

## **Maatilojen energiankäytön kasvihuonekaasujen vähentäminen: bioenergiaa vai tuoresäilöntää?**

Pellervo Kässä<sup>1</sup>, Timo Lötjönen<sup>2</sup> ja Olli Niskanen<sup>1</sup>

1. MTT Taloustutkimus, Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki, etunimi.sukunimi(at)mtt.fi

2. MTT Kasvintuotannon tutkimus, Jokioinen, Tutkimusasemantie 15, 92400 Ruukki, timo.lotjonen(at)mtt.fi

### **TIIVISTELMÄ**

Vuonna 2012 rehuviljaa viljeltiin 786 000 hehtaarilla. Rehuviljojen sato oli noin 2,7 miljardia kiloa. Tästä noin 1,6 miljardia kiloa käytettiin tiloilla suoraan rehuksi. Ilmastopäästöjen ja kustannusten vähentämiseksi viljan kuivaamisessa voisi hyödyntää bioenergiaa tai varastoida rehuviljaa kuivaamatta tuoresäilönnän avulla. Näitä tekniikoita on jo monilla tiloilla käytössä. Usein yksittäinen tila voi helpoiten vähentää ilmastopäästöjään luopumalla kuivauksessa käytettävästä öljystä.

Lähtökohtanamme on kotieläintila, jonka vilja-ala on noin 100 ha. Tilalla on toimintakuntoinen 25 m<sup>3</sup>:n kokoinen lämminilmakuivaamo. Tutkimuksessa vertailtiin viljan kuivaamista polttoöljyllä tai metsähakkeella sekä viljan murskesäilöntää kannattavuuden ja ilmastopäästöjen näkökulmasta.

Viljan kuivauksessa viljan kosteuspiitoisuus vähennetään keskimäärin 23 %:sta noin 14 %:iin ja energiaa viljan kuivaukseen kuluu viljan alkukosteudesta, kuivurityypistä ja kuivurin kunnosta riippuen 4,5 – 7 MJ/kg vettä (keskimäärin 5,8 MJ/kg vettä). Kasvihuonekaasujen inventaariossa käytetty kevyen lämmityspolttoöljyn päästökerroin on 74,1 g CO<sub>2</sub>/MJ, joten viljatonnin kuivaaminen aiheuttaa keskimäärin 38 kg CO<sub>2</sub>-päästöjä. Kuivauspolttoöljyn käyttö aiheuttaa kaavamaisesti laskettuna yhteensä 57 398 tonnia CO<sub>2</sub>-päästöjä, joka puolestaan on noin 1 % suhteutettuna vuoden 2011 maatalouden kokonaispäästöön 5 861 500 t CO<sub>2</sub> ekv/v. Myös polttoöljyn taloudellinen rasite tiloille on huomattava. Kiinteän polttoaineen käyttöön tarvittava etu-uuni käyttää polttoaineenaan uusiutuvaa metsähaketta. Normaalin kuivuriuunin kylkeen asennettavan lämmityslaitteiston käyttökustannukset ovat hieman perinteistä järjestelmää korkeammat, lisäksi uunin hankinnasta muodostuu investointikustannus.

Murskesäilönnän etuina ovat pölyttömyys, mahdollisuus käyttää myöhäisempiä ja satoisampia lajikkeita ja puinnin aikaistuminen. Toisaalta murskesäilötty vilja ei sovi kaikkiin ruokintalaitteistoihin. Murskesäilönnän polttoöljymenekki oli 5 - 10 % kuivauksen vastaavasta muodostuen murskemyllyn käyttöön tarvittu traktorin polttoaineenkulutuksesta.

Kustannusvertailussa vaihtoehdot olivat hyvin tasaveroisia matalahkolla puintikosteudella, Murskesäilönnän kustannukset olivat vähiten riippuvaiset viljan kosteudesta. Puintikosteuden noustessa kiinteän polttoaineen polttolaitosinvestoinnin kannattavuus paranee. Kasvihuonekaasupäästöjen kannalta vaihtoehtojen välinen erotus kasvaa niin ikään suuremmaksi viljan puintikosteuden noustessa.

### **ASIASANAT**

Viljankuivaus, bioenergia, murskesäilöntä

## Johdanto

Maataloudelle on muiden sektoreiden tavoitteiden mukaisesti asetettu omat tavoitteensa leikata kasvihuonekaasupäästöjä. Tavoitteena on vähentää päästöjä 13 % vuoteen 2020 mennessä vuoden 2005 tasosta. Korkea tavoite vaatii onnistuakseen erilaisten keinojen yhteistä vaikutusta. Eräs energiaa kuluttava ja siten välillisesti päästöjä aiheuttava toimenpide on rehuviljan kuivaaminen tai muu säilöntä. Pohjoisissa viljelyolosuhteissa rehuviljan puintikosteus vaihtelee puintiolosuhteiden mukaan. Vuonna 2012 rehuviljaa viljeltiin 786 000 hehtaarilla. Rehuviljojen sato oli 2,7 miljardia kiloa, josta 1,6 miljardia kiloa käytettiin tiloilla suoraan rehuksi. Viljan kuivaamisessa voi hyödyntää bioenergiaa, tai rehuviljaa voi varastoida kuivaamatta tuoresäilönnän avulla. Näiden tekniikoiden nykyistä laajemmalla hyödyntämisellä voitaisiin vähentää sekä kustannuksia että ilmastopäästöjä.

Puuhakkeen- ja turpeen polttolaitteet ovat kehittyneet huomattavasti viime vuosina. Toimivuus ja säädettävyys ovat automatiikan ansiosta jo lähes öljypoltinten tasolla. Jos talouskeskuksen suhteellisen suuritehoisen (> 100 kW) lämpökeskus sijaitsee lähellä kuivuria, voidaan sieltä tuoda kuivurille lämpöä lämpökanaalin avulla ja luovuttaa se radiaattorin kautta öljykäyttöisen kuivurin lisälämmöksi tai korvata öljy näin kokonaan. Järjestelyn kannattavuus on sitä parempi, mitä lähempänä lämpökeskuksen teho on kuivurin tehontarvetta ja mitä lyhyempi matka lämpöä tarvitsee siirtää (Koskiniemi 2009).

Toinen vaihtoehto on korvata öljylämmitteinen uuni kokonaan kiinteällä polttoaineella toimivalla ja automatiikan ohjaamalla lämmitysjärjestelmällä. Näissä järjestelmissä lämmönsiirtoon ei käytetä lainkaan vettä, vaan haketta tai turvetta polttava stokeripoltin lämmittää kuivausilman suoraan uunin metallipintojen läpi. Kiinteälle polttoaineelle suunnitellun uunin ulkomitat ovat öljyuunia suuremmat, joten öljyuuni ja usein myös pannuhuone joudutaan uusimaan remontin yhteydessä. Useimmilla kuivurivalmistajilla on tarjottavana joko valmis kiinteän polttoaineen konttiratkaisu tai erillisosat omatoimiseen rakentamiseen. Viime vuosina markkinoille on tullut myös ns. etu-uuni, joka liitetään käyttökelpoisen öljyuunin etupuolelle. Tällöin koko tarvittava lämpö voidaan tuottaa kiinteällä polttoaineella öljyuunin toimiessa lämmönvaihtimena.

Rehuviljaa voidaan säilöä tuoreena ilmatiiviissä siilossa, murskesäilötynä laakasiilossa tai muovituubissa sekä jyväsäilöntänä propionihapon avulla (Palva ym. 2005). Tuoresäilönnän kustannukset ovat yleensä lämminilmakuivausta alhaisemmat. Lisäetuina ovat viljan pölyttömyys, mahdollisuus käyttää myöhäisempiä ja satoisampia lajikkeita sekä puinnin aikaistuminen. Toisaalta tuoresäilötty vilja ei sovi kaikkiin ruokintalaitteistoihin. Tuoresäilötty vilja sopii lähinnä tilan omaksi rehuksi ja rajoitetusti naapuritilojen väliseen kauppaan. Leipä- ja siemenvilja täytyy aina kuivata, eikä keskusliikkeiden kautta tapahtuva rehuviljakauppa toimi tuoreella viljalla.

Kuivaavat viljasiilot ovat uusi sovellutus kylmäilmakuivauksesta. Viljan kuivaus ja varastointi tapahtuvat samassa pyöreässä terässiilossa (Koivisto 2013). Siilojen vetoisuus on tyypillisesti suuri, 100 – 1200 m<sup>3</sup>. Kuivausilma puhalletaan tehokkaalla sähkökäyttöisellä keskipakopuhaltimella pohjan läpi viljamassaan. Automaattitoimiset sekoitinruuvit pitävät viljamassan tasalaatuisena koko täyttö- ja kuivausprosessin ajan, joka voi kestää 4 – 6 viikkoa. Suomen oloissa viljan kuivuminen kannattaa useimmiten varmistaa lisälämmön käytöllä. Lisälämpö voidaan tuottaa öljyllä tai radiaattorin avulla kiinteää polttoainetta ja tilan lämpökeskusta hyödyntäen. Kuivaavan viljasiilon suurimmiksi eduiksi mainitaan pienet käyttökustannukset ja suuri vastaanottokapasiteetti, koska siiloon voidaan puida aina sään salliessa. Tavara sopii lähinnä oman tai toisten tilojen rehuviljaksi, koska eri viljalajit menevät siilossa sekaisin (Koivisto 2013).

## Aineisto ja menetelmät

Tutkimuksen lähtökohtana on kotieläintila, jonka vuosittainen vilja-ala on 100 ha. Rehuviljan keskisato on 4000 kg/ha. Tilalla on toimintakuntoinen 25 m<sup>3</sup>:n kokoinen lämminilmakuivaamo. Keskimääräisenä syksynä vilja kuivataan 23 % kosteudesta 14 % varastointikosteuteen, johon kuluu noin 5400 litraa kevyttä polttoöljyä. Tutkimuksessa tarkastellaan, miten viljankäsittelyä kannattaisi tilalla kehittää kannattavuuden ja ilmastopäästöjen näkökulmasta. Vaihtoehtoina on jatkaa nykymallilla, päivittää olemassa oleva kuivuri hakkeella toimivaksi tai siirtää joko tuoresäilönnän tai kuivaavan varastosiilon käyttöön.

Tutkimuksessa vertailtiin keskenään lämminilmakuivausta erilaisilla bioenergiavaihtoehtoilla. Lisäksi vertailuun otettiin viljan murskesäilöntä ja viljan kylmäilmakuivaus pyörösiilokuivaamolla. Kylmäilmakuivaamo-vaihtoehto mitoitettiin siten, että tilan sato mahtuu kokonaisuudessaan siiloon. Kuivaavan siilon koko oli näin ollen 625 m<sup>3</sup>. Käytetyt vaihtoehdot esitetään taulukossa Taulukko 1. Sekä kustannuksia että

kasvihuonekaasupäästövaikutuksia verrattiin polttoöljyllä lämpenevään viljankuivaamoon.

### Taulukko 1. Vertailun kuivaamo- ja polttolaittevaihtoehdot

	Uunin teho, kWh		
	Öljyuuni	Biolämpö	Hyötysuhde
Polttoöljyllä lämpenevä kuivuri	300	0	0,95
- hakelämpölaitoksesta vedetyllä lämmönvaihtimella	300	100	0,8
- puulämmitteisellä etupesällä, kuivaus kokonaan hakkeella	300	300	0,9
Murskesäilöntä, tuubiin	-	-	-
Kuivaava pyörösiilo (kylmäilmakuivaamo)	-	-	-
- hakelämpölaitoksesta vedetyllä lämmönvaihtimella		100	0,8

Kaikista vaihtoehdoista laskettiin lämmityspolttoaineen kulutus ja kuivaamon koneiden käyttöön tarvittu sähkönkulutus eri viljan puintikosteusprosentteilla. Kuivauksen tavoitekosteudeksi asetettiin 14 % jotta kuivattu vilja on kaupakelpoista. Viljan murskesäilönnässä arvioitiin murskemyllyn käyttöön tarvittavan traktorin moottoripolttoaineen kulutus. Eri vaihtoehtojen kasvihuonekaasupäästöjen vertailuun käytettiin polttoöljyllä kerrointa 74,1 g / MJ (267 g / kWh). Sähkön päästökertoimena käytettiin 200 g / kWh, mikä vastaa Suomen toteutuneita sähköntuotannon kasvihuonekaasupäästöjä vuosina 2008- 2010 (IAE 2013).

Kylmäilmakuivauksessa ilman vedensidontakävyvyksi oletettiin 1,5 g / m<sup>3</sup>. Lisälämmön oletettiin kaksinkertaistavan lämmönsidontakapasiteetin. Lisälämpö oletettiin saatavan tilan kiinteästä lämpökeskuksesta lämpökanaalin kautta. Lämpökeskuksen teho on 100 kW, mutta lämpöä oletettiin käytettävän siten, että 5 °C:n nousu saadaan ilmaan toteutettua. Käytetyllä ilmamäärällä tämä tarkoitti 55 kW:n kuormitusta lämpökeskukselle. Lisälämpöä oletettiin käytettävän viljan kosteuden laskettua alle 19 %:n kosteuteen.

Vaihtoehtojen taloudelliseen vertailuun käytettiin ensisijaisesti investointilaskentamenetelmiä: olemassa olevan kuivaamon parantamiseen käytettyjä investointeja arvioitiin annuiteetin avulla, jolloin verrattiin keskenään öljylämmitteisen kuivaamon ja bioenergiainvestointien keskinäistä edullisuutta laitteiden kestoajana. Laitteiden investointikustannukset esitetään taulukossa Taulukko 2. Annuiteetin laskennassa käytettiin 5 % korkokantaa.

### Taulukko 2. Eri viljansäilöntävaihtoehtojen investointikustannukset

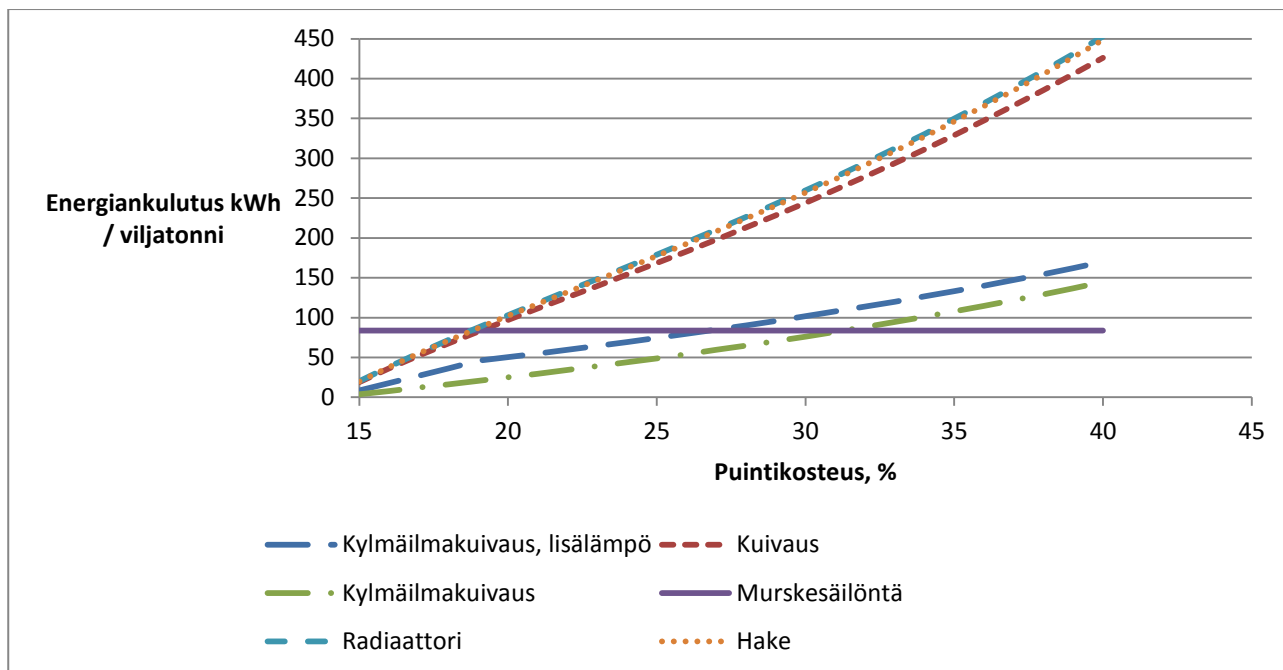
	Investointi	Kesto aika	Annuiteetti	€/tn
Polttoöljyllä lämpenevä kuivaamo	0			
- hakelämpölaitoksesta vedetyllä lämmönvaihtimella	15000	10	- 1943	- 5
- puulämmitteisellä etupesällä, kuivaus kokonaan hakkeella	65000	10	- 8418	- 21
Murskesäilöntä, tuubiin	25000	15	- 2409	- 6
Kuivaava pyörösiilo (kylmäilmakuivaamo)	95000	20	- 7623	- 19
- hakelämpölaitoksesta vedetyllä lämmönvaihtimella	15000	10	- 9566	- 24

Lämminilmakuivaamon kustannuksia verrattiin murskesäilöntään urakointikustannusten perusteella. Kuivauksen urakointihinnat saatiin TTS:n urakointihintajulkaisusta (Palva 2013). Murskesäilönnän kustannuksena käytettiin Hietalan (2011) opinnäytetyössä esitettyjä hintoja. Kylmäilmakuivaamolle laskettiin käyttökulut ja investointikustannuksista johtuva annuiteetti, jota käytettiin vertailuun lämminilmakuivaamon ja murskesäilönnän suhteen. Öljyllä lämpenevään lämminilmakuivaamoa käytettiin vertailuteknologiana. Muiden ratkaisujen toteutuneita tuottoja ja kustannuksia verrattiin lämminilmakuivaukseen laskettaessa toteutuneita hiili-dioksidipäästövähennyksiä ja vähennyskustannuksia.

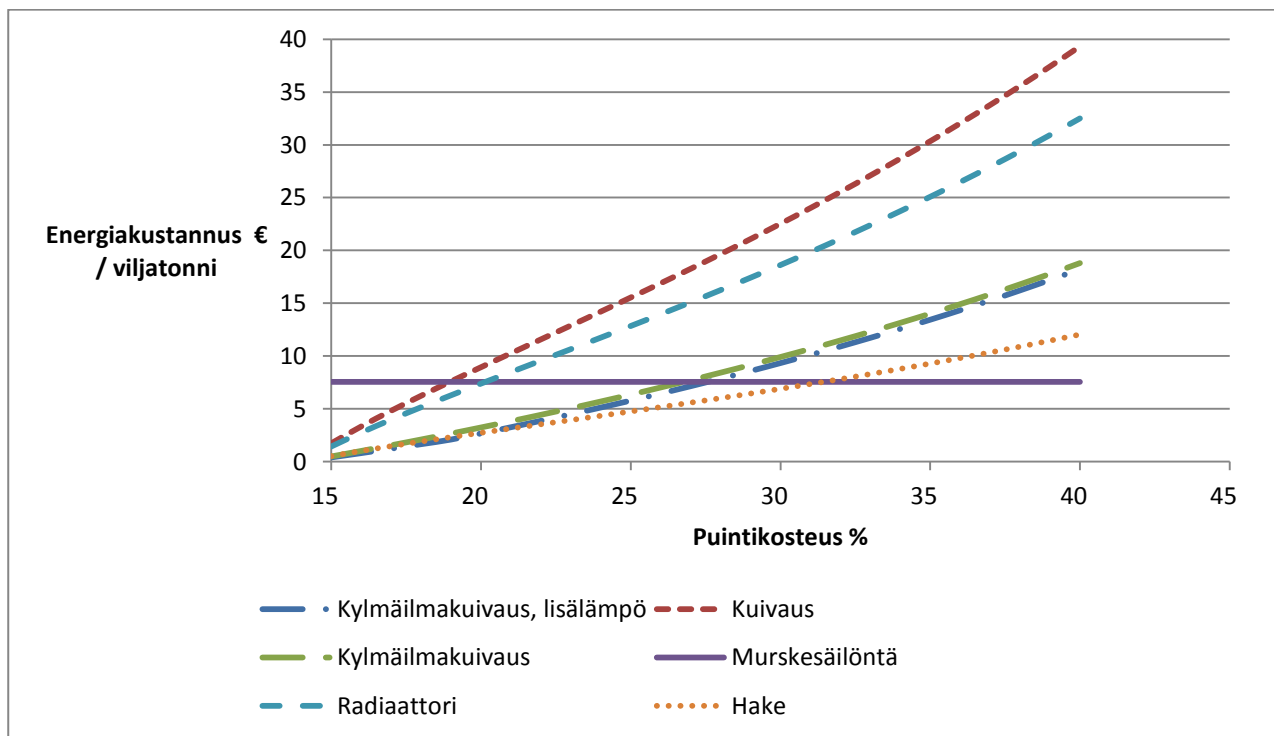
### Tulokset ja tulosten tarkastelu

Murskesäilöntä alittaa lämminilmakuivauksen kokonaisenergiankulutuksen viljan puintikosteuden ollessa 20 % tai enemmän (Kuva 1). Kuivauksen ja murskesäilönnän välinen kustannusvertailu taas kääntyy murskesäilönnän eduksi viljan puintikosteuden ollessa korkeampi kuin 23 %, mikäli kuivaukseen ei sisällytetä varas-

tointikustannusta. Jos oletetaan että murskesäilönnässä vilja säilötään muovikääreeseen, on viljan säilytyksen kustannukset syytä lisätä kuivauksen kustannuksiin vertailukelpoisuuden parantamiseksi. Tällöin murskesäilöntä on edullisempaa jo 19 % pintikosteudella.



Kuva 1. Kuivauksen energiankulutus kWh / viljattonni.



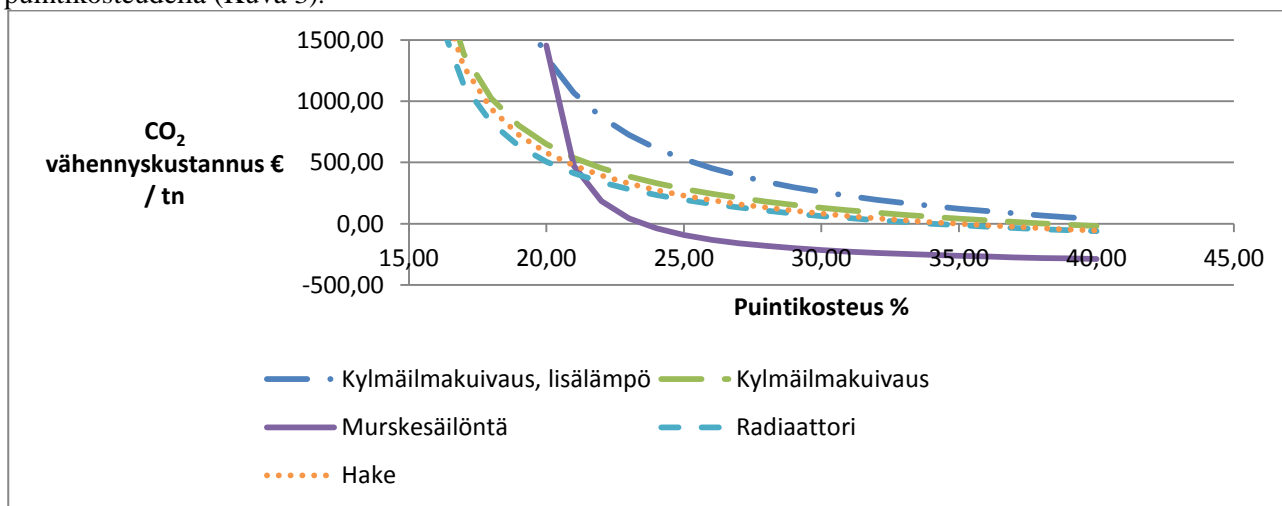
Kuva 2. Kuivauksen energiakustannus € / viljattonni eri puintikosteuksilla

Mallilaskelmissamme lisälämmöllä varustetun kylmäilmakuivaamon käyttökustannus investointikustannus mukaan luettuna oli 20 % puintikosteudella 26,7 € / viljattonni (ilman työkustannusta), mikä alittaa lämminilmakuivauksen urakointikustannuksen 27,8 € / viljattonni (sis. varastointi 5 kk). Puintikosteuden kohtainen paransi kaikkien vaihtoehtoisten viljan säilöntämenetelmien kilpailukykyä polttoöljyyn verrattuna (Kuva 2).

Hiilidioksidipäästöjen vähentämiskustannusta voidaan verrata esimerkiksi EU:n päästökaupan toteu-

tuneisiin hintoihin. Suomen päästökaupasta vastaavan Energiamarkkinaviraston huutokauppatulosten mukaan hiilidioksiditonniin päästöoikeuden hinta on vuonna 2013 liikkunut 2,7 ja 6 euron välillä (Energiamarkkinavirasto 2013).

Hiilidioksidipäästöjen vähentämiskustannusta arvioitiin vähentämällä kunkin tekniikan ja öljylämmitteisen kuivaamon energiakustannuksen erotuksesta investoinnin annuiteetti. Saatu lukuarvo jaettiin hiilidioksidipäästöjen erotuksella, jolloin tulokseksi saatiin hiilidioksiditonniin vähentämiskustannus. Vertailtaessa olemassa olevaan kuivaamoon, ainoastaan viljan murskesäilöntä muodostui kiinnostavaksi vaihtoehdoksi, sillä puintikosteuden ylittäessä 24 %, murskesäilöntä kääntyi kuivausta edullisemmaksi viljan säilöntäteknikäksi. Muilla vaihtoehdoilla vähennyskustannus asettui mahdolliselle tasolle ainoastaan hyvin korkealla puintikosteudella (Kuva 3).



Kuva 3. CO<sub>2</sub>, vähennyskustannus eri tekniikoilla

## Johtopäätökset

Mikäli olemassa oleva kuivaamo on tilan lähitulevaisuuden tarpeisiin sopiva ja tilalla halutaan parantaa kasvihuonekaasutasetta tai käyttää esim. itse tuotettua polttoainetta, on joko nykyiseen lämpölaitokseen kytketyn lämmönvaihtimen tai jopa kokonaisen biopolttoainetta käyttävän kuivaamouunin asentaminen yksinkertaisin vaihtoehto. Tässä tutkimuksessa käytetyillä investointikustannuksilla näiden vaihtoehtojen taloudellinen hyöty jäi kuitenkin kyseenalaiseksi.

Sen sijaan kotieläintilalla, jonka ruokintajärjestelmässä pystytään hyödyntämään murskeviljaa, pystytään karsimaan viljansäilönnän kasvihuonekaasupäästöjä tehokkaasti myös viljan murskesäilönnällä. Uusissa kuivaamoinvestoinneissa myös nykyaikaisen kylmäilmakuivaamon rakentaminen on harkinnan arvoisin vaihtoehto. Kylmäilmakuivaus säästää energiaa ja mahdollistaa pienenkin olemassa olevan lämpökeskuksen tehokkaan käytön viljankuivauksen apulämpönä. Tehokkaan energiankäyttönsä johdosta kylmäilmakuivaus ja viljan murskesäilöntä osoittautuivat edullisimmiksi viljan säilytysratkaisuiksi. Sekä kylmäilmakuivaamossa että viljan tuoresäilönnässä tulee tiedostaa tekniikan rajoitukset viljan loppukäytölle.

## Lähteet

**Energiamarkkinavirasto.** 2013. EUA-huutokaupat 2013-2020. Url: [http://www.emvi.fi/files/EUA-huutokaupat\\_2013-2020.xlsx](http://www.emvi.fi/files/EUA-huutokaupat_2013-2020.xlsx), viitattu 9.12.2013.

**Hietala, J.** 2011. Murskeviljaurakointi ja erilaiset koneketjut. Opinnäytetyö, Seinäjoen ammattikorkeakoulu.

**IAE.** 2013. CO<sub>2</sub> Emissions From Fuel Combustion Highlights 2013. CO<sub>2</sub> emissions per kWh from electricity generation. International Energy Agency Publication. 50 p.

<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2emissionfromfuelcombustionHIGHLIGHTS.pdf>

**Koivisto, H.** 2013. Kuivaus säästää aikaa ja rahaa. Koneviesti 4/2013. s. 80 – 81.

**Koskiniemi, E.** 2009. Kannattavuus. Teoksessa: Koskiniemi, E. (toim.). Viljankuivaus kotimaisella polttoaineella-opas. Metsäkeskukset: 24 – 25. <http://www.puulakeus.net/docs/109-Ne6-viljankuivausopas.pdf>

**Palva, R., Jaakkola, S., Siljander-Rasi, H., Valaja, J., Root, T. & Peltonen S.** 2005. Viljan tuoresäilöntä. Teoksessa: **Palva, R., Kirkkari, A-M. & Teräväinen, H. (toim.).** Viljasadon käsittely ja käyttö. Tieto tuottamaan 108: Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja 1012: 55 – 66.

**Peltola, A. & Kallioniemi, M.** 1988. Viljankuivausopas. Työtehoseuran julkaisuja.