

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma

Jari Heinonen

Uusiutuvan energian käytön kannattavuus viljankuivauksessa

Opinnäytetyö
Toukokuu 2013



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2013
Maaseutuelikeinojen
koulutusohjelma
Sirkkalantie 12 A 2
80100 Joensuu
Puh. (013) 260 6900

Tekijä

Jari Heinonen

Nimeke

Uusiutuvan energian käytön kannattavuus viljankuivauksessa

Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin viljankuivauksen kannattavuutta kolmella erilaisella maatilalla, kun kuivauksessa käytettävä energia tuotetaan uusiutuvalla energialla. To-
teutettu työ oli tapaustutkimus, jossa tarkasteltiin viljankuivauksen kannattavuutta, kun
siirrytään käyttämään haketta polttoöljyn sijaan.

Tutkimuksessa laadittiin kustannuslaskelmat erilaisille lämmöntuotanto vaihtoehdoille
kahdelle maatilalle. Lämmöntuotanto vaihtoehtoina olivat ilmauuni- ,etu-uuni- ,
500 kW:n ja 1 MW:n lämpökeskusratkaisut. Lisäksi tässä opinnäytetyössä tarkasteltiin
lisälämmön käytön kannattavuutta kylmäilmakuivurissa.

Lähtötilanteen eri vaihtoehtojen kannattavuutta tarkasteltiin herkkyysoanalyysien avulla,
joissa tutkittiin kuivattavan viljamäärän, polttoöljyn hinnan ja poiston vaikutusta inves-
tointien kannattavuuteen.

Laskelmat osoittivat, ettei kohdemaatilojen kannata muuttaa lämminilmakuivureita
käyttämään uusiutuvaa energiaa 600 - 800 tonnin kuivausmäärillä. Sen sijaan lisä-
lämmön käyttö kylmäilmakuivurissa on kannattavaa jo 60 tonnin kuivausmäärällä.

Kieli Suomi

Sivuja 29 + 1

Asiasanat

Bioenergia, hake, viljankuivaus



THESIS
May 2013
Degree Programme in Rural
Industries
Sirkkalantie 12 A 2
FIN 80100 Joensuu
Tel. 358-013-260 6900

Author

Jari Heinonen

Title

The Profitability of Using Renewable Energy in Grain Drying

Abstract

The subject of this thesis was to examine the profitability of grain drying at three different types of farms when the energy used in the drying process is renewable energy. The research was conducted by using a case study where the profitability of changing fuel oil into wood chips when drying grain was examined.

Cost calculations were made for different types of heat production options on two farms. The options for the heat production were heater, Arska front chamber, 500 kW heating plant and 1 MW heating plant. The profitability of using additional heat in cold air dryer was also examined in this study.

The profitability of the starting point options was examined with the help of sensitivity analyses, where the effect of the amount of dried grain, cost of the fuel oil and depreciation was studied.

The calculations revealed that using renewable energy to power the warm heat dryers is not profitable when drying the amounts of 600 to 800 thousand kilograms. Instead, using additional heat in the cold air dryers is profitable when drying amounts as low as 60 thousand kilograms.

Language Finnish

Pages 29 + 1

Key words

Bioenergy, wood chips, grain drying

Nimiö	
Tiivistelmä	
Abstract	
Sisällys	
1 Johdanto	6
2 Tietoperusta ja käsitteiden määrittäminen.....	7
2.1 Viljan kuivauksen taustaa	7
2.2 Kuivurityypit	7
2.3 Polttoainevaihtoehdot.....	8
2.4 Lämmitysvaihtoehdot.....	8
2.5 Aiemmat tutkimukset	10
3 Tutkimuksen tarkoitus ja tavoitteet sekä tutkimuskysymykset.....	12
3.1 Tarkoitus ja tavoitteet	12
3.2 Aiheen rajaus	12
3.3 Tutkimusongelmat	12
4 Tutkimuksen toteuttaminen	13
4.1 Aineisto.....	13
4.2 Marjatile.....	13
4.2.1 Marjatilalle soveltuvat laitteistovaihtoehdot	14
4.2.2 Marjatilän Vaihtoehtojen vertailu	15
4.3 Sikatile.....	16
4.3.1 Sikatilalle soveltuvat laitteistovaihtoehdot	17
4.3.2 Sikatilän vaihtoehtojen vertailu.....	19
4.4 Lypsykarjatile.....	20
4.4.1 Lypsykarjatilän viljankuivaus vaihtoehdot	20
4.4.2 Lypsykarjatilän vaihtoehtojen vertailu	20
5 Tulokset	22
5.1 Marjatilän tulokset ja herkkyysanalyysi.....	22
5.2 Sikatilän tulokset ja herkkyysanalyysi.....	24
5.3 Lypsykarjatilän tulokset ja herkkyysanalyysi.....	26
6 Toimenpidesuositukset ja jatkotutkimusaiheet	27
6.1 Marjatilän toimenpidesuositukset	27
6.2 Sikatilän toimenpidesuositukset	27
6.3 Lypsykarjatilän toimenpidesuositukset	27
6.4 Vertailu aiempiin tutkimuksiin	28
6.5 Jatkotutkimusaiheet.....	28
Lähteet.....	29

Liitteet

Liite 1.

Kuvat ja taulukot

- | | |
|---------|---|
| Kuva 1. | Ilmauuni (Anttiteollisuus 2013.) |
| Kuva 2. | Etu-uuni (Araska-metalli 2013) |
| Kuva 3. | Lämpökeskusratkaisu(Biofire 2013) |
| Kuva 4. | Radiaattori, jonka läpi ilma johdetaan kuivurin koneistoon. (Anttiteollisuus 2013.) |
| Kuva 5. | Lämpökeskuksen mahdollinen sijoituspaikka |

Kuva6.

Uuden lämpökeskuksen mahdollinen sijoituspaikka

Taulukko 1.	Marjatilán laskelmissa käytetyt yleiset lähtöarvot
Taulukko 2.	Marjatilán laskelmissa käytetyt lähtötiedot
Taulukko 3.	Sikatilan laskelmissa käytetyt yleiset lähtöarvot
Taulukko 4.	Sikatilan laskelmissa käytetyt lähtöarvot
Taulukko 5.	Lypsykarjatilán laskelmissa käytetyt yleiset lähtöarvot
Taulukko 6.	Lypsykarjatilán laskelmissa käytetyt lähtöarvot
Taulukko 7.	Marjatilán vaihtoehtojen vertailu
Taulukko 8.	Marjatilalla vuosittain kuivattava viljamäärä
Taulukko 9.	Polttoöljyn hinnan vaikutus marjatilalla
Taulukko 10.	Poistoajan vaikutus marjatilalla
Taulukko 11.	Sikatilan vaihtoehtojen vertailu
Taulukko 12.	Sikatilalla kuivattava viljamäärä
Taulukko 13.	Polttoöljyn hinnan vaikutus sikatilalla
Taulukko 14.	Poiston vaikutus sikatilalla
Taulukko 15.	Lypsykarjatilán vaihtoehtojen vertailu
Taulukko 16.	Lypsykarjatilalla kuivattava viljamäärä

1 Johdanto

Suomessa on lyhyt kasvukausi verrattuna Etelä- ja Keski-Eurooppaan. Kasvukausi riittää Suomessa kuitenkin lähes samojen kasvien viljelyyn kuin Etelä-Euroopassa. Lyhyemmän kasvukauden johdosta viljasato joudutaan korjaamaan huonommissa olosuhteissa, jolloin sato joudutaan käsittelemään ennen varastointia. Varastointivaihtoehtoina on kuivaus tai tuoresäilöntä. Kuivauksen etuna on, ettei se rajoita sadon myöhempää käyttöä samalla tapaa kuin tuoresäilöntä. Vuosi 2012 oli normaalia sateisempi ja viljasatoa jouduttiin kuivamaan tavanomaista enemmän. Polttoöljyn hinta vaihtelee suuresti, ja kuivaus muodostuukin suurimmaksi muuttuvaksi kuluksi tällaisina vuosina. Tämän seurauksena on viime aikoina puhuttu paljon viljankuivauksessa käytettävän polttoöljyn korvaamisesta uusiutuvalla energialla.

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää uusiutuvan energian käytön kannattavuutta kolmella maatilalla. Kahdella maatilalla on noin 200 hehtaaria viljelyalaa, joten vuosittain kuivattavat viljamäärät ovat varsin suuria. Tilojen talouskeskuksessa on lisäksi muitakin lämmityskohteita, jotka otetaan laskelmiin mukaan. Kolmannella tilalla on 100 kW:n lämpökeskus, jonka tuottamaa lämpöä harkitaan käytettäväksi kylmäilmakuivurin lisälämpönä. Laskelmien pohjalta laaditaan tiloille toimenpidesuositukset, joista selviää eri vaihtoehtojen kannattavuus.

Tämä aihe on valittu opinnäytetyön aiheeksi, koska se on ajankohtainen ja tuloksia voi osittain hyödyntää oman kotitalan viljan kuivauksen suunnittelussa. Toimeksiantajana opinnäytetyössä toimii Pellot tuottamaan hanke. Opinnäytetyön ohjaajana toimii Juha Kilpeläinen ja tarkastajana Eeva-Liisa Juvonen.

2 Tietoperusta ja käsitteiden määrittäminen

2.1 Viljan kuivauksen taustaa

Viljankuivaus perustuu ilman vedensitomiskykyyn. Lämmin ilma pystyy sitomaan enemmän vettä kuin viileä ilma, jolloin kuivuminen on tehokkaampaa. Viljan kuivausprosessissa vettä irrotetaan jyvästä ja jyvän pinnalta lämpöenergiaa apuna käyttäen. Kuivaukseen tarvittava energia voidaan ottaa joko ulkoilman lämmöstä tai tuottaa kuivuriuunilla. Vilja tulee kuivata alle 14 %:n kosteuteen, että viljan säilyy varastossa pilaantumatta. (Koskiniemi 2009.)

2.2 Kuivurityypit

Lämminilmakuivurit voidaan jakaa kahteen ryhmään, erä- ja jatkuvatoimisiin kuivureihin. **Eräkuivuri** on yleisimmin Suomessa käytetty kuivuri. Siinä viljaa kierrätetään elevaattorin avulla kuivaussiilossa, johon johdetaan lämmintä ilmaa. Vilja kiertää koneistossa niin kauan, että se on tarpeeksi kuivaa. Viljan kuivuttua vilja jäähdytetään varastointia varten jatkamalla ilman puhallusta. Viljan jäähdyttyä se voidaan tyhjentää varastosiiloon. (ProAgria Maaseutukeskusten Liitto 2005.)

Jatkuvatoiminen kuivuri on rakenteeltaan samanlainen kuin eräkuivuri, mutta siinä on lisäksi toinen elevaattori, joka siirtää kuivuneen viljan varastoon. Jatkuvatoimisessa kuivurissa toinen elevaattori syöttää kosteaa viljaa kuivurin koneistoon, jossa se kuivuu ja poistuu alakautta toisen elevaattorin kautta varastoon. Jatkuvatoimisessa kuivurissa vilja kiertää vain kerran koneiston läpi. Märkinä syksynä vilja saatetaan joutua kuivaamaan toiseen kertaan jatkuvatoimisessa kuivurissa, sillä se ei välttämättä ehdi kuivua riittävästi. (ProAgria Maaseutukeskusten Liitto 2005.)

Kylmäilmakuivurissa käytetään suoraan ulkoilmaa, jolloin kuivauksessa tarvittava ilmamäärä on huomattavasti suurempi kuin lämminilmakuivauksessa, jotta

kuivuminen olisi riittävän tehokasta. Kylmäilmakuivureiden etuna lämminilma-kuivureihin verrattuna ovat suuri vastaanottokyky, pienemmät investointi- ja energiakustannukset ja kuivauslaarien käyttö viljan varastointitilana. Viljan kuivaaminen kauppakelpoiseksi ei kaikkina syksyinä ole mahdollista kylmäilmakuivurissa, jos ei käytetä lisälämpöä kuivauksessa. Pienikin kuivauslämmön nosto lyhentää kuivausaikaa jopa puolella. Kylmäilmakuivurissa viljaa ei kierrätetä kuivauksen aikana, vaan kuivuminen alkaa pohjalta ja etenee kohti pintaa. Viljakerroksen tulee olla riittävän ohut, että pinnan viljan kosteus saadaan las-kettua alle 20%:iin viidessä päivässä. (ProAgria Maaseutukeskusten Liitto 2005, 47 - 49.)

2.3 Polttoainevaihtoehdot

Kevyt polttoöljy on viljan lämminilma-kuivauksessa yleisimmin käytetty energian lähde. öljyn suuret hinnan vaihtelut ovat saaneet viljelijät miettimään vaihtoehtoisia polttoaineita viljankuivaamiseksi (Koskiniemi 2009).

Metsähake on yleisnimitys polttoaineelle, jota valmistetaan kokopuusta, ranga-gasta, ainespuusta, pienpuusta tai hakkuutähteistä. Hake leikataan koneellisesti pieniksi tasakokoisiksi paloiksi. (Hake 2013).

Puupelletti Valmistettu sahanpurusta tai höylälastuista puristamalla sylinterin muotoon, halkaisijaltaan alle yhden senttimetrin. (Puupelletti 2013).

2.4 Lämmitysvaihtoehdot

Ilmauuni tuottaa suoraan lämmintä ilmaa (kuva 1), joka voidaan puhaltaa kuivurin koneistoon (Koskiniemi 2009).



Kuva 1. Ilmauuni (Antiteollisuus 2013)

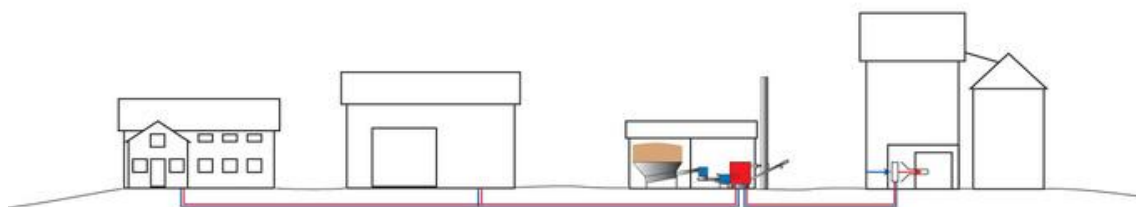
Etu-uunissa on kiinteälle polttoaineelle soveltuva poltin ja tulipesä (kuva 2). Etu-uuni sijoitetaan tavallisen öljyuunin etupuolelle, josta pakokaasut johdetaan suoraan öljyuunin poltinaukkoon. Vanhaa öljyuunia käytetään tässä tapauksessa lämmönvaihtimena (Araska-metalli 2013).



Kuva 2. Etu-uuni (Araska-metalli 2013)

Radiaattori eli patteriratkaisussa lämmitetään lämpökeskuksessa ensin vettä, jota kierrätetään radiaattorissa (kuva 4). Lämpökeskuksen tuottamaa lämpöä

voidaan käyttää muissakin lämmityskohteissa (kuva 3). Radiaattorin läpi kulkenut ilma sitoo itseensä lämpöä, joka voidaan hyödyntää kuivurissa. (Koskiniemi 2009.). Radiaattori on lämmityspatteri, jossa lämmönluovutus ympäröivään ilmaan tapahtuu sekä konvektion että säteilyn avulla. Lämmönsiirtymistapaan vaikuttaa radiaattorin rakenne. (Oulun seudun ammattiopisto 2008.)



Kuva 3. Lämpökeskusratkaisu(Biofire 2013).



Kuva 4. Radiaattori, jonka läpi ilma johdetaan kuivurin koneistoon. (Antiteollisuus 2013.)

2.5 Aiemmat tutkimukset

Aiheesta on tehty useita tutkimuksia, mutta mikään ei ole suoraan sovellettavissa toiselle tilalle, vaan tutkimukset joudutaan tekemään tapauskohtaisesti. Aiheesta on yleisesti tutkinut muun muassa Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen tutkijat Timo Lötjönen ja Pellervo Kässä. Tutkimuksen investointi las-

kelmissä on vertailtu kiinteää polttoainetta ja polttoöljyä käyttävien lämmitysjärjestelmien kassavirtoja eri polttoaine hinnoilla. Tutkimuksessa oli kiinteällä polttoaineella toimiva järjestelmä saatu kannattavaksi polttoöljyn hinnan ollessa 66 snt/l, kun järjestelmän veroton hankinta hinta oli noin 64 000€. Energian hintana oli käytetty 20 €/MWh:lta. (Lötjönen & Kässi 2013.)

3 Tutkimuksen tarkoitus ja tavoitteet sekä tutkimuskysymykset

3.1 Tarkoitus ja tavoitteet

Tutkimuksen tarkoituksena on vertailla eri lämmöntuotantovaihtoehtojen kannattavuutta viljankuivauksessa kolmella eri maatilalla. Vertailun pohjalta laaditaan toimenpidesuosituksia, joita maatilat voivat hyödyntää investointisuunnitelmissa. Opinnäytetyön tavoitteena on löytää kullekin tilalle soveltuva, kannattava ratkaisu öljyn korvaamiseksi uusiutuvalla energialla.

3.2 Aiheen rajaus

Opinnäytetyö rajataan siten, että tutkimukseen valitaan kolme kohdemaatila, jotka ovat kiinnostuneita uusiutuvan energian käytöstä. Tutkimuksessa lämmöntuotanto vaihtoehtoiksi valitaan lämpökontti, etu-uuni ja lämpökeskus, jonka lämpöä hyödynnetään kuivauksessa radiaattorin avulla. Kuivauksessa käytettävän polttoaineen osalta aihe rajataan koskemaan kiinteitä polttoaineita ja ainoastaan haketta. Hake valitaan siksi polttoaineeksi, koska sille on helppo määrittää energiahinta ja se on tällä hetkellä edullisin kiinteä polttoaine. Lajittelujätteen ja energia viljankäyttö rajataan opinnäytetyön ulkopuolelle, koska tiloilta ei kartoiteta kertyvän lajittelujätteen määrää.

3.3 Tutkimusongelmat

Tutkimuskysymykset ovat:

1. Onko kohde tilojen kannattavaa siirtyä käyttämään uusiutuvaa energiaa viljankuivauksessa tämänhetkisin viljankuivausmäärillä?
2. Onko kohde maatilalla lisälämmön käyttö kannattavaa kylmäilmakuivurissa?

4 Tutkimuksen toteuttaminen

4.1 Aineisto

Tutkimukseen valittiin kolme maatilaa, joilta hankittiin tarvittavat lähtötiedot tilavierailun yhteydessä tehdyillä haastatteluilla. Tilavierailut tehtiin marraskuun ja helmikuun välisenä aikana. Työssä tarvittavat hintatiedot hankittiin Internet-aineistosta, laitevalmistajilta ja jälleenmyyjiltä.

Tiloilta saadut tiedot tallennettiin Excel-taulukkolaskentaohjelmaan, joiden pohjalta laadittiin taulukkolaskentamalli. Mallin avulla määritettiin koko tilan lämmitykseen käytettävän energian kulutus.

4.2 Marjatila

Tila on kasvinviljelytila, jolla viljellään rehu-, leipäviljaa ja vähän puutarhakasveja myyntitarkoitukseen. Tilalla on kaksi viljankuivaamoja, jotka ovat valmistuneet vuosina 2001 ja 2007. Uudempi viljankuivaamo on tilavuudeltaan 556 hehtolit-
raa ja vanhempi viljankuivaamo 200 hehtolit-
raa ja näissä käytettävien uunien
tehot ovat 750 kilowattia ja 250 kilowattia. Tällä hetkellä kuivaamojen tarvitsema
lämpö tuotetaan polttoöljyllä. Lisäksi tilalla on käytössä vanha 5:n kuutiometrin
lavakuivuri pienempien viljaerien kuivaamiseen, jossa on 115 kilowatin ilmauuni.
Lavakuivurilla suoritetaan myös rahtikuivausta lähialueen muille viljelijöille. Tilal-
la vuosittain kuivattava viljamäärä on noin 650 tonnia ja kuivauksessa kuluva
öljymäärä on ollut noin 9000 litraa. Kuivauksen kokonaisenergian kulutus on
noin 79300 kWh, jos kuivuriuunin hyötysuhde on 90 %.

Muita lämmityskohteita tilalla ovat 220 m² asuinrakennus, jonka lämmitys on to-
teutettu ilmalämpöpumpun ja sähköpattereiden avulla. Rakennuksen vuotuinen
energian kulutus on 36 000 kWh. Tilan 200 m² konehallin energian kulutus on
20 800 kWh ja 330 m² navetta, josta 50 m² alaa lämmitetään ympäri vuoden ku-
luttaa energiaa noin 7 800 kWh. Lisäksi kevät aikaan tarvitaan kasvihuoneissa
lämmitystä noin viiden viikon ajan maaliskuun lopusta toukokuuhun. Kasvihuo-

neet ovat pinta-alaltaan 680 m² ja 200 m². Kasvihuoneiden lämmityksessä kuuluu energiaa kevät aikaan noin 51 000 kWh.

4.2.1 Marjatilalle soveltuvat laitteistovaihtoehdot

Tällä hetkellä markkinoilla olevien laitteistojen perusteella marjatilalle valikoitui kolme eri vaihtoehtoa, jotka on kuvattu alla.

Lämpökontti

Ensimmäinen vaihtoehto on lämpökontti, jossa on ilmauuni. Ilmauunilla on mahdollista saavuttaa 650 kW:n teho, jonka pitäisi riittää suurimman kuivurin tarpeisiin. Lämpökontti sisältää hakkeenpolttoon soveltuvan laitteiston ja 16 m³:n polttoainevaraston. Laitteiston arvonlisäveroton hankintahinta on 84 900€. Lämpökontille on mahdollista saada 15 %:n investointituki.

500 kW:n lämpökeskus

Toinen vaihtoehto on rakentaa 500 kW:n lämpökeskus, jolla voidaan tuottaa osa kuivaamon tarvitsemasta lämmöstä radiaattorin avulla. Lopullinen kuivaus lämpötila saavutetaan öljyuunin avulla. Lämpökeskusta voidaan käyttää kuivauskauden ulkopuolella maatalan muiden rakennusten ja lämmityskohteiden lämmittämiseen. Lämpökeskuksen lämmön hyödyntäminen kasvihuoneiden ja konehallin lämmityksessä mahdollistaa edullisemman polttoaineen käytön, jolla voidaan korvata nyt käytössä olevaa öljyä. Lämpökeskuksen hintana laskelmissa käytetään 170 000 € (alv. 0 %) (Agrimarket 2013). Lisäksi kuivaamolle tarvitaan radiaattori, jonka veroton hinta on noin 5 000 €. Lämmityskohteiden liittäminen lämpökeskukseen vaatii 225 metriä lämpökanaalia, jonka rakentamiskustannukseksi tulee noin 39 000 € (alv. 0 %) (Energiateollisuus 2011). Kanaalihävikin minimoimiseksi tulee lämpökeskus sijoittaa mahdollisimman lähelle lämmityskohteita. Yksi lämpökeskuksen mahdollinen sijoituspaikka on esitetty myöhemmin kuvassa (kuva 5). Rakentamiseen on mahdollista saada 35 %:n investointiavustusta.

1 MW:n lämpökeskus

Kolmas vaihtoehto on rakentaa yhden megawatin lämpökeskus, jolla voidaan tuottaa lämpöä molempien kuivaamoiden tarpeisiin. Kuivauskauden ulkopuolella lämpöä voidaan hyödyntää muissa maatalan lämmityskohteissa. Yhden megawatin lämpökeskuksen hankintahintana laskelmissa käytetään 396 000 € (alv. 0%) (Agrimarket 2013). Lisäksi hankitaan radiaattorit, joiden hinta on yhteensä 10 000 € ja lämpökanaali kustannus on noin 39 000 €. Investointiin on mahdollista saada 35 %:n avustusta Seuraavana esitetty mahdollinen lämpökeskuksen sijoituspaikka ja lämmityskohteiden sijainti (kuva 5).



Kuva 5. Lämpökeskuksen mahdollinen sijoituspaikka. Kuvassa kuivurit on merkitty luvuilla 1 ja 2. Asuinrakennus 3, navetta 4, konehalli 5, kasvihuoneet 6 ja 7. Lämpökanaalin mahdollinen linjaus on merkitty harmaalla viivalla.

4.2.2 Marjatilän Vaihtoehtojen vertailu

Vaihtoehtoja vertailtiin tarkoitusta varten laaditun taulukkolaskentamallin avulla. Perustana tässä käytettiin likimääräistä annuiteettimenetelmää. Mallin avulla saaduista vuosittaisista kustannuksista vähennettiin käytettävän energian muutoksesta aiheutuva säästö. Jos tästä saatu luku oli positiivinen on investointi

kannattava, jos taas arvo jää negatiiviseksi ei investointi ole kannattava kyseisessä tapauksessa. Taulukossa 1 on esitetty laskelmassa käytetyt yleiset oletukset ja lähtöarvot.

Taulukko 1. Marjatilän laskelmassa käytetyt yleiset lähtöarvot

Poistoaika	10 v
Korko	5 %
Kunnossapito ja vakuutus	1,50 %
Jäännösarvo	0 % hankintahinnasta
Osto energian säästö	90 €/MWh
Lisäyötunnin hinta	20 €/h
Kuivurin teho	750 kW
Energiankulutus kuivauksessa	79 300 kWh
Sähkönkulutus	17,6 kWh/MWh
Sähkön hinta	0,13 €/kWh
Öljyn hinta	0,9 €/l
Öljykäytön hyötysuhde	90 %
Kuivattava viljamäärä	650 tn
Kuivausenergian kulutus	122 kWh/tn
Kanaalin pituus	225 M

Taulukko 2. Marjatilän laskelmissa käytetyt lähtötiedot

Vaihtoehto	Lämpökontti	Lämpökeskus	Lämpökeskus
		500 kW	1MW
Energian kulutus kuivauksessa kWh	79 300	79 300	79 300
Energian kulutus muissa kohteissa kWh		115 629	115 629
Kanaalihukka		20 895	20 895
Polton vuosihyötysuhde	0,85	0,85	0,85
Kokonaisenergiankulutus kWh	93 294	229 329	229 329
Energiavaraston tilavuus m ³	16	39	90
Energiavaraston tilavuus kWh (800 kWh/m ³)	12 800	31 200	72 000
Täyttökertoja	7	2	3
Täytön lisätyö (1,25 h /täyttö)	8,75	2,5	3,75
Nuohous ja huoltotyö h /vuosi	4	15	15

4.3 Sikatila

Tila on kotieläintila, jolla kasvatetaan lihasikoja. Sikalan vanhanosan pinta-ala on 450 m² ja uudemman 860 m², jonka lisäksi on 200 m² varasto ja käytävätilaa. Vanhemmassa osassa sikalaa on vesikiertoinen keskuslämmitys ja uuden sikalaosan karsinoissa on sähköllä toimiva lattialämmitys. Tilalla on rakennettu

vuonna 2007 lämminilmakuivuri. Viljankuivaamo on kooltaan 420 hehtolitraa ja uunin teho on 500 kilowattia. Keskimäärin vuodessa tilalla kuluu viljankuivauksessa öljyä noin 7 500 litraa. Vuosittain kuivattava viljamäärä vaihtelee 600-800 tonniin ja kaikki vilja käytetään tilalla. Tilalla suunnitellaan lähivuosina lämpimän konehallin rakentamista, joka tulisi olemaan kooltaan noin 300 m².

Viljankuivauksen energian kulutukseksi saadaan noin 73 000 kWh, kun oletetaan, että energiaa tarvitaan 122 kWh/viljattonni. Sikalan lämmönkulutukseksi saadaan maa- ja metsätalousministeriön rakentamissäädösten perusteella noin 170 000 kWh.(MMM 2013b). Tulevaisuudessa rakennettavan lämpimän konehallin vuotuiseksi energian kulutukseksi saadaan samoilla ohjeilla noin 70 000 kWh.

4.3.1 Sikatilalle soveltuvat laitteistovaihtoehdot

Sikatilalle soveltuvia laitteisto vaihtoehtoja ovat lämpökontti, jossa on ilmauuni, etu-uuni ja 500 kW:n lämpökeskus. Vaihtoehdot on kuvattu alla seuraavasti.

Lämpökontti

Ensimmäinen vaihtoehto on lämpökontti, jossa on ilmauuni. Ilmauunilla on mahdollista tuottaa kuivaamon tarvitsema 500:n kW:n teho. Lämpökontti sisältää hakkeenpolttoon soveltuvan laitteiston ja 16m³:n polttoainevaraston. Laitteiston arvonlisäveroton hankintahinta on 84 900€. Lämpökontille on mahdollista saada 15%:n investointituki.

Etu-uuni

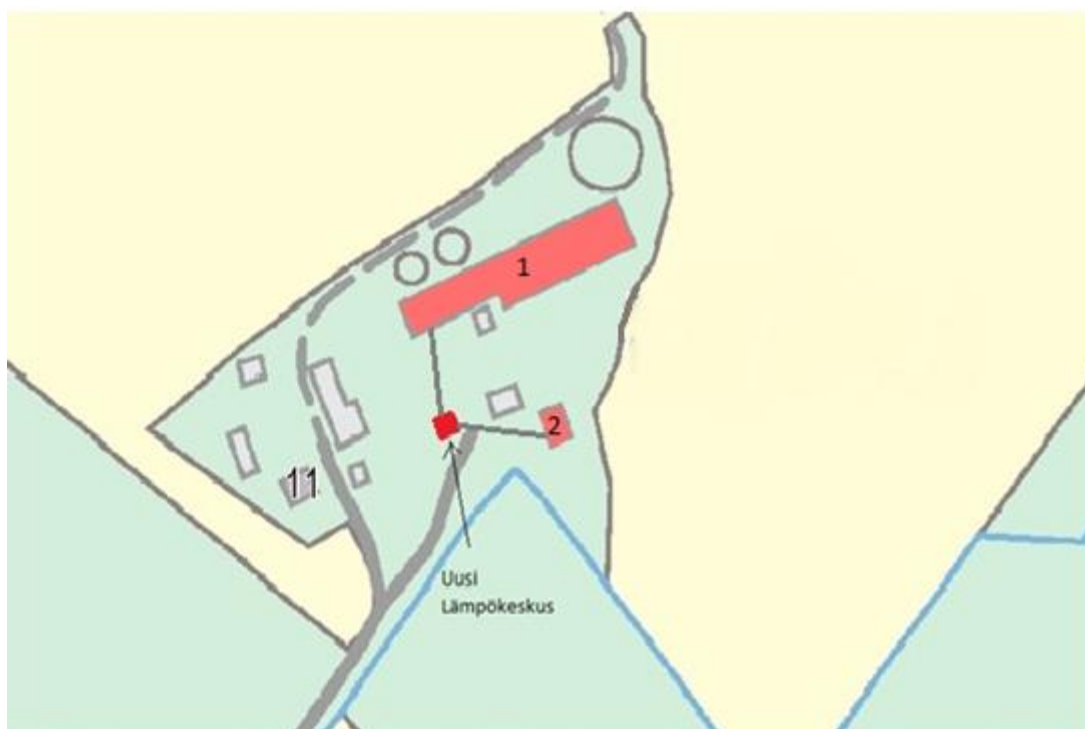
Toinen vaihtoehto on hankkia etu-uuni, joka kytketään öljyuunin etupuolella. Etu-uunin pakokaasut johdetaan vanhaan öljyuuniin poltinaukon kautta, jolloin öljyuuni toimii lämmönvaihtimena. Järjestelmä on helposti muutettavissa takaisin öljykäyttöiseksi. Laitteiston verottomana hintana laskelmissa käytetään 42 030 €. Etu-uunin hankintaan on mahdollista saada 15 %:n investointituki.

Lämpökeskus ja sikalan lämmitys

Kolmas vaihtoehto on rakentaa 500 kW:n lämpökeskus, jonka lämpöä hyödynnetään radiaattorin avulla viljankuivauksessa ja kuivauskauden ulkopuolella sikalan lämmityksessä. Lämpökeskuksen hintana laskelmissa käytetään 170 000€ (alv. 0%). Lisäksi kuivaamolle hankitaan radiaattori, jonka hintana pidetään 5 000 € (alv. 0%). Lämmityskohteiden yhdistämisestä aiheutuu noin 12 000 €:n kanaalikustannus.

Lämpökeskus, jolla lämmitetään sikalaa ja konehallia

Neljäs vaihtoehto on samanlainen kuin edellä kuvattu lämpökeskus vaihtoehto. Tässä vaihtoehdossa lämmityskohteiden osalta on laskelmiin otettu mukaan suunnitteilla oleva lämmin konehalli. Kustannukset ovat muuten samankaltaiset kuin edellä, mutta lämpökanaalikustannusta kertyy yhteensä noin 18 300 €



Kuva 6. Uuden lämpökeskuksen mahdollinen sijoituspaikka. Kuvassa sikala merkitty luvulla 1 ja kuivuri luvulla 2. Lämpökanaalien sijoitus on merkitty harmaalla viivalla.

4.3.2 Sikatilan vaihtoehtojen vertailu

Vaihtoehtoja vertailtiin tarkoitusta varten laaditun taulukkolaskentamallin avulla. Perustana tässä käytettiin likimääräistä annuiteettimenetelmää. Mallin avulla saaduista vuosittaisista kustannuksista vähennettiin käytettävän energian muutoksesta aiheutuva säästö. Jos tästä saatu luku oli positiivinen on investointi kannattava, jos taas arvo jää negatiiviseksi ei investointi ole kannattava kyseisessä tapauksessa. Seuraavana taulukossa esitetty laskelmassa käytetyt yleiset oletukset ja lähtöarvot.

Taulukko 3. Sikatilan laskelmassa käytetyt yleiset lähtöarvot

Poistoaika	10 v
Korko	5 %
Kunnossapito ja vakuutus	1,50 %
Jäännösarvo	0 %hankintahinnasta
Osto energian säästö	90 €/MWh
Lisätyötunnin hinta	20 €/h
Kuivurin teho	500 kW
Energiankulutus kuivauksessa	73200 kWh
Sähkönkulutus	17,6 kWh/MWh
Sähkön hinta	0,13 €/kWh
Öljyn hinta	0,9 €/l
Öljykäytön hyötysuhde	90 %
Kuivattava viljamäärä	600 tn
Kuivausenergian kulutus	122 kWh/tn
Kanaalin pituus	70 m

Taulukko 4. Sikatilan laskelmissa käytetyt lähtöarvot

Vaihtoehto	Lämpökontti	Etu-uuni	Lämpökeskus ja sikala	Lämpökeskus ja konehalli
Energian kulutus kuivauksessa kWh	73 200	73 200	73 200	73 200
Energian kulutus muissa kohteissa kWh			169 776	23 9976
Kanaalihukka kWh			2 520	6 720
Polton vuosihyötysuhde	0,85	0,85	0,85	0,85
Kokonaisenergiankulutus kWh	86 118	86 118	288 819	376 348
Energiavaraston tilavuus m ³	16	7	39	39
Energiavaraston tilavuus kWh (800 kWh/m ³)	12 800	5 600	31 200	31 200
Täyttökertoja	6	15	9	12
Täytön lisätyö (1,25h /täyttö)	7,5	18,75	11,25	15
Nuohous ja huoltotyö h /vuosi	4	5	15	15

4.4 Lypsykarjatila

Tila on kotieläintila, jolla harjoitetaan lypsykarjataloutta. Tilalla on peltoa noin 120 hehtaaria, josta viljaa on noin 60 hehtaarilla. Tilalla osa viljasta käytetään karjan ruokintaan ja loppuosa myydään rehuviljana. Karjan ruokintaan käytettävä vilja säilötään murskeviljana. Vuosittain myytävä vilja määrä on 120 tonnia. Tilalla on tällä hetkellä 100 m²:n kylmäilmakuivuri, jossa olisi mahdollista käyttää lisälämpöä vuonna 2008 valmistuneesta 100 kW:n hakelämpökeskuksesta.

4.4.1 Lypsykarjatilan viljankuivaus vaihtoehdot

Viljankuivaus vaihtoehdoiksi tilalla tulisi kysymykseen lisälämmön käyttö kylmäilmakuivurissa tai ostaa kuivauspalvelu tilan ulkopuolelta. Omaa lämminilma-kuivuria tilan ei ole mielekästä rakentaa, sillä lypsykarjatuotantoa laajennettaessa murskesäilötyn viljan osuus kasvaa, jolloin vastaavasti vuosittain kuivattava ja myytävä rehuviljan määrä laskee. Lisälämmön hyödyntämiseksi kuivauksessa tarvitaan laiteinvestointeja noin 10 600 €. Investointi koostuu radiaattorista, jonka hinta noin 1 000 €, ja 66 metristä lämpökanaalia, joka maksaa asennuksiin noin 9 600 €.

4.4.2 Lypsykarjatilan vaihtoehtojen vertailu

Lypsykarjatilan osalta vertailtiin lisälämmön käytön kannattavuutta kuivauspalveluiden ostoon. Kuivauspalvelun hinta määritettiin Suomen viljavan palveluhinnaston mukaan (Suomen viljava 2012). Lisälämmön vaikutusta kuivauksen tehokkuuteen arvioitiin mollier-diagrammin avulla (liite 1). Seuraavalla sivulla on esitetty laskelmissa käytetyt oletusarvot

Taulukko 5. Lypsykarjatilan laskelmissa käytetyt yleiset lähtöarvot

Poistoaika	10 v
Korko	5 %
Kunnossapito ja vakuutus	1,50 %
Jäännösarvo	0 % hankintahinnasta
Lisätyötunnin hinta	20 €/h
Investoinnit	10 570 €
Kuivauskustannus vieraalla	0,027 €/kg
Sähköhinta	0,13 €/kWh
Lisälämmön hinta	26 €/MWh

Taulukko 6. Lypsykarjatilan laskelmissa käytetyt lähtöarvot

Puinti kosteus	21 %
Tavoitekosteus	13 %
Ulkolämpö	14 °C
Suhteellinen ilmankosteus	70 %
Kattilan teho	100 kW
Lisälämpö	98,6 kW
Vedensidonta ilman lisälämpöä	1,2 g/kg
Ilmantiheys 14C lämmössä	1,21 kg/m ³
Puhaltimen ilma määrä (vastapaine 250Pa)	41 800 m ³ /h

5 Tulokset

5.1 Marjatilän tulokset ja herkkyyshanalyysi

Marjatilän tuloksissa on tarkasteltu eri investointivaihtoehtojen vuotuisia kustannuksia ja näiden aiheuttamaa säästöä verrattuna polttoöljyn käyttöön viljan-kuivauksessa. Tilan lähtötietojen perusteella vertailuun valikoituneiden vaihtoehtojen kustannukset on esitetty taulukossa alla (taulukko 7).

Taulukko 7. Marjatilän vaihtoehtojen vertailu

Vaihtoehto	Lämpökontti	Lämpökeskus 500 kW	Lämpökeskus 1 MW
Energian hinta €/MWh	20	20	20
Energiakustannus €/v	1 866	5 078	5 078
Poisto €	7 217	13 920	29 862
Korko €	1 804	3 480	7 466
kunnossapito ja vakuutus €	1 082	2 088	4 479
Lisätyötuntien hinta €	255	500	375
Sähkökustannus €	213	581	581
YHTEENSÄ €	12 437	25 647	47 841
Säästö öljystä €	7 930	5 287	7 930
Osto energian säästö (90 €/MWh)	-	10 407	10 407
Säästö €/v	- 4 507 €	- 9 953	-29 505

Taulukon viimeinen rivi kuvaa vaihtoehdon aiheuttamaa säästöä. Kuten taulukosta voidaan huomata, saatu säästö on negatiivinen kaikilla vaihtoehdoilla. Tämän perusteella voidaan todeta, että yksikään vaihtoehto ei ole kannattava annetuilla lähtöarvoilla.

Tilan lähtötiedot oli määritetty karkeasti, joten päätettiin laatia herkkyyshanalyysi. Herkkyyshanalyysillä tarkasteltiin kuivattavan viljamäärän, polttoöljyn ja poiston vaikutusta vaihtoehtojen kannattavuuteen. Vuosittain kuivattavan viljamäärän vaikutus säästöön, kun kuivattava viljamäärä vaihtelee 600 ja 1000 tonnien välillä, on esitetty taulukossa 8. Polttoöljyn hinnan vaikutus on esitetty taulukossa 9 ja poiston vaikutus taulukossa 10.

Taulukko 8. Marjatilalla vuosittain kuivattava viljamäärä

kuivattava viljamäärä tn	Lämpökontti	Lämpökeskus 500 kW	Lämpökeskus 1 MW
600	-4 932 €	-10 175 €	-29 955 €
650	-4 507 €	-9 953 €	-29 505 €
700	-4 057 €	-9 707 €	-29 055 €
800	-3 182 €	-9 213 €	-28 154 €
900	-2 332 €	-8 745 €	-27 279 €
1000	-1 457 €	-8 251 €	-26 379 €

Luvuista voidaan todeta, että kuivattava viljamäärä vaikuttaa merkittävästi vuotuisen säästöön. Tästä huolimatta mikään vaihtoehtoista ei tule kannattavaksi edes 1000 tonnin kuivaus määrillä.

Taulukko 9. Polttoöljyn hinnan vaikutus marjatilalla

Öljyn hinta (€/l)	Lämpökontti	Lämpökeskus 500 kW	Lämpökeskus 1 MW
0,9	-4 507 €	-9 953 €	-29 505 €
1,0	-3 626 €	-9 366 €	-28 624 €
1,1	-2 745 €	-8 779 €	-27 742 €
1,2	-1 864 €	-8 191 €	-26 861 €
1,3	-983 €	-7 604 €	-25 980 €
1,4	-102 €	-7 016 €	-25 099 €
1,5	779 €	-6 429 €	-24 218 €

Taulukosta voidaan huomata, että polttoöljyn hinnan noustessa 1,5 €/l, tulee vaihto ehto A kannattavaksi tilan lähtöarvoilla. Muiden vaihtoehtojen osalta edes näin suuri hinnan nousu ei saa vaihtoehtoja kannattavaksi.

Taulukko 10. Poistoajan vaikutus marjatilalla

Poisto aika (v)	Lämpökontti	Lämpökeskus 500 kW	Lämpökeskus 1 MW
10	-4 507 €	-9 953 €	-29 505 €
12	-3 305 €	-7 634 €	-24 528 €
14	-2 446 €	-5 976 €	-20 973 €
16	-1 801 €	-4 734 €	-18 306 €
18	-1 300 €	-3 767 €	-16 233 €
20	-899 €	-2 994 €	-14 574 €

Taulukon lukujen perusteella voidaan todeta, että poistoajan nostaminen kymmenestä vuodesta kahteenkymmeneen vuoteen ei saanut vaihtoehtoja kannattavaksi.

5.2 Sikatilan tulokset ja herkkyyshanalyysi

Sikatilan lähtötietojen perusteella vertailuun valittujen vaihtoehtojen kustannukset on esitetty taulukossa alla (taulukko 11).

Taulukko 11. Sikatilan vaihtoehtojen vertailu

Vaihtoehto	Lämpökontti	Etu-uuni	Lämpökeskus ja sikala	Lämpökeskus ja konehalli
Energian hinta €/MWh	20	20	20	20
Energiakustannus €/v	1 722	1 722	5 776	7 527
Poisto €	7 217	3 573	12 167	12 563
Korko €	1 804	893	3 042	3 141
Kunnossapito ja vakuutus €	1 082	536	1 825	1 884
Lisätyötuntien hinta €	230	475	525	600
Sähkökustannus €	197	197	661	861
YHTEENSÄ €	12 252	7 396	23 996	26 576
säästö öljystä kuivauksessa €	7 320	7 320	7 320	7 320
osto energian säästö muissa kohteissa (90 €/MWh)	-	-	15 280	21 598
Säästö €/v	- 4 932	- 76	- 1 396	2 342

Laskelmien perusteella voidaan päätellä, että annetuilla lähtöarvoilla vaihtoehto, jolla lämmitetään konehallia ja sikalaa on kannattava.

Lähtötietojen karkean määrittelyn takia päädyttiin laatimaan herkkyyshanalyysi, jossa tarkasteltiin kuivausmäärän, polttoöljyn hinnan ja poiston vaikutusta vuotuisen säästöön. Kuivattavan viljamäärän vaikutusta on tarkasteltu taulukossa 12.

Taulukko 12. Sikatilalla kuivattava viljamäärä

Kuivattava viljamäärä tn	Lämpökontti	Etu-uuni	Lämpökeskus ja sikala	Lämpökeskus ja konehalli
600	-4 932 €	-76 €	-1 396 €	2 342 €
700	-4 057 €	774 €	-496 €	3 242 €
800	-3 182 €	1 599 €	379 €	4 142 €
900	-2 332 €	2 424 €	1 280 €	5 018 €
1000	-1 457 €	3 274 €	2 155 €	5 918 €

Laskelmien perusteella voidaan päätellä, että lämpökeskus, jolla lämmitetään konehallia ja sikalaa on kannattava jo tilan tämänhetkisellä 600:n tonnin kuivausmäärällä. Etu-uunivaihtoehto tulee kannattavaksi jo 700 tonnin kuivausmäärällä ja lämpökeskus vaihtoehto, jolla lämmitetään sikalaa tulee kannattavaksi 800:n tonnin kuivausmäärällä. Sen sijaan lämpökonttia ei saada kannattavaksi edes 1 000 tonnin kuivausmäärällä.

Taulukko 13. Polttoöljyn hinnan vaikutus Sikatilalla

Öljyn hinta	Lämpökontti	Etu-uuni	Lämpökeskus ja sikala	Lämpökeskus ja konehalli
0,9	-4 932 €	-76 €	-1 396 €	2 342 €
1,0	-4 119 €	737 €	-582 €	3 156 €
1,1	-3 306 €	1 551 €	231 €	3 969 €
1,2	-2 492 €	2 364 €	1 044 €	4 782 €
1,3	-1 679 €	3 177 €	1 858 €	5 596 €
1,4	-866 €	3 991 €	2 671 €	6 409 €
1,5	-52 €	4 804 €	3 484 €	7 222 €

Yllä olevan taulukon perusteella, voidaan havaita, että lämpökeskus vaihtoehto, jolla lämmitetään konehallia on kannattava jo 0,9 €/n litrahinnalla. Etu-uuni vaihtoehto tulee kannattavaksi, kun polttoöljyn hinta nousee 1 €/l:ta. Lämpökeskus vaihtoehto, jolla lämmitetään sikalaa saadaan myös kannattavaksi, kun polttoöljyn hinnaksi tulee 1,1 €/l:ta. Lämpökonttia ei saada tässäkään tapauksessa kannattavaksi.

Taulukko 14. Poiston vaikutus sikatilalla

Poisto aika	Lämpökontti	Etu-uuni	Lämpökeskus ja sikala	Lämpökeskus ja konehalli
10	-4 932 €	-76 €	-1 396 €	2 342 €
12	-3 730 €	519 €	632 €	4 436 €
14	-2 871 €	945 €	2 080 €	5 932 €
16	-2 226 €	1 264 €	3 167 €	7 053 €
18	-1 725 €	1 512 €	4 012 €	7 926 €
20	-1 324 €	1 710 €	4 688 €	8 623 €

Kiinteiden kustannusten jakaminen useammalle vuodelle poistoajaa pidentämällä saa etu-uunin ja toisen lämpökeskus vaihtoehdon kannattavaksi 12 vuoden poistoajalla. Lämpökeskus vaihtoehdolla, jolla lämmitetään konehallia kan-

nattavuus saavutetaan 10 vuoden poistoajalla. Lämpökonttia ei saada kannattavaksi edes 20 vuoden poistoajalla.

5.3 Lypsykarjatilän tulokset ja herkkyyshanalyysi

Lypsykarjatilän vaihtoehtojen kustannukset on esitetty taulukossa 15.

Taulukko 15. Lypsykarjatilän vaihtoehtojen vertailu

Vaihtoehto	Lisälämpö	Ostokuivaus
Lisä energiakustannus €	186	-
Poisto €	1 057	-
Korko €	264	-
Kunnossapito ja vakuutus €	159	-
Lisätyötuntien hinta €	60	-
Ostokuivaus €	0	3 211
Sähkökustannus €	113	259
Kustannukset yhteensä €	1 840	3 471

Laskelmien perusteella voidaan päätellä, että tilän lähtöarvoilla lisälämmön käyttö viljankuivauksessa tulee huomattavasti halvemmaksi verrattuna kuivauspalvelun ostoon.

Tuloksien perusteella laadittiin herkkyyshanalyysi, jossa tarkasteltiin rajaa jossa lisälämmön käyttö ei ole enää kannattavaa.

Taulukko 16. Lypsykarjatilalla kuivattava viljamäärä

Viljamäärä, tn	Lisälämpö
50	-218 €
60	46 €
90	839 €
100	1 103 €
120	1 631 €

Yllä olevasta taulukosta voidaan päätellä, että 120:n tonnin kuivausmäärällä investointi on varsin kannattava. Investointi saadaan kannattavaksi jo 60 tonnin kuivausmäärällä.

6 Toimenpidesuosituksset ja jatkotutkimusaiheet

6.1 Marjatilän toimenpidesuosituksset

Marjatilän osalta tulosten perusteella voidaan päätellä, että nykyisellä kuivauksen käyttömäärällä ja investointien hankintahinnalla ei ole kannattavaa siirtyä käyttämään uusiutuvaa energiaa viljankuivauksessa. Viljankuivaus uusiutuvalla energialla olisi mahdollista saada kannattavaksi, jos investoinnit pystyttäisiin toteuttamaan huomattavasti halvemmalla. Halvemmat investointikustannukset ovat mahdollisia, jos rakentamisessa käytetään omaa työtä ja laitehankinnat onnistutaan kilpailuttamaan tehokkaasti. Marjatilän tapauksessa edullisimman ilmauuniratkaisun investointikustannus saisi olla enintään 47 000 €, että investointi saataisiin kannattavaksi nykyisellä kuivausmäärällä. Näin edullisiin kustannuksiin on kuitenkin käytännössä mahdotonta päästä.

6.2 Sikatilän toimenpidesuosituksset

Sikatilalla kannattavimmaksi vaihtoehdoksi tulisi lämpökeskus vaihtoehto, jolla lämmitetään sikalaa ja konehallia. Vaihtoehdossa lämpöä hyödynnettiin sikalan lämmityksessä ja tulevaisuudessa rakennettavassa konehallissa. Myös toisella lämpökeskus vaihtoehdolla saavutettiin tilan lähtötiedoilla helposti kannattavuus, kun vuosittain kuivattava viljamäärä nousee 800 tonniin, joka tilan olosuhteissa on mahdollista.

6.3 Lypsykarjatilän toimenpidesuosituksset

Lypsykarjatilän tietojen perusteella lisälämmön hyödyntäminen kylmäilmakuivurissa olisi kannattavaa verrattuna kuivauspalveluiden ostoon. Tilan olosuhteissa tämänhetkistä pienempikin kuivausmäärä, noin 60 tonnia, riittää saamaan vaihtoehdon kannattavaksi. Tätä pienemmille viljamäärille kuivauspalvelut kannattaa vielä ostaa.

6.4 Vertailu aiempiin tutkimuksiin

Tulokset olivat samansuuntaiset kuin MTT:llä tehdyt tulokset. Tässä työssä käytettyjen investointien arvo oli yli kaksinkertainen verrattuna MTT:n vuonna 2010 tekemiin laskelmiin. Tämän perusteella polttoöljyn hinnan tulisi olla myös yli kaksinkertainen, että vaihtoehdot saadaan kannattaviksi.

6.5 Jatkotutkimusaiheet

Jatkotutkimuksena voisi aiheeseen liittyen kartoittaa tiloilta kertyvän energia viljan ja lajittelujätteen määrän. Tämän perusteella voisi laatia vastaavat laskelmat kuin tässä opinnäytetyössä, mutta tarkasteluun otettaisiin mukaan edellä mainitut polttoaineet. Lisäksi laitteistohintoja voisi hankkia useammalta laitevalmistajalta, jolloin tulokset olisivat tarkemmat, koska tässä työssä on tarkasteltu vain kolmen erilaisen valmistajan tuotteita.

Viljankuivauskäyttöön soveltuvia uusiutuvia polttoaineita on hakkeen ja pelletin lisäksi muitakin, joiden käyttöä kuivaamon lämmönlähteenä kannattaisi selvittää. Esimerkkinä voidaan mainita bioöljy ja olki tai ruokohelpi. Näiden lisäksi voisi tarkastella aurinkoenergian käyttömahdollisuuksia, sillä jo muutaman lämpöasteen nousu kuivaamon imuilmassa aiheuttaa säästöjä.

Lähteet

- Ahokas, J. & Hautala, M. 2012. Maatilakuivurit
<http://www.energia-akatemia.fi/attachments/article/59/Maatilakuivurit.pdf>. 1.5.2013
- Agrimarket. 2013
 Petri Härkönen. Puhelin ja sähköpostikeskustelut. 22.4.2013.
- Anttiteollisuus. 2013
<http://www.antti-teollisuus.fi/fi/viljankasittely/tuotteet/kuivuriuunit/agrosec-bioheaters.html>. 1.5.2013.
 Pekka Rämö. Puhelinkeskustelu. 25.4.2013.
- Arska-metalli. 2013.
<http://www.arskametalli.fi/index.html?n=19278&Etu-Uuni>.
 1.5.2013.
- Biofire. 2013
<http://www.biofire.fi/turve-hakejarjestelma/kuivuriuuni/kytkenta-periaatteet/>. 1.5.2013.
- Energiateollisuus. 2011
http://energia.fi/sites/default/files/images/johtorakennuskustannukset_2011.pdf. 1.5.2013.
- Hake. 2013
http://www.ep-energia.fi/index.php?option=com_content&view=article&id=48&Itemid=54. 11.3.2013.
- MMM. 2013a
<http://www.mmm.fi/attachments/maaseutujarakentaminen/5iiBVGW/L10-rmoC22-01.pdf>. 1.5.2013.
- Uy
 MMM. 2013b
<http://www.mmm.fi/attachments/maaseutu/rakentaminen/5g7Gz/L9-rmoC21-01.pdf>. 29.4.2013.
- wWa
 Lötjönen, T. & Kässi, P.
<http://www.smts.fi/jul2010/poste2010/180.pdf>. 1.5.2013.
- Puupelletti. 2013
http://www.ep-energia.fi/index.php?option=com_content&view=article&id=49&Itemid=55. 11.3.2013.
- Koskiniemi, E. (toim). 2009. Viljankuivaus kotimaisella polttoaineella - opas.
<http://www.puulakeus.net/docs/109-Ne6-viljankuivausopas.pdf>.
 12.3.2013.
- ProAgraria Maaseutukeskusten Liitto. 2005. Viljasadon käsittely ja käyttö. Tieto tuottamaan 108. Keuruu.
- Oulun seudun ammattiopisto. 2008.
http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/pientalon_lammitys/radiaattorit.htm. 9.4.2013.
- Sinkko, T., Hakala, K. & Thun, R. 2009. Biopolttoaineiden raaka-aineiksi viljeltävien kasvien aiheuttamat kasvihuonepäästöt Suomessa
<http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti9.pdf>. 12.3.2013.
- Suomen viljava 2012.
http://www.suomenviljava.fi/client-data/file/Kuivausveloitukset_2012.pdf. 29.4.2013.

