

VILJANKUIVURIN LISÄLÄMMÖN SUUNNITTELU

CASE Haapakoski

Tuomas Suihkonen

Opinnäytetyö
Huhtikuu/2013

Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma
Luonnonvara- ja ympäristöala



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Tekijä(t) SUIHKONEN, Tuomas	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 15.04.2013
	Sivumäärä 34	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi VILJANKUIVURIN LISÄLÄMMÖN SUUNNITTELU		
Koulutusohjelma Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) HAAPAKOSKI, Toni		
Toimeksiantaja(t) HAAPAKOSKI, Toni		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Suomessa yli 90 prosenttia viljasta kuivataan. Kuivaukseen käytetään lämminilmakuivureita niiden tehokkuuden vuoksi. Kuivureissa lämpö tuotetaan yleensä polttoöljyä polttamalla kuivurin uunissa. Viljan huono hinta ja öljyn hinnan raju kohoaminen ovat pakottaneet pohtimaan vaihtoehtoisia energianlähteitä korvaamaan öljyä osittain tai kokonaan. Suomessa luonnollisin vaihtoehtoinen energianlähde on puu ja vielä tarkemmin puuhake ja puuta meillä metsissämme riittää. Markkinoilla on myös sopivia hakelaitteita, mutta ne ovat kalliita. Opinnäytteen tarkoituksena oli selvittää edullista hakkeen käytön mahdollisuutta korvaamaan osittain öljyä tilatason esimerkissä.</p> <p>Rehuviljan kuivaamiselle on olemassa myös vaihtoehtoja, kuten viljan murskaaminen ja ilmatiivis säilöntä. Siemen- ja leipävilja täytyy edelleen kuivata ja myös suurin osa viljakaupasta käydään kuivalla viljalla.</p> <p>Työn tilasi Luonnonvarainstituutin teknologiaopettaja Toni Haapakoski jolla on noin 60 lypsävän karjatila. Haapakosken tilalla vilja kuivataan ja hänellä on ylimääräiseksi jäänyt 60 kilowatin tehoinen hakepoltin, jota on tarkoitus käyttää lämmitykseen.</p> <p>Työn yhteydessä käytiin myös läpi säästömahdollisuuksia kuivauksessa ja vaihtoehtoisia polttoaineita. Työssä tehtiin Microsoft Excell laskuri, jolla voidaan vertailla erilaisten lisälämmitysinvestointien kannattavuutta, kun lämmittimellä saatu öljynsästö tiedetään.</p> <p>Tulokset osoittivat, että kovin suuria investointeja ei lisälämmitykseen kannata tehdä, jos kuivausmäärät ovat vähäisiä. Helposti käy niin että investoinnin kiinteät kustannukset syövät säästöt, eivätkä ne välttämättä riitäkään, vaan kuivauksesta saattaa tulla todellisuudessa entistä kalliimpaa.</p>		
Avainsanat (asiasanat)		
Vilja, viljankuivaus, viljankuivaus hakkeella.		
Muut tiedot		



Author(s) SUIHKONEN, Tuomas	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 15.04.2013
	Pages 34	Language Finnish
		Permission for web publication (X)
Title EXTRA HEAT PLANNING FOR A GRAIN DRYER		
Degree Programme Degree Programme in Agriculture and Rural Industries		
Tutor(s) HAAPAKOSKI, Toni		
Assigned by HAAPAKOSKI, Toni		
<p>Abstract</p> <p>In Finland over 90 percent of produced grain is dried because of storing. Warm air dryers are used for drying because of their effectiveness. Oil is the main energy source of heat in these dryers. The low rates of grain prices and expensive oil are reasons why we are forced to look for alternative energy sources for oil. In Finland we have a large amount of forests so woodchip is a natural energy source. There is some woodchip equipment on the market for dryers but it is expensive. The objective of this thesis was to find out an economical way to use woodchip in a real farm case.</p> <p>There are also other alternatives for grain drying like smashing and vacuum. These are not suitable for seeds and bread grain. Grain market mostly operates with dry grain.</p> <p>This thesis was commissioned by Toni Haapakoski who has a dairy farm of 60 cows. He also works as a technology teacher at JAMK University of Applied Sciences in the Institute of Natural Resources. Most of the fodder grain is dried on Haapakoski's farm and he has also a spare 60-kilowatt woodchip burner which can be used for grain dryer heating.</p> <p>While working with this project we also looked for ways of saving energy and time on drying and alternative energy sources. I created also a calculator with Microsoft Office Excel spreadsheet program. The calculator compares the profitability of different extra heaters when the cost and oil saving of the heater are known.</p> <p>Based on the results there is no point in having a very expensive extra heater if there are no big amounts of grain to dry. The result can easily be that the fixed costs of the extra heater get bigger than the oil saving, and drying is even more expensive than in the beginning.</p>		
Keywords Grain, grain drying, woodchip, grain drying with woodchip.		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

1	TYÖN LÄHTÖKOHDAT	3
2	VILJAN TUOTANTO- JA KÄYTTÖ MAAILMALLA JA SUOMESSA.....	4
3	VILJAN SÄILÖNTÄMENETELMÄT	4
3.1	Yleistä.....	4
3.1.1	Kuivaus.....	4
3.1.2	Kylmäilmakuivaus	5
3.1.3	Lämminilmakuivaus	5
3.2	Tuoresäilöntä	6
4	LÄMMINILMAKUIVUREIDEN POLTTOAINEET.....	9
4.1	Kevyt polttoöljy.....	9
4.2	Puuhake	9
4.3	Neste- ja maakaasu.....	10
4.4	Kaukolämpö	10
4.5	Muut öljyt	11
5	SÄÄSTÖMAHDOLLISUUDET VILJANKUIVAUKSESSA	11
5.1	Yleistä.....	11
5.2	Kuivurin eristäminen.....	13
5.3	Puskurikuivuri	14
5.4	Korkea kuivauslämpötila.....	14
5.5	Kaksoiskoneisto.....	14
5.6	Päiväkuivaus.....	15
5.7	Ylikuivauksen välttäminen	15
5.8	Poistoilman lämmön talteenotto.....	16
5.9	Aurinkokeräin.....	17
5.10	Savukaasujen lämmöntalteenotto.....	18
6	ERI LAITTEISTOVAIHTOEHDOT CASE HAAPAKOSKI	19
6.1	Alkutilanne	19
6.2	Radiaattoriratkaisu	20
6.3	Ilmauuniratkaisu	21
6.4	Järjestelmien vertailu.....	24
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	24
	LÄHTEET	26
	LIITTEET.....	28

Liite 1. Järjestelmien hintavertailu.....	28
Liite 2. Kiinteät kustannukset.....	29
Liite 3. Laskelma.....	30
Liite 4. Laskelma.....	31

KUVIOT

KUVIO 1. Nykyaikainen lämminilmakuivuri.....	6
KUVIO 2. Tuoresäilöntää litistävällä myllyllä.....	7
KUVIO 3. Litistettyä viljaa.....	7
KUVIO 4. Puuhaketta.....	9
KUVIO 5. Kunnostettu ja laajennettu kuivuri.....	12
KUVIO 6. Säänkestävä kuivuri.....	13
KUVIO 7. Kuivurin koneiston eristäminen.....	13
KUVIO 8. Kaksoiskoneisto.....	15
KUVIO 9. Poistoilman lämmön talteenotto.....	16
KUVIO 10. Aurinkokeräimen periaate.....	17
KUVIO 11. Savukaasujen lämmön talteenotto.....	18
KUVIO 12. Radiaattoriratkaisu.....	22
KUVIO 13. Ilmauniratkaisu.....	23

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Energian hinta eri polttoaineilla.....	8
TAULUKKO2. Säästömahdollisuuksia kuivauksessa.....	11

1 TYÖN LÄHTÖKOHDAT

Suomi on yksi maailman pohjoisimpia maatalousmaita. Kylmästä ilmastostamme johtuen maataloudellemme aiheutuu paljon haasteita mutta myös hyötyjä. Kotimaiset elintarvikkeemme ovat puhtaudessaan maailman huippuluokkaa, ja yksi merkittävä tekijä tässä lienee kylmä ilmastomme, joka ei suosi bakteereja ja tuholaisia.

Ilmasto aiheuttaa myös haasteensa viljelylle. Yksi näistä on viljanviljelyyn liittyvä leipäviljan ja siemenviljan kuivauspakko, jotta ne säilyisivät. Myös suurin osa rehuviljasta kuivataan. Puintikosteudet ovat meillä monesti yli 20 prosenttia. Kauppakelpoinen vilja taas täytyy olla kuivuudeltaan 14-prosenttista (Lötjönen & Pentti 2005, 34). Syksy 2012 oli erittäin vaikea, ja puintikosteudet olivat jopa 30 prosenttia. Suomessa viljan kuivaukseen ovat vakiintuneet tehokkuutensa vuoksi lämminilmakuivurit, joissa lämpö tuotetaan yleensä öljyllä (Lötjönen 2005a, 37). Vaihtoehtona rehuviljan kuivaukselle on viljan tuoresäilöntä, joka on karkeasti puolet halvempaa kuin kuivaus. Siemen- ja leipäviljälle nämä menetelmät eivät kuitenkaan sovellu, vaan kuivaus on niille ainoa soveluva säilöntämenetelmä.

Viljan hinnan heilahtelut laidasta toiseen ja öljyn hinnan jatkuva kohoaminen ovat pakottaneet miettimään vaihtoehtoisia energianlähteitä kuivureihin. Monilla tiloilla on myös omaa metsää, ja puuta Suomessa riittää muutenkin, joten puulla tuotettu bioenergia on luonnollinen vaihtoehto.

Tämän opinnäytteen tarkoituksena oli tarkastella eri vaihtoehtoja kuivaukselle, keinoja kuivauksen energiansäästöön ja metsäenergian käyttöä kuivauksen apuna tilatasolla. Esimerkkitalalle suunniteltiin hakkeella toimiva imuilmalämmitin lämminilmakuivuriin. Toivon, että tämä työ innoittaa emännät ja isännät kehittämään oman tilansa viljansäilöntää edullisemmaksi ja sitä kautta parantamaan maatalouden kannattavuutta.

2 VILJAN TUOTANTO- JA KÄYTTÖ MAAILMALLA JA SUOMESSA

Viljaa tuotettiin maailmalla 1751 miljoonaa tonnia kaudella 2010- 2011, ja ennuste kaudelle 2011- 2012 oli 1849 miljoonaa tonnia. Yleisin vilja maailmalla on maissi, jota tuotettiin 829 miljoonaa tonnia kaudella 2010- 2011. Toisena on vehnä, jota kaudella 2010- 2011 tuotettiin 653 miljoonaa tonnia. (Vilja-alan yhteistyöryhmä 2013a.)

Kuivattua viljaa tuotettiin vuonna 2011 Suomessa 3668 miljoonaa kilogrammaa ja ennuste vuodelle 2012 oli 3758 miljoonaa kilogrammaa. Kolme yleisintä viljaa ovat järjestyksessä ohra 1514 miljoonaa kilogrammaa, kaura 1043 miljoonaa kilogrammaa ja vehnä 975 miljoonaa kilogrammaa vuonna 2011. Suomessa 28,7 prosenttia viljasta käytetään leipäviljaksi ja loppu rehuviljaksi. (Vilja-alan yhteistyöryhmä 2013b.)

3 VILJAN SÄILÖNTÄMENETELMÄT

3.1 Yleistä

Vilja ei säily käsittelemättä. Suomessa suurin osa viljasta kuivataan, koska kuivaa viljaa on helppo liikutella ja käsitellä ja se säilyy pitkiä aikoja. Vilja voidaan myös säilöä tuoreena, mutta tämä soveltuu ainoastaan rehuviljalle.

3.1.1 Kuivaus

Palvan (2011, 4) mukaan kaikesta Suomalaisesta viljasta kuivataan 92,5 prosenttia ja rehuviljastakin 90 prosenttia. Viljan viljelyn alkuaikoina vilja kuivattiin pellossa mahdollisimman kuivaksi ja loppukuivatus tapahtui riihessä. Puimakoneen tulon myötä myös kuivauksen tehoon jouduttiin panostamaan, ja näin syntyivät ensimmäiset varsinaiset kuivurit 1900-luvun alussa. Kuivurit olivat laatikko- tai kaappityyppisiä, ja niitä lämmitettiin puulla. (Törmä 2009, 5-6.)

Kosteus on jyvässä sitoutuneena kolmella eri tavalla: mekaanisesti, fysikaalisesti ja kemiallisesti. Kuivauksessa näistä pyritään poistamaan mekaanisesti ja fysikaalisesti kiinnittynyt vesi. Kemiallisesti kiinnittynyt vesi ei vaikuta jyvän säilymiseen, ja näin ollen sitä ei tarvitse poistaa. Mekaaninen eli pintakosteus poistuu helposti, ja jyvä kuivuu kuivauksen alussa nopeasti. Fysikaalisesti kiinnittynyt vesi on jo tiukemmassa ja jyvän kuivuminen hidastuu kuivauksen edetessä. (Kuivauksen termodynamiikka n.d., 7.) Leipävilja ja siemenvilja täytyy aina kuivata, jotta ne säilyvät ja kelpaavat kauppaan.

3.1.2 Kylmäilmakuivaus

1950-luvun lopulla maahamme alettiin rakentaa kylmäilmakuivureita Ruotsista saatujen esimerkkien myötä (Törmä 2009, 6). Kylmäilmakuivurissa viljan läpi puhalletaan ulkoilmaa eikä viljaa yleensä kierrätetä. Ilmamäärät ovat suuria ja kuivausajat pitkiä. Nykyään kylmäilmakuivurit ovatkin monesti puskurikuivureina, koska niiden teho ei riitä varsinaiseen kuivaukseen kasvaneiden pinta-alojen ja puintitehojen myötä. (Lötjönen 2005c, 47- 48.)

Lötjösen (2005a, 34) mukaan syksyinen ulkoilma voi sitoa vain noin 0,5-2 grammaa vettä ilmakehiä kohden, kun 70-asteisella ilmalla luku on jo 15 grammaa vettä ilmakehiä kohden eli yli seitsemänkertainen. Tästä on helppo päätellä, että kylmäilmakuivaus on aika lailla tehotonta ja säiden armoilla. Kosteana syksynä vilja ei vain välttämättä kuivu 18 prosenttia kuivemmaksi, vaikka sitä kuinka kylmäilmakuivurissa pyörittäisi. (Lötjönen 2005a, 35.) Tämä aiheuttaa sitten myös rajoituksensa viljakauppaan, jos käytössä on vain kylmäilmakuivuri. Lötjösen (2005c, 49) mukaan kuivausilman esilämmitys kylmäilmakuivurissa kannattaa, koska jo 3-4 asteen lämpötilan nosto vähintäänkin kaksinkertaistaa kuivaustehon.

3.1.3 Lämminilmakuivaus

Ensimmäiset lämminilmakuivurit syntyivät maahamme jo 1900-luvun alussa. Nykyisenlaisia, viljaa kierrättäviä ja öljyllä lämpiäviä eräkuivureita alettiin maahamme rakentaa 1970-luvulla. (KUVIO 1.)

Lämminilmakuivauksen teho perustuu lämpimän ja näin ollen kuivan ilman kykyyn sitoa vettä itseensä (Lötjönen 2005a, 34). 70-asteinen ilmakuutio kykenee sitomaan 15 grammaa vettä itseensä. Kostean jyvän ja kuivan ilman kosteusero pyrkii tasoittumaan, jolloin lämmintä, kuivaa ilmaa jyvien läpi puhallettaessa ilma imaisee jyvästä kosteutta itseensä. Lötjösen (2005a, 37) mukaan viljaa myös kierrätetään kuivurissa, jotta jyvät kuivuisivat tasaisemmin eivätkä vaurioituisi lämmöstä.



KUVIO 1. Nykyaikainen lämminilmakuivuri.

3.2 Tuoresäilöntä

Tuoresäilönnässä viljaa ei kuivata ollenkaan, vaan se säilötään suoraan puinnin jälkeen, erittäin kosteana. Viljan rehuarvoon kuivauksella ei ole merkitystä, joten tuoresäilöntä sopii hyvin karjatiloilille, varsinkin jos käytössä on aperuokinta, ja myös sikatiloille. (Palva, Jaakkola, Siljander-Rasi, Valaja, Root & Peltonen 2005, 55.)

Murskesäilöntä on hyvin samanlaista kuin säilörehun teko. Vilja puidaan 35-45 prosentin kosteudessa, jolloin maitohappokäyminen alkaa toimia. Vilja litistään tehokkaalla traktorikäyttöisellä valssimyllyllä, jossa siihen lisätään säilöntäaine. (KUVIOT 2. ja 3.) Säilöntäaineena käytetään joko muurahaishappopohjaista ainetta noin kolme litraa tuoretonnille tai melassia tai heraa 10 kg sokeria tuoretonnille. Litistämisen jälkeen vilja laitetaan laakasiiloon, tiivistetään ja peitetään kuten säilörehukin. Litistetty vilja voidaan säilöä myös makaraan tai ilmatiiviiseen tornisiiloon. Litistetty vilja on valmista rehua, ja purku tapahtuu laakasiilosta traktorilla tai tornisiilosta tarkoitukseen sopivalla purkaimella, joka voidaan automatisoida. (Palva 2005, 55-57.)



KUVIO 2. Tuoresäilöntää litistävällä myllyllä.



KUVIO 3. Litistettyä viljaa.

Kokojyväsilönnässä jyvät säilötään kokonaisina. Yleensä silönnässä käytetään propionihappoa, eikä jyviä tiivistetä tai peitetä. Hapon annostelussa täytyy olla huolellinen, sillä hapottomat kohdat pilaantuvat. Erittäin syövyttävä propionihappo aiheuttaa myös omat vaatimuksensa varastoille, koska se syövyttää myös betonia. Jyvät voidaan myös säilöä ilmatiiviisti, ilman säilöntäaineita, kaasutiiviissä siilossa. (Palva 2005, 57-59.)

Viljan säilömisestä tuoreena tulee monia etuja. Koska jyvien ei tarvitse joutua, voidaan käyttää satoisampia, myöhäisiä lajikkeita. Valssimylly voi olla porukan tai urakoiijan kone, jolloin sen teho riittää varmasti. Myös nykyaikaiset suuret ja tehokkaat puimurit saadaan tehokkaaseen käyttöön, kun puintikautta voidaan pidentää. Ja mikä parasta, säilöntä on edullista ja nopeaa, kun paljon työvaiheita jää pois. Siemen- tai leipäviljalle tuoresäilöntä ei taasen sovellu, vaan ne täytyy aina kuivata. Varsinkin laajentavan karjatilan kannattaa ehdottomasti harkita tuoresäilöntään siirtymistä. Murskevaihtoehtoa voi myös suositella, jos omaa kuivuria ei tilalla ole tai se alkaa olla käyttöikänsä lopussa, eivätkä ruokintalaitteet aiheuta rajoituksia murskeviljalle.

4 LÄMMINILMAKUIVUREIDEN POLTTOAINEET

4.1 Kevyt polttoöljy

70-luvulta lähtien tähän päivään saakka kevyt polttoöljy on ollut kuivuriuunien yleisin polttoaine. Helppo säädettävyys ja hyvät hyötysuhteet ovat suurin syy öljyn suosioon. (Lötjönen 2005a, 37.) Aikaisemmin öljy oli myös edullinen polttoaine. Nyt kuitenkin öljyn hinnan jatkuva ja raju kohoaminen ovat patistaneet ja pakottaneet miettimään vaihtoehtoisia energianlähteitä.

4.2 Puuhake

Puu ja tarkemmin hake on edullinen ja kotimainen polttoaine, ja puuta metsissämmme riittää.(KUVIO 4.) Vähitellen hakejärjestelmät ovat ruvenneet yleistymään kuivureissa ainakin apulämmittiminä ja jopa ainoina lämmönlähteinä. Hakkeen seassa saa myös helposti hävitettyä kuivausjätteet, ja useammilla hakejärjestelmillä myös palaturpeen poltto onnistuu.

Hakejärjestelmiä jarruttaa niiden hinta verrattuna öljyuuneihin ja hieman vaikeampi säädettävyys ja käyttö. Kallis hinta aiheuttaa myös sen, että hakejärjestelmälle pitäisi löytää jotain muuta käyttöä kuivauskeson ulkopuolelta, jotta se olisi järkevä investointi. (Lötjönen 2005a, 37.) Harva maatila tarvitsee usean sadan kilowatin hakejärjestelmää ympäri vuoden.



KUVIO 4. Puuhaketta.

4.3 Neste- ja maakaasu

Suomessa on muutamia neste- tai maakaasulla toimivia kuivureita. Tämä on kannattavaa suurissa yksiköissä ja jos kaasuputki kulkee lähellä. Nestekaasua voidaan myös kuljettaa rekalla. Yksi kaasujen eduista on myös se, että palo-kaasut ovat puhtaita, ja näin ollen ne voidaan puhaltaa suoraan kuivausilman mukaan. Tämä taas parantaa kaasukäyttöisen uunin hyötysuhdetta, joka voi lähennellä 100 prosenttia. Kaasujen hinnat kuitenkin seurailevat öljyn hintaa. (Lötjönen 2005a, 37.)

4.4 Kaukolämpö

Kuivurin voi myös kytkeä kaukolämpöön. Tämä on kannattavaa vain kaukolämpöverkoston läheisyydessä, toisin sanoen taajamissa, koska putkiston veto on kallista. (Jalonen 2008.) Suurien yhteiskuivurien sijoitusta suunniteltaessa tämäkin vaihtoehto kannattaa ottaa huomioon, ja sama pätee myös kaasujen suhteen.

4.5 Muut öljyt

Kuivurin polttoaineena voi myös käyttää kotimaisia öljyjä, kuten rypsiöljyä. Nämä vaativat omanlaisensa raskasöljypolttimen, ja tietysti peltopinta-alan täytyy antaa myöten rypsin viljelyyn. Myös öljyn puristamisesta syntyvä puriste täytyy saada järkevästi johonkin. Karjatiloilahan puriste käy suoraan eläinten rehuksi ja on erinomainen valkuaisen lähden. (Rypsienergialla omavaraisuuteen 2007,4.)

Polttoaineiden hinnat on kerätty vertailun helpottamiseksi seuraavaan taulukoon. Taulukosta on helppo havaita, kuinka kallista öljy on muihin polttoaineisiin verrattuna. (TAULUKKO 1.)

TAULUKKO 1. Energian hinta eri polttoaineilla. Pöyry 2012, 48.

Polttoaine	Energian hinta euroa/MWh
Kevyt polttoöljy (kesälaatu)	88,7
Maakaasu	43,4
Metsähake	18,1
Palaturve, kuljetus noin 50 km	15,8
Palaturve, kuljetus noin 100 km	16,6

5 SÄÄSTÖMAHDOLLISUUDET VILJANKUIVAUKSESSA

5.1 Yleistä

Tehokkain tapa säästää on luopua kuivauksesta kokonaan (Lötjönen & Kässä 2010, 1). Tätä kannattaakin pohtia tarkkaan, varsinkin karjatiloililla, jos kuivuri alkaa olla elinkaarensa lopussa ja ruokintajärjestelmät antavat myöten kii-vaamattomalle viljalle. Kuivauskustannuksia voi myös huomattavasti alentaa hyvin yksinkertaisilla säästötoimilla.

Kuivauskustannuksista noin 2/3 on kiinteitä kustannuksia (Lötjönen 2005b, 43). Täten varsinkin uuden kuivurin suunnittelussa kannattaa hintaa tarkastella hyvin tarkasti ja miettiä, mitä lisävarusteita oikeasti tarvitsee. Perinteinen

pakettikuivaamo, jossa kaikki on saman katon alla, on helppo valinta, mutta kallis. (KUVIO 5.) Säänkestävä kuivuri ja siilot voidaan rakentaa 64 prosentilla pakettikuivaamon hinnasta. (Palva 2011, 11; KUVIO 6.) Vanhojen kuivaamojen kiinteisiin kustannuksiin ei tietenkään pystytä jälkikäteen vaikuttamaan, joten on tyydyttävä vaikuttamaan muuttuviin kustannuksiin (Lötjönen 2005b, 43).



KUVIO 5. Kunnostettu ja laajennettu kuivuri.



KUVIO 6. Säänkestävä kuivuri.

5.2 Kuivurin eristäminen

Koska paljaat peltipinnat johtavat hyvin lämpöä, kuivauskoneiston ja tuloilmaputken eristäminen on yksi helpoimpia ja kannattavimpia toimenpiteitä. Koneiston eristäminen onnistuu eristelevyllä ja tuloilmaputken villalla. (KUVIO 7.) Eristämisellä voidaan säästää jopa 10 prosenttia energiaa (Lötjönen & Kässä 2010, 1).



KUVIO 7. Kuivurin koneiston eristäminen.

5.3 Puskurikuivuri

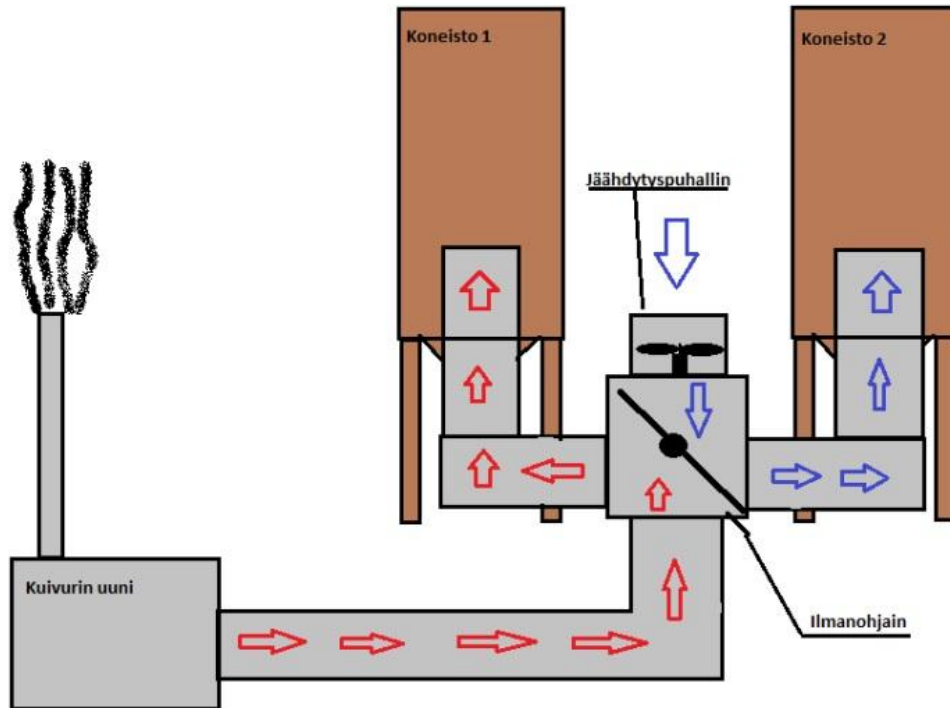
Jos tilalla on vanha kylmäilmakuivuri, sitä voidaan käyttää puskurikuivurina, jos sen täyttö ja tyhjennys onnistuu helposti ja nopeasti. Puskurikuivuri mahdollistaa hyvien puintipäivien kunnollisen hyödyntämisen ja korjuun oikeana aikana. (Lötjönen & Kässi 2010, 1.) Tietysti voidaan myös rakentaa uusi puskurikuivuri, jos se osoittautuu taloudellisesti järkeväksi. Tähän tarkoitukseen soveltuvat hyvin myös nykyiset kuivaavat siilot.

5.4 Korkea kuivauslämpötila

Mahdollisimman korkea kuivauslämpötila säästää energiaa lyhentyneenä kuivausaikana. Eristäminen taasen tukee korkean kuivauslämpötilan käyttöä. Rehuviljalla kannattaisi käyttää kuivurivalmistajan suurinta sallimaa lämpötilaa, joka voi olla jopa yli sata Celciusastetta, koska rehuviljan itävyydestä ei tarvitse olla huolissaan. (Lötjönen & Kässi 2010, 2-3.) Koiviston, Lindholmin, Rämön ja Uusi-Salavan (2013) mukaan kuivaamoissa voidaan käyttää ainakin sadan asteen kuivauslämpötiloja.

5.5 Kaksoiskoneisto

Kahdella kuivauskoneistolla pystytään hyödyntämään täysimääräisesti kuivauskapasiteetti ja päiväkuivauksen edut, koska kuivaus ei pysähdy täytön, jäähtymisen ja tyhjennyksen ajaksi (Lötjönen & Kässi 2010, 3). Eli kun toinen koneisto kuivaa, toista jäähdytetään, tyhjennetään ja täytetään. (KUVIO 8.) Tornumilta saa valmiita kaksoiskuivuripaketteja ja myös erillistä ilmanohjainta, jolla muunkin merkkisten kuivureiden muuttaminen kaksoiskuivuriksi onnistuu (Lindholm 2013).



KUVIO 8. Kaksoiskoneisto

5.6 Päiväkuivaus

Päiväkuivaus on 5-10 prosenttia polttoainetaloudellisempaa kuin yökuivaus, koska lämpimämpää päiväilmaa ei tarvitse lämmittää niin paljon kuin kylmää yöilmaa. Myös uunin ja koneiston oikea käyttö, säätö ja kunnossapito ovat erittäin tärkeitä asioita ja niillä voidaan säästää 5-10 prosenttia. (Lötjönen & Kässi 2010, 2.)

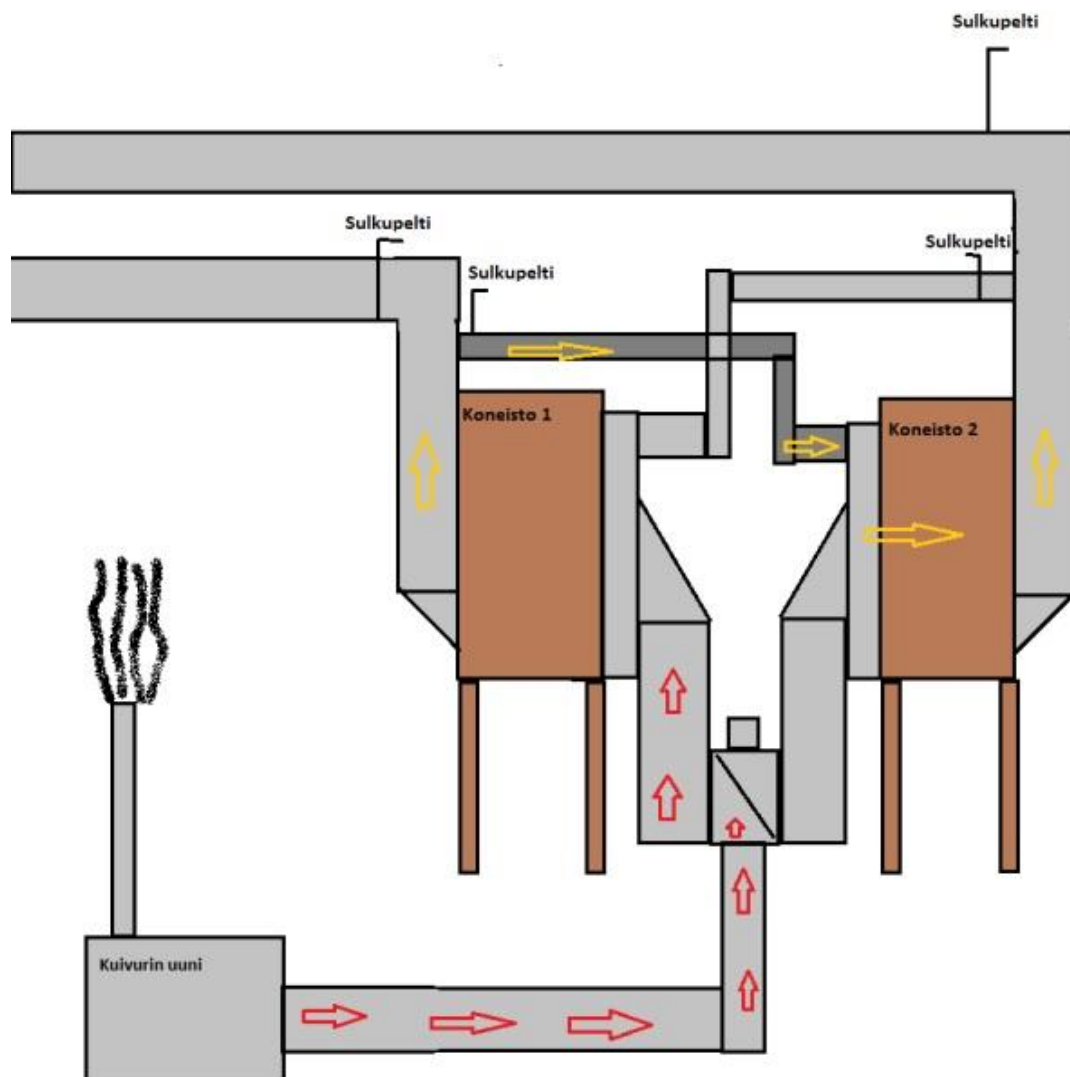
5.7 Ylikuivauksen välttäminen

Viljan ylikuivausta tulisi välttää, koska 14-prosenttinen vilja säilyy hyvin ja viimeiset prosentit kuivauksessa ovat tiukimmat prosentit. Säästöä syntyy 10-20 prosenttia. (Lötjönen & Kässi 2010, 2.) Vähän ajan päästä käyttöön otettava rehuvilja voitaisiin aivan hyvin jättää jopa 16-prosenttiseksi, varsinkin, jos viljaa on mahdollista tuulettaa.

5.8 Poistoilman lämmön talteenotto

Palvan (2011, 12) mukaan kuivurin poistoilman lämmön talteenotolla voitaisiin teoriassa säästää jopa yli 50 prosenttia kuivauksen energiakuluissa. Tätä vaikeuttaa se, että ilma on kosteaa ja roskaista, ja näin ollen se pitäisi jollain tavalla ainakin suodattaa, mikä taas aiheuttaa lisäkuluja ja työtä.

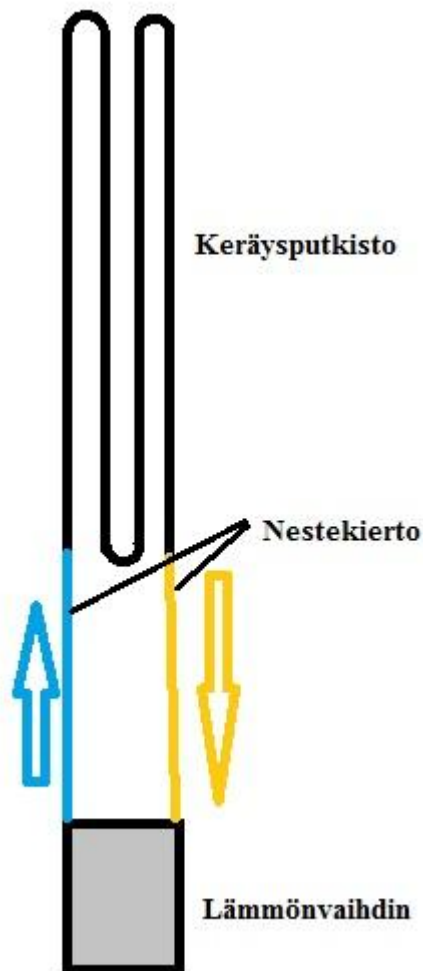
Tornumilta on saatavissa kaksoiskuivurin yhteyteen lämmön talteenottojärjestelmä, jolla luvataan jopa 12 prosentin energiansäästö. (KUVIO 9.) Järjestelmä alkaa lämmittää toista koneistoa, kun toisen poistoilman lämpötila on noin 33 astetta. (Lindholm 2013.)



KUVIO 9. Poistoilman lämmön talteenotto.

5.9 Aurinkokeräin

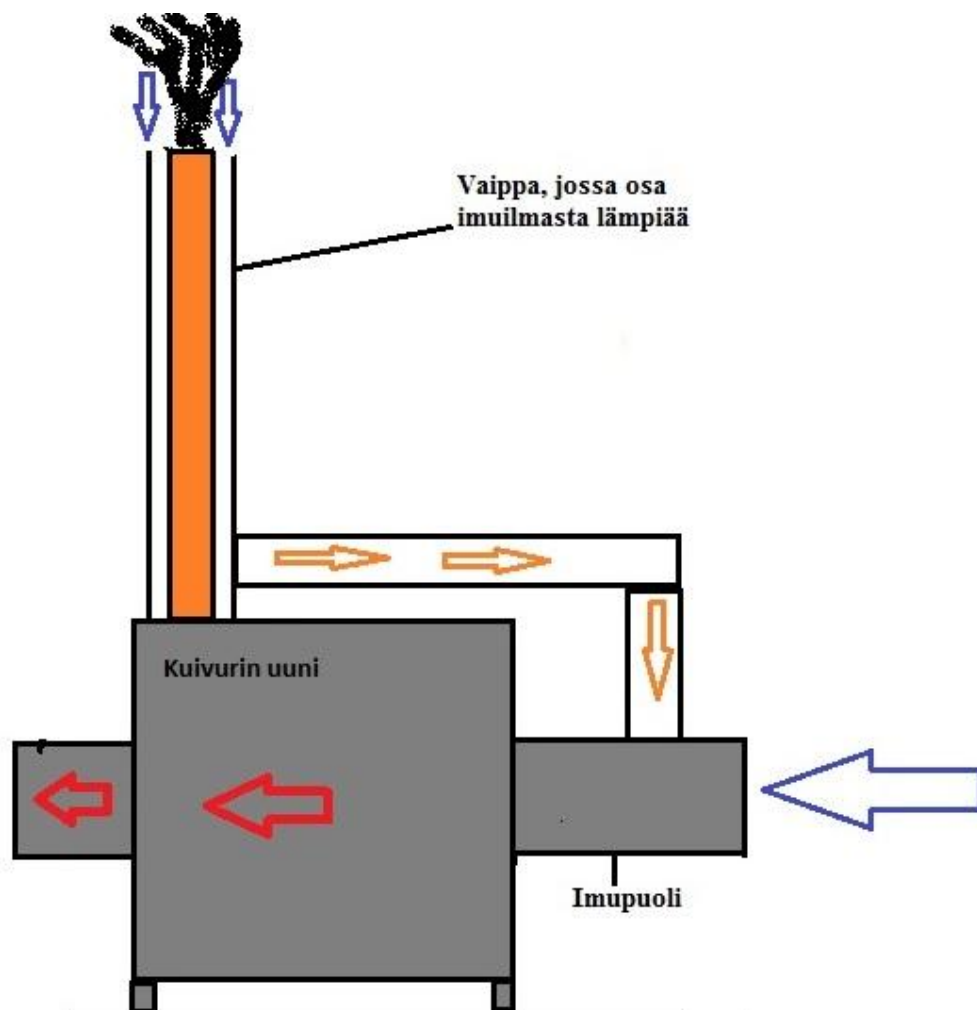
Aurinkokeräimen käytöllä voidaan nostaa imuilman lämpötilaa jopa viisi celsiusastetta, joka on 250 kilowatin uunissa noin kaksi litraa polttoainetta tunnissa. Rakentamiskustannukset eivät yleensä ole korkeat, ja suurilla kuivausmäärillä säästö alkaa olla merkittävä. (Lötjönen & Kässi 2010, 3.) Aurinkokeräin ottaa auringon säteilylämmön talteen nesteeseen. Kuivurin katto on mainio paikka keräysputkistolle ja tämänkin takia kuivuri kannattaa rakentaa avoimelle paikalle. Lämmönvaihdin asennetaan luonnollisesti imuilmaputkeen. (KUVIO 10.)



KUVIO 10. Aurinkokeräimen periaate.

5.10 Savukaasujen lämmöntalteenotto

Savukaasujen lämmöntalteenotto on helppo toteuttaa kuivurin uunin savupiipun ympärille tehdyn vaipan avulla. Vaipan ja savupiipun välistä imetään ilmaa kuivurin uunin ilmanottoon, jolloin osa savukaasujen lämmöstä siirtyy imuilmaan. (KUVIO 11.) Systemi on helppo toteuttaa ja tarvikkeet saattavat löytyä jopa hallin nurkista pyörimästä, eivätkä ne joka tapauksessa maksa kovin paljoa ostettuinaakaan.



KUVIO 11. Savukaasujen lämmön talteenotto.

Eri säästömahdollisuudet on kerätty taulukkoon. (TAULUKKO 2.) Taulukosta käy ilmi, että muutamilla hyvin yksinkertaisilla toimilla voidaan päästä jo noin 30 prosentin energiansäästöön hyvin pienillä investoinnilla.

TAULUKKO 2. Säästömahdollisuuksia kuivauksessa.

Toimenpide	Energiansäästö %	Mahdollinen muu säästö
Järkevä rakentaminen		Noin 30 %
Kuivauslämpötilan nosto 10 °C	2,5-5	Kuivaus nopeutuu
Päiväkuivaus	5-10	Katkeamaton yöuni
Uunin ja koneiston säätö ja huolto	5-10	
Tuloilmaputken ja koneiston eristys	10	
Vältetään ylikuivausta	Vaihtelee	Turhaa työtä
Puskurikuivuri		Puinti tehostuu
Kaksoiskoneisto		Päiväkuivauksen täysi hyödyntäminen, nopeus.
Aurinkokeräin		2 l/h polttoainetta 250 kw:n uunissa
Poistoilman lämmön hyödyntäminen	Noin 12% (Yli 50%)	(Yli 50%, jos kaikki ilma voitaisiin hyödyntää)

6 ERI LAITTEISTOVAIHTOEHDOT CASE HAAPAKOSKI

6.1 Alkutilanne

Haapakosken tilalla on aikoinaan ylimääräiseksi jäänyt 60 kilowatin Ariterm-merkkinen hake- eli stokeripoltin, jota on tarkoitus käyttää esilämmityssysteemin lämmönlähteenä. Kartoitin erilaisia laitteistovaihtoehtoja, mutta en tämän lämmönlähteen ympärille keksinyt muita järjestelmiä, kuin yleisesti käytössä olevan radiaattorisysteemin ja Toni Haapakosken itsensä ehdottaman ilmauunin systeemin. Molemmat systeemit on esitelty Koneviestissä numero 17/2008

sivuilla 26-33. Otin yhteyttä alan ihmisiin ja viljelijöihin ja vertailin eri järjestelmien toimivuutta, toteutusmahdollisuuksia ja hintaa. Kävin myös vierailemassa tiloilla joilla radiaattoriratkaisuja oli käytössä.

6.2 Radiaattoriratkaisu

Radiaattoriratkaisu koostuu stokerista, kattilasta, kiertovesipumpusta, lämmönsiirtoputkistosta, imukartiosta ja radiaattorista eli lämmönvaihtimesta. (KUVIO 12.) Lämmönvaihdin sovitetaan kuivuriuunin imuputken eteen. Sovittamisessa on ehdottoman tärkeää käyttää imukartiota, jotta ilmaan ei tule pyörteitä. (Ala-Talkkari 2009,14.) Imukartion avulla myös hyödynnetään koko radiaattorin pinta-ala, joka on onnistuneen lopputuloksen kannalta erittäin tärkeää.

Lämmön välittäjäaineena toimii järjestelmässä kiertävä vesi-glykoliseos, joka lämmitetään kattilassa ja luovuttaa lämpönsä imuilmaan radiaattorissa. Glykolia käytetään siksi, että se ei jäädy, ja näin ollen järjestelmää ei tarvitse tyhjentää talveksi. Seos kiertää järjestelmässä kiertovesipumpun avulla. 60 kilowatin kattilalla ja radiaattorilla öljynsästö olisi jopa kuusi litraa tunnissa (Wuoti 2012). Näin ollen onnistuneella radiaattoriratkaisulla päästään noin yhden litran öljynsästöön tunnissa kattilan kymmentä kilowattituntia kohden. Todellisuudessa säästöt eivät ole aivan näin suuria, koska häviöitä on aina.

Radiaattoriratkaisu on myös tuhkahuollon kannalta helppohoitoinen. Radiaattoriratkaisua puoltaa myös se, että vesi on hyvä lämmönsiirtoaine. Sen ominaislämpökapasiteetti on nelinkertainen verrattuna ilmaan (Lehto, Luoma, Havukainen & Leskinen 2005, 102-103). Mitä lähemmäksi lämpö saadaan sen käyttökohdetta vedellä siirrettyä, sen parempi. Huono puoli on korkeaksi kohtava hinta. (LIITE 1.)

Radiaattoriratkaisussa kuivuriuunin öljypoltin ohjaa stokeria. Kun öljypoltin sammuu, myös hakkeen syöttö katkeaa, mutta kiertovesipumppu jätetään päälle, jottei kattila ala kiehua. Tämä täytyy myös huomioida pitempänä jäädytysaikana ja kuivauksen voi lopettaa entiseen verrattuna aikaisemmin, jol-

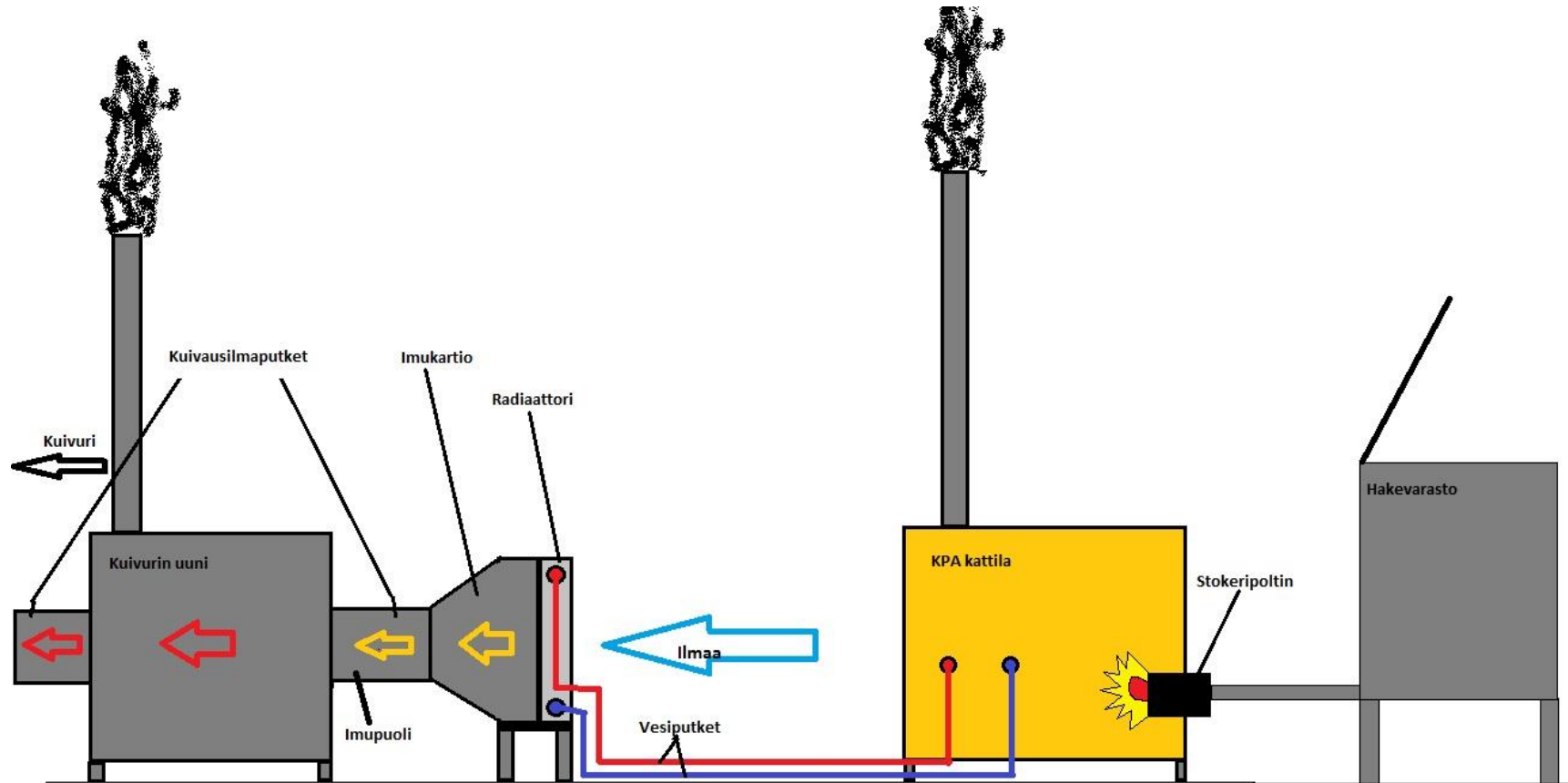
loin kuivumista tapahtuu jäähdytyksen aikana jälkilämmöllä. Tällöin kokonaiskuivausaika ei pitene merkittävästi.

6.3 Ilmauniratkaisu

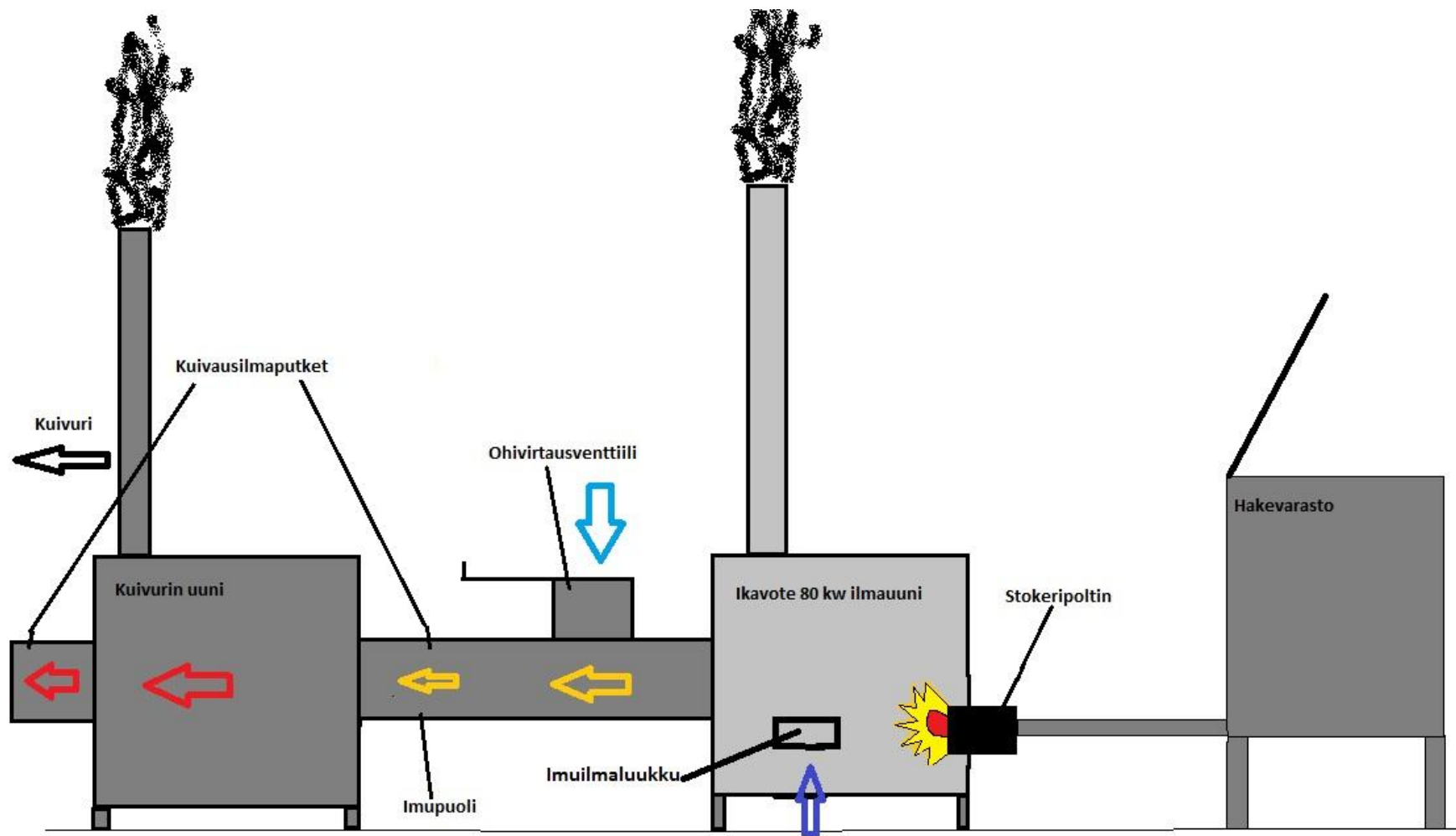
Ilmauniratkaisu koostuu Ikavote-merkkisestä ilmaunista, stokerista, lämpöputkesta ja ohivirtausventtiilistä. (KUVIO 13.) Uunia siis lämmitetään stokerilla ja lämpö johdetaan peltiputkella kuivurin imuilmaan. Ohivirtausventtiilillä sekoitetaan ulkoilmaa ilmaunin jälkeiseen lämminilmaan, koska Ikavote ei laske läpi kuin 3000 kuutiota ilmaa tunnissa (Rönni 2012). Kuivurin uuni taas tarvitsee ilmaa noin 10 000 kuutiota tunnissa. (Huipulla 1988). Rönin (2012) mukaan Ikavoten 80 kilowatin uunilla päästään jopa 8 litran öljynsäästöön tunnissa, jos vain polttoaine on kunnollista ja stokerin teho riittää. Eli litra öljyä kymmentä kilowattia kohden tälläkin ratkaisulla.

Ilmauniratkaisun puolella on sen edullisuus ja yksinkertaisuus, rikkoutuvia ja jäätyviä osia ei oikeastaan ole. (LIITE 1.) Tuhka- ja poltinhuolto on työlästä, koska erillistä tuhkaluukkuja ei Ikavotessa valmiina ole. Käytännössä poltin ja uuni on otettava erilleen toisistaan huollon ajaksi, ellei uuniin tehdä muutoksia.

Ohjaukseksi käy sama ratkaisu, kuin radiaattoriratkaisussakin, eli öljypoltin ohjaa hakkeen syöttöä. Tässäkin jäähdytysaika joudutaan pidentämään, jottei ilmauni ylikuumene.



KUVIO 12. Radiattoriratkaisu.



KUVIO 13. Ilmauniratkaisu.

6.4 Järjestelmien vertailu

Järjestelmiä vertailtiin keskenään Excell- laskurilla, joka laskee järjestelmien kiinteät kustannukset ja hakkeella tuotetun energian megawattimäärän, kun kokonaisenergiantarve tiedetään ja öljynsästö kumpaisellakin hakejärjestelmällä tiedetään tai pystytään arvioimaan. (LIITE2; LIITE3; LIITE4.) Laskuria varten täytyy siis selvittää järjestelmän investointikustannus, öljynsästö tunnissa, kokonaisenergiantarve vuositasolla ja hakkeen hinta.

Kiinteät kustannukset jaetaan megawattien kesken ja niihin lisätään hakkeen hinta, joka on Haapakosken tilalla 15 euroa/megawatti. Näin saadaan hake-megawatille hinta, joka sisältää myös lisälämmittimen kiinteät kustannukset. Eli mitä enemmän energiaa hakkeen avulla pystytään tuottamaan, sitä halvempia megawatteja syntyy, koska kiinteät kustannukset pienenevät megawattia kohden.

Laskuri vertaa hakejärjestelmiä siihen vaihtoehtoon, että kaikki energia tuotettaisiin öljyllä ja laskee, syntyykö säästöä vai ei. Laskurilla voi myös kokeilla, minkä verran öljynsästöä pitää syntyä minkäkin hintaisella järjestelmällä, että hakkeen käyttö olisi kannattavaa.

Laskurin mukaan Ikavotella päästäisiin kuuden litran öljynsästöllä tuntia kohden vuodessa 474,7 euroa plussalle ja radiaattorilla 363,5 euroa plussalle, eli molemmat laitteistot ovat kannattavia. (LIITE 3; LIITE4.) Vertailun suoritettiin kuuden litran öljynsästöllä, koska siihen päästään molemmilla systeemeillä. Stokerin teho on rajoittava tekijä. Tällä perusteella Ikavote selviytyy voittajaksi.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Viljankuivurin lisälämmityksestä löytyy aika vähän tutkittua tietoa. Siksi työnsäkin jouduttiin tyytymään aika paljon oletuksiin. Tutkittua tietoa siis kaivattaisiin kipeästi lisää. Jonkun verran tietoa löytyi, mutta se kaikki koski oikeastaan radiaattoriratkaisuja. Ilmauuniratkaisusta ei löytynyt käytännössä yhtään mitään.

Kuivuritehtaat suhtautuivat työhöni nihkeästi. Suurin osa ehdotti suoraan radi-aattoriratkaisua tai kallista hakekonttia. Lisälämmitys ei heitä tuntunut kiinnostavan.

Työn tuloksista käy ilmi, että pienillä kuivausmäärillä ei kovin kalliita lisälämmityssysteemejä kannata tehdä. Helposti käy niin, että saatu säästö menee uuden laitteiston kiinteisiin kustannuksiin, eikä välttämättä riitäkään. Kuivauksesta saattaa helposti tulla todellisuudessa entistä kalliimpaa. Täytyy muistaa, että hakkeellakin on hintansa, vaikka se tulisi omasta metsästä.

Suunnittelemillani laitteistolla päästään noin kolmanneksen säästöön öljyssä ja sillä ei päästä vielä kovin paljoa plussalle. Karkeana nyrkkisääntönä uskaltaisin sanoa, että lisälämmittimillä täytyy tavoitella vähintään tuon kolmanneksen öljynsäästöä, mieluummin pitäisi päästä puoleen. Tietysti mitä halvempi, sen parempi, mutta edullisuutta ei kannata tavoitella toimivuuden ehdoilla. Laitteistojen kannattavuus toki paranee öljyn hinnan nousun myötä.

Käsistään käteväälle viljelijälle vain mielikuviutus on rajana erilaisten lisälämmitysjärjestelmien rakentelussa. Yksinkertaisimmillaan lämmitin voisi olla vaikkapa suuri kiviuuni jota lämmitettäisiin esimerkiksi stokerilla ja ilma tai osa ilmasta imettäisiin uunin läpi. Tärkeää on, että kustannukset ja saadut säästöt laitetaan tarkasti ylös, jotta kannattavuuden laskeminen onnistuu.

Törmäsin työssäni useamman kerran siihen, että oli rakennettu hienot lämmityssysteemit, mutta säästöistä ei ollut mitään tietoa. Osin vallalla tuntuu olevan sellainen käsitys, että puulla lämmittäminen on ilmaista, maksoivatpa laitteet mitä tahansa. Työni osoittaa, että asia ei ole aivan näin.

LÄHTEET

Ala-Talkkari, H. 2009. Radiaattoriratkaisut. Teoksessa Viljankuivaus kotimaisella polttoaineella – opas. Toim. M, Koskiniemi. Kehittyvä metsäenergia – hanke. Metsäkeskukset. Sastamala: Vammaspaino.

Huipulla. 1988. Antti kuivureiden esite.

Jalonen, P. 2008. Kuivurit kunnan kaukolämpöverkkoon. Koneviesti 17,28-30.

Koivisto, M. 2013. Tehtaan myyntiedustaja. Arskametalli Oy. Sähköpostiviesti 25.01.2013. Vastaanottaja Suihkonen, T.

Kuivauksen termodynamiikka. n.d. Jyväskylän ammattikorkeakoulun opintomateriaali.

Lehto, H., Luoma, T., Havukainen, R. & Leskinen, J. 2005. Ominaislämpökapasiteetti. Teoksessa Fysiikka 2. Lämpö. Aallot. Toim. M, Tallgren ja J. Niemelä. Jyväskylä: Gummerus.

Linholm, J. 2013. Maavastaava. Tornum AB. Sähköpostiviesti 23.01.2013. Vastaanottaja Suihkonen, T.

Lötjönen, T. 2005a. Lämminilmakuivaus. Teoksessa Viljasadon käsittely ja käyttö. Toim. A-M. Kirkkari, R. Palva ja H. Teräväinen. Tieto tuottamaan nro 108, Pro Agria. Keuruu: Otava

Lötjönen, T. 2005b. Lämminilmakuivaamojen rakenneratkaisut. Teoksessa Viljasadon käsittely ja käyttö. Toim. A-M. Kirkkari, R. Palva ja H. Teräväinen. Tieto tuottamaan nro 108, Pro Agria. Keuruu: Otava

Lötjönen, T. 2005c. Kylmäilmakuivaus. Teoksessa Viljasadon käsittely ja käyttö. Toim. A-M. Kirkkari, R. Palva ja H. Teräväinen. Tieto tuottamaan nro 108, Pro Agria. Keuruu: Otava

Lötjönen, T. & Kässi, P. 2010. Energiakustannusten säästö viljankuivauksessa. Suomen Maataloustieteen Seura ry:n verkkosivusto. Viitattu 10.2.2013. <http://www.smts.fi/jul2010/poste2010/180.pdf>

Lötjönen, T. & Pentti, S. 2005. Kuivausteknologia. Teoksessa Viljasadon käsittely ja käyttö. Toim. A-M. Kirkkari, R. Palva ja H. Teräväinen. Tieto tuottamaan nro 108, Pro Agria. Keuruu: Otava.

Palva, R., Jaakkola, S., Siljander-Rasi, H., Valaja, J., Root, T., & Peltonen, S. 2005. Viljan Tuoresäilöntä. Teoksessa Viljasadon käsittely ja käyttö. Toim. A-M. Kirkkari, R. Palva ja H. Teräväinen. Tieto tuottamaan nro 108, Pro Agria. Keuruu: Otava

Palva, R. 2005. Tuoresäilöntämenetelmät. Teoksessa Viljasadon käsittely ja käyttö. Toim. A-M. Kirkkari, R. Palva ja H. Teräväinen. Tieto tuottamaan nro 108, Pro Agria. Keuruu: Otava

Palva, R. 2011. Viljankuivauksen kustannukset. Uusimaaseutu – hankkeen verkkosivusto. Viitattu 10.2.2013.

http://www.uusimaaseutu.fi/ep/tiedostot/Reetta_Palva_10.10.2011.pdf

Pöyry. 2012. Polttoaineiden hintataso. Koneviesti 7/2012, Bioenergialiite.

Rypsienergialla omavaraisuuteen. 2007. Rypsienergia - verkkosivusto. Viitattu 1.3.2013. http://www.rypsienergia.fi/docs/rypsienergia_esitys.pdf

Rämö, M. 2012. Myyntipäällikkö. Antti-Teollisuus Oy. Viljankäsittely. Puhelinhaastattelu 17.12.2012

Rönni, A. 2012. Toimitusjohtaja. Ikavote Oy. Puhelinhaastattelu 17.12.2012

Törmä, J. 2009. Viljankuivauksen historia. Teoksessa Viljankuivaus kotimaisella polttoaineella – opas. Toim. M. Koskiniemi. Kehittyvä metsäenergia – hanke. Metsäkeskukset. Sastamala: Vammaspaino.

Tornum. 2013. Kuivurit. Tornumin verkkosivut. Viitattu 30.1.2013.

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

Uusi-Salava, I. 2013. R&D Manager. Mepu Oy. Sähköpostiviesti 23.01.2013.

Vilja-alan yhteistyöryhmä. 2013a. Suomalaisen vilja- ja öljykasvissektorin ja maa- ja metsätalousministeriön yhteinen kehittämisorganisaatio. Viitattu 11.2.2013.

http://www.vyr.fi/www/fi/markkinatietoa/viljataseet/maailman_viljataseet.php

Vilja-alan yhteistyöryhmä. 2013b. Suomalaisen vilja- ja öljykasvissektorin ja maa- ja metsätalousministeriön yhteinen kehittämisorganisaatio. Viitattu 11.2.2013.

http://www.vyr.fi/www/fi/liitetiedostot/tuotanto_ ja_viljelytietoa/viljely_ ja_satotilastot/satotilastot/ennakkosatotilasto_16.7_2012.pdf

Wuoti, M. 2012. Myyntineuvottelija. Mepu Oy. Puhelinhaastattelu 28.12.2012

LIITTEET

Liite 1. Järjestelmien hintavertailu.

Vaihtoehto 1		Vaihtoehto 2	
Nimi	Hinta ALV 0	Nimi	Hinta ALV 0
Kattila+radiaattori+stokeri		Ilmauuni+stokeri	
Radiaattori	900	Uuni+piippu	3709
Kattila	1000	Ikavotelta	
Savupiippu	1000	Putkea+ ohi-	200
Letkut	500	virtausventtiili	
Kolmitieventtiili	100		
Asennus	1000		
Imukartio	100		
Oma työ	100		
Summa	4700 €	Summa	3909 €

Liite 2. Kiinteät kustannukset.

					5 %		2 %	0,50 %
Nimi	Kestoaika		Jälleenhankinta-arvo	Jäännösarvo	Korko €/v	Poisto €/v	Kunnossapito €/v	Vakuutus €/v
Käytössä oleva kuivurin uuni	15		0	0	0	0	0	0
Radiaattoriratkaisu	10		4700	1000	142,5	370	94	23,5
Ilmauniratkaisu	10		3909	500	110,23	340,9	78,18	19,545

Säilytys €/v	Kiint.kust. yht. €/v	Huolto €/v	Sähkö €/v	Oma työ €/v	Kulut yht. €/v
	0				0
	630	50	50		730
	548,85	20	50		618,85

Liite 3. Laskelma

Radiaattoriratkaisu			
Polttimen tunnit/vuosi	250 h	Öljyn säästö hakkeella	6 ltr/h tieto tai arvio
Öljymäärä vuodessa	5000 ltr	Prosenttia kokonais-	
Kulutus keskimäärin	20,00 ltr/h	kulutuksesta tunnissa	30 %
Energian tarve vuodessa	50 MW	Pelkän hakkeen MW hinta	15 €/MW
MW:n hinta öljyllä	87,9 €/MW	Laitteiston kustannus/MW	48,67 €/MW
Kikut ja mukut öljyllä	0 €/vuodessa	kikut ja mukut	
Yhteensä	4395 €/vuodessa	Hake maksaa yhteensä	63,67 €/MW
Hakkeella tuotettava energiamäärä		Hakekustannus vuodessa	
vuodessa on	30,00 %	15 MW	955 €
		Öljyn kustannus vuodessa	3077 €
		Yhteensä	4032 €
Öljyllä tuotettava energiamäärä		Kokonaiskustannusten ero	
vuodessa on	70,00 %	35 MW	hakkeen hyväksi vuodessa. 363,5 €/vuosi
Kuivurin öljyuunin kikut ja mukut	0 €/MW		
Kikut=kiinteät kustannukset		Eli kannattaa!	
Mukut=muuttuvat kustannukset			

Liite 4. Laskelma.

Ilmauniratkaisu			
Polttimen tunnit/vuosi	250 h	Öljyn säästö hakkeella	6 ltr/h tieto tai arvio
Öljymäärä vuodessa	5000 ltr	Prosenttia kokonais-	
Kulutus keskimäärin	20,00 ltr/h	kulutuksesta tunnissa	30 %
Energian tarve vuodessa	50 MW	Pelkän hakkeen MW hinta	15 €/MW
MW:n hinta öljyllä	87,9 €/MW	Laitteiston kustannus/MW	41,26 €/MW
Kikut ja mukut öljyllä	0 €/vuodessa	kikut ja mukut	
Yhteensä	4395 €/vuodessa	Hake maksaa yhteensä	56,26 €/MW
Hakkeella tuotettava energiamäärä		Hakekustannus vuodessa	843,9 €
vuodessa on	30,00 % 15 MW	Öljyn kustannus vuodessa	3077 €
		Yhteensä	3920 €
Öljyllä tuotettava energiamäärä			
vuodessa on	70,00 % 35 MW	Kokonaiskustannusten ero	
		hakkeen hyväksi vuodessa.	474,7 €/vuodessa
Kuivurin öljyuunin kikut ja mukut	0 €/MW		
Kikut=kiinteät kustannukset		Eli kannattaa!	
Mukut=muuttuvat kustannukset			