

Viljankuivaus

Jukka Ahokas

Tapani Jokiniemi

Helsingin Yliopisto Agroteknologia

ENERGIA



AKATEMIA



Kesällä ja syksyllä korjatun sadon on säilyttävä talven yli. Sadon kustaus on niin suuri, että se pilaantuu, jos sitä ei käsitellä. Säilytyksessä on tarkoituksena estää mikrobi-toiminta, joka aiheuttaisi sadon pilaantumisen. Tunnetuin ja varmin menetelmä sadon säilyttämiseksi on kuivaus. Kuivausta käytetään mm. viljan ja heinän säilytyksessä. Viljakauppa perustuu lähes aina kuivan viljan myyntiin.

Mikrobi-toiminta materiaaleissa voidaan estää:

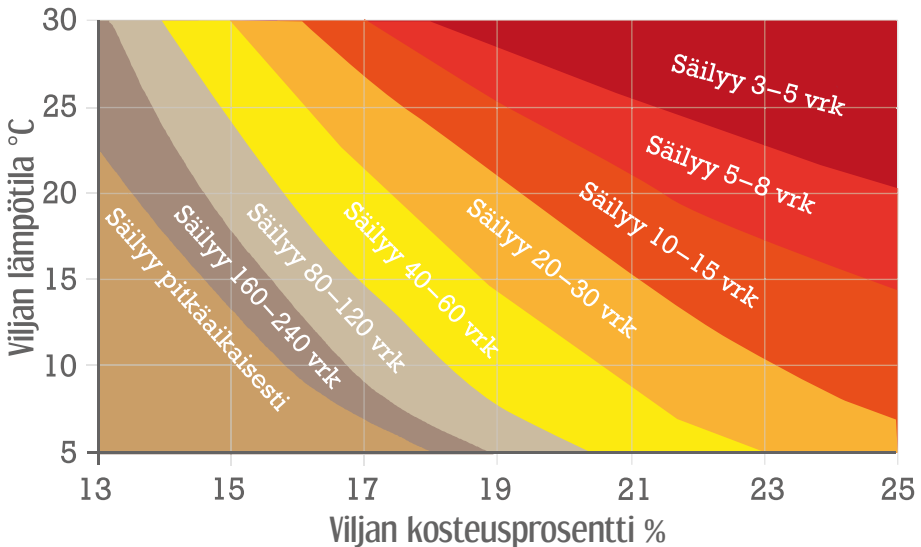
- *kuivaamalla*, jolloin mikrobit eivät pysty käyttämään materiaalia hyväkseen.
- *happamoittamalla*, jolloin happamuus estää mikrobien toiminnan esim. AIV-rehu ja vilja voidaan säilöä hapon kanssa.
- *pakastamalla*. Tätä menetelmää ei käytetä maataloilla.
- *säilömällä ilmatiiviisti*, jolloin mikrobi-toiminta loppuu hapen puuttessa ja materiaali säilyy kosteanakin, esimerkiksi muoviin pakatut säilörehut ja ilmatiiviit silot.



Materiaalin kuivaus

Kuivausta käytetään viljan ja heinän säilyttämiseen. Kuivurin vuotuinen käyttöaika on lyhyt, joten pääomakustannukset ovat suurin menoerä. Energiansäästötoimilla on vaikea saada kuivuriin investoituja kustannuksia takaisin. Kuivauksessa voidaan saada kuitenkin halvalla huomattavia energiasäästöjä käyttämällä kuivuria energiatehokkaasti ja eristämällä kuivuri.

Kuva 1. Viljan säilyvyys lämpötilan muuttuessa eri kosteusprosentteilla.



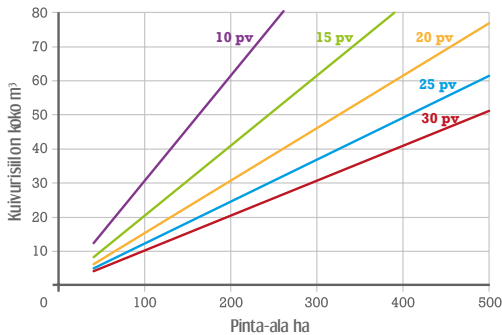
Viljan säilyvyys

Viljan säilymiseen vaikuttavat viljan kosteus ja lämpötila. Kuvassa 1 on esitetty viljan säilyvyyttä sen kosteuden ja lämpötilan mukaan. Pitkäaikainen säilytys vaatii alle 14 %:n kosteuden. Kauppaviljassa tätä käytetään kaupparajana. Kosteampi vilja voi alkaa pilaantumaan. Pilaantuminen riippuu kosteuden lisäksi myös lämpötilasta ja säilytysajasta. Esimerkiksi jos viljan lämpötila on 10 °C, säilyy se 16 %:n kosteudessa 5–8 kuukautta. Jos viljan kosteus ja lämpötila eivät ole tasalaatuisia, pilaantuminen voi alkaa kosteasta ja lämpimästä kohdasta. Pilaantuminen tuottaa lisää lämpöä ja kosteutta, jolloin pilaantuminen vähitellen laajenee koko erään.

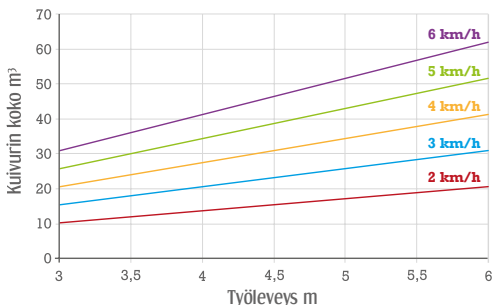
Kuivurin koko

Kuivurin sopivaa kokoa voi arvioida kahdella eri tavalla. Puintiajan sää-tietojen perusteella voidaan arvioida, että elokuun puolivälistä syyskuun loppuun on keskimäärin 20 puintikelpoista päivää. Sateisina vuosina päiviä on vähemmän ja kuivina enemmän. Kuivurin kapasiteetin pitäisi olla hieman suurempi kuin puimurin, jotta kuivuri ei hidastaisi puintia. Jos puintikauden pituus on kuukauden eli 30 vuorokautta, puintikelpoisia päiviä on noin 20. Jos vuoro-

kaudessa kuivataan kaksi erää, kuivuriin tulee satokautena 40 erää. Tähän pitäisi koko sadon mahtua. Jos hehtaarisato on noin 4 tonnia ja hehtolitraino on 65 kg, tulee hehtaarilta 6 m³ viljaa. Tällöin tarvittava kuivurin koko on 6 m³/ha / 40 = 0,15 m³/ha. Esimerkiksi 100 ha:n tilalla 15 m³:n kuivurisiilo olisi riittävä. Tämä laskelma olettaa puintien jatkuvan tasaisesti koko jakson (30 vrk) ajan. Kuvassa 2 on kuivurin koko sen mukaan, monenko päivän aikana puinti tehtäisiin.



Kuva 2. Tarvittava kuivurin koko laskettuna pinta-alan ja sadon mukaisesti, kun vuorokaudessa kuivataan kaksi erää ja hehtaarisato on 4 tonnia/ha. Puintipäiviä on 10 - 30.



Kuva 3. Tarvittava kuivurin koko puimurin työleveyden ja ajonopeuden mukaisesti, kun vuorokaudessa kuivataan kaksi erää ja satoa tulee 4 t/ha.

Kuivuriuunin koko

Kuivurin kokoa voidaan arvioida myös puimurin koon mukaan. Esi-merkiksi jos puimurin työleveys on 3,5 m ja puintinopeus on 5 km/h. Työsaavutus on työleveyden ja ajonopeuden tulo jaettuna 10:llä: $3,5 \text{ m} \times 5 \text{ km/h} / 10 = 1,75 \text{ ha/h}$. Normaalisti noin 70 % työajasta menee puintityöhön ja loput mm. siirtymisiin ja tyhjennyksiin. Käytännössä työsaavutus on $0,7 \times 1,75 \text{ ha/h} = 1,2 \text{ ha/h}$. Jos hehtaarisato on 4 tonnia ja tunnissa puidaan 1,2 ha, tulee 65 kg:n hehtolitrapainolla viljaa $7,4 \text{ m}^3/\text{h}$. Jos päivässä puidaan 8 tuntia, viljaa tulee kaikkiaan 59 m^3 . Jos tämä kuivataan kahdessa erässä, siilon tilavuuden tulee olla $59 \text{ m}^3 / 2 \approx 30 \text{ m}^3$.

Puintityö ei ole jatkuvaa, vaan se keskeytyy ajoittain sateiden ja viljojen valmistumisen takia. Jos kuivurissa on tuuletettu puskurivarasto käytettävissä, voidaan käyttää tilavuudeltaan pienempää kuivuria. Puskurivarasto voidaan purkaa niinä päivinä, kun puintityötä ei ole, jolloin kuivurisiilon pienempi tilavuus ei ehdi heikentämään sen vastaanottokapasiteettia.

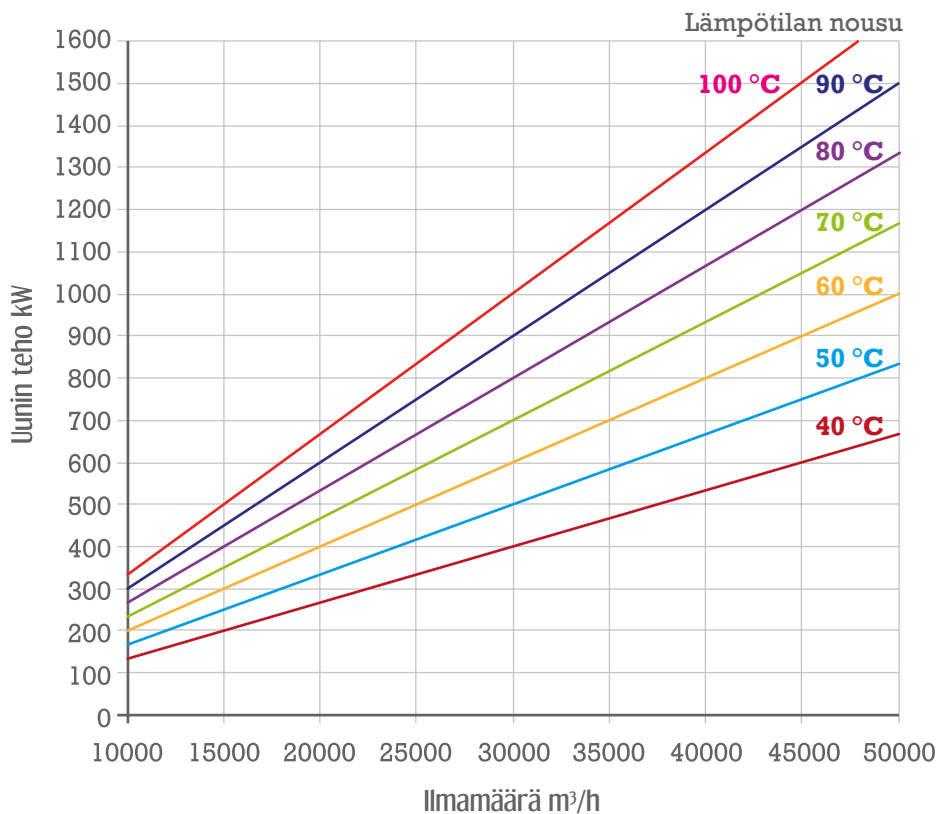
Kun kuivurin koko on päätetty, on seuraavaksi valittava sopiva kuivuriuuni. Kuivauslämpötila ja ilmamäärä määräävät uunin tehon (Kuva 4).

Uuni lämmittää ilmaa, jotta siihen saataisiin sidottua mahdollisimman paljon kosteutta, joka siirtyy kuivurista ilman mukana pois. Normaalisti lämmिनilmakuivureiden kuivausilman lämpötila on 60–70 °C. Tämä lämpötila takaa hyvälaatuisen viljan. Korkeampi lämpötila voi heikentää viljan itämis- ja leivontaominaisuuksia. Rehuominaisuudet säilyvät korkeamman massakin kuivausilmassa.

Jyvistä ilmaan siirtynyt kosteus siirtyy kuivurista tehokkaasti suuren ilmamäärän mukana: mitä suurempi ilmamäärä on, sitä nopeammin kosteus siirtyy. Aluksi jyvän pintakosteus siirtyy kuivausilmaan ja kuivuminen on nopeata. Kuivuminen hidastuu, kun jyvän pinta on kuivunut ja kosteuden pitää siirtyä syvemmältä ytimeltä pintaan. Jos uunin ilmamäärä on suuri, sen energiatehokkuus heikkenee, koska kosteuden siirtyminen jyvässä rajoittaa kuivumista. Jos ilmamäärä on pieni, ilma ei pysty siirtämään kaikkea jyvistä poistuvaa kosteutta kuivurista pois. Eri viljalajit

luovuttavat kosteutta erilailla ja etenkin kuivauksen loppupuolella kosteuden poistuminen on hidasta. Yksiselitteisiä suosituksia ilmamäärästä ei pystytä antamaan, koska sopiva ilmamäärä riippuu jyvien kosteuden luovutusnopeudesta, joka muuttuu kuivauksen edistyessä.

Suuri ilmamäärä tehostaa kosteuden poistoa ja lyhentää kuivausaikaa, mutta se voi olla energiatalouden kannalta huono. Pieni ilmamäärä hidastaa kosteuden poistoa, mutta voi olla energiatalouden kannalta hyvä.

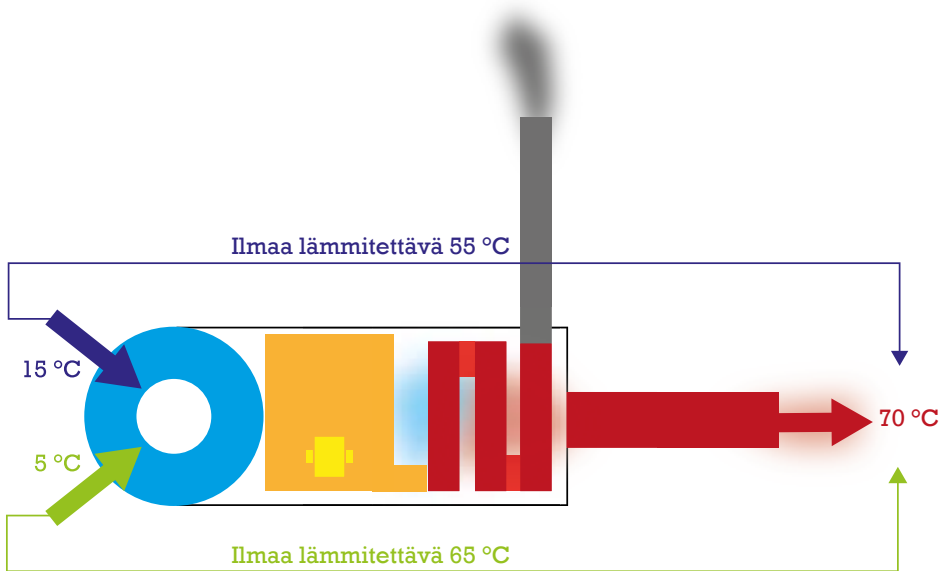


Kuva 4. Uunin tarvittava teho riippuu ilmamäärästä ja kuivauslämpötilasta. Lämpötilan nousulla tarkoitetaan, paljonko ilman lämpötilaa nostetaan uunissa. Jos imuilman lämpötila on 10 °C ja se nousee uunissa 50 °C, kuivausilman lämpötila on 60 °C. Esimerkiksi 20 000 m³/h ilmamäärällä tarvittaisiin uunilta 340 kW:n tehoa.

Kuivausolosuhteet

Tyypillinen lämminilmakuivurin kuivauslämpötila viljankuivauksessa on 60–70 °C. Kuivausilman lämmitystarve riippuu ulkoilman eli kuivurin imuilman lämpötilasta. Jos ulkolämpötila on 0 °C, ilman lämpötilaa pitää nostaa 70 °C. Jos ulkolämpötila on 20 °C, sitä pitää nostaa 50 °C. Ulkolämpötila vaikuttaa kuivurinuonin tehontarpeeseen ja energian kulu- tukseen. Kuivaamalla ulkolämpötilan mukaan voidaan normaalisti säästää 10–20 % energiaa.

Ilman kosteus vaikuttaa siihen, paljonko se pystyy sitomaan lisäkos- teutta. Lämminilmakuivurissa imuil- man kosteudella ei ole kovin suur- ta merkitystä. Kun ilma lämmitetään 70 °C:n lämpötilaan, sen suhteellinen kosteus on vain muuta- man prosenttia ja kuivauskyky on aina hyvä. Kylmäilmakuivurissa, jossa il- maa ei lämmitetä, kuivausilman kos- teus on lähes sama kuin ulkoilman kosteus. Kosteaa ilmaa ei pysty sitomaan vettä ja jos kuivunut vilja voi kostua, jos siihen puhalletaan liian kosteaa ilmaa.



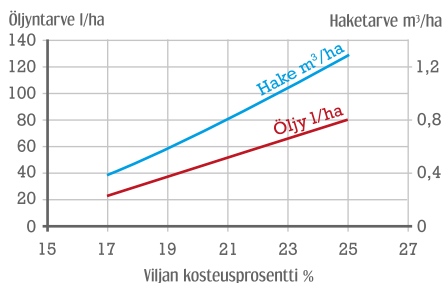
Kuva 5. Esimerkki ulkoilman vaikutuksesta ilman lämmitystarpeeseen. 5 °C:n imuilma (ulkoilma) lisää kulutusta 20 % verrattuna 15 °C:een imuilmaan.

Puintikosteus ja kuivauskosteus

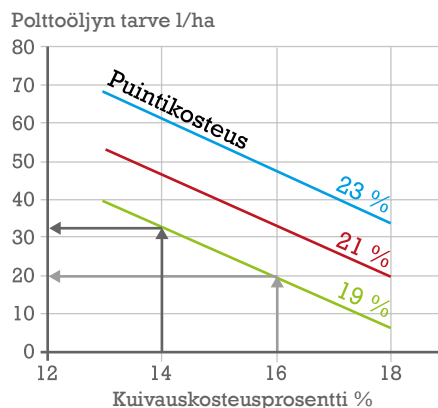
Puintikosteus ja kuivauskosteus vaikuttavat siihen, paljonko materiaalista pitää poistaa vettä. Kuvasta 6 nähdään tarvittava keskimääräinen polttoainemäärä, kun 3 500 kg hehtaarisato kuivataan 14 %:n kosteuteen. Jos viljan kosteus on 25 %:n sijasta 23 %, polttoainetta säästyy lähes 20 l/ha eli 25 %.

Kuivauksen loppukosteus (kuivauskosteus) vaikuttaa myös energian käyttöön. Kauppaviljan kosteuden tulee olla alle 14 %. Tässä kosteudessa vilja säilyy varastossa pitkäaikaisesti. Omalla tilalla talven aikana käytettävä rehuvilja voidaan varastoida talven yli pilaantumatta kauppakosteutta suuremmassa kosteudessa (Kuva 1). Jos viljaa ei tarvitse kuivata alle 14 %:n kosteuteen, säästyy myös energiaa.

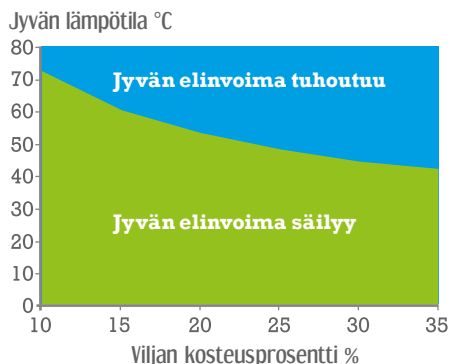
Kuvassa 7 on esimerkki siitä, miten hieman korkeampi kuivauskosteus vaikuttaa polttoöljyn kulutukseen. Jos puintikosteudeltaan 19 %:n vilja kuivataan 14 %:n kosteuteen, tarvitaan 33 l/ha polttoöljyä. Jos vilja kuivattaisiin 16 %:n kosteuteen, tarvittaisiin polttoöljyä 20 l/ha eli polttoöljyä säästyisi 13 l/ha eli säästöä tulisi lähes 40 %.



Kuva 6. Viljan puintikosteuden vaikutus kuivauksessa tarvittavaan polttoainemäärään.



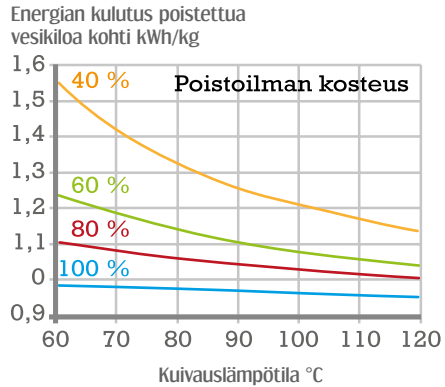
Kuva 7. Esimerkki puinti- ja kuivauskosteuden vaikutuksesta polttoaineen tarpeeseen.



Kuva 8. Jyvän elinvoiman säilyvyys

Kuivauslämpötila

Jos vilja kuivataan liian korkeassa lämpötilassa, sen itävyys ja leivontaominaisuudet kärsivät. Kuivauslämpötila riippuu kuivurin rakenteesta ja viljan kiertonopeudesta. Kuva 8 kuvaa jyvien elinvoimaisuuden rajaa. Raja on vedetty jyvän ytimen lämpötilan mukaisesti. Jyvän ydin ei saavuta kuivausilman lämpötilaa, koska vilja kiertää kuivurissa ja on melko lyhyen ajan kuumassa ilmassa. Ilman lämpötila sen kulkiessa viljakerroksen läpi alenee nopeasti, koska ilmaan sitoutuu vettä. Jos kuivuriin menevän ilman lämpötila on 70 °C, on poistoilman lämpötila kuivauksen alussa hieman yli 20 °C ja loppuvaiheessa lähes 40 °C. Ainoastaan ne jyvät, jotka ovat lähellä ilman sisääntulokohtaa joutuvat korkeaan lämpötilaan. Kuivauslämpötila voi näin olla korkeampi kuin kuvan 8 lämpötilarajat. Kuvasta nähdään myös, että kuiva vilja kestää korkeampia lämpötiloja kuin märkä vilja. Korkeassa lämmössä märän viljan kosteus poistuu nopeasti, jolloin jyvän rakenne rikkoontuu ja jyvä halkeilee. Kuivauslämpötilaa tulisikin säätää viljan kosteuden mukaisesti. Rehuviljaa voidaan kuivata korkeammissa lämpötiloissa kuin siemen- tai leipäviljaa. Rehuvilja kestää 100–120 °C:n lämpö-



Kuva 9. Kuivauslämpötilan ja poistokosteuden vaikutus energian kulutukseen.

tilan ennen kuin sen rehuominaisuudet heikkenevät.

Kuivausilman lämpötila vaikuttaa kuivauksen energian kulutukseen. Kuvassa 9 on laskelma yhden vesikilon haihduttamiseen tarvittavasta energiamäärästä, kun kuivauslämpötila ja kuivurista tulevan ilman kosteus vaihtelevat. Jos esimerkiksi kuivauslämpötila nostetaan 70 °C:sta 100 °C:een ja poistoilman kosteus on 80 %, energian kulutus laskee 1,2 kWh:sta 0,8 kWh:ssa. Säästää tulisi tämän mukaan 33 %. Mittauksissa on saavutettu 16–30 % säästö käyttämällä 110 °C kuivausilmaa. Kuivausilman lämpötilan nostaminen lisää kuivurin rakenteiden läpi johtuvaa lämpöhäviöitä. Kuivurin lämpöeristäminen on tällöin tarpeen.

Kuivurin eristäminen

Kuivurissa on paljon kuumia peltipintoja, jotka ovat normaalisti eristämättömiä. Kuivausilman lämpötila voi olla jopa 100 °C ja ympäristölämpötila vain 10 °C, jolloin lämpötilaeroa on 90 °C ja peltien päällä ei ole mitään eristeitä. Kuumien peltipintojen lämpöhäviöt ovat 300–500 W/m². Asuintaloissa, joissa on paksut eristeet, lämpötilaerot ovat pakkasilla 40–50 °C. Kuumien pintojen eristämällä voidaan vähentää lämpöhäviöitä (Kuva 10).

Uunista tulevat kuumat puhallusilmaputket, kuivauskennoston sisäänmenopuolen päädyt ja kuivurin sivut kannattaa eristää. Poistupuolen eristys ei vaikuta kuivauksen kulkuun. Mittauksissa eristys on vähentänyt lämpöhäviöitä ja polttoaineen kulu- tusta 10–30 %. Samalla kuivurin kapasiteetti on parantunut ja kuivaus- ajat lyhentyneet. Säästöön vaikuttaa oleellisesti mm. puhallusilmaputkien pituus, koska pitkien putkien lämpö-

häviöt ovat suuremmat. Eristäminen on usein taloudellisesti kannattavaa ja sen voi helposti tehdä itse.

Kuivurin kunto

Myös kuivurin kunto vaikuttaa ener- gian kulutukseen. Kuivuriuunin kunto vaikuttaa kuivurin hyötysuhtee- seen. Kuivauskennojen ja liitosten väleistä pääsee vuotamaan ilmaa. Kuivausilmaapääsee vuotamaan myös, jos varastosiihossa on liian vähän viljaa. Vuotoilma ei kuivaa viljaa, vaan ai- heuttaa lämpöhäviötä. Öljykäyttöisten uunien suuttimien kunnosta ja oikeas- ta ilmamäärästä tulisi huolehtia ja uuni tulisi nuohota säännöllisesti.

Uunin palamisilmamäärän voi tode- ta seuraamalla liekin väriä. Vaalea ja valaiseva liekki merkitsee liian suur- ta palamisilmamäärää ja tumma pu- nainen liekki merkitsee liian vähäistä ilmamäärää. Säättämällä polttimen ilmamäärät oikein ja huoltamalla uuni voidaan säästää jopa 15 %.

Kuva 10. Kuivurin ilmaputki, etuseinä ja sivuseinät kannattaa eristää.



Jatkuvatoiminen kuivuri

Suomessa käytetään pääasiassa eräkuivureita. Suurilla viljamäärillä voidaan käyttää myös jatkuvatoimisia kuivureita, jolloin aikaa ei kulu kuivurin täyttämiseen ja tyhjennykseen. Kuivurin kapasiteetti on tällöin parempi ja usein voidaan hyödyntää jäädytyksen poistoilmaa, jolloin energiatehokkuuskin on hyvä. Jatkuvatoiminen kuivuri tarvitsee jatkuvasti uutta viljaa. Lajikkeiden vaihtojen ajaksi prosessi on keskeytettävä ja käynnistettävä uudelleen. Hyvin märkää viljaa kuivattaessa ei aina päästä riittävän alhaiseen kosteuteen, jolloin vilja on kuivattava kahdessa osassa.

Kylmäilma- ja varastokuivurit

Kylmäilmakuivureiden energiatehokkuus on kuumailmakuivureita parempi, mutta suomalaisissa olosuhteissa niillä päästään hyvin harvoin alle 14 %:n kosteuteen. Jos kylmäilmakuivurilla halutaan tehdä myyntikelpoista viljaa, tarvitaan lisälämpöä. Kylmäilmakuivureiden koko on yleensä suuri, joten alussa niillä on suuri vastaanottokapasiteetti. Kuivuminen on kuitenkin hidasta, joten kuivaustilaa vapautuu hitaasti.

Varastokuivureissa on tuuletettavan pohjan päällä normaalisti 2–3 m:n paksuinen viljakerros. Paksu viljakerros aikaansaa suuren vastapaineen, jolloin puhallin teho kasvaa ja taloudellisuus heikkenee verrattuna kylmäilmakuivuriin (alle 1 m:n viljakerros). Kuivuminen alkaa siilon pohjalta ja ilma sitoo viljasta kosteutta. Kostunut ilma kulkee koko viljakerroksen läpi ja viljan yläpinta säilyy kauan kosteana. Tästä on usein seurauksena viljan kuorettuminen ja homehtuminen. Jotta näin ei kävisi, viljaa tulisi kiertättää tai sekoittaa jatkuvasti.

Muut sadon säilytystavat

Sato voidaan säilöä kuivaamisen lisäksi myös muilla tavoilla. Yleisimpiä vaihtoehtoisia viljan säilöntämenetelmiä ovat ilmatiivisäilöntä, jyväsäilöntä hapolla tai urealla sekä murskesäilöntä. Vaihtoehtoiset säilöntämenetelmät tulevat kyseeseen lähinnä silloin, kun vilja aiotaan käyttää rehuksi suoraan omalla tilalla tai sen läheisyydessä. Kauppakelpoinen vilja säilötään pääasiassa kuivaamalla. Ratkaisevinta on oikeastaan viljan käsittely säilönnän jälkeen. Kotieläintilat voivat myös ostaa kosteaa viljaa, jos säilöntä tehdään tilan omiin varastoihin suhteellisen pian sadonkorjuun

jälkeen, eikä viljaa enää siirrellä ennen ruokintaa. Säilönnän kiireellisyys riippuu viljan lämpötilasta ja kosteudesta. Säilönnön kiireellisyyttä voidaan arvioida kuvan 1 avulla. Esimerkiksi vilja, jonka lämpötila on 15 °C ja kosteus 20 %, alkaa pilaantua ilman säilöntää noin 20–30 vuorokauden kuluessa puinnista. Viljan lämpötila on käytännössä sama kuin ilman lämpötila korjuuhetkellä, sillä vilja on tehokas lämmöneriste.

Kaikkien kostean viljan säilöntämenetelmien yhteydessä on huomioitava viljan alhainen E-vitamiinipitoisuus. Kosteus ja happamuus varastoinnin aikana lisäävät E-vitamiinin hapatumista. Kun esimerkiksi kuivatun ohran E-vitamiinipitoisuus on noin 34 mg/kg, on vastaava pitoisuus tuoresäilötyssä viljassa vain muutamia milligrammoja.

Säilöntämenetelmistä eniten energiaa kuluttaa viljan kuivaus (Kuva 11). Muut säilöntätavat saattavat kuitenkin vaatia kuivausta enemmän työvaiheita, eikä viljasta tule välttämättä kauppakelpoista. Erilaisten viljansäilöntämenetelmien kustannuksia on esitetty kuvassa 12. Laskelmassa kuivuriuunina on ollut öljyuuni. Biouunia käytettäessä polttoainekustannus alenee tai lähes poistuu kokonaan, mutta

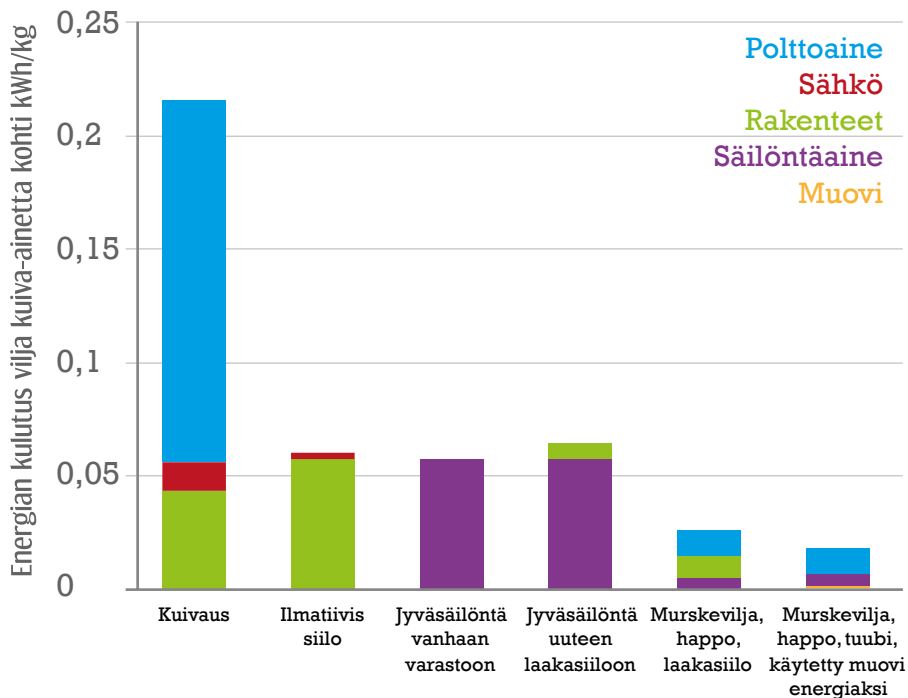
kiinteät kustannukset lisääntyvät hiukan kalliimman polttolaitteen takia.

Ilmatiivis varastointi

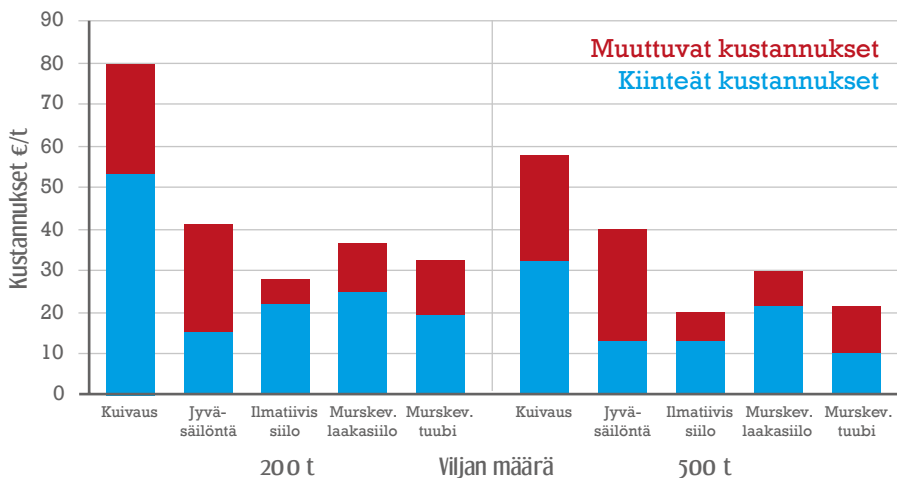
Ilmatiiviiseen varastointiin käytetään useimmiten kaasutiivistä tornisiiloa. Viljan hengitys ja mikrobitoiminta kulluttavat nopeasti siilossa olevan hapen ja nostavat ilman hiilidioksidipitoisuutta, jolloin haitallisten mikrobiten toiminta estyy. Säilymistä voidaan tehostaa lisäämällä siiloon hiilidioksidia.

Tutkimuksissa on viljan ihannekosteudeksi ilmatiiviissä säilönnässä esitetty noin 20–25 %, mutta kosteammankin viljan säilönnästä on onnistuneita kokemuksia. Hyvin kostea vilja saattaa aiheuttaa ongelmia siiloa tyhjennettäessä, ja etenkin Suomen olosuhteissa vilja saattaa talvella jäätyä siiloon tai purkulaitteisiin.

Tornisiilo täytetään yleensä lietsolla, mutta myös elevaattoria voidaan käyttää. Tuorerehun siirtoon tarkoitettun heittolietson käyttäminen ilmatiiviin viljasiilon täytössä ei ole suositeltavaa, koska jyvien rikkoutuminen lietson siivissä altistaa ne mikrobiten hyökkäyksille. Ilmatiiviin siilon tyhjennykseen käytetään yleensä kaksoisruuvipurkainta.



Kuva 11. Erilaisten viljansäilöntämenetelmien energian kulutuksia.



Kuva 12. Erilaisten viljansäilöntämenetelmien kustannuksia eri viljamäärillä (Palva 2008).

Kun vilja on purettu siilosta, voidaan ruokintaan käyttää tavanomaisia kiville viljalle suunniteltuja ruokintajärjestelmiä.

Lämpötilan vaihtelun ja viljan hengityksen aiheuttamien paineenvaihteluiden takia siilossa on oltava paineentasausventtiili tai hengityssäkki. Säkin tilavuudeksi suositellaan noin 10 % siilon tilavuudesta. Säkki voidaan sijoittaa siilon sisä- tai ulkopuolelle.

Viljan koostumus ei ilmatiiviissä säilönnässä juurikaan muutu, joten ilmatiiviisti säilötty vilja sopii rehuksi kaikille eläinryhmille. Ilmatiiviiin varastoinnin kiinteät kustannukset ovat suuret, mutta käyttökustannukset pienet.

Kokojyväsäilöntä

Kokojyväsäilönnällä tarkoitetaan kokonaisten viljanjyvien säilömistä propionihapolla. Happo imeytyy jyviin nopeasti ja tukahduttaa mikrobitoiminnan noin vuorokaudessa. Muura-haishappoa ei saa käyttää jyväsäilönnässä homehtumisriskin takia.

Jyväsäilöntä on pääpiirteissään yksinkertainen ja suoraviivainen menetelmä: vilja kipataan ruuvikuljettimelle, johon on asennettu hapotinlaitteisto. Ruuvin pituudeksi suositellaan vähintään kolmea metriä, jotta vilja sekoittuisi riittävän tehokkaasti. Viljan kosteuden noustessa hapon määrää on lisättävä. Viljan kosteuden määrittäminen ja hapon annostelu vaativat huolellisuutta. Säilymisen varmistamiseksi annosteluohjeita on syytä noudattaa tarkasti.

Jyväsäilönnässä on mahdollista käyttää hyvin monenlaisia varastoja, mutta propionihapon syövyttävyys pinnoilla ja kuljettimissa on huomioitava.

Propionihapolla säilötty vilja sopii kaikkien keskeisten tuotantoeläinten rehuksi. Jyväsäilöntä voidaan tehdä myös urealla, jolloin viljaa voidaan käyttää märehitijöiden rehunä.

Jyväsäilönnässä on, varastointitavasta riippuen, alhaiset kiinteät kustannukset, mutta muuttuvat kustannukset voivat nousta korkeiksi etenkin kostealla viljalla, jolloin säilöntäainetta joudutaan käyttämään enemmän.

Murskesäilöntä

Murskesäilönnässä viljanjyvät litistetään valssimyllyllä ennen niiden siirtämistä varastoon. Menetelmä perustuu hapettomuuteen sekä viljan maitohappokäymiseen, jota tehostetaan lisäämällä viljan sekaan AIV-happoa, biologista säilöntäainetta tai sokeripitoista säilöntäainetta, kuten melassia. AIV-säilöntäaine alennetaan happamuutta (pH-arvoa) ja tehostaa maitohappokäymistä. Biologiset säilöntäaineet sisältävät maitohappobakteereja, jotka tehostavat maitohappokäymisen alkamista. Sokeripitoinen säilöntäaine puolestaan tehostaa maitohappobakteerien toimintaa tarjoamalla niille ravintoa. Jyvien litistämisen tiivistää niitä ja kasvattaa pintaalaa, jolla maitohappobakteerit voivat toimia.

Tehokas maitohappokäyminen edellyttää riittävää kosteutta. Murskesäilöttävän viljan kosteudeksi suositellaankin yleensä 35 – 45 %. Tätä kuivempaa viljaa voidaan säilöä murskemenetelmällä tornisiilossa tai tuubissa. Tällöin säilyvyys perustuu enemmän hapettomuuteen kuin maitohappokäymiseen, ja säilöntäainetta tarvitaan enemmän. Kun viljan kosteus on noin 40 %, suositellaan muurahaishappopohjaista säilöntäainetta

käytettäväksi noin 3 l/t. Alle 25 % kostean viljan muurahaishappo- tai propionihappopohjaisen säilöntäaineen käyttösuositus on noin 6 l/t. Sokeripitoista säilöntäainetta voidaan käyttää vain kostealle viljalle. Sokeria käytetään noin 10 kg viljatonna kohden.

Murskeviljaa voidaan varastoida monella eri tavalla. Varastointi laaka-siilossa tai aumassa edellyttää tehokasta tiivistämistä ja painotusta hapettomuuden aikaansaamiseksi. Jos käytetään tornisiiloa, on siilon pintakäsittelyn kestävä happamuutta. Murskeviljan purku tornisiilosta tehdään joko alakautta ketjupalpurkaimella tai yläkautta lautaspurkaimella. Murskeviljaa voidaan myös varastoida muovituubiin tai paaleihin.

Murskevilja sopii kaikille tuotantoläimille. Teknisesti menetelmä on ihanteellinen nautojen seosrehurukintaan. Ongelmia saattaa esiintyä sikojen ja siipikarjan automaattisissa ruokintajärjestelmissä. Murskesäilötty vilja alkaa pilaantua nopeasti varastosta purun jälkeen, ja etenkin siipikarja on herkkää huonolaatuiselle viljalle.

Murskesäilönnän kustannukset riippuvat varastointimenetelmästä.

Kotimainen polttoaine

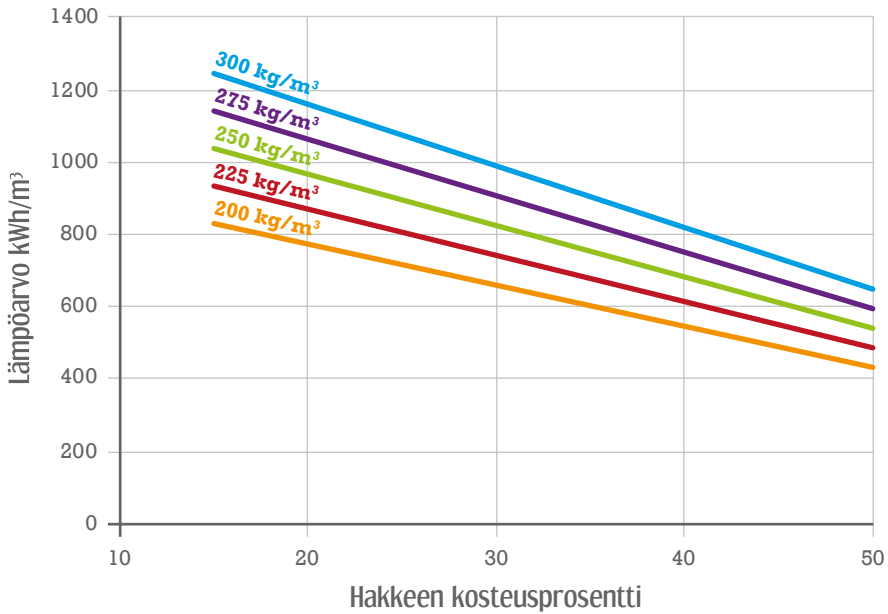
Siirtyminen kotimaiseen polttoaineeseen (hake, turve) ei sinänsä paranna kuivurin energiataloutta, vaan siinä siirrytään fossiilisesta polttoaineesta uusiutuvaan. Turpeen uusiutuvuudesta kiistellään ja se usein luokitellaan fossiiliseksi. Suomessa turve on nykyisin luokiteltu hitaasti uusiutuvaksi polttoaineeksi.

Öljy ja kaasu ovat tasalaatuisia polttoaineita. Hakkeen ja turpeen laatu (kosteus, palakoko) voi vaihdella paljon, jonka takia niiden polttaminen ei ole yhtä täydellistä kuin öljyn ja kaasun. Hakkeen ja turpeen hyötysuhteet ovat myös hieman alempia, eli käytännössä energiankulutus on suurempaa. Toisaalta biopolttoaineet eivät aiheuta hiilidioksidipäästöjä, koska ne sitoutuvat kasvien kasvuun uudelleen. Esa Koskiniemen toimittamasta "Viljankuivaus kotimaisella polttoaineella -oppaasta" löytyy lisätietoa. Oppaan voi ladata osoitteesta:



[www.puulakeus.net/docs/
109-Ne6-viljankuivausopas.pdf](http://www.puulakeus.net/docs/109-Ne6-viljankuivausopas.pdf)

Biouunin teho on helpommin säädettävissä kuin öljyuunien, koska polttoaineen syöttöä muuttamalla myös uunin teho muuttuu. Kuivauslämpötilan pitäminen halutussa lämpötilassa onkin biouunilla helpompaa kuin öljyuunilla. Käytännössä tämä tapahtuu automatiikan avulla eli uuni pitää kuivausilman lämpötilan vakiona polttoaineen syöttöä muuttamalla. Polttoaineen kosteus, palakoko ja laatu vaikuttavat siitä saatavaan tehoon. Kuvassa 13 on esitetty hakkeen kosteuden ja tilavuuspainon vaikutus sen lämpöarvoon. Kuvasta nähdään, että polttoaineen tilavuuspaino ja kosteus vaikuttavat voimakkaasti lämpöarvoon. Jos kuiva hake (esim. 18 %) vaihtuu märäksi hakkeeksi (esim. 40 %), lämpöarvo alenee 30–40 %. Tämä tarkoittaa, että polttoaineen syöttöä on lisättävä samalla määrällä, jotta uunin antama teho pysyisi samana. Polttoaineen syöttö tapahtuu yleensä syöttöruuvin avulla, jolloin sen nopeutta muuttamalla saadaan muutettua uunin antamaa tehoa. Hakkeen palakoko vaikuttaa sen tilavuuspainoon (kuormapainoon). Yleensä pienipalaisen hakkeen tilavuuspaino on alhaisempi kuin suuripalaisen.

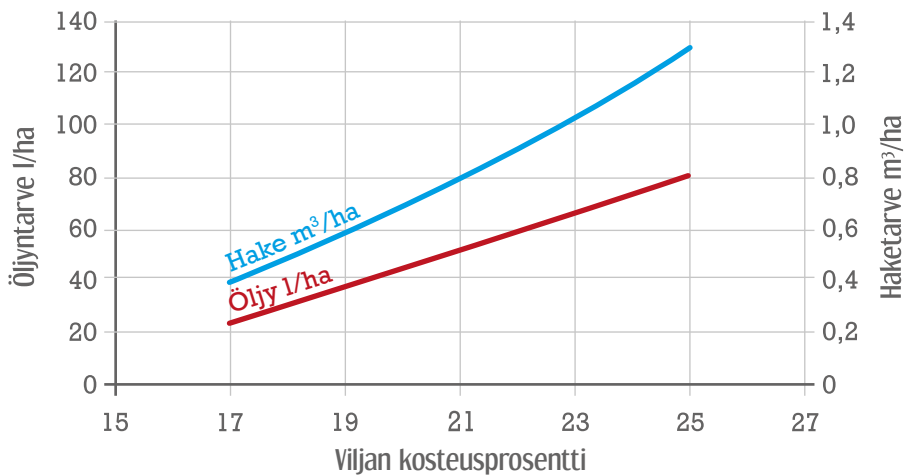


Kuva 13. Hakkeen tilavuuspainon (200 – 300 kg/m³) ja kosteuden vaikutus teholliseen lämpöarvoon.



Kuva: markkinahandel, Wikimedia Commons, CC-BY-2.0.

Kotimaisiin polttoaineisiin siirtyminen tarkoittaa uuden uunin hankkimista ja polttoainevaraston tekoa. Kuivuriuunien tehot ovat muutamasta sadasta kilowatista megawattiin. Tämä merkitsee aina automaattista polttoaineen syöttöä. Palamisessa syntyy tuhkaa, puussa sitä on alle 1 %, mutta turpeessa tuhkaa voi olla jopa 6 – 7 %. Tuhka vaatii automaattiset poistolaitteet. Turvetta tai viljaa poltettaessa tuhka voi sulaa palamislämpötilassa. Tällöin tuhka sintraantuu arinalle ja palaminen vaikeutuu. Tämä voidaan estää liikkuvalla arinalla.



Kuva 2. Hake- ja öljyntarve peltohehtaaria kohden, kun satotaso on 3 500kg/ha, hakkeen kosteus on 30% ja sen tilavuuspaino on 200kg/m³.



Kuva: MPorciusCato, Wikimedia Commons, CC-BY-SA-3.0.

Haketta käytettäessä se on hankittava valmiiksi ennen kuivauskautta. Omasa metsästä otettu puu on kaadettava, annettava kuivua ja hakettava ennen käyttöä. Tuoreen puun kosteus on noin 50 % ja homehtumatta säilyvän puun kosteus on alle 20 %. Rankojen kuivuminen kevään ja kesän aikana riippuu säistä ja sateista. Puuvaraston tulisi olla ilmava ja katettu, jotta puu kuivuisi riittävästi. Puun meneki vaihtelee huomattavasti viljan satomäärän ja puintikosteuden mukaan. Kuvassa 2 on esimerkki siitä, paljonko haketta (tai öljyä) kuluu tavallisesti hehtaarin viljasadon kuivaamiseen.

Kattilan uusiminen ja polttoainetarastot ja syöttölaitteet vaativat investointeja. Muutoksen kannattavuudesta tarvitaan taloudellisia laskelmia. Esimerkkinä oletetaan, että hake on omasta metsästä otettuna ilmaista. Biouunin hinta on 80 000 € ja vuodessakuivurissakuluukeskimäärin 5 000 l öljyä. Jos öljyn hinta on 1 €/l, haketta käyttämällä säästyy 5 000 € vuodessa. Kun hankintahinta jaetaan vuosisäästöllä nähdään, että 15:sta vuoden päästä olemme saaneet investointiin käytetyt rahat takaisin. Jos öljyn hinta kohoaa tänä aikana, säästö saadaan takaisin lyhyemmässä ajassa. Jos tehdään uutta kuivuria tai kuivuriuuni täytyy uusia, investointikustannus on biouunin ja öljyuunin hintojen erotus, ja investointirahat saadaan takaisin nopeammin. Jos kuivattava vilja on hyvin märkää, vettä täytyy poistaa enemmän ja biouuni on kannattavampi. Jos vilja on kuivaa, biouunin kannattavuus on heikompi.

Kuivurin biouuneille voidaan antaa esimerkiksi 35 %:n avustus. Tällöin viljelijälle jäisi maksettavaksi

52 000 €, ja investoinnin takaisinmaksuaika olisi 10 vuotta. Hankinnassa on siis monta epävarmuustekijää, kuten poistettava vesimäärä (sadon määrä ja kosteus), investoitujen määrä ja öljyn hinnan kehitys. Öljyn hinta, mitä ilmeisimmin kohoaa, mutta säätä ja satoa ei voi ennustaa, eli poistettava vesimäärä voi vaihdella melkoisesti.

Jos tilalla on jo biolämpökeskus, sen tuottamaa lämpöä voidaan käyttää myös kuivurissa. Ongelmana on kuitenkin erisuuret tehotarpeet. Asuinrakennusten lämmitysteho on suurimmillaan parikymmentä kilowattia. Jos myös karjasuojia lämmitetään, tehotarve voi olla pari sataa kilowattia. Kuivuriuunien tehot ovat parista sadasta kilowattista tuhanteen kilowattiin, eli maatilan lämpökeskuksen teho ei usein riitä kuivauksen tarpeisiin. Tämän lisäksi kuivauksessa tarvitaan investointeja lämmön siirtämiseen.

Sian- ja broilerilihantuotannossa tehon suuruusluokat voivat kohdata ja rakennusten lämmitysteho voi olla riittävä myös viljankuivaukseen.

Sisällysluettelo

- 3 Materiaalin kuivaus
- 3 Viljan säilyvyys
- 4 Kuivurin koko
- 5 Kuivuriuunin koko
- 7 Kuivausolosuhteet
- 8 Puintikosteus ja kuivauskosteus
- 9 Kuivauslämpötila
- 10 Kuivurin eristäminen
- 10 Kuivurin kunto
- 11 Jatkuvatoiminen kuivuri
- 11 Kylmäilma- ja varastokuivurit
- 11 Muut sadon säilytystavat
- 16 Kotimainen polttoaine

Viljankuivaus

- Viljakuivurin eristämällä voidaan säästää usein noin 10 % energiankulutuksesta.
- Materiaalia ei kannata ylikuivata. Lyhytaikaisessa varastoinnissa, (oman käytön rehuvilja) kosteuspitoisuus voi olla korkeampi kuin pitkäaikaisessa varastoinnissa vaadittu 14%:n kosteus. Näin voidaan säästää 10 – 30 % energiaa.
- Rehuviljan kuivauksessa voidaan käyttää korkeita lämpötiloja. Tämä parantaa kuivurin kapasiteettiä ja alentaa energian kulutusta 5 – 10 %.
- Yökuivausta välttämällä voi säästää 10–20 %.
- Muitakin säilöntämenetelmiä kannattaa harkita. Omaan käyttöön tarkoitettu rehuvilja voidaan varastoida ilmatii- viesti, kokojyväsilöä tai murskesilöä.
- Oppaan tiedot perustuvat tutkimustuloksiin ja esimerkeihin. Varmista aina omalta osaltasi ohjeiden sopivuus.



Lisää maatalouden energiatietoa

www.energia-akatemia.fi

ENERGIA  AKATEMIA



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahoisto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin


HELSINGIN YLIOPISTO

SeAMK 
SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES


JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES