



# VAKOLA

RUKKILA  
00001 HELSINKI 100  
90-5633 133

VALTION MAATALOUSKONEIDEN TUTKIMUSLAITOS  
FINNISH RESEARCH INSTITUTE OF ENGINEERING IN AGRICULTURE AND FORESTRY

TUTKIMUSSELOSTUS N:o 19

Mauri Piltti

ENERGIAN TARPEEN VÄHENTÄMISESTÄ JA  
KOTIMAISEN ENERGIAN KÄYTÖSTÄ VILJAN  
KUIVAUKSESSA

Helsinki 1979

## SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
1. MAATALOUEMME ENERGIATASEESTA	1
2. VILJASATOMME KUIVAUKSESSA TARVITTAVA ENERGIA	6
3. VILJAN KUIVUMISEN TEORIAA	8
4. KUIVAUSKOKEET	9
5. ENERGIAN SÄÄSTÖMAHDOLLISUUKSISTA	
5.1 Poistoilmahäviöt	14
5.2 Jäähdytyshäviöt	15
5.3 Säteilijä ja johtumishäviöt ja niiden pienentäminen	15
6. SUORITETUT KOKEET	16
6.1 Kuivurisiilojen häviöt	16
6.1.1 Kokeiden järjestely	16
6.1.2 Kokeiden tuloksia	16
6.2 Kuivuriuunien häviöt	19
6.3 Kuivausilman lämpötilan vaikutus	21
6.4 Sähköenergia lämminilmakuivauksessa	24
7. KOTIMAINEN ENERGIA	24
7.1 Yleistä	24
7.2 Olki	26
7.3 Puu	27
7.4 Turve	28
7.5 Lannan ja taajamajätteen energia	29
7.6 Auringonsäteilijän keräimet	29
7.7 Lämpöpumppu	30
7.8 Pienvesivoima ja tuulienergia	30
8. KOTIMAISET POLTTOAINEET VILJAN KUIVAUKSESSA	30
8.1 Puu	30
8.2 Turve	31
8.3 Olki	31
9. KYLMÄILMAKUIVAUS	31
10. REHUVILJAN SÄILÖNTÄ	34
TIIVISTELMÄ	35

## 1. MAATALOUTEMME ENERGIATASEESTA

Maatilatalous on huomattava energian tuottaja, mutta myös melkoinen energian kuluttaja. Maatiloillamme kulutetaan vuodessa elintarvikkeiden tuotannossa ilman kotitalouden kulutusta öljyä n. 450 milj. litraa, mikä on n. 3 % maan koko öljyn kulutuksesta, ja sähköä n. 300 milj. kWh eli n. 1 % maan kulutuksesta. Tämän lisäksi kasvihuoneiden lämmitykseen tarvitaan öljyä n. 140 milj. litraa/v.

Maatalous käyttää tuotantoon suoraa apuenergiaa, kuten öljyä ja sähköä sekä epäsuoraa apuenergiaa, joka on tarvittu tuotantovälineiden, esim. lannoitteiden ja koneiden valmistukseen. Yleisenä pyrkimyksenä maataloudessa on ollut tuotannon tehostaminen energiapanoksia suurentamalla.

Energiapanosten ja energian tuotoksen selvittämiseksi tässä esitettävät energiataseet on laskettu tilastotietoihin perustuvina 4 vuoden keskiarvoina aikajaksoina 1952-55, 1963-66 ja 1974-77. Energiapanokset ja energian tuotokset on laskettu bruttoenergian polttoarvojen määrinä kWh:iksi muuntaen. Muuntokertoimina on yleensä käytetty kansainvälisten normilukujen keskiarvoja.

Voimakas erikoistuminen maataloustuotannossamme on johtanut luontaisen tuotantotavan väistymiseen ja riippuvuuteen teollisesta tuotannosta - ulkopuolisesta energiasta. Peltoviljelyn energiapanoksen (taulukko 2) kotimaisuusaste oli 1950-luvun alkupuolella n. 70 %, kymmenen vuotta myöhemmin n. 40 % ja nykyisin vain n. 17 %. Samana 20 vuoden aikana nestemäisten polttoaineiden käyttö maataloustuotannossa on kasvanut yli 7-kertaiseksi ja väkilannoitetypen käyttö 6-kertaiseksi. Kun otetaan huomioon, että 1 typpi-kg:n valmistuksessa tarvitaan n. 1,5 kg öljytuotteita, on öljyn osuus peltoviljelymme koko energiapanoksesta yli 60 % ja kotieläintuotantoon käytetyn traktorin polttoaine mukaan lukien n. 70 %.

Peltoviljelyn tuottama energia (taulukko 3) ilman olkia oli energiapanokseen verrattuna 1950-luvun alkupuolella n. 3,4-kertainen ja nykyisin n. 2,9-kertainen. Energiatuotos on lisääntynyt tänä aikana n. 25 % ja energiapanos n. 40 %. Energian tuottavuus on siis pienentynyt. Syynä on lähinnä runsas öljyn - typen ja koneiden - käyttö. Peltohehtaaria kohden vuotuinen energiapanos on nykyisin keskimäärin n. 4100 kWh ja tuotos ilman olkia (ja naatteja) n. 12 400 kWh. Olkien energia-arvo on n. 5600 kWh/ha eli suurempi kuin peltoviljelyn energiapanos. Oljet jäävät vielä nykyisin lähes kokonaan hukkaan. Peltoviljelyn tuottamasta kaikesta energiasta käytetään nykyisin kotieläintuotantoon n. 60 %, suoraan ihmisravinnoksi n. 5...10 % ja jätteiksi jää pääasiassa olkena n. 30 %.

Kotieläintalouden energiapanoksessa (taulukko 4) valtaosa on rehua. Kotieläintalouden tuottaman ihmisravinnoksi kelpaavan energian määrä (taulukko 5) on viimeksi kuluneiden 20 v. aikana kasvanut - kuten peltoviljelykin - n. 25 %, mutta energiapanos vain n. 20 %. Kotieläinten tuottama ihmisravinnoksi sopiva energia on kuitenkin vain n. 10...15 % kotieläintalouden bruttoenergian panoksesta. Tämän vuoksi maataloutemme koko energiatase on tappiollinen, jos jätteiksi jääviä olkia ei oteta huomioon.

Taulukko 1. Viljelykasvien osuus % peltoalasta

Peltoala milj. ha	1952-55	1963-66	1974-77
Jyväsato	35	40	50
Nurmikasvit	55	50	40
Peruna ja juurikasvit	5	5	5
Muut ja kesanto	5	5	5
Viljasadosta kotieläimille %	69	63	68

Taulukko 2. Peltoviljelyn vuotuiset energiapanokset (ilman rakennuksia)

	Muunto- kerroin	Milj. kWh			%
		1952-55	1963-66	1974-77	
Ihmistyö	0,15 kWh/h	60	55	40	0,4
Hevostyö	13000 kWh/ hevonen/vuosi	4300	2600	355	3,5
Koneiden valmistus ja huolto	20 kWh/kg <sup>1)</sup>	1100	1600	1700	16,5
Poltto- ja voitelu- aineet	9,88 kWh/l	630	2000	2950	29,0
Typpilannoitteet	19,2 kWh/kg	630	1600	3800	37,0
Fosforilannoitteet	1,8 kWh/kg	140	220	320	3,0
Kalilannoitteet	0,5 kWh/kg	25	45	75	0,7
Sadetus (2x30 mm)	1000 kWh/ha	0	0	60	0,5
Kasvinsuojelu	28 kWh/kg	30	85	120	1,2
Viljankuivaus <sup>2)</sup>		350 (puu)	200 + 320 (puu) (öljy)	800	7,7
Sähkö (ilman vilj. kuiv.)		20	30	55	0,5
Yhteensä.		7300	8800	10300	100
Energiapanos kWh/ha		2900	3350	4100	
Kotimaisen energian osuus n.		70 %	40 %	17 %	

1) Edellyttäen, että loppuun käytetty kalusto palautetaan teollisuuteen.

2) Polttoaine, sähkö ja käsittely.

Taulukko 3. Peltoviljelyn tuottama kokonaisenergian määrä

	Muunto- kerroin kWh/kg	Milj. kWh		
		1952-55	1963-66	1974-77
Leipävilja	4,2	1600	2500	2800
Rehuvilja	4,2	4400	5900	11100
Peruna	1,0	1270	1100	720
Juurikasvit	1,0	760	970	960
Peltoheinä	4,1	13500	15440	9270
- " - säilörehuksi	1,1	300	230	2620
Laidun	0,93	2600	3350	3070
Vihantarehu	1,0	310	300	255
Öljykasvit	5,0	80	90	130
Yhteensä n.		24800	29900	31000
Oljet	4,0	8000	9600	14000
Naatit	0,83	800	800	600
Yhteensä n.		8800	10400	14600
Kaikki yhteensä		33600	40300	45600
<u>Yhdistelmä</u>				
Jyväsato		6000	8400	13900
Peruna ja juurikasvit		2000	2100	1700
Nurmikasvit		16400	19000	15000
Muut		400	400	400
Yhteensä n.		24800	29900	31000
Energia kWh/ha ilman olkia ja naatteja		9900	12000	12400
Energia kWh/ha oljet ja naa- tit mukaan lukien		13400	14900	18200

Taulukko 4. Kotieläintalouden vuotuiset energiapanokset  
(ilman rakennuksia)

	Milj. kWh			%
	1952-55	1963-66	1975-77	
Ihmistyö	85	78	60	0,2
Vilja ja väkirehut	4200	5500	9900	35,0
Juurikasvit ja perunat	980	940	480	1,7
Nurmikasvit	16400	19000	15000	53,0
Vihantarehu ja naatit	550	550	420	1,5
Maito	50	55	40	0,1
Olki	1200	1000	1000	3,6
Sähkö	70	105	160	0,6
Koneiden valmistus ja huolto	30	100	200	0,7
Polttoaineet (trakt.osuus)	165	700	1000	3,6
	23700	28000	28300	100

Taulukko 5. Kotieläintuotteiden ihmisen ravinnoksi kelpaavan energian määrä

	Milj. kWh		
	1952-55	1963-66	1974-77
Maito	2260	2740	2500
Sianliha	215	250	480
Naudanliha	125	200	250
Siipikarjanliha	1	3	17
Muu liha	24	13	5
Kananmunat	52	90	145
Yhteensä n.	2700	3300	3400

Lannan bruttoenergia on noin 5000 milj. kWh.

Kotieläintuotannossa käytettävän rehun kokonaisenergiasta soveltuu ihmisravinnoksi käytettäväksi eri tuotostasoilla %

Lypsylehmä (4000 kg/v)	5...10
- " - (8000 kg/v)	15...30
Lihanauta	10...20
Lihasisika	60...90
Lihakana	60...80
Lihavasikka	70...95

## 2. VILJASATOMME KUIVAUKSESSA TARVITTAVA ENERGIA

Viljan kuivaus on oloissamme sen säilyvyyden varmistamiseksi välttämätöntä. Jokseenkin koko sadon kuivaus tapahtuu nykyisin koneellisilla viljan kuivureilla. Tällaisia kuivureita arvioidaan Suomessa nykyisin olevan n. 54 000. Valtaosa, yli 90 % näistä on lämminilmakuivureita, mutta kylmäilmakuivureiden osuus lienee jatkuvasti lisääntymässä, etenkin nyt kun sekä öljy- että sähkötoimisia lisälämmityslaitteita on hyväksytty markkinoille.

Viljan kuivauksen osuus koko peltoviljelyn energiapanoksesta on n. 8 %. Vain vähäinen määrä etupäässä pienten kuivureiden uuneista on puulämmitteisiä. Jos maan koko jyväsato kuivataan lämminilmakuivureissa, kuivaukseen tarvittavan energian kulutus on energiataseen mukaan n. 800 milj. kWh. Kuivattaessa tämä viljamäärä kylmäilmakuivureissa kulutus on n. 200 milj. kWh.

Leikkuupuinti ja tietyt kauppaviljan laatuvaatimukset ovat johtaneet siihen, että sato voidaan yleisesti aikaisempaa melkoisesti kosteampana. Toisaalta myös korjuukauden sää ja sääennusteet rajoittavat korjuukauden pituutta ja ajan-kohtaa sadon kosteudesta riippumatta.

Vuoden 1976 koko viljasato oli n. 4015 milj. kg. Tästä oli leipäviljaa n. 832 milj. kg ja rehuviljaa n. 3183 milj. kg.

Tämän viljamäärän kuivauksessa joudutaan, jos kuivaustarve on esim: 15 %-yksikköä, haihduttamaan viljasta vettä n. 700 milj. kg. Edellä mainittu prosenttimäärä tarkoittaa esimerkiksi, että viljan alkukosteus on 29 % ja se kuivataan 14-%:seksi. (Tässä selostuksessa tarkoitetaan näissä yhteyksissä aina %-yksikköjä, siis viljan kosteus-%:n alenemista eikä kosteuden prosentuaalista poistoa kostean viljan määrästä.) Yhden vesi-kg:n haihduttamiseen tarvitaan n. 120 g öljyä. Edellä mainitun vesimäärän haihduttaminen, jos koko sato kuivataan lämminilmakuivureilla, vaatisi n. 84 milj. kg öljyä.

Koneellinen kuivaus, tapahtuipa se lämmin- tai kylmäilma-kuivurilla vaatii myös sähköenergiaa. Nykyaikaiset lämminilmakuivurit on yleisesti varustettu kuivausilman puhaltimen lisäksi mm. erilaisin syöttölaittein, kuljettimin ja pölyn poistopuhaltimin. Suoritettujen kokeiden perusteella keskokokoinen edellä mainituin laittein varustettu lämminilmakuivuri kuluttaa n. 0,08 kWh sähköä haihdutettua vesi-kg kohden. Jos kuivaustarve olisi 15 %-yksikköä, tarvittaisiin polttoöljyn lisäksi koko sadon kuivaukseen 56 milj. kWh sähköä.

Taulukossa 6 on esitetty öljyn ja sähkön kulutus kuivaustarpeen vaihdellessa koko viljasadon kuivauksessa lämminilmakuivurilla ja kulutusten suhteellinen osuus koko maataloustuotannon kulutuksesta. Koko maataloustuotannon energiankulutukseksi on arvioitu 450 milj. litraa öljyä ja 300 milj. kWh sähköä vuodessa.

Taulukko 6. Maamme viljasadon kuivauksessa lämminilmakuivurilla tarvittavat energiamäärät ja niiden suhteellinen osuus koko maataloustuotannon energian kulutuksesta kuivaustarpeen vaihdellessa, kun sadon määräksi on arvioitu 4015 milj. kg ja kun öljyn kulutukseksi vesi-kg:n haihduttamiseksi on arvioitu 120 g ja sähkön kulutukseksi 0,08 kWh.

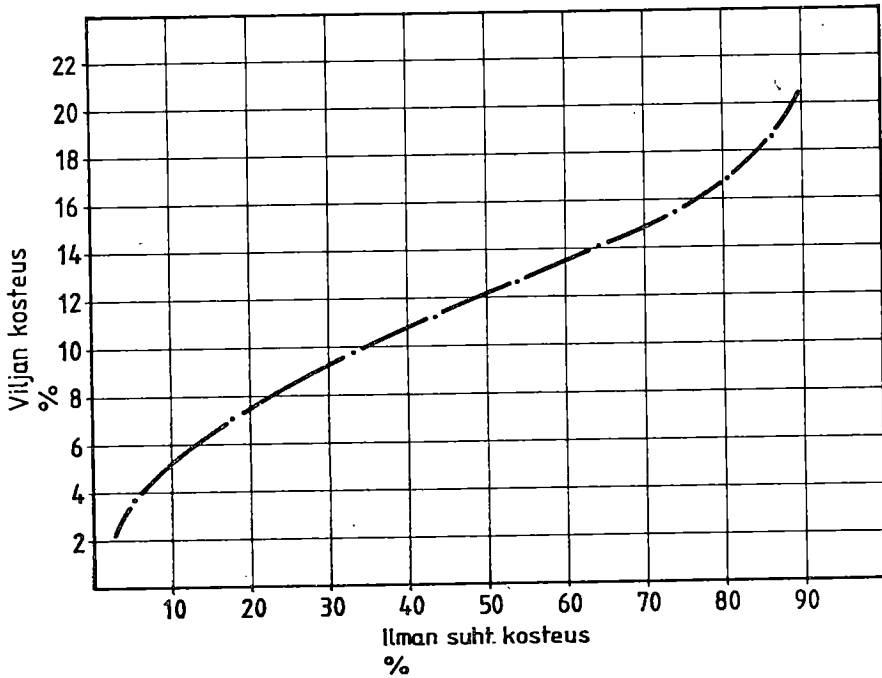
Kuivaustarve %-yksikköä	Vettä haihdutettava milj. kg	Öljyn kulutus		Sähkön kulutus	
		milj. kg	% koko maatalous- tuotannon kulutuk- sesta	milj. kWh	% koko maatalous- tuotannon kulutuk- sesta
5	233,4	28,0	7,3	18,6	6,2
10	466,8	56,0	14,6	37,3	12,4
15	700,3	84,0	21,9	56,0	18,6
20	933,7	112,0	29,3	74,7	24,9

### 3. VILJAN KUIVUMISEN TEORIAA

Viljan kuivuminen on mahdollista vain silloin kun viljaan sitoutuneen veden paine on suurempi kuin sitä ympäröivän ilman vesihöyryn osapaine. Kun ilman suhteellinen kosteus on pienempi kuin mitä tiettyä viljan kosteutta vastaava jyvän ja ilman tasapainotila edellyttää, tapahtuu kuivumista. Piirroksessa 1 on esimerkkinä tällainen rukiin jyvien tasapainotilan käyrä kun ilman lämpötila on 20°C (Seidel).

Kuivumisen nopeuttamiseksi lämmitetään lämminilmakuivureissa sekä vilja että jyviä ympäröivä ilma, jolloin paine-ero näiden välillä kasvaa. Yleisimmin tämä tapahtuu siten, että viljamassaan puhalletaan lämmitettyä ilmaa, joka samalla kun se lämmittää viljan, kuljettaa myös haihdutetun kosteuden pois kuivurista. Mitä kuumempaa ilma on, sitä enemmän se pystyy sitomaan itseensä viljasta haihtunutta kosteutta. Viljan laadun säilyminen asettaa rajan, jota viljan lämpötila ei kuivauksessa saa ylittää, kun on kysymyksessä siemen-, mallas- tai leipäviljan kuivaus.

Viljan kuivaus vaatii siis lämpöenergiaa sekä viljan lämmitykseen että viljaan sitoutuneen veden haihdutukseen. Kuivurille ominaisena energian kulutusta osoittavana lukuna käytetään sitä lämpöenergian kokonaismäärää, mikä kuivauksessa kuluu yhden vesi-kg:n haihduttamiseen. Jotta voitaisiin arvioida kuivauksessa tapahtuvien häviöiden suuruutta, pitäisi tietää sellainen teoreettinen energian kulutuksen määrä, johon saatuja käytännön arvoja voitaisiin verrata. Saksalaisten tutkijain (Bungartz) mukaan voitaisiin laskea tällainen teoreettinen arvo, kun tiedetään viljan kuiva-aineen ja vesihöyryn ominaislämmöt. Tällainen laskentatapa antaa kuitenkin erilaisia tuloksia kuivaustarpeiden ja ulkoisten olojen vaihdellessa. Tämän mukaan tarvitaan - jos viljan lämpötila kuivuriin syötettäessä on +15°C ja se lämpenee kuivurissa 45°C:een - veden haihduttamiseen 602 kcal vesi-kg kohden samalla kuin kuivatun viljerän lämmittämiseen on tarvittu 13,8 kcal vilja-kg kohden.



Piirros 1.

Suoritettujen kokeiden perusteella voidaan havaita, että viljan kuivaus vaatii kuivauksen loppuvaiheessa suuremman energiamäärän vesi-kg:n haihduttamiseen kuin kuivauksen alussa. Sama on havaittavissa myös jos kuivattava vilja on jo alunperin kuivanlaista tai jos kuivausta jätetään tavallista pitempään.

Tämä johtunee siitä, että jyvän ollessa hyvin kostea, vettä on runsaasti jyvän ulkokuoressa. Näissä jyvän osissa on suurempia huokosia ja pienempien kapillaarivoimien

ansiosta veden haihdutus niistä on helpompaa. Jyvän ollessa kuivempi kosteus on sen sisäosissa, mistä sen siirtyminen ulkokerrokseen, josta haihtuminen tapahtuu, on suurien kapillaarivoimien vuoksi enemmän energiaa vaativaa. Tämä aiheuttaa myös kuivumisen hidastumista. Jyvän kuivuminen hidastuu tietyssä vaiheessa melko jyrkästi. Tämä tapahtuu silloin, kun jyvän pintaosissa oleva vesi on haihtunut. Tätä seuraavan hitaamman kuivumisjakson aikana kosteus siirtyy jyvän sydänosista ulkokerrokseen.

Kuivurille ominaista energiantarvetta ja sen vaihteluja kuivauksen aikana voidaan seurata suorittamalla kuivuriin menevän ilman (ulkoilma) ja siitä poistuvan ilman (poistoilma) lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittauksia eri vaiheissa. Mittaustuloksista voidaan joko Mollierin ix-diagrammin tai taulukoiden avulla laskien määrittää sekä ulko- että poistoilman kunkin hetkinen kosteus- ja lämpösisältö. Vesi-kg:n haihdutukseen tarvittava lämpöenergian määrä saadaan kaavasta:

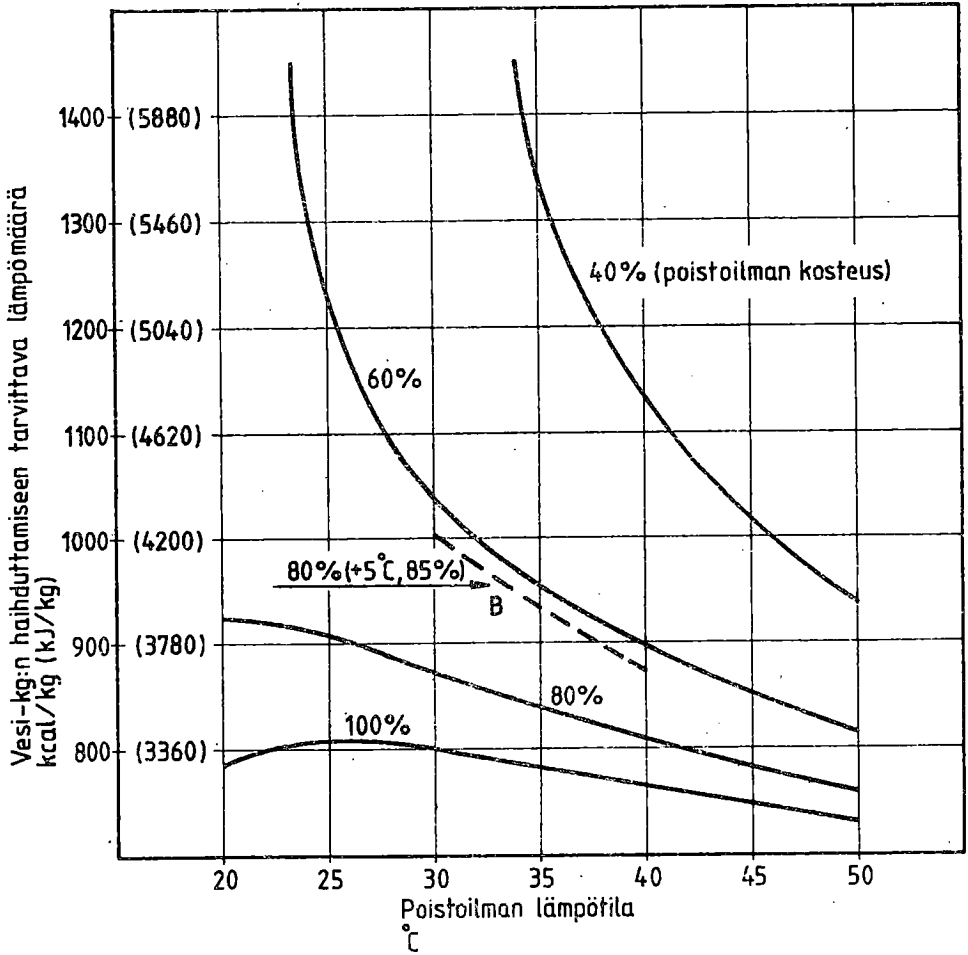
$$q = \frac{i_2 - i_0}{x_2 - x_0} \text{ kcal/kg}$$

q = ominais-energiantarve      kcal/kg  
i = ilman lämpösisältö      kcal/kg  
x = ilman kosteussisältö       $\frac{\text{kg}}{\text{kg}}$

Alaviitta 2 tarkoittaa kaavassa poistoilmaa ja alaviitta 0 ulkoilmaa.

Piirroksessa 2 on esitetty tällä tavoin laskettuina ominaisenergiantarpeet poistoilman kosteuden ja lämpötilan vaihdellessa, kun ulkoilman lämpötila on +15°C ja suhteellinen kosteus 75 %. Piirros on laadittu saksalaisen tutkijan K. Kröll'in esimerkin mukaan.

Tämä laskentatapa antaa likimain oikean kuvan kuivurin ominaisenergiantarpeesta, vaikkakin se jää jonkin verran pienemmäksi polttoaineen kulutuksesta laskettua arvoa. Osaltaan tähän ovat vaikuttamassa kuivurissa tapahtuvat häviöt



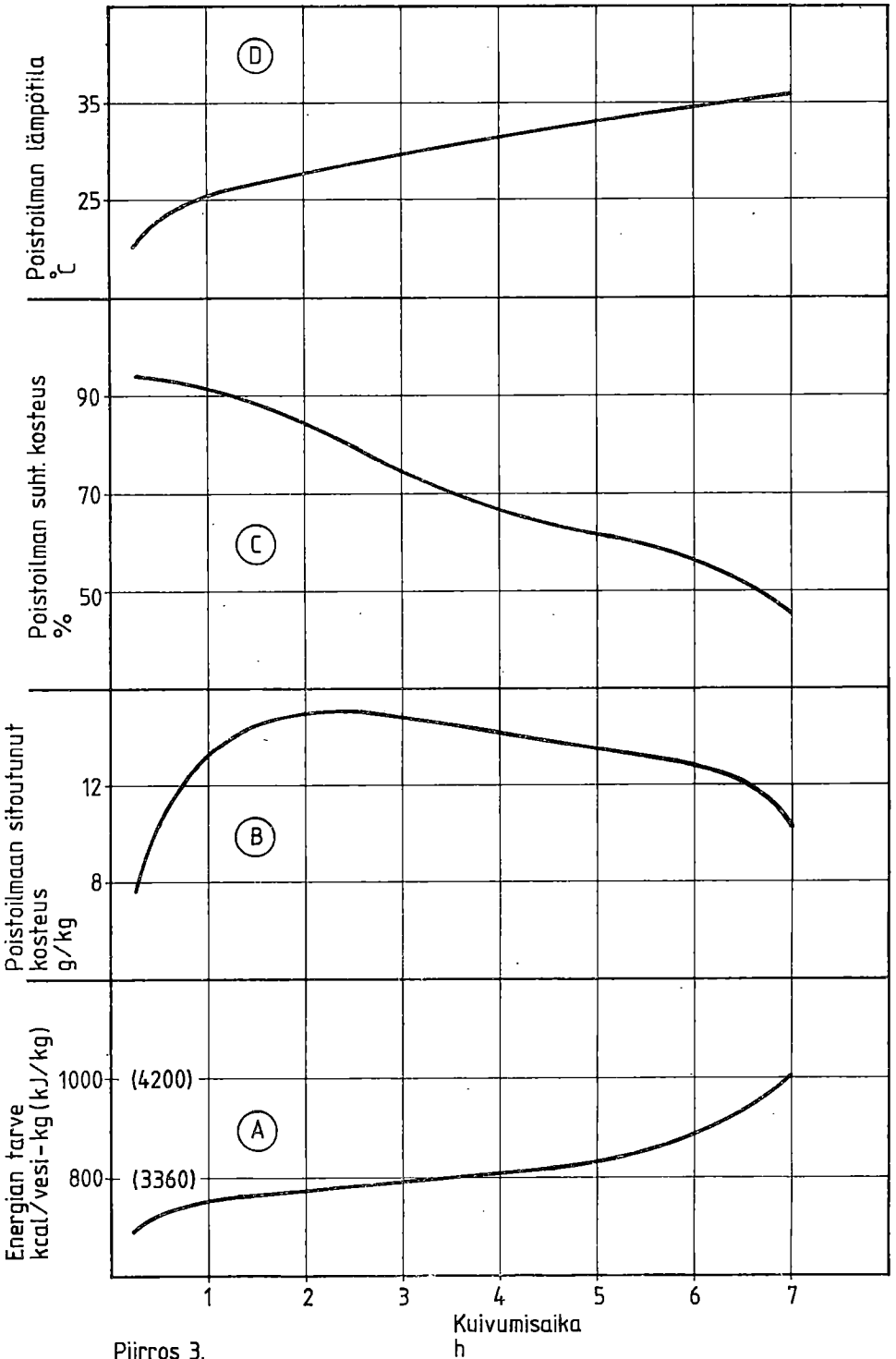
Piirros 2.

ja vuodot. Osa poistoilman lämpö- ja kosteussisällöstähän poistuu esim. esipuhdistimen ja muiden pölynpoistoimureiden kautta, osa vuotoina muuta tietä. Ilman ja viljan kierron ollessa täysin suljettuja ovat tulokset luotettavia. Näin voidaan joka tapauksessa seurata energian tarpeen vaihte-  
luja kuivauksen eri vaiheissa.

Ulkoilman lämpötila ja suhteellinen kosteus vaikuttavat oleellisesti kuivurin energian tarpeen määrään. Tätä osoit-  
tamaan on piirrokseseen 2 laskettu myös muutamia poistoil-  
man lämpötiloja ja 80 %:n suhteellista kosteutta vastaava  
käyrä (B), kun ulkoilman lämpötila on +5°C ja suhteellinen  
kosteus 85 %. Käyrä eroaa huomattavasti alkuperäisestä,  
poistoilman 80 %:n suhteellista kosteutta esittävästä käy-  
rystä ja osoittaa kuinka paljon enemmän energiaa tarvitaan  
kun kuivaus suoritetaan näin muuttuneiden ulkoisten olojen  
vallitessa. Tällaiset ulkoilman ominaisuudet ovat hyvin  
tavallisia syksyisin ja etenkin silloin, kun kuivaus jou-  
dutaan suorittamaan yöllä.

Piirroksessa 3 on esitetty erään tutkimukseen liittyvän  
kuivauskokeen edellä sanotulla tavalla laskettu tyypilli-  
nen energian tarpeen käyrä (A). Siitä huomataan kuinka  
energian tarve kuivauksen alussa on melkoisesti vähäisem-  
pää kuin kuivauksen lopussa, jolloin viljan kosteus on jo  
n. 14 %. Mitä pitemmälle kuivauskoetta jatkettaisiin, sitä  
suuremmaksi energian tarve kasvaisi. Esimerkkikokeen las-  
kettu keskimääräinen ominais-energiantarve on 803 kcal/kg  
(3372 kJ/kg) ja polttoaineen kulutuksesta laskettuna  
1180 kcal/kg (4956 kJ/kg).

Piirroksessa 3 on esitetty myös poistoilmaan kuivauksen  
aikana viljasta sitoutuneen vesimäärän (grammaa kilogram-  
massa kuivaa ilmaa) muutokset kokeen aikana (käyrä B). Tämä  
käyrä kuvaa kuivurin haihdutusnopeutta ja samalla kuivurin  
tehokkuutta. Kuivauksen alussa, kun vilja ei vielä ole  
riittävästi lämminnyt, veden haihdutus on hitaampaa. Vil-  
jan lämmitettyä ja haihdutuksen saavutettua suurimman arvon-  
sa käyrä jatkuu lievästi alenevana kunnes se, kun vilja  
alkaa olla jo riittävän kuivaa, rupeaa taas jyrkemmin ale-  
nemaan.



Piirros 3.

Piirros 3 osoittaa myös, että poistuvan ilman suhteellinen kosteus (käyrä C) on vain suhteellisen lyhyen ajan kuivauksen aikana esim. 90 % tai sitä suurempi alentuen sen jälkeen melko jyrkästi. Poistoilman lämpötila nousee ilman suhteellisen kosteuden (käyrä D) alentuessa, mutta ei yleensä juuri nouse  $40^{\circ}\text{C}$  korkeammaksi jos kuivaus lopetetaan 14 %:n loppukosteuteen.

## 5. ENERGIAN SÄÄSTÖMAHDOLLISUUKSISTA

Tällaisia laskennallisia ja laboratoriomaisin kokein saatuja ominais-energiankulutuksen arvoja ei käytännössä maataloilla saavuteta; 1200 kcal/kg (5040 kJ/kg) on todennäköisesti hyvin yleinen käytännön arvo, eikä 1500 kcal/kg:n (6300 kJ/kg) kulutuskaan ole harvinaisen. Näin suuret kulutukset eivät johdu pelkästään kuivurin huonosta lämpötaloudesta. Usein ovat syynä myös käyttövirheet ja kunnollisen huollon puute.

Viljan kuivauksen suurimpia häviöitä ovat:

- poistoilmahäviöt
- jäähdytysilmahäviöt
- säteilyhäviöt
- kuivuriuunin häviöt

### 5.1 Poistoilmahäviöt

Kuten piirroksessa 3 on esitetty, poistoilman lämpötila viljan ollessa valmiiksi kuivattua on enintään n.  $40^{\circ}\text{C}$ . Suurimman osan ajasta poistoilman lämpötila nousee vain n.  $10\text{...}15^{\circ}\text{C}$  ulkoilman lämpötilaa korkeammaksi. Lämpötilaerot ovat siis melko pienet, mutta poistuvan ilman määrä on suuri ja näin ollen koko poistoilman sisältämä hukkaan menevä lämpömäärä on melkoinen. On myös huomattava, että poistoilman suhteellinen kosteus on etenkin kuivauksen alkupuolella melko suuri. Poistoilmahäviön pienentämiseksi siinä oleva lämpömäärä voitaisiin ottaa talteen ja käyttää esilämmittämään kuivausilmaa. Tämä vaatisi kuitenkin melko suuren ja tehokkaan lämmönvaihtimen, josta talteen otettu lämpö puhaltimella siirrettäisiin esilämmitykseen tai imettäisiin suoraan kuivurin pääpuhaltimeen. Toinen mahdolli-

suus olisi käyttää ns. lämpöpumpua, jolla jonkin väliaineen välityksellä siirrettäisiin talteen saatu lämpö uudelleen käytettäväksi. Poistoilman kosteus ja suuri roska- ja pölypitoisuus asettavat kuitenkin tällaisille laitteille suuret vaatimukset ja lisäävät kuivauksen kokonaiskustannuksia. Eräiden ulkomaisten tutkijain mukaan saattaisi esim. lämpöpumpun käyttöönotto suurentaa kuivauskustannukset moninkertaisiksi.

## 5.2 Jäähdytyshäviöt

Kun kuivattu vilja otetaan ulos lämminilmakuivurista, on sen jäähdytys säilyvyyden vuoksi välttämätöntä. Jäähdytykseen käytetään yleensä kuivurin pääpuhallinta. Jos viljan lämpötila kuivauksen lopussa on esim.  $40^{\circ}\text{C}$  ja se jäähdytetään esim.  $5^{\circ}\text{C}$  ulkoilman lämpötilaa korkeampaan lämpötilaan, siitä vapautuu melkoinen määrä lämpöä. Viljan kosteuden alenemista tapahtuu myös jäähdytyksen aikana, mutta se on yleensä melko vähäistä, n. 0,5...1,0 %-yksikköä. Jäähdytyksessä syntyvän lämpöhäviön talteen saaminen on mahdollista, jos on kysymyksessä jatkuvatoiminen kuivuri. Tällöin poistoilmassa oleva lämpö voidaan käyttää kuivausilman esilämmitykseen. Tässäkin on kuitenkin poistoilman pölyisyys haittaavana tekijänä mm. palovaaran vuoksi. Pölyn poisto tällaisesta melko kuivasta ilmasta ei kuitenkaan tuota vaikeuksia. Tätä lämpöä voidaan käyttää myös mahdollisen rinnalla toimivan toisen lämmin- tai kylmäilmakuivurin ilman esilämmitykseen.

## 5.3 Säteily- ja johtumishäviöt ja niiden pienentäminen

Tämän tutkimuksen yhteydessä suoritetuissa kokeissa keskiytettiin pääasiassa säteily- ja johtumishäviöiden pienentämiseen.

## 6 SUORITETUT KOKEET

### 6.1 Kuivurisiilojen häviöt

#### 6.1.1 Kokeiden järjestely

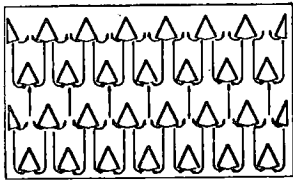
Säästöön vaikuttavien toimenpiteiden tutkimiseksi suoritettiin korjuukaushina 1975 ja -76 kokeita Jaakko Tehtaiden koekuivaamolla ja eräällä maatilalla. Kokeet suoritettiin samoin mittausmenetelmin kuin viralliset kuivauskokeet. Koeviljaksi pyrittiin saamaan mahdollisimman tasalaatuista vehnää, jota ei leikkuupuunnin jälkeen oltu esikäsitelty.

Säteilyhäviöitä syntyy verraten runsaasti, koska kuivurin melkoisen suuret metalliset ulkopinnat ja kuivausilmaputket lämpiävät likimain samaan lämpötilaan kuin kuivausilmakin (n. 70°C). Lämpötilaero on siis suuri ulkoilmaan verrattuna. Säteilähäviöiden pienentämiseksi suoritettiin kokeita siten, että pyrittiin estämään kuivurin ulkopintojen lämpiäminen ja eristämään pinnat, joiden lämpiämistä ei voida estää. Kuivurin ulkopinnat lämpiävät sen vuoksi, että kennostoissa olevat ns. puoliharjat (kuva 1) johtavat lämmintä ilmaa siilon sivuseinille pitäen ne kuivina ja edistään samalla viljan valumista kuivurista.

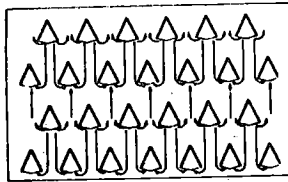
Kokeita varten tehtiin kuivuri, josta nämä puoliharjat oli poistettu (kuva 2). Tällä kuivurilla, samoin kuin muuten normaalillakin kuivurilla tehtiin kokeita myös siten, että kaikki lämpiävät pinnat suojattiin n. 5 cm paksuisella mineraalivillalla, jonka päällä oli vielä peltisuojaus (kuva 3). Vertailukokeet tehtiin normaalivarusteisella kuivurilla. Eräitä tyypillisimpiä kokeista saatuja tuloksia esitetään taulukossa 7.

#### 6.1.2 Kokeiden tuloksia

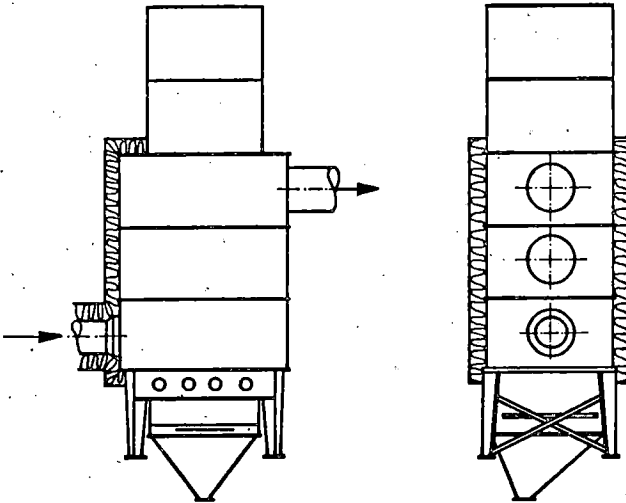
Kun verrataan edellä mainituin toimenpitein muutettujen kuivureiden keskimääräisiä koetuloksia normaalivarusteisen kuivurin tuloksiin, saadaan taulukon 8 mukaiset suhteelliset erot polttoaineen ominaiskulutuksille. Yksittäisten toimenpiteiden erot ovat melko pienet, mutta yhdessä to-



KUVA 1



KUVA 2



KUVA 3

Kuva 1. Normaali puoliharjoin varustettu kuivauskenno

Kuva 2. Kuivauskenno, josta puoliharjat on poistettu

Kuva 3. Kokeissa käytettyyn kuivuriin tehdyt eristykset

teutettuina niistä saadaan jo huomattavaa säästöä. Taulukkoon 9 on laskettu em. säästötoimenpitein saatu öljyn säästö koko sadon kuivauksessa, jos ajatellaan viljan kuivauksessa yleensä käytännön oloissa tarvittavan öljyä 120 g vesi-kg:n haihduttamiseen. Kaikkia näitä tuloksia vertaailtaessa on huomattava, että kokeet on suoritettu tarkoin valvottuina ja sekä kuivurin että uunin säädöt mahdollisimman oikein asetettuina.

Kokeiden tuloksia arvosteltaessa on myös syytä huomata, että edellä sanottu puoliharjojen pois jättäminen saattaa aiheuttaa häiriöitä kuivurin toiminnassa, esim. viljan valumisessa, eikä puoliharjoja voida poistaa jo olemassa olevista kuivureista. Näin ollen jäisi toimenpiteiden kokonaisvaikutus n. 10 % luokkaa olevaksi. On kuitenkin mahdollista että eristyksen vaikutusta voitaisiin vielä jonkin verran parantaa esim. eristyskerrosta paksuntamalla, eristysaineen laatua parantamalla tai sen ulkopuolista suojausta tehostamalla

Taulukko 7. Tuloksia eräistä tutkimukseen liittyvistä kuivauskokeista. Polttoaineen kulutuksen arvot vesi-kg kohden ovat muunnettujia ulkoilman lämpötilaan +15°C

Koe n:o		1	2	3	4
Vilja		Vehnä	Vehnä	Vehnä	Vehnä
Koe-erän suuruus	kg	10830	10650	6100	6600
Kuivausilman keskimäär. lämpötila	°C	71,0	69,5	72,5	69,5
Ulkoilman	" " °C	17,0	9,8	14,8	16,6
Alkukosteus	%	28,9	22,7	33,8	27,7
Loppukosteus	%	14,8	13,7	13,6	13,4
Haihdutettu vettä	kg/h	163	166	196	154
Polttoaineen kulutus	kg/h	17,3	18,9	18,5	16,1
- " - vesi-kg kohden	g/kg	110	102	94	108
Sähkön kulutus	kWh <sup>1)</sup>	139,15	89,06	115,0	104,0
- " - vesi-kg kohden	kWh/kg	0,077	0,080	0,070	0,079

Koe 1:n kuivuri on normaalivarusteinen, eristämätön  
 " 2:n " " eristetty  
 " 3:n " " ilman puoliharjoja, eristetty  
 " 4:n " " eristämätön

1) Sähkön kulutukseen ei kuulu kuivurin täyttöön ja tyhjennykseen kulunut sähköenergia.

Taulukko 8. Eri säästötoimenpiteiden keskimääräinen vaikutus koe-kuivurin polttoaineen kulutukseen haihdutettua vesi-kg kohden ja näin saavutettu suhteellinen polttoaineen säästö

	Polttoaineen keskimääräinen ominaiskulutus g/kg	Säästö %
Normaali kuivuri, eristämätön	114	0
Ilman puoliharjoja, eristämätön	108	5,3
Normaali kuivuri, eristetty	103	9,6
Ilman puoliharjoja, eristetty	95	16,6

Taulukko 9. Säästötoimenpiteiden teoreettinen vaikutus vuoden 1976 viljasadon kuivaukseen tarvittavaan polttoöljyn määrään ja polttoöljyn säästö, jos öljyn kulutus on 120 g haihdutettua vesi-kg kohden

	Kuivaustarve 10 %-yks.		Kuivaustarve 15 %-yks.	
	Öljyn kulutus milj. kg	Säästö milj. kg	Öljyn kulutus milj. kg	Säästö milj. kg
Normaali kuivuri, eristämätön	53,2	2,8	79,8	4,2
Ilman puoliharjoja, eristämätön	50,4	5,6	75,6	8,4
Normaali kuivuri, eristetty	48,1	7,9	72,1	11,9
Ilman puoliharjoja, eristetty	44,3	11,7	66,5	17,5

## 6.2 Kuivuriuunien häviöt

Kuivuriuuneissa häviöt tapahtuvat savukaasujen ja uunin ulkopintojen lämpiämisen kautta. Paloturvallisuusmääräyksissä on savukaasujen suurimmaksi sallituksi lämpötilaksi määrätty 350°C. Lisäksi on syöpymisvaaran takia savukaasujen lämpötilan alarajaksi määrätty 200°C. Tämä alaraja on pakottanut valmistamaan uunit siten, että niiden hyötysuhde ei ole paras mahdollinen. Kun kuitenkin uunien lämpöhyötysuhde aivan yleisesti on 80...85 %, eivät palamiskaasujen aiheuttamat häviöt muodostu kovinkaan ratkaiseviksi.

Taulukossa 10 esitetään kuivauskokeissa käytetystä kuivuriuunista saatuja mittautuloksia.

Häviöiden pienentämismahdollisuuksia tutkittiin siten, että kuivuriuunin jälkeisen savupiipun osan ympärille tehtiin n. 1 m:n pituinen vaippa, mistä pääpuhaltimen imua hyväksikäyttäen imettiin ilmaa kuivausilmaa esilämmittämään. Kokeissa kuivuriuunin kuormitus vastasi likimain normaaleja kuivausoloja. Puhallettavan ilman vastapaine oli 50 mm vp, kuivausilman lämpötila 70°C ja lämpötilan nousu 50°C. Polttoaineen kulutus oli 14,6 kg/h. Kokeiden aikana savukaasujen lämpötila aleni 12...17°C. Samalla muodostui savupiipun ja vaipan väliseen tilaan n. 2 mm vp suuruinen alipaine. Polttoaineen kulutus pieneni näissä kokeissa n. 2...3 %.

Vaippatorven pituuden ja sieltä otettavan ilman määrän lisäksi lisäisi lämmön talteenottoa, mutta yleensä kuivurihuoneisiin ei ole mahdollista asentaa tämän pitempää vaippaa, harvoin näinkään pitkää. Tämä on uusien paloturvallisuusmääräysten vastainen asennus. Käytännön kuivauksessa saavutetaan suuremmat säästöt, jos kuivuriuunin hyötysuhde pidetään mahdollisimman suurena esim. kunnollisesti suoritettun nuohouksen ja öljypolttimen oikean säädön avulla.

Taulukko 10. Jaakko 72/55-kuivuriuunin koetuloksia

Vastapaine mm vp (Pa)	Kuivausilman		Ilma- määrä mittaus- oloissa m <sup>3</sup> /h	Uunin luovut- tama lämpö- määrä kcal/h (MJ/h)	Poltto- aineen kulutus kg/h	Tehon tarve kW
	lämpö- tila °C	lämpö- tilan nousu °C				
21,1 (211)	55	37	14100	134500 (565)	13,8	8,75
40,1 (401)	59	39	13000	130000 (546)	13,8	8,97
59,7 (597)	62	40	12200	123500 (519)	13,7	8,95
80,5 (805)	63	45	11200	127000 (533)	13,85	8,0

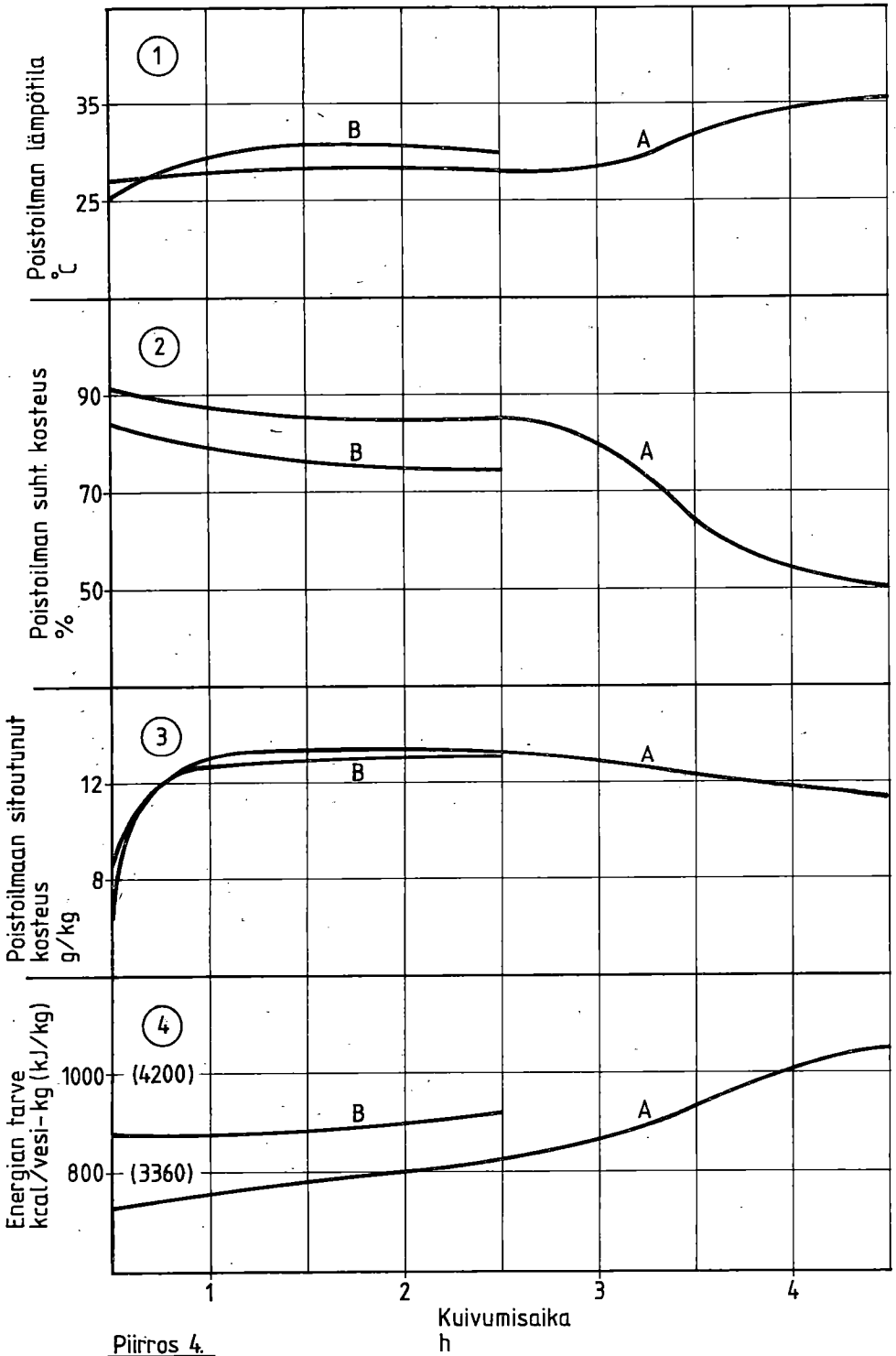
Kuivuriuunien ulkopintojen lämpötila saa paloturvallisuusmääräysten mukaan nousta enintään 80°C:een. Tämä on myös kaikki häviötä, koska em. määräysten mukaan kuivausilmaa

ei saa ottaa uunihuoneen kautta. Myöskään ilman lämpötila uunihuoneissa ei saa nousta yli  $35^{\circ}\text{C}$ . Tästä määräyksestä johtuen täytyy uunihuoneiden tuuletus tietyissä tapauksissa järjestää koneellisesti. Lämpötaloudeltaan parempia ovat sellaiset erillisinä paloluokitellut metallielementtirakenteiset ns. paketti-uunihuoneet, joissa osa kuivausilmasta voidaan ottaa uunihuoneesta. Tällöin myös uunihuoneen sisällä olevan savupiipun osan säteilylämpö tulee ainakin osittain hyödyksi. Näiden uunihuoneiden on jossain määrin kuitenkin todettu, ehkä osittain väärrien asennusten takia aiheuttavan öljypolttimien toimintahäiriöitä.

### 6.3 Kuivausilman lämpötilan vaikutus

Kun sekä käyttäjien että valmistajien taholta on esitetty ajatus, että energian säästämiseksi ja kuivurin tehon lisäämiseksi voitaisiin etenkin rehuvilja kuivata korkeammassa lämpötilassa, suoritettiin korjuukautena 1976 kokeita tämän vaikutuksen toteamiseksi. Kokeet suoritettiin niin, että kuivausilman puhaltimen ilman määrää pienennettiin kuristamalla puhaltimen ilmanottoaukkoa. Polttoaineen määrää lisäämättä saatiin näin kuivausilman lämpötila nousemaan yli  $80^{\circ}\text{C}$ . Toimenpiteen tarkoituksena oli paitsi nopeuttaa kuivumista korkeamman lämpötilan avulla, saada myös kuivurin lämpötaloutta parannetuksi kun poistoilman suhteellinen kosteus pysyisi koko kuivauksen ajan mahdollisimman suurena. Kokeita vaikeuttivat tasalaatuisten suurien viljaerien saanti ja sääolojen melkoiset vaihtelut. Piirroksessa 4 on esitetty näiden kokeiden tuloksia. Käyrä A kuvaa normaalilla tavalla suoritettua koetta ja käyrä B koetta, jossa puhaltimen ilman määrää on pienennetty. Kokeessa B on pienennetty kuivausilman nopeutta n. 30 % normaalia pienemmäksi, ja kuivausilman lämpötila on ollut keskimäärin n.  $80^{\circ}\text{C}$ . Kuivattava vilja on ollut molemmissa kokeissa ohraa. On huomattava, että käyrien melko suuri kuivausaikojen ero johtuu yksinomaan siitä, että haihdutettava vesimäärä on kokeessa B ollut huomattavasti pienempi.

Vaikka piirroksen käyrästä 2 havaitaankin poistoilman suhteellisen kosteuden pysyneen koko kuivauksen ajan ja vielä silloinkin kun vilja on jo kuivaa, melko suurena (yli 75 %),



Piirros 4.

mikä edellyttäisi melko hyvää kuivurin hyötysuhdetta, ei kuivausnopeus esitettyinä poistoilmaan sitoutuneena vesimääränä ilma-kg kohden käyrän 3 mukaan ole noussut normaalilla tavalla suoritettujen kuivauskokeiden arvoja suuremmaksi.

Kokeissa laskettuja energian tarpeen arvoja on esitetty käyrillä 4. Siitä havaitaan korkeammalla lämpötilalla suoritettussa kokeessa käytetyn jonkin verran enemmän energiaa vesi-kg:n haihuttamiseen kuin normaalilla tavalla suoritettussa kokeessa. Osaltaan tähän saattaa vaikuttaa myös viljan pienempi alkukosteus.

Vaikka käyrästä 1. mukaan kuivurin poistoilman lämpötila silloin kun vilja on jo riittävän kuivaa ei ole noussutkaan niin korkeaksi kuin normaalilla tavalla suoritettussa kokeessa, on kuivausilman korkeampi lämpötila aiheuttanut viljassa huomattavia kuivausvaurioita. Viljan itävyys on suoritettujen kokeiden mukaan laskenut yleensä n. 10 %-yksikköä. Poistoilman alhainen lämpötila johtuu ilman suuresta suhteellisesta kosteudesta. Viljan laadun huononemisen vuoksi ei näin korkeita kuivausilman lämpötiloja voida käyttää kuin rehuviljan kuivauksessa.

Taulukossa 11 on esitetty eräitä näistä kokeista saatuja keskimääräisiä tuloksia.

Taulukko 11. Korkeammalla kuivausilman lämpötilalla suoritettujen kokeiden ja normaalilla tavalla suoritettujen kokeiden keskimääräisiä tuloksia

Vilja	Ohra	Ohra	Vehnä	Vehnä
Kuivausilman keskim. lämpötila °C	69	80	71	80
Itävyyden muutos %-yks.	+0	-8	+0	-14
Haihdutettu vettä kg/h	167	155	157	153
Polttoaineen kulutus vesi-kg kohden g/kg	105	101	106	103
Sähkön kulutus kWh <sup>1)</sup>	67,8	37,8	115,85	132,15
" " vesi-kg kohden kWh/kg	0,083	0,10	0,083	0,083

1) Sähkön kulutukseen ei kuulu kuivurin täyttöön ja tyhjennykseen kulunut sähköenergia.

#### 6.4 Sähköenergia lämminilmakuivauksessa

Sähköenergiaa kuluu eniten kuivuriuunin puhaltimissa. Niiden tehot vaihtelevat maatilakäytössä n. 3...11 kW. Ne ovat pääasiallisimmin keskipakopuhaltimia. Niiden lisäksi tarvitaan jonkin verran lisälaitteina olevia puhaltimia, tehoitaan 0,5...3 kW. Viljan kuljettimissa käytettävät moottorit ovat tehoitaan n. 1...5 kW. Kokeissa käytettyjen kuivureiden sähkötehon mitattu keskimääräinen kokonaistarve oli n. 11,7 kW.

Sähköenergian säästömahdollisuuksia on vähän. Parhaiten säästöä voidaan saavuttaa vähentämällä laitteiden tarpeetonta käyttöä esim. automatisoinnin avulla. Kuivausajan kohdan säätely siten, että kuivaus tapahtuisi mahdollisimman edullisissa ulkoisissa oloissa, säästää sekä sähkö- että öljyenergiaa.

Taulukoissa 7 ja 11 on esitetty muutamien eri tavoin suoritettujen kuivauskokeiden vaatima sähköenergian kokonaisuus sekä vesi-kg:n haihdutukseen näissä kokeissa tarvittu sähköenergia.

### 7 KOTIMAINEN ENERGIA

#### 7.1 Yleistä

Lämmitykseen käytettävät kotimaiset polttoaineet: puu, turve ja olki, alkavat olla nykyisin jo melko kilpailukyisiä kevyen polttoöljyn kanssa. Tapahtunut ja odotettavissa oleva öljyn hinnan jatkuva nousu suhteessa kotimaisten kiinteiden polttoaineiden hintoihin on lisännyt yritysten kiinnostusta monipolttoainekattiloiden valmistukseen ja käyttäjien kiinnostusta niiden hankintaan.

Monipolttoainekattiloita joko valmistaa tai kehittää maassamme tällä hetkellä yli 20 lähinnä pientä tai keskisuurta teollisuusyritystä. Kattiloiden laatutaso on melko kirjava. Ilmeistä on, että osa kattilarakenteista tulee olemaan

palovaarallisia. Tästä ovat kouriintuntuvina esimerkkeinä ennen viljankuivaamoiden paloturvallisuusmääräyksien antamista ja kuivuriuunien koetuspakkoa rakennettujen kuivuriuunien aiheuttamat lukuisat palot.

Valmistajien oma tuotekehitystyö on kattilatekniikan kehityksen kannalta tärkeää. Monipolttoainekattiloista on jo nykyisin melko runsaasti koti- ja ulkomaista kattilatekniikkaa ja polttoaineiden polttoteknisiä ominaisuuksia koskevaa tietoutta, joka olisi saatava valmistajien käyttöön.

Halkoa polttoaineena käytettävien lämmityskattiloiden paloturvallisuus on jo entuudestaan todettu tyydyttäväksi. Hakkeen käyttö sen sijaan aiheuttaa jo tietyn paloturvallisuutta vaarantavan tekijän. Tästäkin johtuen aikaisemmin valmistettuja hakekattiloita on jouduttu poistamaan käytöstä.

Monipolttoainekattiloita koskevia paloluokitusmääräyksiä ja koetusohjeita, yleisiä ja painekattilamääräyksiä lukuunottamatta, ei toistaiseksi ole. Tämä koskee itse kattilarakenteita, kattilahuoneita, polttoaineen varastointia ja hormirakenteita. Pienkattiloiden koetus voisi tapahtua joko maatalouskoneiden tutkimuslaitoksella samalla tavoin kuin kuivuriuunien vastaava koetus tai valtion teknillisessä tutkimuskeskuksessa.

Monipolttoainekattiloiden yleistymistä rajoittavina tekijöinä ovat lisäksi niiden öljykattiloihin verrattuna suuremmat laitteisto- ja käyttökustannukset sekä kattilahuoneiden ja polttoainevarastojen ja polttoaineen syötön ja tuhkan poiston mahdollisen automatisoinnin aiheuttamat lisäkustannukset.

Edellä mainituista lämmityslaitteista ja niiden varusteista olisi poistettava kokonaan tai osaksi liikevaihtovero ja samoin myös kotimaisen polttoaineen keruusen käytettävistä olkien paalaimista, maatilojen käyttöön tarkoitetuista hakkureista, pilkekoneista ja turpeennostokoneista.

Kotimaisen energian raaka-aineista puu, turve ja olki sijoittuvat pääasiassa haja-asutusalueille. Näiden hankintakustannuksista suurin osa on korjuu- ja kuljetuskustannuksia. Polttoaineeksi käytettävä puu ja turve olisi ensisijaisesti pyrittävä käyttämään maatilojen ja lähitaajamien keskitetyn aluelämmityksen ja lämpöenergiaa tarvitsevan teollisuuden tarpeisiin. Paikalliset ja alueelliset energiahuollon edellytykset ja vaatimukset olisi otettava huomioon maaseudun omien energiavarojen käytön kehittämässä ja myös haja-asutusalueiden runsaasti lämpöenergiaa käyttävän elinkeinotoiminnan tehostamiseksi.

#### Eri polttoaineiden vertailuhintoja

	p/kWh
Kevyt polttoöljy	6,0
Palaturve	3,0
Jyrsinturve (suurkäyttö)	2,1
Turvebriketti	4,3
Oljet	5...6
Koivuhalko	5,7
Hake	4,8
Sähkö, päivatariffi	20,0
Sähkö, yötariffi	13,0

#### 7.2 Olki

Oljen kuiva-aineen polttoarvo on likimain yhtä suuri kuin puun ja turpeen. Oljen paalaus- ja varastosiirtokustannukset ovat keskimäärin n. 17 p/kg. Oljen hintaa polttoaineena arvioitaessa on lisäksi otettava huomioon varastointi ja öljyuuniin verrattuna suuremmat lisätyö- ja osittain myös laitteistokustannukset, jotka työkustannusten osalta vaihtelevat automaatioasteesta riippuen n. 1...2 p/kWh.

Olkea voidaan käyttää polttoaineena lähinnä paaleina tai briketteinä. Oljen palamisprosessi hidastuu ja polttotekniset ominaisuudet paranevat tiheyden suurettuna. Nykyinen kehitys olkipaalien m<sup>3</sup>-painon lisäämiseksi n. 110 kg:sta n. 250 kg:aan parantaa tuntuvasti oljen poltto-ominaisuuksia ja kuljetuksen taloudellisuutta. Briketointi kuluttaa runsaasti energiaa, joten se puuhun verrattuna oloissamme on tuskin taloudellista.

### 7.3 Puu

Puuta voidaan käyttää lämmitykseen joko suoraan tai generaattorikaasuna tahi tästä kehitettynä sähköinä.

#### Harvennuspuu

Maassamme on lähinnä MERA-ohjelman puitteissa suoritettu laajoja perusparannustöitä. Tästä johtuen harvennushakkuiden, etenkin ensiharvennusten tarve lisääntyy jatkuvasti vuosisadan loppuun mennessä. Ensiharvennushakkuiden koneellistaminen on melko vaikeaa ja se soveltuu huonosti teollisen puunhankinnan yhteydessä toteutettavaksi, joten ensiharvennuspuun korjuu jää metsänomistajan itsensä suoritettavaksi. Valmiutta tämän, myös energiataloudellisesti merkittävän puuston osuuden talteen ottamiseksi olisi tehostettava ja huonolaatuisen puun käyttöä kemiallisen ja biokeemiallisen teollisuuden raaka-aineena kehitettävä.

Ensiharvennusemetsien puuston talteen ottamiseksi olisi kehitettävä maatilojen käyttöön soveltuvaa kevyehköä korjuukalustoa ja tutkittava mahdollisuuksia kone- ja välinevuokrauksen järjestämiseksi. Harvennushakkuiden urakointiin soveltuvia koneita ja menetelmiä on myös kehitettävä ja urakoiden koulutus järjestettävä. Toiminnan organisointi olisi toteutettavissa lähinnä metsänhoitoyhdistysten puitteissa.

Olisi kehitettävä ensiharvennettavan pieniläpimittaisen puuston korjuun koneellistamista suoraan hakkeeksi kevyehköä kalustoa käyttäen, esim. hakettaminen ajouralla traktorin päällä olevaan konttiin ja tyhjennys palstatiien varteen tai palstatiellä olevaan perävaunuun.

#### Lyhytkiertopuu

Lyhytkiertoviljelyyn soveltuvat maatilatalouden luonnonmetsät ja turve- ja vesijättömaat olisi inventoitava ja näiden metsien kokopuun korjuutekniikkaa kehitettävä. Runsaanlaisen lannoituksen perustuvien lyhytkiertometsien tuotos on n. 3 kertaa energiapanosta suurempi.

Peltoviljelynomaista puun lyhytkiertoviljelyn korjuutekniikkaa olisi kehitettävä, esim. leikkuuhakkuri maatalustraktoriin. Metsitettäviä pakettipeltoja olisi nimenomaan käytettävä energiametsiksi, jolloin ne voidaan tarvittaessa ottaa uudelleen maataloustuotantoon.

Yksityismetsätalouden rahoituksen vaihtoehtoisuuden lisääminen ja soveltaminen maatilatalouden työllisyyttä ja omavaraista energian käyttöä silmällä pitäen, etenkin hukka-, jäte- yms. puun talteen ottamiseen, on katsottava välttämättömäksi.

#### 7.4. Turve

Maatilojen suotyypit ja niiden käyttö metsän kasvuun, poltto- ja kasvuturpeen tuotantoon ja teollisuuden raaka-aineeksi olisi inventoitava. Soiden käytön perussuunnite olisi laadittava tilakohtaisesti metsänkäyttösuunnitelman tapaan. Tällöin voidaan ottaa huomioon myös luonnonsuojelulliset näkökohdat. Tämä tehtävä voisi soveltua metsänhoitoyhdistyksille.

Polttoturpeen käyttö pitäisi rajoittaa myös maatilataloudessa tiettyyn tavoitteeseen, koska turvetta voidaan käyttää tulevaisuudessa tutkimuksen ja tekniikan edistyessä tuntuvasti nykyistä tehokkaammin ja tarkoituksen mukaisemmin. Jäte- ja hukkapuun käyttö polttoaineena lienee ensisijainen turpeeseen verrattuna.

Maatilatalouden käyttöön, myös yhteiskäyttöön, soveltuvaa soiden raivaus- ja ojituskalustoa olisi edelleen kehitettävä: vetokalusto, naveroaura, avo-ojajyrsin ym.

Palaturpeen, joka hyvin soveltuu myös pienkattiloiden polttoaineeksi, noston koneellistaminen myös maatilatalouden puitteissa on jo verraten pitkälle kehittynyt. Korjuun koneellistaminen kaipaa vielä tutkimista esim. niittosilppuria lisälaittein käyttäen. Suopelloista ja suopakettipeltoista, joita on yhteensä n. 1/3 peltoalasta, voidaan nostaa ilman raivausta pala- ja myös jyrsinturvetta ja käyttää peltoja noston jälkeen välittömästi viljelyyn.

Jyrsinturpeen polttoon soveltuvien kattiloiden taloudelliseksi kannattavuusrajaksi on katsottu n. 5 MW laitteistot. Tämä edellyttäisi maaseudun lämpöenergian huollossa n. 3000...4000 henkilön asuintaajamaa tai vastaavaa kasvihuoneiden lämmitykseen tai teollisuuslaitoksiin käytettävää lämpöenergiaa. Tätä laitteistoa vastaava korjuuala on n. 4 ha. Tarvittava turve voitaisiin tuottaa maatilojen sivutuotantona aikana, jolloin töitä ainakaan viljanviljelytiloilla ei sanottavasti ole. Tämä edellyttäisi maatilan ja pienurakoitsijain käyttöön soveltuvan, kevyehkön, esim. niitosilppurin tapaan toimivan jyrsinturpeen nostokoneen kehittämistä.

Keskikokoisia ja pieniä jyrsinturpeen polttoon soveltuvia kattiloita ja lämpökeskuksia olisi kehitettävä.

#### 7.5. Lannan ja taajamajätteen energia

Paitsi peltoviljelyyn palautettuna, lantaa ja taajamajätettä voidaan käyttää lämpöenergian tuotantoon sitoen sen energia kompostoiden tai käyttäen sen sisältämä energia metaanikaasun valmistukseen sen lannoitusarvon muuttumatta. Kompostoimalla ja lämpöpumppua käyttäen saadaan nykyisin menetelmin nettoenergiaa n. 0,5 kWh lannan m<sup>3</sup> kohden tunnissa. Lehmän ulosteissa tuottama metaanikaasun määrä on lämpöarvoltaan 7 kWh/vrk. Kaasunvalmistusmenetelmä ei toistaiseksi ole ollut kannattava kylmässä ilmastossa ja alle 100 nautayksikön karjoissa. Laitteistoissa on kuitenkin vielä kehittämismahdollisuuksia mm. koon, valmistusaineiden ja prosessilämpötilan suhteen.

#### 7.6 Auringonsäteilyn keräimet

Aurinkoenergian säteilykeräimien käyttö maatalouden lämmitystarkoituksiin tulee kysymykseen lähinnä viljan kylmäilma-kuivauksen ja heinän latokuivauksen yhteydessä. Rakennevaihtoehdot ovat lähinnä aurinkopaneeli (väliaineena neste), musta katto ja läpinäkyvä kate (väliaineena ilma) tai lämpökanava (väliaineena ilma). Menetelmän sovellutuksia oloihimme pitäisi edelleen kehittää.

## 7.7 Lämpöpumppu

Lämmönlähteinä voivat olla esim. maa, vesi, lanta, eläinsuojien poistoilma, vihannesvaraston, maakellarin tai maidon jäähdytys.

## 7.8 Pienvesivoima ja tuulienergia

Pienvesivoiman käyttö on halvan ulkomaisen energian aikana lähes täysin tyrehtynyt. Pienvesivoimalaitoksia olisi kehitettävä, normitettava ja niiden hankintaa edistettävä.

Tuulienergian käytön, mikä oli paikoitellen melko yleistä vielä 1940-50-luvulla, taloudellisuuteen vaikuttavat paikalliset tuuliolot ja laitosten hinta. Potkuri- ja roottorilaitteiden tekninen kehitys on tuntuvasti parantanut tuulienergian hyväksikäytön mahdollisuuksia. Öljyn tuntuva hinnan nousu voi johtaa tuulienergian hyötykäyttöön lähinnä merenrantaseuduilla ja saaristossa. Eräs käyttömuoto on kylmäilmakuivurin käyttöilman lisälämmitys.

## 8 KOTIMAISET POLTTOAINEET VILJAN KUIVAUKSESSA

Myös viljan kuivauksessa olisi pyrittävä lisäämään kotimaisten polttoaineiden: puun, turpeen ja oljen käyttöä. Nämä ovat käyttökelpoisia myös kuivuriuunien polttoaineina. Kotimaisia polttoaineita varten on suunniteltava erityiset laitteistot ja niihinkin on sovellettava tietynasteista automatisointia. Kotimaisten polttoaineiden käyttö kuivuriuunien polttoaineena on joka tapauksessa otettava tulevassa suunnittelutyössä vakavasti harkittavaksi.

### 8.1 Puu

Haloilla lämmitettäviä kuivuriuuneja on käytössä edelleenkin ja jonkin verran niitä on jatkuvastikin valmistettu. Teholtaan ne ovat pieniä ja soveltuvat vain kaikkein pienimpiin kuivureihin. Suuritehoisena tällainen uuni tulee isokokoiseksi ja käyttöominaisuuksiltaan hankalaksi. Näissä tapauksissa tulee kysymykseen lähinnä hakkeen käyttö.

## 8.2 Turve

Turvetta polttoaineena käyttäviä kuivuriuuneja on parhailaan kehitettävänä. Lähinnä, on kysymys palaturpeen käytöstä, mutta samassa uunissa käy myös puu polttoaineeksi. Turpeen saanti, kuljetuskustannukset ja varastointi saattavat alueellisesti rajoittaa sen käyttöä.

## 8.3 Olki

Riittävän suuresta kattilasta, jossa poltetaan olkea, voidaan ottaa kuuman veden avulla lämmitys myös kuivureihin. Näillä voidaan hoitaa etenkin kylmäilmakuivureiden lisälämmön tarve. Etenkin pienissä yksiköissä ja pelkästään kuivureiden lämmönlähteenä sen käyttöön liittyy samoja hankaluuksia kuin muidenkin kiinteiden polttoaineiden käyttöön. Toisaalta oljen korjuu- ja käsittelykoneet ovat pitkälle kehitetyt, eikä kuljetus ja varastointikaan tuota vaikeuksia.

Kiinteiden polttoaineiden käytössä maatilataloudessa on edullista suunnitella riittävän suuria esim. monipolttoaineyksiköitä, joilla voidaan hoitaa koko maatilan lämmitystarve yhdestä lämpökeskuksesta. Se on sijoitettava niin, että vältetään lämmön siirrossa tapahtuvilta häviöiltä. Kuivurin lämpöenergian tarve voitaisiin tällöin hoitaa vesi-radiaattoreiden avulla. Kuivausajankohtahan on sellaisena aikana, jolloin lämmön tarve muualla on melko vähäistä. Myös polttoaineen kuljetus ja varastointi yhtä suurta yksikköä varten on helpompi toteuttaa. Tällaisen laitoksen automatisointi olisi myös yksinkertaisempaa. Käyttöominaisuuksien ja käyttövarmuuden parantamiseksi olisi eduksi, että etenkin turvetta ja olkea polttavissa lämpökeskuksissa olisi joko samanaikaisesti tai vaihtoehtoisesti mahdollisuus käyttää öljyä tai ainakin valmius sen käyttöön.

## 9 KYLMÄILMAKUIVAUS

Kylmäilmakuivauksessa kuivaus suoritetaan joko lämmittämättömällä tai vain muutamia asteita lämmitetyllä ulkoilmalla. Kuivuminen on mahdollista vain, jos kuivausilman suhteellinen kosteus on pienempi kuin mitä kuivattavan viljan kosteutta vastaava tasapainotila edellyttää. Kuivausilman lämpötilan

lisääminen yhden asteen verran alentaa sen suhteellista kosteutta n. 5 %-yksikköä. Kylmäilmakuivureiden lisälämmönlähteinä voidaan käyttää joko sähköä, öljylämmitteisiä kuuman ilman kehittimiä, kuivausilman puhaltimien voimanlähteenä käytettävän polttomoottorin tuottamaa lämpöä tai auringon säteilylämpöä. Etelä-Ruotsissa suoritettujen tutkimusten mukaan auringon säteilyn keräin lisää n. 10 % kiinteitä kustannuksia. Viljan laadun ja säilyvyyden paranemisen ohella säteilykeräin pienentää kylmäilmakuivauksen sähköenergian tarvetta n. 15 %. Lisälämmitykseen tarvitaan lämpöenergiaa n. 1000 kcal tunnissa jokaista kuivattavana olevaa vilja-tonnia kohden. Kuivausilman puhaltimina käytetään yleensä potkuri-puhaltimia niiden suuren ilmansiirtokyvyn takia.

Rakenteellisesti voidaan erottaa pääasiallisesti kaksi kylmäilmakuivuryyppiä. Yleisimmin käytetään ns. tasovarastokuivuria, missä melkoisen laajan reikälevypohjan päällä vilja kuivataan enintään 1 m paksuisessa kerroksessa. Viljan ollessa kosteampaa kuin 20 % täytyy viljakerros jättää ohuemmaksi, jotta saadaan aikaan riittävän tehokas tuuletus. Nämä ovat yleensä omatoimisesti paikalla rakennettuja kuivureita. Jos-sain määrin on yleistymässä myös liereä siilomallinen keskitorvityyppinen kylmäilmakuivuri. Ne voivat olla useita metrejä korkeita. Viljakerroksen paksuutta niissä ei voida vaihdella. Ne ovat tehdasvalmisteisia.

Suoritettujen kokeiden perusteella voidaan arvioida, että tasovarastokuivurissa yksi ilmakeuutiometri voi haihduttaa viljasta vettä 1...2 grammaa ulkoilman kosteudesta ja lämpötilasta riippuen. Puhallinkokeissa keskimääräinen energian kulutus, kun vastapaine on likimain sama kuin kuivurissa, on ollut n. 0,3 kWh tuhatta ilma-m<sup>3</sup> kohden. Yhden vesi-kg:n haihduttamiseen tarvittaisiin näiden tulosten perusteella käytännön oloissa arviolta n. 0,3...0,5 kWh.

Kokeita tehtiin sekä siilo- että tasovarastomallisen kylmäilmakuivurin energian tarpeesta. Siilomallinen koekuivuri oli varustettu 4 kW:n potkuripuhaltimella, läpimitaltaan 60 cm. Kuivuriin liitettiin myös 9,4 kW sähkövastuksin toimiva lisälämmitin. Osa kokeista suoritettiin ilman lisälämmitystä. Lämmitintä käytettäessä sen toimintaa ohjattiin kuivausilmaan

sijoitetun hygrostaatin avulla. Hygrostaatin asettelua muutettiin viljan kosteuden mukaan siten, että kuivausilman suhteellinen kosteus ei nousisi yli viljan kosteutta vastaavan tasapainotilan käyrän. Kokeissa olivat kaikki tavanomaiset viljalajit.

Kokeiden aikana seurattiin myös viljalla täytetyn siilokuivurin aiheuttamaa vastapainetta. Suurimmat eri viljalajien aiheuttamat paineet olivat jopa yli 90 mm vp. Vaikka kuivurin keskitorvea suurennettiin vastuksen pienentämiseksi, olivat vastapaineet vieläkin n. 75...80 mm vp. Tämä on omiaan aiheuttamaan puhallustehon tarpeen lisääntymistä. Myös kuivausilman määrä pienenee melko jyrkästi vastapaineen kasvaessa. Näin menetetään se etu, mikä potkuripuhaltimella, keskipakopuhaltimeen verrattuna muuten ja esim. juuri tasovarastokuivreissa saavutetaan. Potkuripuhaltimen, esim. 1000 ilmakeuutiometriä kohden kuluttama energia on huomattavasti pienempi kuin keskipakopuhaltimen. Vastapaineen kasvaessa tämä ero kuitenkin pienenee.

Taulukossa 12 on esitetty siilomallisen potkuripuhaltimella varustetun kylmäilmakuivurin koetuloksia. Vesi-kg kohden laskeutu sähkönsäilytys oli näissä kokeissa 1,2...1,4 kWh eikä vaihtelee kovinkaan paljoa kuivattaessa viljaa ilman lisälämmitystä tai lämmitettäessä ilmaa muutaman asteen verran. Kokeissa lämmitettiin ilmaa n. 3...4°C. Vastaavanlaisella, mutta keskipakopuhaltimella varustetulla kuivurilla saatiin jokseenkin samanlaisia tuloksia.

Taulukko 12. Siilomallisen, potkuripuhaltimella ja sähkölisälämmityksellä varustetun kylmäilmakuivurin koetuloksia

	Koe n:o	1	2	3	4
	Vilja	Kaura	Kaura	Ohra	Ohra
Koe-erän paino	kg	7110	7625	10175	9385
Ulkoilman keskim. lämpötila	°C	12	8	7	-
" suht. kosteus	%	72	75	75	-
Viljan alkukosteus	%	23,0	21,8	25,5	16,2
" loppukosteus	%	14,5	16,3	16,6	12,2
Haihdutettu vettä	kg	707	501	1086	470
Sähkön kulutus	kWh	1220	739	1432	555
" " vesi-kg kohden	kWh	1,4	1,4	1,3	1,2

Kokeissa 1, 3 ja 4 käytettiin hygrostaatin avulla ohjattua sähköistä lisälämmitintä.

Samanaikaisesti edellä esitettyjen kokeiden kanssa suorite-  
tussa kahdessa tasovarastokuivurikokeessa saatiin sähkön ku-  
lutukseksi vain 0,3 ja 0,4 kWh haihdutettua vesi-kg kohden.  
Kokeissa ei käytetty lisälämmitystä. Kokeiden tulokset on  
esitetty taulukossa 13.

Taulukko 13. Kylmäilma-tasovarastokuivurilla suoritettujen kokeiden  
tulokset

	Koe n:o	1	2
		Vilja	Ohra
Koe-erän paino	kg	20315	19450
Ulkoilman keskimäär. lämpötila	°C	9	5
" " kosteus	%	85	79
Viljan alkukosteus	%	41,4	36,7
" loppukosteus	%	16,8	20,4
Haihdutettu vettä	kg	6006	3983
Sähkön kulutus	kWh	1819	1569
" " vesi-kg kohden	kWh	0,3	0,4

Täysin varmojen vertailujen tekemiseksi tässä suhteessa olisi  
tarvittu huomattavasti enemmän kokeita kuin mitä epäedulli-  
set ja lyhyet korjuukaudet ovat sallineet. Näidenkin kokei-  
den perusteella on jo kuitenkin selvästi havaittavissa taso-  
varastokuivurin edullisuus energian käytön kannalta verrat-  
taessa sitä sekä lämminilmakuivureihin että siilomallisiin  
kylmäilmakuivureihin. Hyvin sateisina syksyinä voisi olla  
edullista käyttää kuivausjärjestelmää, jossa kosteaa viljaa  
kuivattaisiin aluksi kylmäilmakuivurissa ja sen jälkeen varas-  
tointikelpoiseksi lämminilmakuivurissa.

#### 10. Rehuviljan kemiallinen säilöntä

Tilalla käytettävän rehuviljan kemiallista säilöntää olisi  
kehitettävä. Viljan kemiallinen säilöntä pienentää kuivauk-  
seen käytettävän öljyn kulutusta ja varmistaa korjuuta sa-  
teisina syksyinä. Nykyisin rajoittavana tekijänä on säilöntä-

aineiden hinta. Jos esimerkiksi puolet koetieläinten ruokintaan käytetystä viljasta säilötään kemiallisesti, säästetään viljankuivauksessa n. 260 milj. kWh polttoöljyä. Eri säilöntäaineiden valmistuksen vaatima energia on kokonaisarvioinnissa otettava huomioon.

## TIIVISTELMÄ

Viljasatomme säilyvyyden varmistaminen etenkin pitkäaikaisessa varastoinnissa vaatii miltei poikkeuksetta ainakin jonkinasteisen koneellisen kuivauksen. Valtaosa sadon kuivauksesta suoritetaan öljylämmitteisillä kuivureilla. Kotimaisten polttoaineiden käyttö lämminilmakuivauksessa on vähäistä.

Sadon kuivaukseen tarvittava energiamäärä on riippuvainen pääasiassa kuivattavan viljan kosteudesta. Jos kuivaustarve vaihtelee n. 10...15 %-yksikköä, tarvitaan viljasadon kuivaukseen koko maataloustuotantoon käytetystä polttoöljyn määrästä n. 15...22 %, jos koko sato kuivataan lämminilmakuivureilla. Samoissa oloissa tarvitaan lisäksi koko maataloustuotannon sähköenergian tarpeesta n. 12...18 % kuivaukseen.

Suurimpia häviöitä energian kulutuksessa aiheuttavat poisto- ja jäähdytysilman mukana poistuvat lämpömäärät. Näiden häviöiden pienentäminen on kalliiksi tulevien lisälaitteiden ja niiden hankalan huollon vuoksi vaikeaa.

Kuivurin ulkopintojen lämpenemisestä johtuvia säteilyhäviöitä voidaan suhteellisen vähin kustannuksin pienentää. Eristämällä pinnat voidaan kokeiden mukaan päästä n. 10 %:n luokkaa oleviin öljyn säästöihin.

Sähköenergian tarpeen pienentämiseksi on vähän mahdollisuuksia. Ainoiksi merkittäviksi keinoiksi jäänee turhan käyttöajan, esim. ylikuivauksen välttäminen joko valvontaa tehostamalla tai riittävän tehokkaalla automaatiolla.

Kuivuriuuneissa tapahtuvat suurimmat häviöt aiheutuvat useimpien polttimen väärrien säätöjen ja huollon puutteen vuoksi. Läm-

pöä luovuttavien pintojen puhdistus ja vuosittainen nuohous parantavat uunin hyötysuhdetta merkittävästi. Uuneissa tapahtuvat säteilyhäviöt jäävät pienemmiksi käytettäessä ns. paketti-uunihuoneita, missä osa kuivausilmasta voidaan ottaa uunihuoneen kautta.

Kylmäilmakuivuri on huomattavasti lämminilmakuivuria edullisempi energian käytön suhteen. Siilomallisissa kuivureissa ei lisälämmön käyttö näyttäisi juuri lisäävän energian tarvetta, jos käytetään esim. hygrostaattiohjattua sähköistä lisälämmitintä. Tasovarasto-kylmäilmakuivurin energian tarve ilman lisälämmitystä on vain noin kolmasosa siilomalliseen kuivuriin verrattuna. Kuivauksen energian tarvetta voidaan vähentää ajoittamalla korjuukausi mahdollisimman aikaiseksi viljelemällä aikaisia viljalajikkeita. Tämä parantaa myös kylmäilmakuivurin käyttömahdollisuuksia. Kun kuivurin vetoisuus on riittävän suuri, voidaan leikkuupuinti suorittaa parhaita mahdollisia korjuusaitia hyväksikäyttäen lyhyemmin keskeytyksin. Kylmäilmakuivurin käyttö lämminilmakuivurin rinnalla ns. puskurivarastona lyhentää huomattavasti lämminilmakuivurin käyttöaika. Kuivurin ja lämminilmatorvien eristäminen mahdollisimman hyvin vähentää hukkaan menevän energian osuutta. Uunin ja laitteiden huoltoa ja valvontaa olisi tehostettava ja vältettävä kuivurin ja sen laitteiden tarpeetonta käyttöä.

Viljan jäähdytyksessä on saavutettu hyviä tuloksia kun vilja otetaan kuivurista lämpimänä ja jäähdytetään hitaasti erillisessä siilossa pienen ilmamäärän avulla, jolloin kuivuminen vielä jatkuu. Tällöin kuivurin tehollinen kuivausaika saadaan pitemmäksi ja jäähdytykseen käytetyn sähköenergian määrä vähennee. Lisäkustannuksena tässä menetelmässä tulee lämminilmakuivurin vetoisuutta vastaavan tuuletettavan siilon kustannukset.

Tuontienergian säästämiseksi olisi lisättävä kotimaisten polttoaineiden käyttöä viljan kuivauksessa. Tämä edellyttäisi kuitenkin melko suuria muutoksia nykyisin käytössä oleviin kuivaimoihin. Myöskään kuivaamoiden paloturvallisuutta ei näillä laitteilla saa vaarantaa.

Aurinkoenergian hyväksikäyttöä kylmäilmakuivauksen lisälämmitykseen on melko hyvin tuloksin kokeiltu jo Suomessakin. Riit-

tävän suurilla aurinkoenergian keräimillä saadaan kuivausil-  
malle riittävä lisälämmitys.

Omaan tarpeeseen tuotettavan rehuviljan erilaiset märkäsäilön-  
tämenetelmät olisi otettava käyttöön siellä missä se taloudel-  
lisesti on kannattavampaa kuin esim. oman kuivurin rakentam-  
nen tai vuokrakuivaus.

Viljan kuivauksessa, samoin kuin yleensäkin maatilataloudessa  
käytettävän energian säästöön tähtäävien toimenpiteiden neuvon-  
taa ja energiaa kuluttavien laitteiden huollon ja oikean käy-  
tön opastusta olisi tehostettava. Tätä tarkoitusta varten olisi  
yhteistyössä alan neuvontajärjestöjen ja laitteiden valmista-  
jien kanssa laadittava viljelijäin käyttöön tarkoitettuja opas-  
kirjoja. Kotimaisen polttoaineen käytön edistämiseksi sekä  
kuivuriuuneissa että koko maatilallaan käyttöön tarkoitetuissa  
lämpökeskuksissa on sekä polttoaineen korjuukoneita että läm-  
mityslaitteita vielä melkoisesti kehitettävä. Tähän tarvitaan  
tutkimus- ja kehittämisvaroja. Myös käytössä olevien tuonti-  
polttoainetta käyttävien laitteiden vaihtaminen kotimaista  
polttoainetta käyttäviin on useissa tapauksissa viljelijälle  
ilman pitkäaikaisia lainoja tai muita taloudellisia tukitoimia  
liian suuri kustannus.

#### KIRJALLISUUTTA

Maatilatalouden energiatyöryhmän mietintö.

Möglichkeiten der Körnertrocknung. Landtechnik 10/1961.

Berichte über Landtechnik no. 54/1958.

J.T.I.-meddelande 319.

Economic Commission for Europe. AGRI/MECH report. Prepared by  
Mr. L. Bouruas.

