWh/i-m³ = 1016 MWh
 Öljy 17750 l*0,01 MWh/l = 177,5 MWh
 Yhteensä 1016 MWh+177,5 MWh = **1 193,5 MWh.**

Taulukko 4. Hakkeen kulutuksen jakautuminen kuukausittain

KUUKAUSI	JAKAUTUMINEN	VANHA HAKEPANNU	UUSI HAKEPANNU
tammikuu	14 %	254 m ³	198 m ³
helmikuu	13 %	236 m ³	183 m ³
maaliskuu	12 %	218 m ³	169 m ³
huhtikuu	9 %	163 m ³	127 m ³
toukokuu	6 %	109 m ³	85 m ³
kesäkuu	3 %	54 m ³	42 m ³
heinäkuu	3 %	54 m ³	42 m ³
elokuu	3 %	54 m ³	42 m ³
syyskuu	6 %	109 m ³	85 m ³
lokakuu	9 %	163 m ³	127 m ³
marraskuu	10 %	181 m ³	141 m ³
joulukuu	12 %	218 m ³	169 m ³
YHTEENSÄ	100 %	1815 m³	1411 m³
Lämmitys	79 %	1434 m ³	1115 m ³
Lämmin vesi ja lämpöjohdot	21 %	381 m ³	296 m ³

4 KUIVURI

4.1 Tekniikka ja kulutukset

Kartanon kuivurissa on kaksi erillistä kuivurilaitteistoa, jotka molemmat ovat itsenäisiä yksiköitä eivätkä millään lailla riippuvaisia toisistaan. Kuivurikoneistot ovat 1980-luvun alkupuolelta. Kuivurikoneistot ovat Antti-Teollisuuden eräkuivureita. Kuivurit ovat 300 hl suuruisia ja niissä on Antti A-400 uunit.

Taulukko 5. Tekniset tiedot (Antti-teollisuus uunihuone-esite)

Antti A-400 uuni	
Teho	433 kW
Lämpötilannousu	61 °C
Öljyn kulutus	41,5 kg/h
Puhaltimen moottori	11 kW
Ilmamäärä	25800 m ³
Savukaasun lämpötila min.	170 °C

Lämmöntuotto tapahtuu kaksoissuuttimen avulla. Öljypolttimessa on silloin kaksi erikokoista öljysuutinta, pääsuutin ja apusuutin. Pääsuutin toimii koko ajan. Apusuutin antaa lisää lämpöä kuivauksen alussa ja kuivauksen aikana tarpeen mukaan. Öljypannun suuttimien koot ja öljyn kulutukset ovat tällä hetkellä liitteen 1 mukaiset. Suuttimien kokoluokka ilmoitetaan Usgal/h (USgallona/tunti), koska laitevalmistaja on amerikkalainen.

Pääsuutin 5,5 Usgal/h = 21 l/h
 Apusuutin 3 Usgal/h = 11,5 l/h

Tämän perusteella öljynkulutus kuivurissa on
 21 l/h + 11,5 l/h = 32,5 l/h.

Tästä saadaan lämpöteho laskettua seuraavasti
 32,5 l/h * 10 kWh/l = 325 kW/h.

Joensuun kartanoiden viimeisen kolmen vuoden kokonaiskeskisato on ollut 1,2 miljoonaa kiloa viljaa ja öljykasveja. Vuoden 2014 sato oli 1234 tonnia. Sato kuivataan kokonaisuudessaan kartanon kuivureissa. Tämän viljamäärän kuivaamiseen käytettiin yhteensä 430 käyttötuntia syksyn 2014 aikana. Käyttötunneissa on laskettu mukaan jäähdytysaika, joka on noin 1,5 h/kuivattava erä. Yhdessä kuivurillisessa on yleensä 250 hehtolit-
 ra eli 25 m³ kuivaa viljaa.

Taulukko 6. Joensuun kartanoiden sato vuonna 2014 (Joensuun kartanoiden viljavarasto-
 tointi kirjanpito)

LAJIKE	SATO tn	Hlp/ kg	Kuivauserän koko	Kuivauskerrat
Vehnä	785	78	25 m ³ *780 kg/m ³ = 19,5 tn	785t / 19,5t= 40 kpl
Ohra	574	68	25 m ³ * 680 kg/m ³ = 17 tn	574t / 17t= 33 kpl
Rapsi	71	75	25m ³ * 750 kg/m ³ = 18,7 tn	71t / 18,7 t= 4 kpl
Pöllä	8	65	12 m ³ * 650 kg/m ³ = 8 tn	8t / 8t = 1 kpl
Yhteensä	1234 tn			78 kpl

Kuivureissa kuivattiin yhteensä 78 erää viljaa syksyllä 2014. Tämän perusteella voidaan laskea kuivurissa käytetyn polttoöljyn määrä.

Kokonaisaika – jäähdytysaika = lämmitysaika
 430 h – (78*1,5h) = 313 h

313 h * 32,5 l/h = 10173 litraa polttoöljyä/syksy 2014

4.2 Tilat ja välimatkat

Joensuun kartanon kuivurirakennus sijaitsee 380 metrin päässä lämpökeskuksesta. Kuivuri on erillisenä rakennuksena ihanteellinen rakennuspaikka radiaattoreille, koska kuivurin ympäristössä ei ole mitään esteitä niiden rakentamiselle. Toinen radiaattoreista tulisi kuivurirakennuksen sisä- ja toinen ulkopuolelle.



Kuva 3. Punainen piste on lämpökeskus ja sininen viiva kuvaa matkaa kuivurille, 380m.

5 TOTEUTETTAVAN JÄRJESTELMÄN MITOITUS

5.1 Lämmitettävät tilat

Lämpökeskuksella ympärivuotisesti lämmitettävät tilat ovat yhteensä 18043 m³. Tämän tiedon perusteella voidaan laskea lämmitettävien tilojen lämmitystehon tarve. Tehon tarpeen määrittämisessä käytetään yleistä ohjetta, joka määrittellään siten, että vanhoissa taloissa ja rakennuksissa tehontarve on 22 – 30 W/m³. Tässä tutkimuksessa tehontarpeeksi valitaan 27 W/m³ sillä perusteella, että lämmitysverkossa olevat asuinrakennukset ovat vanhoja, eivätkä enää kovin tiiviitä. Tällöin voidaan olettaa lämmöntarpeen olevan suuri. Kompensaatiota muodostuu tiloista, jotka eivät ole asuinkäytössä. Konehalleissa ja juhlatiloissa pidetään matalampaa lämpötilaa. Näiden yhteisvaikutukset huomioiden voidaan arvioida 27 W/m³ olevan realistinen kulutus (Ariterm Biolämpöopas).

$$18043 \text{ m}^3 * 27 \text{ W/m}^3 = 487161 \text{ W} = \mathbf{487 \text{ kW}}$$

Lämpökanaaleja kartanon pihapiirissä on yhteensä 900 metriä. Lämpöhäviö putkistossa on 30 W/m. Vanhoissa kaukolämpökanaaleissa lämpöhukka on suurempi kuin uusissa (Metsäkeskuksen laskentaohjelma).

$$900 \text{ m} * 30 \text{ W/m} = 27000 \text{ W} = \mathbf{27 \text{ kW}}$$

Näiden tietojen perusteella voidaan laskea maksimaalinen tehon tarve 32 asteen pakkasella.

$$487 \text{ kW} + 27 \text{ kW} = 514 \text{ kW} = \mathbf{500 \text{ kW}}$$

Taulukko 7. Lämmitettävät rakennukset ja lämmityskuutiot

Rakennus	kerrosala m ²	tilavuus m ³
Päärakennus	1400	4200
Tammilehto	298	834
Paviljonki	58	235
Puuverstas	439	1125
Karjakkola	366	1002
Konehalli	1335	5175
Taatitalli	81	203
Konttori	315	945
Kellomäki	228	584
Autotallit	265	954
Juhlasali	546	2472
Tammilehdon talli	130	312
Yhteensä	5461 m²	18043 m³

5.2 Kuivurin vaatimukset

Kuivurin tehontarvevaatimuksissa on otettava huomioon se, tuotetaanko koko tarvittava lämpö radiaattoreiden avulla vai käytetäänkö kuivauksessa edelleen osittain öljyä. Lähtökohtaisena ajatuksena on tuottaa edelleen osa lämmöstä öljyn avulla. Kuivuriin on suunnitteilla kaksi radiaattoria, joista kummankin teho olisi 236 kW. Kahden radiaattorin laskennallinen yhteis-tehontarve olisi 472 kW. Lämpökanaalin pituus olisi 800 metriä ja siitä muodostuisi lämpöhäviötä 14 W/m. Lämpökanaalin kokonaislämpöhävi-öksi tulisi $0.014 \text{ kW/m} * 800 \text{ m} = 11 \text{ kW}$, jolloin kokonaistehon tarpeeksi tulisi $472 \text{ kW} + 11 \text{ kW} = 483 \text{ kW}$.

5.3 Lämpökanaalin mitoitus

Lämpökanaalin mitoituksessa pitää huomioida kuivurille tuleva matka ja suuri tehon tarve. 800 metrin matkalla ongelmaksi tulee painehäviö, jonka vuoksi lämpöputki pitää mitoittaa riittävän suureksi. Putkien tulisi olla teräsputkia, koska hetkellinen lämmöntarve nousee suureksi (yli 80 °C). Teräsputki kestää sen muoviputkea paremmin, koska muoviputket kestävät yli 80 asteen lämpötiloja vain hetkellisesti. Teräsputken etuna on sen hyvä lämmönkestävyys ja pitkä käyttöikä. Lämpökanaalin menoputkeksi valitaan CASAFLEX DN 100 (127/202). (CASAFLEX- esite).

6 INVESTOINNIN LASKENTA

6.1 Lämpökeskus

Lämpökeskuksen rakentaminen alkaisi vanhan hakepannun purkamisella. Purkamisen yhteydessä tarvittaisiin sähkömiehen ja putkimiehen työpanosta, jotta vanhat liitokset saataisiin turvallisesti pois. Purkutyön hoitaisi kartanon oma työvoima. Uuden hakepannun tulisivat asentamaan ta-varantoimittajan omat asentajat. Asennusvaiheessa ulkopuoliset urakoitsijat hoitaisivat sähkö- ja putkityöt. (Karhu, haastattelu 12.1.2015).

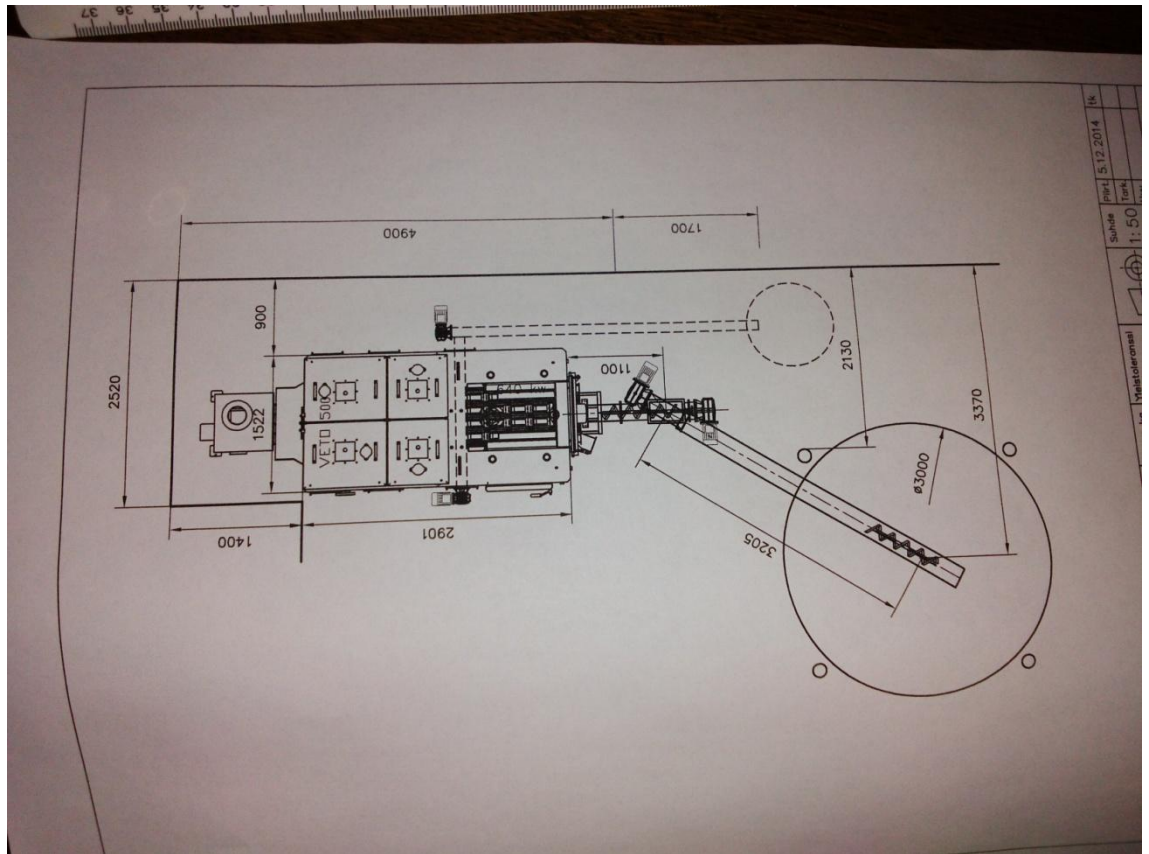
Lämpökeskuksen investoinnissa lasketaan erikseen hakepannun uusimiseen liittyvät kustannukset, koska kiinnostuksen kohteena on myös pelkän hakepannun uusimisesta koituvat kustannukset ilman kuivuriliitääntä.

Taulukko 8. Hakepannuinvestoinnin erittely

Työvaihe	selite	ALV % 0	ALV % 24
Vanhan purku	40 h * 30 €	1200 €	1488 €
Uuden asennus	1 kpl	3000 €	3720 €
LVI-työt	32 h*45 €	1440 €	1786 €
Sähkötyöt	32 h*45 €	1440 €	1786 €
Uusi hakepannu	1 kpl	36787 €	45616 €
Rahti	1 kpl	2000 €	2480 €
Yhteensä		45867 €	56875 €

Veljekset Ala-Talkkari Oy:n 500 kW hakepannu pitää sisällään seuraavat asiat:

Veto 500 kW kattila
Savukaasupuhallin 500 kW
Tuhkaruuvi 2-osainen
Lokersyötin (200 mm ruuvi)
Siiloruuvi 3,2 m (halkaisija 200 mm)
Lambda 5 s ohjauskeskus
GSM hälytysohjauskeskus



Kuva 4. Havainnekuva uudesta hakepannusta

6.2 Lämpökeskuksen lämmönvaihdin

Lämpökeskukseen tultaisiin rakentamaan lämmönvaihdin. Lämmönvaihtimen avulla lämpö siirretään vedestä glykolivesikiertoon. Tämän avulla saavutetaan huoltovarmuus ja vältetään kiertävän nesteen jäätymiseltä. Lämpökanaali kuivuriin olisi oma järjestelmänsä eikä sekoittuisi varsinaiseen lämmitysjärjestelmään, jolla muiden rakennusten lämmittäminen hoidetaan. Tutkimusta varten lämmönvaihtimesta saatiin tarjous Gebwell-yritykseltä. Heidän kokonaispakettiinsa kuului pumput, automatiikka, siirrin, putket ja asennus hintaan **5400 € ALV 0 %** (Kangasluoma haastattelu 9.3.2015)

6.3 Kuivurin lämpökanaali teräsputkinen

Lämpökanaalin rakentamisen kustannukset muodostuisivat taulukon 7 mukaisesti. Laskelmassa on käytetty kaukolämpöputkena CASAFLEX DN 100 (127/202). Casaflex-putki valittiin tähän, koska se kestää korkeita lämpötiloja. Putken sisäpinta on ruostumatonta terästä, joka antaa putkelle pitkän käyttöiän. Putken käyttölämpötilana voidaan pitää 160 °C ja hetkelisesti jopa 180°C. (CASAFLEX-esite)

Konetyön tuntiarvio ja hinta on kysytty maanrakennuksen ammattilaiselta, joka on toiminut Joensuun kartanoiden maanrakennustöiden tekijänä kymmenen vuoden ajan (Saarinen, Haastattelu 28.1.2015).

Taulukko 9. Lämpökanaali 1. hintaerittely

Työvaihe	Selite	ALV % 0	ALV % 24
Konetyö	120 h*50 €/h	6000 €	7440 €
LVI-työ	80 h*45 €/h	3600 €	4464 €
Kaukolämpöputket	87,8 €/m*760m	66728 €	82742,7 €
Tarvikkeet *		8500 €	10540 €
Salaojaputki	0,7 €/m*380 m	266 €	330 €
Maa-aines**		3400 €	4216 €
Yhteensä		88 494 €	109 732 €

* Tarvikkeet pitävät sisällään liittimet, holkit, kutisteet, kaukolämpökaivon ja jakopisteen.

** Maa-aines pitää sisällään kaivantoon tulevan salaojahiekan 190 m³ ja sepelin 114 m³.

6.4 Kuivurin lämpökanaali muoviputkinen

Toisessa lämpökanaalilaskelmassa käytetään putkena CALPEX UNO NP6 (90/162). Tämä putki valittiin toiseksi vertailuesimerkiksi, koska se voisi olla yksi käyttökelpoinen mahdollisuus kanaalin materiaalivaihtoehtona. Calpex Uno -putki on korkeatiheyksistä polyeteeniä eli putken sisäpinta on muovia. Putken jatkuva käyttölämpötilamaksimi on 80 °C ja hetkellinen maksimikäyttölämpötila 95 °C. (CALPEX UNO- esite). Tämän putken käytettävyyden osalta tulee vastaan lämpötilamaksimi, koska toisinaan saattaisi olla mahdollista ajaa vielä lämpimämpää nestettä kuivurin verkostoon. Putken sisäpinnan ollessa muovia sen käyttöikä saattaa pienentyä huomattavasti korkeita lämpötiloja käytettäessä sisäpinnan mahdollisen haurastumisen vuoksi (Rauhala. Haastattelu 12.2.2015).

Taulukko 10. Lämpökanaali 2. hintaerittely

Työvaihe	Selite	ALV % 0	ALV % 24
Konetyö	120 h * 50 €/h	6000 €	7440 €
LVI- työ	80 h * 45 €/h	3600 €	4464 €
Kaukolämpöputket	31,90 €/m*760 m	24244 €	30062,6 €
Tarvikkeet*		6500 €	8060 €
Salaojaputki	0,7 €/m * 380 m	266 €	330 €
Maa-aines**		3400 €	4216 €
Yhteensä		44 010 €	54 572 €

*Tarvikkeet pitävät sisällään liittimet, holkit, kutisteet, kaukolämpökaivon ja jakopisteen.

**Maa-aines pitää sisällään kaivantoon tulevan salaojahiekan 190 m³ ja sepelin 114 m³.

6.5 Kuivurin radiaattorit ja automatiikka

Kuivurin radiaattoreiden ja automatiikan kustannukset muodostuvat taulukon 9 mukaisesti. Kuivuriin asennettaisiin kaksi 236 kW radiaattoria, joiden avulla tuotettaisiin suurin osa kuivurin lämmöstä. Automatiikkaa käyttäen saataisiin kuivuri ja radiaattorit keskustelemaan keskenään. Automatiikan avulla kuivuri sammuttaa glykolivesikierron patterissa ja samalla aukaisee jäähdytysilmalle oman kanavan auki.

Taulukko 11. Kuivurin hintaerittely

Kustannus	Selite	ALV % 0	ALV % 24
Radiaattorit	2200 €/kpl*2 kpl	4400 €	5456 €
Automatiikka	2000 €	2000 €	2480 €
Tarvikkeet*	4000 €	4000 €	4960 €
Sähkötyöt	32 h*45€/h	1440 €	1786 €
LVI-työt	32 h*45 €/h	1440 €	1786 €
Yhteensä		13280 €	16467 €

*Tarvikkeet pitävät sisällään kaikki lvi-tarvikkeet esim. putket ja magneettiventtiilit, joilla radiaattorit kytketään verkkoon. Hintaan kuuluu myös sähkötyöissä tarvittavat materiaalit, joiden avulla lämpöpatterit ja kuivuri saadaan keskustelemaan keskenään.



Kuva 5. Tornum Radiattori

7 TULOKSET JA VERTAILU

7.1 Lämpökeskus

Uudessa hakepannussa hyötysuhteet olisivat huomattavasti paremmat automatiikan ja automaattisen nuohouksen ansiosta. Uudella hakepannulla ja laadukkaalla hakkeella päästään jopa 95 % hyötysuhteeseen. Käytännössä hyötysuhde tulisi olemaan 88 - 92 %.

Uudella hakepannulla saavutettaisiin hakkeesta noin 20 % vuotuiset säästöt. Tätäkin suurempi säästö saavutettaisiin öljyn kulutuksessa. Öljyn kulutuksen säästöä on kuitenkin hankala arvioida, koska siitä ei ole vertailujaksoa vaan ainoastaan keskimääräiset vuosikulutukset. Uuden hakepannun myötä hakelämmityksen tehon pitäisi riittää myös talven kovimmilla pakkasilla, jolloin nimenomaan on tarvittu lisätehoa lämmitykseen. Tuolin lisäteho on tuotettu kevyellä polttoöljyllä.

Uuden hakepannun avulla pitäisi pystyä tuottamaan 90 % koko vuoden energiantarpeesta. Loppu 10 % tuotettaisiin jatkossakin polttoöljyllä.

7.2 Lämpökeskuksen investoinnin kannattavuus

Uuden hakepannun investointi tulisi maksamaan 45867 €/ALV 0 %. Säästöä pitäisi saada käytetystä energiamäärästä. Vuotuudessa poltetussa hakeäärässä on kokonaisenergiaa tarjolla:

$$1815 \text{ i-m}^3 * 0,8 \text{ MWh/i-m}^3 = \mathbf{1452 \text{ MWh.}}$$

Seurantajakson aikana vanha hakepannu poltti haketta 65 % ja 77 % hyötysuhteilla. Energiankulutus laskettiin keskimääräisellä 70 % hyötysuhteella.

$$1815 \text{ i-m}^3 * 0,56 \text{ MWh/i-m}^3 = \mathbf{1016 \text{ MWh.}}$$

Uuden hakepannun hyötysuhde olisi 90 %. Näin ollen hakkeesta saadaan enemmän energiaa.

$$1815 \text{ i-m}^3 * 0,72 \text{ MWh/i-m}^3 = \mathbf{1307 \text{ MWh.}}$$

Tämän perusteella voidaan ajatella, että vuotuinen hakkeella tuotettu energiantarve, olisi 1016 MWh. Tämän perusteella voidaan laskea, kuinka paljon uudella hakepannulla haketta tarvitaan vastaavan energiamäärän tuottamiseen.

$$1016 \text{ MWh} / 0,72 \text{ MWh/i-m}^3 = \mathbf{1411 \text{ i-m}^3 \text{ haketta.}}$$

Tällä perusteella saadaan vuotuisen hakemäärän ja energian säästö.

$$1815 \text{ i-m}^3/v - 1411 \text{ i-m}^3/v = \mathbf{404 \text{ i-m}^3/v. \text{ haketta.}}$$

$$404 \text{ i-m}^3/v * 0,72 \text{ MWh/i-m}^3 = \mathbf{291 \text{ MWh/v.}}$$

Öljynsäästö muodostuisi seuraavaksi esitetyllä tavalla. Uuden hakepannun myötä lämpötehon pitäisi riittää talvella pelkällä hakkeella lämmittämiseen eikä talvella tarvitsisi enää polttaa öljyä. Öljynkulutus tulisi muodostumaan kesäajalla, jolloin pannua ei voida ajaa niin matalalla teholla kuin riittäisi. Hakepannu tulisi lepäämään kolme kuukautta vuodessa ja sen aikana olisi öljy päällä. Laskusääntönä käytetään metsäkeskuksen laskuohjelmassa määritettyä kaavaa, jonka mukaan kesäkuukausina käytetään 3 % kokonaisenergian määrästä per kuukausi. Kesäkuussa, heinäkuussa ja elokuussa energiankulutus olisi yhteensä 9 % koko vuoden energiankulutuksesta. Kartanolla kulutettu todellinen energianmäärä oli 1193,5 MWh (Metsäkeskuksen laskentaohjelma).

$$1193,5 \text{ MWh} * 0,1 = 119,4 \text{ MWh}$$

$$177,5 \text{ MWh} - 119,4 \text{ MWh} = 58,1 \text{ MWh.}$$

Tämän perusteella vuositasolla säästettäisiin n. 58 MWh öljyä

$$58 \text{ MWh/v} * 100 \text{ l} = \mathbf{5800 \text{ l/v}}$$

7.3 Lämpökeskuksen kokonaissästöt

Uuden lämpökeskuksen kokonaisenergisäästöt muodostuisi hakepannun parantuneesta hyötysuhteesta, jolloin hakkeesta saataisiin enemmän energiaa. Hyötysuhteen parantuessa ei tarvittaisi öljyä rinnalla lämmittämiseksi. Säästöä muodostuisi siis sekä hakkeen kulutuksessa että öljyn kulutuksessa.

Poltettavien polttoaineiden rahallinen säästö vuodessa:

Hake $404 \text{ i-m}^3/\text{v} * 10,1 \text{ €/i-m}^3 = 4041 \text{ €/v/ALV } 0 \%$

Öljy $5800 \text{ l/v} * 0,696 \text{ €/l} = 4037 \text{ €/v /ALV } 0 \%$

Yhteensä $4041 \text{ €} + 4037 \text{ €} = \mathbf{8078 \text{ €/v/ALV } 0 \%}$

Poltettavien polttoaineiden energiasäästö vuodessa:

Hake $404 \text{ i-m}^3/\text{v} * 0,72 \text{ MWh/i-m}^3 = 291 \text{ MWh/v}$

Öljy $5800 \text{ l/v} / 100 \text{ l/MWh} = 58 \text{ MWh/v}$

Yhteensä $291 \text{ MWh} + 58 \text{ MWh} = \mathbf{349 \text{ MWh/v}}$

Tämän perusteella voidaan tehdä laskelma siitä, että investointi olisi kannattava tehdä, kun hakepannun hinta olisi $45867 \text{ € ALV } 0 \%$.

$45867 \text{ €} / 8078 \text{ €/v} = 5,67 \text{ v} \approx \mathbf{6 \text{ vuotta}}$

Nykyarvomenetelmällä laskettuna investointi olisi myös kannattava.

Investointikustannukset	45 867	€
Vuotuiset kustannukset	1 380	€/v
Vuotuinen tuotto	8 078	€/v
Jäännösarvo	10 000	€
Laskentakorkokanta	5	%
Investoinnin pitoaika	20	a

Nykyarvo 87 241 € Investointi on kannattava

7.4 Radiaattorit, kaukolämpöverkko ja lämmönvaihdin

Kuivurin yhdistäminen kaukolämpöverkkoon on jaettu kolmeen eri osaan. Ensimmäinen osa on lämpökanaalin rakentaminen, toinen radiaattorit ja tekniikka kuivurissa ja kolmas lämmönvaihdin pannuhuoneessa. Lämpökanaalin rakentamisessa käytetään kahta vertailevaa putkivaihtoehtoa. Toinen putkista on teräsputki ja toinen muoviputki.

Taulukko 12. Vaihtoehto 1 teräsputki

	ALV 0 %	ALV 24 %
Kuivurin tekniikka	13280 €	16467 €
Lämpökanaali 1	88494 €	109732 €
Lämmönvaihdin	5400 €	6696 €
Yhteensä	107174 €	132896 €

Taulukko 13. Vaihtoehto 2 muoviputki

	ALV 0 %	ALV 24 %
Kuivurin tekniikka	13280 €	16467 €
Lämpökanaali 2	44010 €	54572 €
Lämmönvaihdin	5400 €	6696 €
Yhteensä	62690 €	77735 €

Radiaattoreiden avulla saatavat säästöt saadaan, kun kuivauksessa siirrytään kevyen polttoöljyn polttamisesta hakkeen polttamiseen. Vuoden 2014 syksyn öljynkulutus kuivurissa oli n.10200 litraa. Radiaattoreiden avulla olisi mahdollista leikata öljylaskusta reilu kolmasosa pois. Tällä hetkellä kuivuri kuluttaa öljyä tunnissa 32,5 litraa, joka antaa kuivurille 325 kW tehon. Uudet radiaattorit olisivat teholtaan 236 kW.

Teho joka tuotetaan öljyllä

$$325\text{kW} - 236\text{kW} = 89\text{kW}.$$

Näiden erotuksena kuivurilla tarvitsisi tuottaa öljyllä energiaa vain 89 kW, joka vastaa 9 litran polttamista tunnissa. Suutinvalmistaja tarjoaa suutinkokoa, joka kuluttaa 9,5 litraa tunnissa. Tätä arvoa käytetään laskelmissa. Kuivurit olivat päällä yhteensä 313 tuntia.

Öljyn kulutus

$$313 \text{ h} * 9,5 \text{ l/h} = \mathbf{2974 \text{ l}} \rightarrow \mathbf{29,7 \text{ MWh}}$$

Öljyn säästö

$$10200 \text{ l} - 2974 \text{ l} = \mathbf{7226 \text{ l}} \rightarrow \mathbf{72,3 \text{ MWh}}$$

$$7226 \text{ l/v} * 0,696 \text{ €/v} = \mathbf{5029 \text{ €/v/ALV 0 \%}}$$

Tavoitteena olisi korvata säästynyt öljynkulutus uusiutuvalla energialla. 72,3 MWh tulitaisiin tuottamaan hakkeen avulla ja saatava lämpö johdettaisiin kuivuriin radiaattoreiden avulla.

Hakkeen määrä ja hinta, jotka tarvitaan öljyn energiamäärän korvaamiseen

$$72,3 \text{ MWh} / 0,72 \text{ MWh/i-m}^3 = \mathbf{100 \text{ i-m}^3}$$

$$100 \text{ i-m}^3/\text{v} * 10,1 \text{ €/i-m}^3 = \mathbf{1010 \text{ €/v/ALV 0 \%}}$$

Kuivauksessa käytetty aika oli syksyn aikana yhteensä 313 tuntia eli yhteensä 13 vuorokautta. Lämpöä syötettäessä kuivurin verkostoon pitää myös asuintilojen lämmityksestä huolehtia. Syyskuun aikana kuluu energiaa asuintilojen lämmittämiseen 6 % kokonaisenergiasta ja haketta kokonaisuudessaan 85 i-m³. Näin saadaan laskettua tarvittavan hakkeen määrän ja tehontarve, joka tarvitaan asuintilojen lämmittämiseen kuivauksen aikana (Metsäkeskuksen laskentaohjelma).

$$85 \text{ i-m}^3/30 \text{ vrk} * 13 \text{ vrk} = 36,8 \text{ i-m}^3 * 0,72 \text{ MWh/i-m}^3 = \mathbf{26,5 \text{ MWh}}$$

Asuintilojen lämmittämiseen tarvittava energiamäärä pitää vastaavasti tuottaa hetkellisesti öljyllä.

$$26,5 \text{ MWh} * 100 \text{ l/MWh} = \mathbf{2650 \text{ l}}$$
$$2650 \text{ l/v} * 0,696 \text{ €/l} = \mathbf{1844 \text{ €/v/ALV } 0 \%}$$

Lopputuloksena kuivurissa saavutettu euromääräinen säästö on seuraava:

$$5029 \text{ €/v} - 1010 \text{ €/v} - 1844 \text{ €/v} = \mathbf{2175 \text{ €/ALV } 0 \%}$$

Tämän perusteella voidaan päätellä, että investoinnille ei ole rahallista perustetta. Halvemmalla muoviputkella rakennettu järjestelmä tulisi maksamaan 62690 €/ALV 0 %. Vuotuisten säästöjen ollessa 2175 €, järjestelmän suora takaisinmaksuaika olisi 30 vuotta.

8 YHTEENVETO

8.1 Pohdinta

Kyseisen kohteen investointi- ja kannattavuuslaskelmat jakautuivat kahteen osaan. Lämpökeskusmuutoksen laskelmat tehtiin erillisenä, koska se voisi olla oma investointinsa. Toisena osa-alueena oli kuivurin yhdistäminen lämpökeskukseen. Osa-alueet eriteltiin omiksi ryhmikseen, koska kohteessa olisi joka tapauksessa tarvetta päivittää lämpökeskus. Tämä oli loistava tilaisuus laskea ja vertailla todellisuudessa, mikä on uuden ja vanhan hakelämpöjärjestelmän ero.

Lämpökeskuksen uuden hakepannun investointi tuli laskelmissa hyvinkin kannattavaksi. Investointi maksaisi itsensä takaisin noin kuudessa vuodessa. Tämän suuruusluokan lämpökeskuksessa, jossa käytetään suuria määriä polttoainetta, on mahdollista saada suuret säästöt. Uuden ja vanhan hakepannun kohdalla suurimmaksi eroksi muodostuu hakepannun hyötysuhde. Hyötysuhdetta parantamalla saataisiin enemmän lämpöenergiaa hakkeesta.

Toinen suuri säästökohde investoinnissa olisi öljyn kulutuksen pieneneminen. Vanhan hakepannun teho ei riitä talvella lämmön tuottamiseen. Jo alle -10 asteen ulkolämpötiloissa lisälämpöä joudutaan tuottamaan öljyn avulla. Uuden hakepannun ollessa suurempi kuin vanha hakepannu, talvi-

kuukausina pystyttäisiin tuottamaan koko tarvittava lämpö ilman öljyn avustusta.

Öljynkulutuksen mittaaminen talvikuukausina on hankalaa. Öljypoltin on päällä vain ajoittain avustamassa lämmöntuotantoa. Sen vuoksi on vaikea tarkasti määrittää, kuinka monta MWh on tuotettu öljyllä hakkeenpolton ohessa. Seurantajaksoilla vanhan hakepannun hyötysuhteet olivat 75 % ja 65 %. Näiden hyötysuhde-erojen kohdalla on huomioitava huoltokatkokset. Pisimmät huoltokatkokset ajoittuivat pannun hyötysuhteen ollessa 75 %. Tuolloin hakepannu oli noin viisi päivää pois päältä ja tarvittava lämpö tuotettiin öljyn avulla. Tämä vääristää hakepannun hyötysuhdetta ylöspäin. Kun hakepannun hyötysuhde oli 65 %, oli talven kylmin jakso meillä. Silloinkin öljypoltin on ollut välillä avustamassa lämmöntuotannossa, mutta sitä ei ole huomioitu laskelmissa.

Uuden hakejärjestelmän myötä olisi hakkeen lisäksi mahdollista polttaa muitakin polttoaineita. Uusi kattila mahdollistaisi pelletin, viljan ja akanajätteen polton liikkuva-arinaisen polttotilan avulla. Kuivauksen yhteydessä kartanon kuivurissa muodostuu vuosittain suuri määrä akanajätettä, joka saataisiin hyötykäyttöön kartanon omassa lämmitysjärjestelmässä. Tähän asti akanajäte on kuljetettu viereiselle kasvihuoneelle poltettavaksi.

Toinen investoinnin osa-alue oli kuivuriin kohdistuva energiainvestointi, jonka tavoitteena oli saada kuivaukseen käytettävä energialasku pienemmäksi. Kuivurin yhdistäminen kaukolämpöverkon avulla lämpökeskukseen muodostuikin hämmäntävän kalliiksi. Odotuksena oli, että investointi olisi kannattanut suhteellisen pienellä aikavälillä.

Tässä tapauksessa ongelmiksi muodostuivat selkeästi välimatka, suuri tehontarve ja kaksoiskuivuri. Suuren lämpötehon siirtäminen kuivuriin muodostui ongelmalliseksi kyseisessä kohteessa. 500kW tehon siirtäminen kuivuriin vaatisi kaukolämpökanaalilta paljon. Kaukolämpökanaalin pitäisi olla todella suuri ja mielellään teräsputkinen, jotta putki kestäisi 100-asteisen nesteiden siirtämisen. Lisäksi kaksoiskuivurijärjestelmässä ongelmaksi muodostuu vaihteleva tehon tarve. Molempien kuivurien ollessa päällä tarvittaisiin käyttöön maksimaalinen teho. Vain yhden kuivurin ollessa päällä, puolet saatavilla olevasta tehosta jäisi käyttämättä, koska yhden kuivurin tehontarve on noin puolet hakepannun maksimitehosta. Hakepannun avulla olisi mahdollista tuottaa kaikki tarvittava lämpö yhdelle kuivurille. Tämä herättääkin kysymyksen siitä, kannattaisiko kuivuriin investoida suuremmat radiaattorit ja lämpökeskukseen suurempi hakepannu.

Suuremman hakepannun rakentaminen kuivurin ehdoin ei olisi järkevää. Kuivurissa tarvittava kokonaisenergianmäärä kahdelle kuivurille olisi niin suuri, että pitäisi rakentaa vähintään 700 kW hakepannu. Suuremman tehon siirtämiseksi pitäisi koko lämpökanaali ja radiaattorijärjestelmä mitoitettavaa järeämmäksi. Tehon kasvattaminen nostaisi kustannuksia valtavasti. Isompi järjestelmä ei myöskään palvelisi asuintilojen lämmitystä. Lämmitettävien asuintilojen suurin tehon tarve on 486 kW. Ylisuuren hakepannun rakentaminen toisi ongelmia niinä kuukausina, kun lämmöntarve on pieni. Isommalla hakepannulla olisi pidempi katkos kesäaikana,

koska pannua ei pystyttäisi käyttämään niin pienellä teholla kuin tarvittaisiin.

8.2 Luotettavuus ja riskien hallinta

Hakejärjestelmän uusimisella saavutettaisiin huoltovarmuutta. Talven 12/2014 – 02/2015 aikana vanhalle hakepannulle tuli 12 huoltoseisokkia, kun järjestelmät hajosivat. Jakson aikana vanhan hakejärjestelmän korjaamiseen käytettiin ainakin yhden viikon työtunnit. Vanha hakepannu vaatii jokapäiväisen mekaanisen miesvoimin tehtävän nuohoamisen, joka vie vuositasolla todella paljon aikaa. Uuden hakepannun myötä nuohoaminen automatisoituisi, mikä vähentäisi huomattavasti työmäärää lämpökeskuksessa. Lisäksi automaation avulla uuden hakepannuun hyötysuhde pysyisi koko ajan parhaalla mahdollisella tasolla.

Vanhalla hakejärjestelmällä kartanon lämmöntuottojärjestelmä on hyvin haavoittuva. Riski hakejärjestelmän hajoamiselle vuoden kylmimpänä aikana on todella suuri. Koska vanha hakepannu on liian pieni tuottamaan riittävästi lämpöä talvella, hakepannu joudutaan kuormittamaan maksimiteholla, jolloin hajoamisen riski kasvaa. Vanhassa hakepannussa on havaittavissa myös rapautumisen merkkejä. Tämä lisää tulipaloriskiä, jolloin koko lämpökeskus varajärjestelmineen voi tuhoutua. Riskiä voitaisiin huomattavasti pienentää uuden hakepannun ja syöttölaitteiston avulla.

Työn aikana on herännyt ajatus myös kuivurikoneiston uusimisesta. Tämä mahdollistaisi isomman kuivurin rakentamisen ja siinä yhteydessä olisi syytä miettiä lämmitysmuoto uudelle kuivurille. Tuolloin voisi tulla järkeväksi siirrettävä lämpökontti, jonka avulla tuotettaisiin koko lämpö uudelle kuivurille. Isompi kuivuri mahdollistaisi peltopinta-alan kasvattamisen järkevästi. Vanhalla kuivausjärjestelmällä peltopinta-alan kasvattaminen ei onnistu suuressa mittakaavassa. Joensuun kartanot on kehittyvä ja kasvava tila, joten näiden epävarmuustekijöiden vuoksi lämpökanaalin asentaminen kuivuriin ei ole järkevää.

8.3 Työprosessi

Opinnäytetyö oli mielenkiintoinen ja antoisa. Työn aikana oli mahdollista tutustua erilaisiin teknisiin ratkaisuihin, joita tarvittaisiin tämän tyyppisen investoinnin suunnittelussa ja toteutuksessa. Työn aikana kehittyi kokonaisvaltainen kuva siitä, mitä kaikkea pitää huomioida energiainvestoinnin suunnittelussa.

Työn avulla saatiin selvitettyä tutkimukseen liittyvä olettamus eli uudella hakepannulla saavutetaan energiasäästöjä ja taloudellisia säästöjä. Pitkään jatkunut olettamus siitä, että haketta poltetaan enemmän kuin pitäisi, sai vihdoinkin vastauksen.

LÄHTEET

Antti- Teollisuus uunihuone-esite

Ariterm Biolämpöopas

<http://www.kmaatalous.fi/tuotteet/koneet/tyokoneet/bioenergia/biopolttolaitteet/Documents/biolampoopas.pdf>

CALPEX UNO- esite

CASAFLEX- esite

Joensuun kartanon kirjanpito

Metsäkeskuksen laskentaohjelma

Metsäkeskus 2008, Maatilan hakelämmitysopas

Pelletin polttamisesta stokerilla 2010

<http://www.ktarke.net/stokeri.html>

HAASTATTELUT

Karhu T. Veljekset Ala-talkkari oy. Haastattelu 12.1.2015.

Kangasluoma V. Gebwell Oy. Haastattelu 9.3.2015.

Rauhala A. LVI- tekniikka. Haastattelu 12.2.2015

Saarinen T. M. Toivonen Oy. Haastattelu 28.1.2015

Somerpalo J. Bioenergianeuvoja OTSO- palvelut. Haastattelu 10.12.2014.

LIITE 1

Öljyn kulutus suutinkoon mukaan

kg/h	USgal/h	l/h		45 °	60 °	80 °
6,30	2,00	7,60		030F4132	030F6132	030F8132
7,10	2,25	8,50		030F4134	030F6134	030F8134
8,00	2,50	9,50		030F4136	030F6136	030F8136
9,00	2,75	10,40		030F4138	030F6138	030F8138
10,00	3,00	11,40		030F4140	030F6140	030F8140
11,20	3,50	13,30		030F4142	030F6142	030F8142
12,50	4,00	15,10		030F4144	030F6144	030F8144
14,00	4,50	17,00		030F4146	030F6146	030F8146
16,00	5,00	19,00		030F4148	030F6148	
18,00	5,50	21,00		030F4150	030F6150	
20,00	6,00	23,00		030F4152	030F6152	

10 12,26

S

