

**MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS**

**KOTIELÄINHOIDON TUTKIMUSLAITOKSEN TIEDOTE N:o 14**

---

**Mikko Kommeri**

**Puunjalostusteollisuuden jätekuidun hyödyntäminen  
kotieläintaloudessa**

**Raportti Suomen Akatemialle 30. 8. 1980**

---

**JOKIOINEN 1981**

Raportti Suomen Akatemialle 30.8.1980

P U U J A L O S T U S T E O L L I S U U D E N  
J Ä T E K U I D U N H Y Ö D Y N T Ä M I N E N  
K O T I E L Ä I N T A L O U D E S S A

MIKKO KOMMERI

MTTK/

Kotieläinhoidon tutkimuslaitos

## TUTKIMUSHANKKEEN ESITTELY

|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tutkimuksen nimi        | Puunjalostusteollisuuden jätekuidun hyödyntäminen kotieläintaloudessa.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Tutkimuksen aihe        | Puunjalostusteollisuudelle huomattavana jätteongelmana olevien kuitulietteiden tutkiminen märehtijöiden rehuna, säilörehun puristemehun sitojana ja eläinten kuivikkeena.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Tutkimusosapuolet       | Suomen Akatemia/Valtion Maatalousmetsätieteellinen toimikunta ja Maatalouden tutkimuskeskus/Kotieläinhoidon tutkimuslaitos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Tutkimuksen suorittajat | <p>Tutkimushankkeen vastuullinen johtaja:<br/>Kotieläinhoidon tutkimuslaitoksen esimies prof. Martti Lampila ja viransijaisena vs.prof. Vappu Kossila.</p> <p>Tutkimusten suoritusten johto ja raportointi:<br/>MMM Mikko Kommeri, Kotieläinhoidon tutkimuslaitos.</p> <p>Kuivatuskokeet:<br/>Agr. Markku Virkki ja Di Viljo Östring, Farnos Yhtymä Oy.</p> <p>Kuitulieteanalyysit:<br/>Di Liva Söderhjelm, Keskuslaboratorio Oy.</p> <p>Lypsykarjakokeiden valvonta:<br/>MMM Heikki Rissanen, Kotieläinhoidon tutkimuslaitos.</p> <p>Kirjallisuustutkimus ja tulosten laskenta:<br/>MMM Merja Kommeri ja Agr.yo Liisa Tång.</p> |
| Tutkimuksen valvonta    | <p>Valtion Maatalousmetsätieteellisen toimikunnan asettama seurantaryhmä:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- prof. Kalle Maijala, puh.joht.</li><li>- prof. Martti Lampila</li><li>- vt.prof. Seppo Niemelä</li><li>- dos. Maija-Liisa Salo</li><li>- MMK Mirja Suurnäkki</li></ul> <p>Toimikunnan sihteerinä toimi MMM Mikko Kommeri.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                              |

# S I S Ä L L Y S L U E T T E L O

|      |                                              |    |
|------|----------------------------------------------|----|
| A.   | Johdanto                                     | 3  |
| B.   | Kirjallisuuskatsaus                          | 4  |
| 1.   | Kuitulietteiden muodostuminen ja käyttö      | 4  |
| 2.   | Kuitulietteiden koostumus                    | 5  |
| 2.1. | Orgaanisen aineen koostumus                  | 5  |
| 2.2. | Epäorgaanisen aineen koostumus               | 7  |
| 3.   | Kuitulietteiden rehuarvo                     | 9  |
| 3.1. | Kuitulietteiden sulavuus                     | 9  |
| 3.2. | Kuitulietteiden tuotantovaikutus             | 15 |
| 3.3. | Kuitulietteiden fysiologiset vaikutukset     | 18 |
| 4.   | Kuitulietteiden käyttö puristemehun sitojana | 23 |
| 5.   | Jätekuidun käyttö karjan kuivikkeena         | 28 |
| 6.   | Jätekuidun kuivatus                          | 30 |
| C.   | Kokeellinen osa ja tulokset                  | 31 |
| 1.   | Jätekuitujen koostumus                       | 31 |
| 2.   | Jätekuitujen kuivatus ja pakkaus             | 34 |
| 3.   | Kuivattu jätekuitu lypsylehmien kuivikkeena  | 36 |
| 4.   | Jätekuitu säilörehun puristemehun sitojana   | 37 |
| 5.   | Jätekuitu seosrehujen osana                  | 41 |
| 5.1. | Jätekuituseosrehujen sulavuus in vivo        | 41 |
| 5.2. | Jätekuituseosrehutlihanautojen ruokinnassa   | 42 |
| 5.3. | Jätekuituseosrehut maidontuotannossa         | 46 |
| D.   | Tulosten tarkastelu                          | 50 |
| E.   | Yhteenveto                                   | 53 |
| F.   | Kirjallisuusluettelo                         | 55 |

## A. JOHDANTO

Puu ja useat puuteollisuuden jätteet sisältävät 60-80 % hiilihydraatteja. Jos niiden hiilihydraattifraktio saataisiin paremmin sulavaksi, saataisi niillä hyvinkin olla käyttöä kotieläinten energiarehuna. Sota-aikana käytettiin Skandinavian maissa kemiallista sellumassaa märehitjain rehustuksessa. Sodan jälkeen tästä luovuttiin liian korkean hinnan vuoksi. Sellumassa on edelleenkin rehuksi liian kallista. Sensijaan puunjalostusteollisuudelta jää erilaisia nestemäisiä ja kiinteitä jätteitä, joille saattaa löytyä käyttömuotoja kotieläintaloudessa.

Suomessa pelkästään ns. kiinteiden jätteiden käsittelystä ja varastoinnista aiheutuu teollisuudelle miljoonien markkojen kustannukset. Lisäksi ympäristöhaittojen ehkäiseminen on ollut vaikeaa.

Vuoden 1975 arvion mukaan jää maamme puunjalostusteollisuudelle noin 180 000 ka-tonnia kiinteitä jätteitä (SÖDERHJELM, 1976). Näistä noin kolmasosa saataisi olla hyödynnettävissä märehitjoiden rehuna. Lähinnä jätekuituja voitaisiin käyttää erilaisten teollisten rehujen halpana energiakomponenttina. Suomessa positiivisia tuloksia antanut kuivattujen kuitulietteiden käyttö puristemehun sitojana saataisi myöskin olla mahdollista.

Puun kuitujen sulavuus on sitä parempi mitä vähemmän niissä on ligniiniä. Sellun keitossa kuiduista poistuu ligniiniä, ja puun hiilihydraatit tulevat siten paremmin märehitjoiden pötsimikrobien käyttöön. Jauhamalla, elektronisäteilytyksellä, lipeöinnillä ja ammonoinnilla jätekuitujen sulavuutta voidaan edelleen parantaa (MILLETT ym. 1970).

Lähinnä jäteongelmien vuoksi Suomen puunjalostusteollisuus on viimeisten vuosien aikana tutkinut laajaasti erilaisten kiinteiden ja nestemäisten jätteidensä käyttömahdollisuuksia omassa tuotannossaan tai muussa teollisuudessa sekä myöskin maataloudessa. Vuodesta 1973 asti on Maatalouden tutkimuskeskuksen Kotieläinhoidon tutkimuslaitos ollut mukana näissä tutkimuksissa. Aluksi selvitettiin kuivattujen kuitulietteiden käyttömahdollisuuksia säilörehun puristemehun sidonnassa. Myöhemmin on keskitytty sulfiittiliemien tutkimiseen märehitjoiden energiarehuna sekä myöskin rehunsäilöntäaineena.

Tässä selostettava Suomen Akatemian rahoituksen turvin suoritettu tutkimus keskittyi selvittämään kuivattujen kuitulietteiden käyttömahdollisuuksia kotieläinten rehuna, säilörehun puristemehun sitojana sekä eläinten kuivikkeena.

## 1. KUITULIETTEIDEN MUODOSTUMINEN JA KÄYTTÖ

Keväällä 1975 suoritetun kyselyn perusteella arvioitiin Suomessa tuolloin syntyvän vuosittain seuraavat lietemäärät (SÖDERHJELM, 1977):

|                                     |           |               |
|-------------------------------------|-----------|---------------|
| - varsinaista kuitulietettä         | 184 000 t | kuiva-ainetta |
| - kuorilietettä                     | 45 000 t  | "             |
| - prosessiin palautettavaa lietettä | 62 000 t  | "             |

Taulukkoon 1. on kerätty syntyvien kuitulietteiden määriä muutamista muistakin maista:

## Taulukko 1.

Arvioidut kuitulietemäärät muutamissa maissa (SÖDERHJELM, 1976, b)

|        |      |            |               |      |
|--------|------|------------|---------------|------|
| USA    | noin | 1500 000 t | kuiva-ainetta | 1973 |
| Ranska | "    | 200 000 t  | "             | 1974 |
| Suomi  | "    | 180 000 t  | "             | 1975 |
| Saksa  | "    | 100 000 t  | "             | 1975 |

Kuitulietteet ovat peräisin sellumassan valmistuksessa sekä paperi- ja kartonkiteollisuudessa syntyvistä jätevesistä. Jätevedet johdetaan ns. laskeutusaltaisiin, joista ne nostetaan erilaisiin kosteudenpoistolaitteisiin. Yleensä kuitulietteet kuivataan noin 20 % kuiva-ainepitoisuuteen ja viedään sellaisenaan kaatopaikalle. Ympäristöhaittojen lisäksi aiheutui puolikuivan kuitulietteen jatkokäsittelystä vuonna 1975 Suomen massa- ja paperiteollisuudelle kustannuksia noin 9 mmk (SÖDERHJELM, 1976, a).

## Taulukko 2.

Kuitulietteiden käyttö Suomessa vuonna 1975 (SÖDERHJELM, 1977)

|                      |            |
|----------------------|------------|
| Palautus prosessiin  | 62 000 t/v |
| Kaatopaikalle        | 152 000 "  |
| Polttoon             | 25 000 "   |
| Myyntiin             | 4 100 "    |
| Maanparannusaineeksi | 2 800      |

Laadun perusteella, vuoden 1975 tilanteen mukaan, kuitulietteet on taulukossa 3 jaettu alaryhmiin. Rehuna tulee kysymykseen lähinnä "puhdas jätekuitu", jonka määrä tosin Suomessa pienenee kuitupalautuksen yleistyessä. Osaa toisen ryhmän lietteistä voidaan myös pitää rehuosakomponentiksi kelpaavana (SÖDERHJELM, 1977).

## Taulukko 3.

Erilaisten kuitulietteiden määrät (prosessiin palauttamattomat)  
(SÖDERHJELM, 1977)

|                                           |            |
|-------------------------------------------|------------|
| Puhdas jätekuitu <sup>x</sup>             | 30 000 t/a |
| Uuteaineita sisältävä liete (> 5 %)       | 63 000 "   |
| Täyteainepitoinen liete (20-40 %)         | 15 000 "   |
| Erittäin täyteainepitoinen liete (> 40 %) | 16 000 "   |
| Uute- ja täyteainepitoinen liete          | 26 000 "   |
| Kuoripitoinen liete (20-40 %)             | 34 000 "   |

x Pihkapitoisuus < 5 %, epäorgaanisen aineen pitoisuus < 20 %, kuorta < 20 %.

Puhdas jätekuitu on helpointa palauttaa myöskin prosessiin ja käyttää paperin tai kartongin valmistukseen. Tämä onkin jättekuidun otollisin käyttömuoto. Kuivattujen kuitulietteiden käyttöönottoa polttoaineeksi on estänyt niiden heikohko polttoarvo. Muita kuitulietteiden käyttömahdollisuuksia ovat: ksylitolin valmistuksessa (koivu), tiiliteollisuudessa, lisäaineina sementtilevyissä, muovituotteiden täyteaineena, kuitulevyissä, maanparannusaineena ja entsyymaattisin prosesseihin hyödyntäminen (SÖDERHJELM, 1976, b).

## 2. KUITULIETTEIDEN KOOSTUMUS

## 2.1. Orgaanisen aineen koostumus

Kuitulietteiden kemiallinen koostumus riippuu lietteiden alkuperästä: massaan käytetystä puulajista ja massanvalmistusmenetelmästä yms. Lietteet sisältävät vaihtelevissa määrin selluloosaa, hemiselluloosaa, ligniiniä, tuhkaa ja uuteaineita kuten lietteiden lähtöaine puu (taulukot 4 ja 5).

## Taulukko 4.

Puun kuiva-aineen koostumus (SAARINEN ym. 1958)

|                   | Hiili-<br>hydr.<br>yht. | Varsi-<br>naista<br>sellul. | Sellul.<br>tyypp.<br>hemis. | Helppo-<br>liukois-<br>ta hemi-<br>sell. | Asetyy-<br>liä ja<br>formyy-<br>liä | Pihkaa,<br>miner.<br>ja pro-<br>teiinia | Ligniiniä<br>% |
|-------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------|----------------|
|                   | %                       | %                           | %                           | %                                        | %                                   | %                                       | %              |
| Kuusi (Hägglund)  | 66,8                    | 41,5                        | 8,3                         | 16,0                                     | 1,4                                 | 4,8                                     | 28,0           |
| Mänty (Larinkari) | 63,7                    | 44,8                        | 4,3                         | 14,6                                     | 1,6                                 | 6,9                                     | 27,8           |
| Koivu (Jensen)    | 70,3                    | 38,0                        | 17,4                        | 14,9                                     | 4,6                                 | 5,5                                     | 19,6           |

— COMPOSITION OF SOME CANADIAN WOODS (FROM: RESEARCH NOTE 61, PULP & PAPER RESEARCH INSTITUTE OF CANADA — V. BERZINS, MAY 1966).

|                                    | Lignin (%) | Halo-Collulose (%) | Pentosans (%) | Hot Water Solubility (%) | Cold Water Solubility (%) | Acetyl Groups (%) |
|------------------------------------|------------|--------------------|---------------|--------------------------|---------------------------|-------------------|
| Spruces                            | 27.2       | 72.3               | 9.4           | 3.3                      | 2.1                       | 1.4               |
| Pines                              | 27.8       | 70.5               | 9.9           | 2.9                      | 1.4                       | 1.1               |
| Hemlocks                           | 30.8       | 69.5               | 6.7           | 3.5                      | 2.2                       |                   |
| Average For All Conifers           | 28.5       | 69.5               | 8.6           | 3.5                      | 2.2                       | 1.1               |
| Birches                            | 20.1       | 79.4               | 25.6          | 2.0                      | 1.5                       | 3.7               |
| Poplars                            | 19.2       | 75.0               | 19.8          | 2.9                      | 1.4                       | 2.9               |
| Average For All Broad-Leaved Trees | 21.2       | 76.4               | 21.8          | 2.9                      | 1.6                       | 3.6               |

Lehtipuissa on selvästi vähemmän ligniiniä ja enemmän pentosaaneja kuin havupuissa.

Lehti-havupuusuhde selittää lähinnä eri tehtaiden kuitulietteiden kemiallisten koostumusten poikkeavuudet. Kuitulietteiden ligniinipitoisuus riippuu myös siitä, onko massa valkaistua vai ei. Valkaistun kemiallisen massan jätekuidut sisältävät ligniiniä alle 3 %, kun taas valkaisu mattoman jopa 10 %. Sulfaattisellun kuitulietteet sisältävät uuteaineita alle 3 %, mutta sulfiittisellun kuitulietteet 8-18 % (SÖDERHJELM, 1979).

## Taulukko 6.

Kuitulietteiden koostumus ja kuiva-aineen in vitro sulavuus (BAKER ym. 1973)

| Keitto <sup>x)</sup> | Puulaji | Massan valkaisu            | Kokonais-hiilihydr. % | Lignini % | Tuhka % | Sulavuus % |    |
|----------------------|---------|----------------------------|-----------------------|-----------|---------|------------|----|
| 1                    | A       | Kovia lehti-puita ja mänty | -                     | 58,8      | 25,3    | 2,8        | 67 |
| 2                    | A       | "                          | +                     | 97,5      | 2,1     | 1,1        | 89 |
| 3                    | B       | "                          | -                     | 91,4      | 2,6     | 4,3        | 71 |
| 4                    | B       | "                          | +                     | 95,6      | 1,3     | 1,5        | 93 |
| 5                    | B       | Kuusi                      | -                     | 90,2      | 7,3     | 1,9        | 79 |
| 6                    | B       | "                          | +                     | 97,0      | 1,7     | 0,7        | 98 |
| 7                    | B       | Mänty                      | -                     | 91,8      | 4,8     | 3,4        | 84 |
| 8                    | B       | "                          | +                     | 98,7      | < 0,1   | 0,9        | 98 |

x) Keitto A = Puolikemiallinen neutraali sulfiittikeitto

Keitto B = Lipeä + natriumsulfidiprosessi



## Taulukko 7.

Eräiden kuitulietteiden ligniini-, hemiselluloosa- ja selluloosapitoisuudet, %

|                              | Ligniini | Hemiselluloosa | Selluloosa |
|------------------------------|----------|----------------|------------|
| STEPHENSON<br>(ref. LEMIEUX) | 20-30    | 10-20          | 50-60      |
| MILLETT et al.               | 1-28     |                |            |
| DINIUS & BOND                | 3,3      | 10,1           | 58,7       |

## Taulukko 8.

Yhdistelmä kuitulietteiden kuiva-aineen koostumuksesta, %

|                        | Tuhka | Raaka-<br>valk. | Raaka-<br>kuitu | Raaka-<br>rasva | N-vap.<br>uuteain. |
|------------------------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|
| RUSOFF (ASPITARTE ym.) | 17,1  | 2,0             | 66,4            | 1,8             | 12,7               |
| LEMIEUX ja WILSON      | 1,5   | 1,2             | 73,2            | 3,0             | 21,2               |
| LAMPILA ja KOMMERI     |       |                 |                 |                 |                    |
| - Kaukas               | 3,3   | 1,1             | 77,8            | 0,9             | 16,9               |
| - Rosenlew             | 6,5   | 1,9             | 65,8            | 2,0             | 23,9               |
| - Rauma-Repola         | 7,2   | 0,9             | 62,7            | 7,9             | 21,2               |
| SÖDERHJELM ja LAMPILA  | 5,2   | 0,4             | 76,9            | 0,1             | 17,5               |
| BELYEA ym.             |       |                 |                 |                 |                    |
| - St. Louis 1          | 21,5  | 5,9             | 72,2            |                 |                    |
| - St. Louis 2          | 23,7  | 7,0             | 70,5            |                 |                    |
| - Syracuse             | 42,5  | 4,2             | 68,3            |                 |                    |
| - California           | 7,3   | 3,8             | 71,7            |                 |                    |
| DINIUS ja BOND         | 2,3   | 1,6             | 80,7            |                 |                    |

Kemiallisesta koostumuksesta näkyy, että kuitulietteet sisältävät lähinnä raakakuitua. Raakakuidusta pääosa on selluloosaa.

## 2.2. Epäorgaanisen aineen koostumus

Myös kuitulietteiden kivennäis- ja hivenainepitoisuudet vaihtelevat alkuperästä riippuen (taulukko 9).

## Taulukko 9.

## Eräiden kuitulietteiden tuhkan koostumus

|         | MILLETT, ym. 1973<br>(sekapuu) | MILLETT, ym. 1973<br>(mänty) | LEMIEUX, ym.<br>1979 | ALKIO &<br>SÖDERHJELM,<br>1974<br>(5 näytettä) |
|---------|--------------------------------|------------------------------|----------------------|------------------------------------------------|
|         | %                              |                              |                      |                                                |
| N       |                                |                              |                      | 0,02-0,32                                      |
| P       | < 0,01                         | 0,23                         | 0,02                 |                                                |
| K       | < 0,02                         | 0,10                         | 0,02                 | 0,012-0,046                                    |
| Ca      | 0,21                           | 0,28                         | 0,08                 | 0,1-1,0                                        |
| Mg      | < 0,01                         | 0,08                         | 0,01                 | 0,012-0,061                                    |
| Na      | 0,43                           | 0,20                         | 0,21                 | 0,113-0,942                                    |
| S       | 0,28                           | 0,62                         | 0,27                 | 0,06-0,14                                      |
|         | ppm                            |                              |                      |                                                |
| Al      | 97                             | 540                          |                      |                                                |
| Ba      | 21                             | 16                           |                      |                                                |
| Fe      | 95                             | 350                          | 30                   | 550-680                                        |
| Sr      | 6                              | 16                           |                      |                                                |
| B       | 4                              | 14                           |                      |                                                |
| Cu      | 8                              | 99                           | 7                    | 6-22                                           |
| Zn      | 4                              | 330                          | 9                    |                                                |
| Mn      | 9                              | 330                          | 9                    |                                                |
| Cr      | 5                              | 13                           |                      |                                                |
| Tuhka % | 1,8                            | 3,4                          |                      | 1,5-29,2                                       |

Raskasmetallit

Raskasmetalleina pidetään kaikkia metalleja, jotka seuraavat kalsiumia alkuaineiden jaksollisessa järjestelmässä (VENUGOBAL & LUCKEY 1975). Keskeisimmät raskasmetallit toksikologian kannalta ovat elohopea, lyijy ja kadmium. WHO:n asiantuntijaryhmä (1972) on ehdottanut viikottain tilapäisesti siedettäviksi kokonaisannoksen ylärajoiksi ihmisellä 0,3 mg elohopeaa, 3 mg lyijyä ja 400-500 µg kadmiumia (KORKEALA, MANNONEN, 1978).

Naudoilla raskasmetallien sietorajat ovat melko epäselviä. Jatkuvassa käytössä nautojen lyijyn sietoraja on ilmeisesti 50-100 ppm (BELYEA ym. 1979). Lampailta 15 ppm kadmiumia heikensi syöntiä ja 30 ppm alensi myös kasvua (DOYLE ym. 1972). Vasikoilla 160 ppm kadmiumia vähensi syöntiä ja kasvua, 2650 ppm:n konsentraation ollessa kuolettava

(NEATHERY & MILLER, 1975). Ainakin sellaisissa jätekuiduissa, joiden sekaan on päässyt myös kunnallisjätteitä, saattavat raskasmetallipitoisuudet nousta haitallisen korkeiksi. BELYEA ym. (1979) totesivat kuutta epäorgaanista alkuainetta esiintyvän jätekuiduissa ylikorkeina määrinä (taulukko 10). Varsinkin lyijypitoisuus oli erittäin korkea.

Suomalaisten puunjalostustehtaiden kuitulietteissä saattavat lähinnä lyijy- ja kadmiumpitoisuudet nousta liian korkeiksi (taulukko 11).

#### Taulukko 10.

Kiinteiden selluloosajätteiden epäorgaaninen koostumus (BELYEA ym. 1979)

|             | Pb  | Cr  | Cd ppm | Hg   | Te  | As  |
|-------------|-----|-----|--------|------|-----|-----|
| St. Louis 1 | 430 | 76  | 5,2    | 2,25 | 3,0 | 4,0 |
| St. Louis 2 | 520 | 220 | 5,1    | 2,80 | ,02 | 1,1 |
| California  | 230 | 39  | 1,7    | ,11  | ,02 | ,3  |
| Syracusa    | 370 | 84  | 4,6    | 1,5  | ,02 | 5,0 |

#### Taulukko 11.

Kuitulietteiden hivenainepitoisuudet (SÖDERHJELM, 1977)

|                  | Fe<br>mg/kg | Ni<br>mg/kg | Pb<br>mg/kg | Cu<br>mg/kg | Cd<br>mg/kg | Hg<br>mg/kg |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Kaukas -74       | 700         | 7,0         | 5,3         | 3,4         | 2,5         | 0,05        |
| Kaukas -75       | 2050        | 8,6         | 15,5        | 8,5         | 0,2         | 0,07        |
| Rosenlew -75     | 2980        | 20,0        | 55,0        | 82,0        | 0,5         | 0,07        |
| Rauma-Repola -75 | 1500        | 9,3         | 0,0         | 31,0        | 0,0         | 0,07        |
| Rauma-Repola -76 | 3940        | 26,7        | 14,5        | 20,6        | 1,0         | 0,15        |

### 3. KUITULIETTEIDEN REHUARVO

#### 3.1. Kuitulietteiden sulavuus

Jätekuitujen sulavuus riippuu suuresti tehtailla käytetyistä menetelmistä ja puulajeista. Yleisesti ottaen totesi POIJÄRVI (1944) lehti-  
puusta valmistetun sellun sulavan paremmin kuin havupuusta valmistetun sellun. Lisäksi sulfaattimenetelmällä saatiin parempi sulavuus kuin sulfiittimenetelmällä. Jätekuidut ovat huonommin sulavia kuin sellumassa. Sulavuus on sitä huonompi mitä enemmän mukana on mekaanista massaa, kuorta tai sahajauhoja (MILLETT ym. 1973, taulukko 12).

Taulukko 12. (MILLETT ym. 1973)

COMPOSITION AND *IN VITRO* DRY MATTER DIGESTIBILITY OF  
COMBINED PULPMILL AND PAPERMILL SLUDGES

| Type of residue                              | Klason<br>lignin * | Total<br>carbohydrate | Ash | <i>In vitro</i><br>dry matter<br>digestibility |
|----------------------------------------------|--------------------|-----------------------|-----|------------------------------------------------|
|                                              |                    |                       |     |                                                |
| Groundwood mill                              |                    |                       |     |                                                |
| Mixed species plus some mixed chemical pulps | 50                 | 41                    | 38  | 24                                             |
| Southern pine plus some hardwood kraft       | 24                 | 60                    | 15  | 19                                             |
| Semichemical pulp mill                       |                    |                       |     |                                                |
| Aspen                                        | 20                 | 71                    | 2   | 57                                             |
| Aspen plus mixed hardwoods                   | 55                 | 29                    | 13  | 6                                              |
| Chemical pulp mill                           |                    |                       |     |                                                |
| Deinked wastepaper, tissue                   | 23                 | 71                    | 22  | 72                                             |
| Softwood sulfite, glassine                   | 13                 | 74                    | 14  | 66                                             |
| Reprocessed milk carton stock                | 28                 | 67                    | 25  | 65                                             |
| Mixed chemical pulps, tissue                 | 17                 | 76                    | 13  | 60                                             |
| Mixed hardwood bleached kraft, printing      | 17                 | 75                    | 11  | 59                                             |
| Aspen sulfite, tissue                        | 19                 | 77                    | 2   | 50                                             |
| Aspen and spruce sulfite, tissue             | 45                 | 46                    | 45  | 35                                             |
| Secondary waste treatment sludge             | 38                 | 5                     | 45  | 5                                              |

\* Includes ash not soluble in H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Niinsanotut lajittelurejektijätteet ovat vähemmän kemiallisesti käsiteltyjä kuin varsinaiset kuitulietteet. Rejektijätteiden sulavuus onkin huonompi kuin kuitulietteiden (MILLETTym. 1973, taulukko 13). Sellumassan ja kuitulietteiden sulavuus märehitijöillä on sitä parempi mitä vähemmän niissä on ligniiniä ja tuhkaa ja mitä enemmän niissä on hiilihydraatteja (SAARINEN ym. 1959). Tämän vuoksi valkaistut massat ovat paremmin sulavia kuin valkaisemattomat.

Taulukko 13. (MILLETT ym. 1973)

COMPOSITION AND *IN VITRO* DRY MATTER DIGESTIBILITY  
OF PULPMILL RESIDUES

| Type of residue                                  | Klason<br>lignin * | Total<br>carbohydrate | Ash | <i>In vitro</i><br>dry matter<br>digestibility |
|--------------------------------------------------|--------------------|-----------------------|-----|------------------------------------------------|
|                                                  |                    |                       |     |                                                |
| Groundwood fines                                 |                    |                       |     |                                                |
| Aspen                                            | 21                 | 73                    | 1   | 37                                             |
| Southern pine                                    | 31                 | 59                    | 1   | 0                                              |
| Spruce                                           | 31                 | 60                    | 1   | 0                                              |
| Screen rejects                                   |                    |                       |     |                                                |
| Aspen, sulfite (mill 2)                          | 19                 | 77                    | 2   | 66                                             |
| Aspen, sulfite (mill 4)                          | 20                 | 72                    | 1   | 64                                             |
| Aspen, sulfite (knotter rejects, mill 2)         | 24                 | 69                    | 2   | 58                                             |
| Mixed hardwood, sulfite (mill 1)                 | 24                 | 65                    | 14  | 54                                             |
| Aspen and spruce, sulfite (mill 3)               | 19                 | 76                    | 1   | 47                                             |
| Mixed southern hardwoods, kraft (mill 5)         | 25                 | 74                    | 9   | 44                                             |
| Chemical pulp fines                              |                    |                       |     |                                                |
| Mixed hardwood, kraft (bleached)                 | <1                 | 109                   | 1   | 95                                             |
| Mixed hardwood, sulfite (unbleached)             | 6                  | 89                    | 2   | 90                                             |
| Hemlock, sulfite, parenchyma cells, (unbleached) | 9                  | 92                    | 2   | 75                                             |
| Aspen, sulfite, parenchyma cells, (unbleached)   | 20                 | 73                    | 2   | 73                                             |
| Southern pine, kraft (unbleached, mill 5)        | 22                 | 75                    | 5   | 53                                             |
| Southern pine, kraft (unbleached, mill 6)        | 28                 | 68                    | 4   | 46                                             |

\* Includes ash not soluble in H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

SAARINEN ym. (1959) laskivat ligniinipitoisuuden ja ligniinifraktion sulavuuden riippuvan toisistaan seuraavien kaavojen mukaisesti:

$$\text{alkalisellu: sulavuus-\%} = 94 - \frac{\text{ligniini}}{\text{selluloosa}} \cdot 100 \%$$

$$\text{happokäs.sellu: sulavuus-\%} = 90 - 1,3 \cdot \frac{\text{ligniini}}{\text{selluloosa}} \cdot 100 \%$$

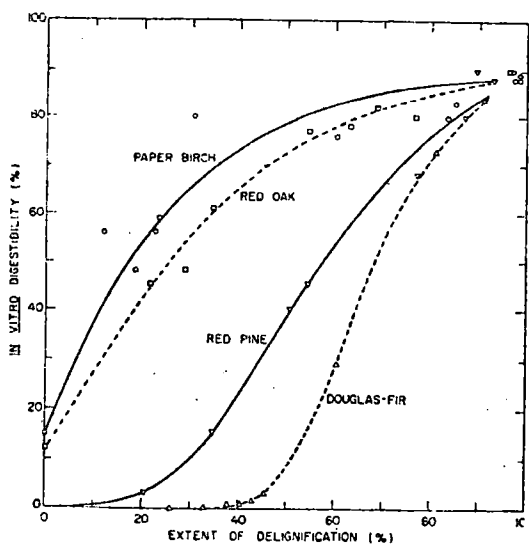
$$\text{neutraali sellu: sulavuus-\%} = 92 - 1,2 \cdot \frac{\text{ligniini}}{\text{selluloosa}} \cdot 100 \%$$

HVIDSTEN [1945, (ref. HEAD, 1961)] sai sulavuuden ja ligniinipitoisuuden väliseksi riippuvuudeksi: ka:n sulavuus-% =  $84,9 - 1,5 \times \text{ligniini-\%}$ .

Jos sellumassan ligniinipitoisuus on korkea, sulavat lehtipuista valmistetut massat paremmin kuin havupuista valmistetut massat. Jos ligniinipitoisuus on alle 7 %, on in vitro-sulavuus eri puulajeilla suunnilleen sama (BAKER, 1973).

Lehtipuumassojen sulavuus nousee ligniiniä poistettaessa nopeammin kuin havupuumassojen. Jotta saataisiin esim. 60 %:n sulavuus, pitää lehtipuumassojen ligniinistä poistaa 25-35 %, mutta havupuumassan 60-70 % (BAKER, 1973, kuvat 1 ja 2).

Kuva 1. (BAKER, 1973)



Relationship between in vitro digestibility and extent of delignification for kraft pulps made from four wood species. (M 140 060)

Kuva 2. (BAKER, 1973)

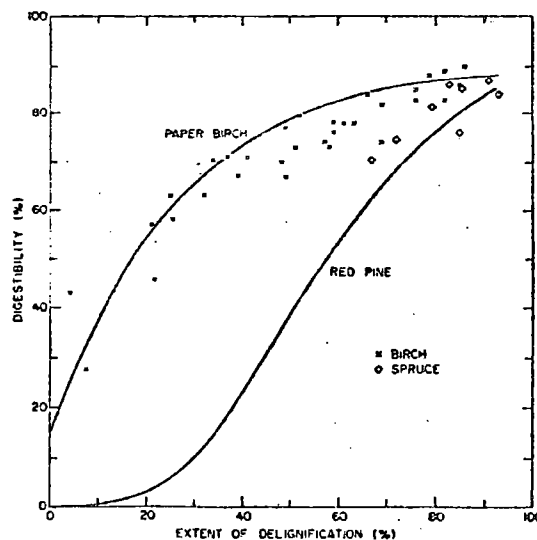
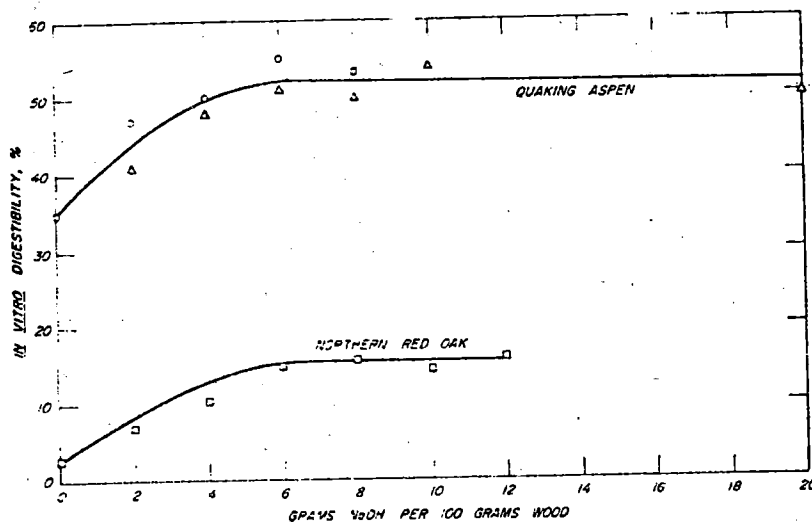


Figure 2. Relationship between digestibility and extent of delignification for wood pulps. Data from Saarinen et al. (1959). Curves from figure 1. (M 140 059)

Jauhetun puumassan sulavuutta pystytään parantamaan NaOH-käsittelyllä (FEIST ym. 1970, kuva 3).

Kuva 3. (FEIST ym. 1970)



Relationship between digestibility and degree of treatment (grams of NaOH per 100 g of wood). Quaking aspen treated with required volume of 0.5% NaOH, room temperature, 2 hr. (o); 1% NaOH, 1 hr. ( $\Delta$ ); and northern red oak, 1% NaOH, 4 hr. ( $\square$ ).

Jauhaminen (240 min Vibratory Ball myllyllä) nosti puumassan in vitro-sulavuuden haavalla 80 %:iin ja tammella 67 %:iin. Elektronisäteilytyksellä päästiin suunnilleen samaan. Sahajauhon ammoniakkikäsittely nosti in vitro-sulavuuden 33 %:sta 50 %:iin (MILLETT ym. 1970). Paitsi erilaisilla käsittelyillä, pystytään puun kuitujen sulavuuteen vaikuttamaan myös muun dieetin koostumuksella, kuten valkuais-, hiilihydraatti ja kivennäissisällöllä. Tärkkelys yleensä alentaa selluloosan sulavuutta (HEAD, 1961).

MILLETT ym. (1973) tutki saanen-vuohilla kolmen erilaisen jättekuidun sulavuutta pääasiassa sinimailasheinäjauhoa sisältävissä dieeteissä. Seosten sulavuus oli sitä parempi mitä enemmän seoksissa oli jättekuitua (taulukko 14 ja 15). Tulosten perusteella ekstrapoloitujen he saivat jätteiden kuiva-aineen ja hiilihydraattien sulavuuksiksi: lajittelurejetti 66 ja 80 %, parenkymijäte 50 ja 58 % sekä valkaistu lehtipuusulfiittijäte 80 ja 88 %. Viimemainitut olivat lähes puhdasta selluloosaa.

Mäntyä käyttävän sellutehtaan jättekuidun sulavuutta MILLETT ym. 1973 tutkivat mulleilla 0-65 %:n jättekuituannostustasoilla (taulukko 14 ja 16).

Jätekuitu korvasi dieetissä lähinnä heinää. Jätekuitu alensi jonkinverran dieetin sulavuutta. Ekstrapoloiden saatiin jätekuidun kuiva-aineen, raakakuidun ja hiilihydraattien sulavuudeksi 43, 33 ja 58 %. In vivo sulavuudet ovat alempia kuin in vitro sulavuudet varsinkin hienojakoisilla jätekuiduilla, jotka ilmeisesti kulkevat nopeasti ruuansulatuskanavan läpi.

Taulukko 14. (MILLETT ym. 1973)

| COMPOSITION OF RATIONS USED IN GOAT AND STEER DIGESTION TRIALS |                           |                           |      |      |                            |                           |    |      |    |
|----------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|------|------|----------------------------|---------------------------|----|------|----|
| Ingredient                                                     | Goat rations <sup>a</sup> |                           |      |      | Steer rations <sup>b</sup> |                           |    |      |    |
|                                                                | 0                         | Pulp content <sup>c</sup> |      |      | 0                          | Pulp content <sup>d</sup> |    |      |    |
|                                                                |                           | 20                        | 35   | 50   |                            | 20                        | 35 | 50   | 65 |
|                                                                |                           | %                         |      |      |                            |                           |    |      |    |
| Pulp residue                                                   | 0                         | 20                        | 35   | 50   | 0                          | 20                        | 35 | 50   | 65 |
| Alfalfa meal                                                   | 87                        | 65.7                      | 41.8 | 21.1 | ..                         | ..                        | .. | ..   | .. |
| Timothy hay                                                    | ..                        | ..                        | ..   | ..   | 72                         | 52                        | 37 | 22   | 7  |
| Cracked, shelled corn                                          | 5                         | 5                         | 5.7  | 5.3  | 15                         | 10.5                      | 7  | 3.5  | 0  |
| Soybean oil meal                                               | 1                         | 2                         | 10   | 16   | 5                          | 9.5                       | 13 | 16.5 | 20 |
| Molasses                                                       | 5                         | 5                         | 5    | 5    | 5                          | 5                         | 5  | 5    | 5  |
| Urea                                                           | 0                         | 0.3                       | 0.5  | 0.6  | 1                          | 1                         | 1  | 1    | 1  |
| Trace mineralized salt                                         | 1                         | 1                         | 1    | 1    | 1                          | 1                         | 1  | 1    | 1  |
| Dicalcium phosphate                                            | 1                         | 1                         | 1    | 1    | 1                          | 1                         | 1  | 1    | 1  |

<sup>a</sup> Each ration was supplemented with 2,200 IU each of vitamins A and D, and 0.2 IU of vitamin E per kilogram of feed.

<sup>b</sup> Each ration was supplemented with 1,000 IU of vitamin A and 250 IU of vitamin D per kilogram of feed.

<sup>c</sup> Three types of pulp residues were used at each of these levels: (1) screen rejects of aspen sulfite pulp from mill 2, (2) chemical pulp fines of unbleached aspen sulfite pulp consisting principally of parenchyma cells, and (3) chemical pulp fines of bleached mixed hardwood kraft pulp.

<sup>d</sup> Chemical pulp fines, southern pine, kraft (unbleached, mill 5).

Taulukko 15. (MILLETT ym. 1973)

| DIGESTIBILITY BY GOATS OF RATIONS CONTAINING PULPMILL RESIDUES |                              |              |                                |              |                                    |              |
|----------------------------------------------------------------|------------------------------|--------------|--------------------------------|--------------|------------------------------------|--------------|
| % pulp in ration                                               | Aspen sulfite screen rejects |              | Aspen sulfite parenchyma fines |              | Hardwood kraft bleached pulp fines |              |
|                                                                | Dry matter                   | Carbohydrate | Dry matter                     | Carbohydrate | Dry matter                         | Carbohydrate |
|                                                                | %                            |              |                                |              |                                    |              |
| 0                                                              | 59.9                         | 66.8         | 53                             | 58.5         | 58.7                               | 64.2         |
| 20                                                             | 57.7                         | 69.1         | 55.7                           | 64.4         | 71.9                               | 81.6         |
| 35                                                             | 62.7                         | 77.9         | 54.4                           | 61.2         | 77.8                               | 87.2         |
| 50                                                             | 64.2                         | 77.7         | 50.0                           | 54.5         | 78.0                               | 86.3         |

Taulukko 16. (MILLETT ym. 1973)

| Item                     | % pulp fines in ration |                   |                   |                   |                    |
|--------------------------|------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
|                          | 0                      | 20                | 35                | 50                | 65                 |
| Digestibility, %         |                        |                   |                   |                   |                    |
| Dry matter               | 68.0                   | 66.1              | 61.9              | 60.0              | 53.9               |
| Energy                   | 68.1                   | 64.1              | 61.0              | 57.9              | 54.4               |
| Acid detergent fiber     | 54.1                   | 56.9              | 48.2              | 43.1              | 40.1               |
| Carbohydrate             | 71.7                   | 72.8              | 69.5              | 64.1              | 58.6               |
| Rumen analysis           |                        |                   |                   |                   |                    |
| pH                       | 6.4                    | 6.6               | 6.5               | 6.6               | 6.6                |
| Ammonia, mg/100 ml       | 23.9                   | 24.4              | 16.7              | 19.5              | 16.6               |
| Total VFA, $\mu$ mole/ml | 43.6 <sup>b</sup>      | 63.1 <sup>a</sup> | 45.1 <sup>b</sup> | 83.2 <sup>a</sup> | 73.3 <sup>cd</sup> |
| Acetate, molar %         | 66.2                   | 66.7              | 61.8              | 64.6              | 65.8               |
| Propionate, molar %      | 17.0                   | 20.8              | 24.7              | 23.5              | 25.5               |
| Isobutyrate, molar %     | 0.8                    | 0.9               | 0.8               | 0.6               | 0.7                |
| Butyrate, molar %        | 14.6 <sup>b</sup>      | 9.2 <sup>cd</sup> | 11.1 <sup>a</sup> | 9.4 <sup>cd</sup> | 6.7 <sup>d</sup>   |
| Isovalerate, molar %     | 0.5                    | 1.1               | 0.9               | 0.8               | 0.6                |
| Valerate, molar %        | 0.8                    | 1.3               | 0.7               | 1.1               | 0.6                |
| Acetate/propionate ratio | 3.9 <sup>b</sup>       | 3.2 <sup>bc</sup> | 2.9 <sup>a</sup>  | 2.8 <sup>a</sup>  | 2.6 <sup>c</sup>   |
| Acetate/butyrate ratio   | 4.6 <sup>b</sup>       | 7.4 <sup>a</sup>  | 6.7 <sup>a</sup>  | 7.1 <sup>a</sup>  | 10.0 <sup>d</sup>  |

<sup>a</sup> From southern pine kraft unbleached pulp.  
<sup>b, c, d</sup> Means bearing different superscripts differ significantly ( $P < .05$ ).

LEMIEUX ja WILSON (1979) korvasivat lampailta suoritettussa sulavuuskokeessa heinää jätekuidulla. Kontrolliryhmällä kuiva-aineen in vivo -sulavuus oli 70,3 %. Kun dieetissä oli 20, 40 ja 60 % jätekuitua, olivat sulavuudet 74,6 %, 71,7 % ja 69,0 %.

DINIUS ja BOND (1975) tutkivat lehtipuuta käyttävän sellutehtaan kuitulietteen sulavuuden mulleilla. Mullit söivät keskimäärin 1,1 kg kuiva-ainetta päivässä (taulukko 17).

#### Taulukko 17.

Jätekuidun kemiallinen koostumus ja sulavuus (DINIUS ja BOND, 1975)

|                 |   | Kemiallinen koostumus | Sulavuus      |
|-----------------|---|-----------------------|---------------|
| Orgaaninen aine | % | 90,5                  | 78,9          |
| Hemiselluloosa  | % | 10,1                  | 87,7          |
| Selluloosa      | % | 58,7                  | 92,8          |
| Raaka-proteiini | % | 12,7                  | 61,4          |
| Eetteri-uute    | % | 1,7                   | ei määritetty |
| Tuhka           | % | 9,5                   | 42,8          |

Mullit olivat tässä kokeessa lievästi negatiivisessa tyypitaseessa. Yleensäkin jätekuidun sulattaminen kuluttaa valkuaista ja alentaa myös perusrehun typen hyväksikäyttöä. POIJÄRVI(1943) on todennut kilon rehuselluloosan sulatukseen tarvittavan 20-40 grammaa lisää sulavaa valkuaista. HVIDSTEN (1940) totesi siihen tarvittavan 45 grammaa.



SÖDERHJELM ja LAMPILA (1976) määrittivät, pässeillä suoritetun sulavuuskokeen pohjalta, säilörehun seassa puristeiden sitojana olleen sulfaattisellutehtaan jätekuidun orgaanisen aineen sulavuudeksi n. 84 % ja täyttävyydeksi 1,13 kg ka/ry.

### 3.2. Kuitulietteiden tuotantovaikutus

Heikohkon rehuarvonsa vuoksi on jätekuituja tutkittu lähinnä alhaisessa tuotannossa olevilla märehitijöillä.

MILLETTin ym. (1973) kokeessa kasvoivat mullit kontrollirehulla 0,77 kg/pv. Valkaisematonta sulfaattisellutehtaan jätekuitua saaneet eläimet söivät enemmän mutta kasvoivat merkitsevästi ( $P < 0,05$ ) hitaammin (= 0,54 kg/pv) kuin kontrolliryhmän eläimet (taulukot 14 ja 18).

#### Taulukko 18.

Mullien kasvu ja syönti jätekuitudieetillä (MILLETT ym. 1973)

|                                    | Jätekuitua % annoksessa |                    |
|------------------------------------|-------------------------|--------------------|
|                                    | 0                       | 50                 |
| Keskimääräinen kasvu kg/pv         | 0,77 <sup>a)</sup>      | 0,54 <sup>b)</sup> |
| Päivittäinen syönti, % elopainosta | 2,84                    | 2,48               |
| Rehun kulutus kg ka/lisäkasvu kg   | 9,44                    | 11,69              |

a,b) merkitsevä ero  $P < ,05$ )

Myös FRITSCHELin ym. (1976) kokeessa kasvoivat alkupainoltaan keskimäärin 223 kiloiset mullit valkaisematonta ammoniumsulfiittisellutehtaan jätekuitua sisältäneellä rehulla selvästi huonommin (0,45 kg/pv) kuin sinimailasheinäsäilörehulla (1,09 kg/pv). Lisäkasvukiloa kohti kuluttivat kontrolliryhmän eläimet 7,8 kg ka rehua, vastaavan kulutuksen ollessa jätekuityryhmällä peräti 17,1 kg ka (taulukko 19).

## Taulukko 19.

Mullien kasvu ja rehunkulutus sinimailas-heinäsäilörehulla ja jätekuidulla (FRITSCHER ym. 1976)

|                                      | Kontrolli<br>(heinäsäilörehu+<br>heinä) | Jätekuitu               |
|--------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------|
| Alkupaino kg                         | 226,6 ± 10                              | 220,7 ± 16              |
| Loppupaino kg                        | 336,2 ± 16                              | 266,5 <sup>a</sup> ± 22 |
| Kasvu kg/pv                          | 1,09 ± 0,11                             | 0,45 ± 0,10             |
| Kuiva-aineen syönti kg/pv            | 8,50                                    | 7,68                    |
| Rehunkulutus kg ka/lisä-<br>kasvu kg | 7,8                                     | 17,1                    |

a)  $P < ,005$

Myöskin suuremmat mullit kasvoivat jätekuitua sisältäneellä pelletti-  
rehulla huomattavasti enemmän kuin maissisäilörehulla (FRITSCHER ym. 1976,  
taulukko 20)

## Taulukko 20.

Mullien kasvu ja rehunkulutus maissisäilörehulla ja jätekuidulla  
(FRITSCHER ym. 1976)

|                                     | Maissisäilörehu          | Jätekuitu                 |
|-------------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Alkupaino kg                        | 388,6 ± 21               | 380,3 ± 24                |
| Loppupaino kg                       | 417,6 <sup>a</sup> ± 21  | 393,7 <sup>b</sup> ± 24   |
| Kasvu kg/pv                         | 1,38 <sup>a</sup> ± 0,27 | 0,638 <sup>b</sup> ± 0,55 |
| Kuiva-aineen syönti kg/pv           | 11,9 <sup>a</sup>        | 9,0 <sup>b</sup>          |
| Rehunkulutus kg ka/<br>lisäkasvu kg | 8,6                      | 14,1                      |

$P < ,05$

DINIUS ja BOND (1975) korvasivat heinää lehtipuuta käyttävän ammonium-  
sulfiittisellutehtaan jätekuidulla ja soijalla. Hiehot kasvoivat  
tässä kokeessa (ehkä soijan ansiosta) paremmin koerehulla kuin hei-  
nällä (taulukot 21 ja 22).

Taulukko 21. (DINIUS ja BOND, 1975)

EXPERIMENTAL DIETS FOR RUMINAL FLUID, GROWTH AND  
PREGNANT HEIFER TRIALS

| Item                                            | IRN No.  | Diet <sup>a</sup> |       |      |
|-------------------------------------------------|----------|-------------------|-------|------|
|                                                 |          | 1                 | 2     | 3    |
|                                                 |          | %                 |       |      |
| Ingredient                                      |          |                   |       |      |
| Woodpulp fines                                  |          | ...               | 50.0  | 75.0 |
| Orchardgrass, hay, s-c, grnd.                   | 1-03-438 | 75.0              | 25.0  | ...  |
| Corn, grain, cracked, mx 4%<br>foreign material | 4-02-861 | 11.25             | ...   | ...  |
| Soybeans, seeds, solv-extd<br>grnd, mx 7% fiber | 5-04-604 | ...               | 11.25 | 10.0 |
| Molasses, sugarcane, mn 48%<br>invert sugar     | 4-04-696 | 10.0              | 10.0  | ...  |
| Alfalfa, aerial part, dehy grnd.                | 1-00-025 | ...               | ...   | 11.0 |
| Urea                                            |          | 1.75              | 1.75  | 1.75 |
| Trace mineral salt <sup>b</sup>                 |          | 1.0               | 1.0   | 1.0  |
| Dicalcium phosphate                             |          | 1.0               | 1.0   | 1.0  |
| Potassium chloride                              |          | ...               | ...   | .25  |
| Composition                                     |          |                   |       |      |
| Dry matter                                      |          | 91.4              | 84.1  | 83.9 |
| Crude protein, dry basis                        |          | 12.5              | 13.2  | 12.3 |
| Neutral-detergent fiber, dry basis              |          | 60.4              | 72.0  | 91.9 |
| Acid-detergent fiber, dry basis                 |          | 35.2              | 60.5  | 82.1 |

<sup>a</sup>Each diet was supplemented with 2,000 IU of vitamin A and 275 IU of vitamin D per kilogram of feed.

<sup>b</sup>The trace mineral salt mix contained not less than 96.0% salt, .25% zinc, .20% manganese, .125% iron, .025% copper, .005% iodine and .005% cobalt.

Taulukko 22.

Tulokset lihantuotantokokeesta hiehoilla (DINIUS ja BOND, 1975)

|                                       | Dieetti           |                   |
|---------------------------------------|-------------------|-------------------|
|                                       | Heinä             | 50 % jätekuitua   |
| Hiehojen lukumäärä                    | 15                | 15                |
| Alkupaino kg                          | 264               | 263               |
| Keskimääräinen kasvu kg/pv            | 0,47 <sup>a</sup> | 0,74 <sup>b</sup> |
| Kuiva-aineen syönti,<br>% elopainosta | 2,81              | 3,21              |
| Syönti kg ka/lisäkasvu kg             | 16,99             | 12,93             |

P < ,001

3.3. Kuitulietteiden vaikutus pötsikäymisiin ja terveydentilaan DINIUKSEN ja BONDIN (1975) kokeissa mullien pötsin pH oli jätekuitudieetillä selvästi ( $P = 0,05$ ) alhaisempi kuin heinädieetillä (taulukko 21 dieetit 1 ja 3). Pötsinesteen ammoniakkipitoisuus oli heinädieetillä 1,5 tunnin kuluttua ruokinnasta korkeampi kuin jätekuitudieetillä. Ero ei kuitenkaan ollut merkitsevä ( $P = 0,05$ ). Pötsinesteen haihtuvien rasvahappojen konsentraatio oli jätekuitudieetin eläimillä korkeampi ( $P = 0,01$ ) kuin heinädieetin eläimillä. Jätekuitudieettiä syöneiden eläinten pötsinesteen etikkahappopitoisuus oli hieman alhaisempi mutta propionihappo konsentraatio korkeampi kuin heinädieettiä syöneiden eläinten vastaavat pitoisuudet. Etikkahappo-propionihapposuhdetta jätekuitu alensi erittäin merkittävästi (kuvat 4 ja 5). Jätekuitu alensi myös pötsinesteen voihappopitoisuutta (taulukko 23). Tutkijat katsoivat tuloksen pitävän yhtä ØRSKOVIN ja OLTJEN (1976) tutkimusten kanssa, jotka osoittivat pötsinesteen voihappopitoisuuden olevan sitä alhaisemman mitä korkeampi on dieetin selluloosapitoisuus.

#### Taulukko 23.

Mullien pötsinesteen VFA-koostumus jätekuitu- ja heinädieeteillä (DINIUS ja BOND, 1975).

| VFA                | Dieetti | Jätekuitu  | Heinä      |
|--------------------|---------|------------|------------|
| Etikkahappo        |         | 66,1 ± 5,5 | 68,4 ± 1,8 |
| Propionihappo      |         | 28,0 ± 6,0 | 18,8 ± 1,1 |
| Voihappo           |         | 5,0 ± 0,7  | 9,9 ± 1,1  |
| Isovoihappo        |         | 0,2 ± 0,1  | 0,7 ± 0,2  |
| Valeriaanahappo    |         | 0,6 ± 0,2  | 0,9 ± 0,2  |
| Isovaleriaanahappo |         | 0,2 ± 0,1  | 1,3 ± 0,5  |

Kuva 4. (DINIUS ja BOND, 1975)

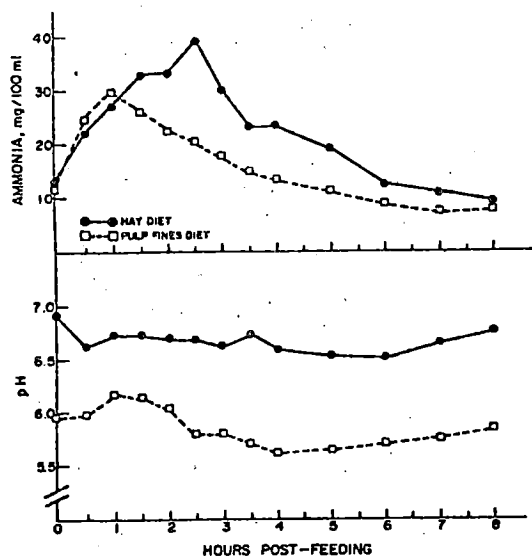


Figure 1. Ruminal fluid ammonia concentration and pH of steers fed diets containing 75% wood pulp fines or 75% orchardgrass hay.

Kuva 5. (DINIUS ja BOND, 1975)

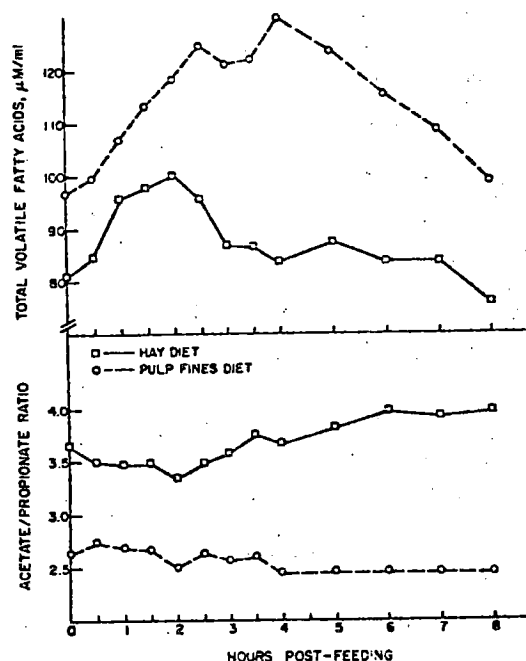


Figure 2. Total volatile fatty acids and acetate/propionate ratio in ruminal fluid of steers fed diets containing 75% wood pulp fines or 75% orchardgrass hay.

MILLETT ym. (1973) eivät todenneet jätekuituruokinnan vaikuttavan mullien pötsinesteen pH-arvoihin. Pötsinesteen ammoniumpitoisuus ja rasvahappojen kokonaismäärä nousi dieetin jätekuutumäärän noustessa. Etikkahappo-propionihapposuhde laski, propionihappo-pitoisuus nousi ja voihappopitoisuus laski jätekuidun osuuden lisääntyessä dieetissä kuten DINIUKSEN ja BONDINKIN (1975) tutkimuksissa (taulukko 16).

MILLETT ym. (1973) totesivat mullien pötsin protozoa- ja bakteeri-populaation jätekuitturuokinnalla muistuttavan korsirehuruokinnalla olevien eläinten vastaavaa (taulukot 24 ja 25).

Taulukko 24. (MILLETT ym. 1973)

PROTOZOA POPULATION OF RUMINAL INGESTA FROM STEERS  
FED VARYING LEVELS OF PULP FINES

| Protozoa                                | % pulp fines in ration |                    |                    |                    |                    |
|-----------------------------------------|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                                         | 0                      | 20                 | 35                 | 50                 | 65                 |
| Total protozoa/ml (x 10 <sup>-8</sup> ) | 101.2 <sup>ab</sup>    | 75.5 <sup>a</sup>  | 131.4 <sup>b</sup> | 94.9 <sup>ab</sup> | 183.9 <sup>a</sup> |
| Classification (% of total)             |                        |                    |                    |                    |                    |
| Holotrich                               |                        |                    |                    |                    |                    |
| <i>Isotricha prostoma</i>               | 0.2                    | 1.1                | 0.3                | 0.6                | 1.8                |
| <i>Isotricha intestinalis</i>           | 0.2                    | 0.9                | 0.1                | 0.3                | 0.3                |
| <i>Dasytricha ruminatum</i>             | 1.2                    | 4.1                | 3.7                | 2.6                | 6.2                |
| Entodiniomorph                          |                        |                    |                    |                    |                    |
| <i>Diplodinium</i>                      | 1.4                    | 1.9                | 0.9                | 3.2                | 0.2                |
| <i>Entodinium</i>                       | 7.5 <sup>a</sup>       | 9.6 <sup>a</sup>   | 11.6 <sup>ab</sup> | 20.7 <sup>ba</sup> | 30.2 <sup>c</sup>  |
| Small entodiniomorph <sup>d</sup>       | 73.3 <sup>a</sup>      | 64.9 <sup>ab</sup> | 72.4 <sup>a</sup>  | 57.8 <sup>b</sup>  | 53.3 <sup>b</sup>  |
| Large entodiniomorph <sup>e</sup>       | 3.3                    | 4.2                | 0.8                | 5.4                | 3.0                |
| <i>Entodinium candatum</i>              | 4.6                    | 4.3                | 7.1                | 3.2                | 1.9                |
| <i>Entodinium dendatum</i>              | 8.3                    | 8.8                | 3.1                | 6.2                | 0.9                |
| <i>Ophryscolex</i>                      | 0.0                    | 0.2                | 0.0                | 0.0                | 2.2                |

<sup>a, b, c</sup> Means bearing different superscripts differ significantly (P<0.05).

<sup>d</sup> Small entodiniomorph were similar in size to the smaller forms of *Entodinium* and *Diplodinium*. However, it was not possible to positively identify the genera to which these organisms belonged; therefore they were grouped separately.

<sup>e</sup> The larger entodiniomorph includes all the larger forms of protozoa not identified as *Entodinium*, *Diplodinium*, *Ophryscolex*, or holotrichs.

Taulukko 25. (MILLETT ym. 1973)

BACTERIA POPULATION OF RUMINAL INGESTA FROM STEERS  
FED VARYING LEVELS OF PULP FINES

| Bacteria                                | % pulp fines in ration |                   |                    |                    |                    |
|-----------------------------------------|------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                                         | 0                      | 20                | 35                 | 50                 | 65                 |
| Total bacteria/ml (x 10 <sup>-8</sup> ) | 39.9 <sup>b</sup>      | 14.5 <sup>a</sup> | 41.8 <sup>b</sup>  | 45.1 <sup>b</sup>  | 50.6 <sup>b</sup>  |
| Morphology (% of total)                 |                        |                   |                    |                    |                    |
| Gram-negative                           |                        |                   |                    |                    |                    |
| Spirilla                                | 0.0                    | 0.0               | 0.0                | 0.4                | 0.0                |
| Straight rods <sup>d</sup>              | 15.8 <sup>a</sup>      | 20.2 <sup>a</sup> | 21.9 <sup>ab</sup> | 17.9 <sup>a</sup>  | 30.2 <sup>b</sup>  |
| Curved rods <sup>d</sup>                | 3.4                    | 4.4               | 4.9                | 4.4                | 8.5                |
| Curved rods <sup>e</sup>                | 1.5                    | 6.6               | 8.3                | 3.0                | 6.7                |
| Cocci                                   | 39.7 <sup>ba</sup>     | 51.1 <sup>c</sup> | 22.7 <sup>a</sup>  | 35.7 <sup>ab</sup> | 31.6 <sup>ab</sup> |
| Gram-positive                           |                        |                   |                    |                    |                    |
| Straight rods <sup>f</sup>              | 14.3                   | 7.5               | 9.2                | 8.4                | 9.4                |
| Straight rods <sup>g</sup>              | 0.5                    | 0.7               | 0.0                | 0.0                | 0.0                |
| Curved rods                             | 3.1                    | 0.7               | 0.0                | 0.0                | 0.0                |
| Cocci                                   | 21.7 <sup>ba</sup>     | 8.6 <sup>a</sup>  | 31.8 <sup>c</sup>  | 29.1 <sup>c</sup>  | 12.0 <sup>ab</sup> |

<sup>a, b, c</sup> Means bearing different superscripts differ significantly (P<0.05).

<sup>d</sup> Rods greater than 2  $\mu$  in length.

<sup>e</sup> Rods 2  $\mu$  or less in length.

<sup>f</sup> Rods greater than 1  $\mu$  in length.

<sup>g</sup> Rods 1  $\mu$  or less in length.

LEMIEUX ja WILSON (1979) tutkivat erilaisia määriä (taulukko 26) ammoniumsulfiiittisellutehtaan jätekuitua dieeteissään saaneiden lampaiden veren koostumusta sekä ruhon teuraslaatua. Dieetillä ei ollut vaikutusta seerumin valkuais-, albumiini- eikä globuliini-arvoihin eikä fosfori-, kalsium-, kalium- ja kuparipitoisuuksiin. Eläimillä oli vapaa suolan saantimahdollisuus. Kontrollieläinten seerumin natriumpitoisuus oli korkeampi kuin jätekuityryhmien eläinten (taulukko 27). Myöskään teuraslaatuarvoihin ei dieeteillä ollut vaikutusta (taulukko 28):

Taulukko 26. (LEMIEUX ja WILSON, 1979)

| Item                                            | Internat'l<br>Ref. No. | Control | Diet       |            |            |            |            |
|-------------------------------------------------|------------------------|---------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                                                 |                        |         | 20%<br>WPF | 40%<br>WPF | 60%<br>WPF | 67%<br>WPF | 23%<br>WPF |
| <b>Ingredients, %<sup>a</sup></b>               |                        |         |            |            |            |            |            |
| Wood pulp fines                                 |                        | ...     | 20.0       | 39.8       | 59.8       | 66.6       | 23.1       |
| Timothy hay, s-c, mature, chop                  | 1-04-888               | 14.9    | ...        | ...        | ...        | 9.5        | 9.5        |
| Alfalfa hay, s-c, cut 2, chop                   | 1-00-075               | 34.9    | 40.0       | 29.9       | 19.9       | ...        | ...        |
| Corn, grain, rolled                             | 4-02-931               | 49.7    | 38.0       | 20.7       | 3.6        | ...        | 53.1       |
| Soybeans, seeds, solv-extd<br>grnd, mx 7% fiber | 5-04-604               | ...     | 2.0        | 9.2        | 16.3       | 23.3       | 12.8       |
| Potassium sulfate                               |                        | .5      | ...        | ...        | ...        | ...        | .76        |
| Calcium diphosphate                             |                        | ...     | ...        | .4         | .4         | .2         | ...        |
| Limestone, grnd                                 |                        | ...     | ...        | ...        | ...        | .4         | .64        |
| Magnesium oxide                                 |                        | ...     | ...        | ...        | ...        | ...        | .08        |
| Vitamin A, D, E premix <sup>b</sup>             |                        | ...     | ...        | ...        | ...        | .02        | .02        |
| Dry matter, %                                   |                        | 88.1    | 57.0       | 43.4       | 35.2       | 32.0       | 54.9       |
| <b>Percentage of diet dry matter</b>            |                        |         |            |            |            |            |            |
| Crude protein                                   |                        | 13.2    | 13.2       | 13.5       | 14.3       | 14.4       | 13.7       |
| Neutral detergent fiber                         |                        | 36.7    | 44.5       | 55.6       | 68.3       | 73.6       | 39.6       |
| Acid detergent fiber                            |                        | 20.0    | 33.2       | 47.5       | 61.3       | 66.7       | 28.9       |

<sup>a</sup>Percentage of diet dry matter; trace mineral salt fed at rate of 10 g/head/day, and was available *ad libitum*; the salt mix contained: 95 to 98% salt, .35% zinc, .28% manganese, .176% iron, .035% copper, .007% iodine and .007% cobalt.

<sup>b</sup>The vitamin premix supplied 1,320 IU of vitamin A, 880 IU of vitamin D, and trace amounts of vitamin E/kg of diet dry matter.

## Taulukko 27.

Seerumin valkuaisen , veren, ureatypen ja kivennäistason keskiarvot lampailta (LEMIEUX ja WILSON, 1979)

|                               | Kont-<br>rolli       | Dieetti            |                     |                      |                     |                    |
|-------------------------------|----------------------|--------------------|---------------------|----------------------|---------------------|--------------------|
|                               |                      | 20                 | 40                  | Jätekuitua %         |                     | 23                 |
|                               |                      |                    |                     | 60                   | 67                  |                    |
| Lampaiden lukum.              | 7                    | 8                  | 8                   | 5                    | 8                   | 8                  |
| Kokon.valk.g/100 ml           | 7,36                 | 7,19               | 7,24                | 7,51                 | 7,23                | 7,09               |
| Albumin g/100 ml              | 2,34                 | 2,39               | 2,39                | 2,41                 | 2,37                | 2,36               |
| Globulin g/100 ml             | 5,02                 | 4,80               | 4,85                | 5,10                 | 4,86                | 4,73               |
| Veren ureatyyppi<br>mg/100 ml | 15,97 <sup>bcd</sup> | 13,60 <sup>d</sup> | 14,33 <sup>cd</sup> | 17,82 <sup>bcd</sup> | 18,09 <sup>bc</sup> | 18,53 <sup>b</sup> |
| Epäorg. fosfori<br>mg/100 ml  | 7,41                 | 7,75               | 7,60                | 8,29                 | 7,63                | 8,05               |
| Natrium meq/litra             | 257,6 <sup>b</sup>   | 201,5 <sup>c</sup> | 180,6 <sup>d</sup>  | 175,8 <sup>de</sup>  | 173,1 <sup>de</sup> | 167,1 <sup>e</sup> |
| Kalsium mg/100 ml             | 9,89                 | 10,08              | 10,08               | 10,25                | 10,45               | 9,98               |
| Magnesium mg/100 ml           | 2,25 <sup>c</sup>    | 2,11 <sup>c</sup>  | 2,19 <sup>c</sup>   | 2,11 <sup>c</sup>    | 2,05 <sup>c</sup>   | 2,69 <sup>b</sup>  |
| Kalium meq/litra              | 5,84                 | 5,79               | 5,74                | 5,61                 | 5,90                | 5,40               |
| Kupari mg/litra               | 0,88                 | 0,90               | 0,98                | 1,00                 | 1,03                | 1,09               |

P < 0,01

## Taulukko 28.

Teurastulokset lammaskokeista (LEMIEUX ja WILSON, 1979)

|                                               | Kont-<br>rolli | Dieetti |      |              |      |      |
|-----------------------------------------------|----------------|---------|------|--------------|------|------|
|                                               |                | 20      | 40   | Jätekuitua % |      | 23   |
|                                               |                |         |      | 60           | 67   |      |
| Lampaiden lukum.                              | 8              | 8       | 8    | 8            | 8    | 8    |
| Teuraspaino kg                                | 23,3           | 22,8    | 23,9 | 22,0         | 23,0 | 23,9 |
| Teurasprosentti                               | 50,6           | 49,3    | 50,6 | 51,1         | 50,1 | 52,4 |
| Rasvan paksuus cm                             | 0,52           | 0,54    | 0,47 | 0,42         | 0,45 | 0,47 |
| Munuaisrasva %                                | 3,5            | 3,6     | 3,7  | 3,8          | 3,8  | 3,9  |
| Pitkä selkälihas<br>pinta-ala cm <sup>2</sup> | 14,1           | 14,3    | 15,9 | 14,2         | 14,8 | 15,3 |



RIQUELMEN ym. (1975) tutkimuksissa runsaasti puun kuitua sisältävät rehut alensivat lampaiden teurasprosentteja, kyljyksen pinta-alaa ja munuaisrasvojen määrää. Teuraslaatuarvoihin ruokinnalla ei ollut vaikutusta (taulukko 29).

Taulukko 29.

Teurastuloksia puunkuitua syöneillä lampailla

|                                   | Kont-<br>rolli     | 60 % kuitua                    |                    |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------|
|                                   |                    | Sellunkeittomenetelmä<br>Kraft | Sulfiitti          |
| Teurasprosentti                   | 56,96 <sup>a</sup> | 52,57 <sup>b</sup>             | 53,63 <sup>b</sup> |
| Takarasvan paksuus cm             | 1,05 <sup>a</sup>  | 0,74 <sup>b</sup>              | 0,75 <sup>b</sup>  |
| Kyljys-pinta-ala, cm <sup>2</sup> | 17,24 <sup>a</sup> | 16,25 <sup>a</sup>             | 15,31 <sup>a</sup> |
| Munuais- ja lantiorasva %         | 4,57 <sup>a</sup>  | 3,29 <sup>a</sup>              | 3,39 <sup>a</sup>  |
| Laatuluokka                       | 12,77 <sup>a</sup> | 12,00 <sup>a</sup>             | 12,00 <sup>a</sup> |
|                                   | 42,15 <sup>a</sup> | 43,79 <sup>b</sup>             | 43,76 <sup>b</sup> |

#### 4. KUITULIETTEET SÄILÖREHUN PURISTEMEHUN SITOJANA

Säilörehuista poistuu säilönnän alkuvaiheessa puristemehuina 0-30 % tuorepainosta, mikä määrä riippuu ennen kaikkea raaka-aineen kuiva-ainepitoisuudesta (taulukko 30). Veden ohella puristeissa poistuu lähinnä tuhkaa ja orgaanisen aineen helppoliukoisia osia (taulukot 31 ja 32). Arvokkaiden ravintoaineiden hävikin lisäksi syntyy huomattavia jäteongelmia: maamme kaikista rehusäiliöistä maaperään valuva puristemehu aiheuttaa vesistölle suuremman hapetuskuorman kuin 0,5 miljoonan asukkaan jätevedet aiheuttavat (PANKAKOSKI, 1974).

Taulukko 30.

Puristeiden muodostuminen säilörehusta (MO, 1978)

| Laskentakaava                    | Erittymisen<br>loppumis -ka-% | Lähde                   |
|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| $D = 17,614 - 0,538x$            | 32,7                          | MILLER & CLIFTON (1965) |
| $V = 66,94 - 2,224x$             | 30,0                          | SUTTER (1957)           |
| $Y = 50,52 - 1,802x$             | 28,0                          | MO (1975)               |
| $Y = 83,26 - 5,418x + 0,0883x^2$ | 29,9                          | ZIMMER (1967)           |

D= Puristemehutappio, % ka, X= Ruohon ka-%, V= Puristemehun määrä, 1/100 kg ruohoa, Y= Puristemehun paino, % ruohon painosta

## Taulukko 31.

Puristemehun koostumus ja puristemehun muodostumisesta johtuneiden tappioiden suuruus (RISSANEN ja KOSSILA, 1977)

|            | Koostumus<br>— % — | Tappio, % raaka-aineen määrästä |
|------------|--------------------|---------------------------------|
| Kuiva-aine | 4,16               | 4,5                             |
| Tuhka      | 1,09               | 14,3                            |
|            | — g/kg —           |                                 |
| Ca         | 0,42               | 12,8                            |
| P          | 0,21               | 10,0                            |
| Mg         | 0,17               | 13,7                            |
| K          | 3,88               | 19,0                            |
|            | — mg/kg —          |                                 |
| Na         | 4,7                | 11,9                            |
| Fe         | 31,9               | 15,0                            |
| Cu         | 0,3                | 4,8                             |
| Zn         | 4,7                | 13,0                            |
| Mn         | 10,2               | 13,9                            |

## Taulukko 32.

Puristemehun kemiallinen koostumus (SAUE, 1975)

|                      | g/100 g puristemehua |        |               |                    |                  |                 |                   |
|----------------------|----------------------|--------|---------------|--------------------|------------------|-----------------|-------------------|
|                      | Kuiva-<br>aine       | Sokeri | Voi-<br>happo | Propioni-<br>happo | Etikka-<br>happo | Maito-<br>happo | Muurah.-<br>happo |
| Heti säilönnän jälk. | 3,87                 | 1,34   | 0,00          | 0,00               | 0,03             | 0,12            | 0,51              |
| 4 kk " "             | 5,88                 | 0,30   | 0,12          | 0,15               | 0,50             | 1,59            | 0,37              |

MTTK:n Kotieläinhoidon laitoksella on Keskuslaboratorio Oy:n kanssa yhteistyössä tutkittu kuivattujen kuitulietteiden kelpoisuutta säilörehun puristemehun sidontaan. Ensimmäisessä kokeessa valmistettiin neljä säilörehua, joista yksi oli normaali heinäurmesta tehty säilörehu, toisessa oli ruohon seassa 10 %, kolmannessa 30 % ja neljännessä 50 % kuiva-aineesta kuivattua Kaukas Oy:n allaslietettä. Tavallisesta säilörehusta poistui peräti 30,3 % tuorepainosta puristemehuna. Mitä enemmän seoksessa oli kuitulietettä sitä pienempiä olivat tuorepainotappiot (22,6 %, 13,3 % ja 4,2 %). Kuitulietteen puristeenpidätys (kg) kuiva-ainekiloaan kohti pieneni (4,85, 2,83, 1,97) kuitenkin seoksen kuituprosentin suureudessa. Rehun laatua ja säilöntätappioita ajatellen

osoittautui "normaaliolosuhteissa" sopivimmaksi kuitulietteen määräksi 20-30 % seoksen kuiva-aineesta (SÖDERHJELM ja LAMPILA, 1976, taulukko 33).

Taulukko 33.

Jätekuidun puristeiden sidontateho (SÖDERHJELM ja LAMPILA, 1976)

| Jätekuitua % seoksen ka:sta  | 50    | 30    | 10    | 0     |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Ruohon määrä, kg             | 700   | 850   | 1050  | 1250  |
| Jätekuidun määrä, kg         | 108   | 57    | 18,5  | -     |
| Seoksen ka, %                | 23,2  | 17,6  | 14,3  | 13,0  |
| Puristeen määrä, kg          | 34,9  | 122,9 | 245,9 | 386,9 |
| Puristetta, % tuorepainosta  | 4,2   | 13,3  | 22,6  | 30,3  |
| Jätekuidun sitoma puriste kg | 191,9 | 145,8 | 81,0  | -     |
| " " " kg/kgka                | 1,97  | 2,83  | 4,85  | -     |

Toisessa kokeessa lisättiin apilan sekaan kolmea erilaista kuitulietettä (Kaukas Oy:n, Rauma-Repola Oy:n ja Rosenlew Oy:n) n. 25 % kunkin seoksen kuiva-aineesta. Kaukaan kuitu sitoi muihin verrattuna kaksinkertaisen määrän puristeita rehuseokseen. Kuitulisäykset pienensivät säilöntävaiheen tuorepainotappiot 24 %:sta 11-15 %:iin ja kuiva-ainetappiot 9,3 %:sta 0,9-2,1 %:iin. Parhaiten kuitulieteteistä näytti tähän tarkoitukseen soveltuvan Kaukas Oy:n kuitu. Kuitulietettä sisältäneet rehut säilyivät hyvin ja seosten rehuarvo oli kontrollisäilörehujen luokkaa (LAMPILA ja KOMMARI, 1976, taulukot 34, 35 ja 36)

Taulukko 34.

Raaka-aineiden keskimääräinen kemiallinen koostumus (LAMPILA ja KOMMARI, 1976)

|                   | Ruoho |        | Jätekuidut |              |
|-------------------|-------|--------|------------|--------------|
|                   |       | Kaukas | Rosenlew   | Rauma-Repola |
| Kuiva-aine, %     | 19,56 | 82,21  | 87,20      | 97,13        |
| Kuiva-aineessa, % |       |        |            |              |
| - tuhka           | 9,45  | 3,27   | 6,49       | 7,24         |
| - raakavalk.      | 21,46 | 1,06   | 1,88       | 0,94         |
| - raakarasva      | 2,59  | 0,91   | 1,99       | 7,90         |
| - raakakuitu      | 22,32 | 77,83  | 65,76      | 62,74        |
| - N-vap. uuteain. | 44,18 | 16,92  | 23,88      | 21,18        |

Taulukko 35.

Puristeiden erittyminen ja jätekuidun vedensidonta (LAMPILA ja KOMMERI, 1976)

| Käytetty jätekuitu                                   | SIILO 1<br>Kaukas | SIILO 2<br>Rosenlew | SIILO 3<br>Rauma-Repola | SIILO 4<br>- |
|------------------------------------------------------|-------------------|---------------------|-------------------------|--------------|
| Siilossa vettä kg                                    | 900               | 897                 | 889                     | 1085         |
| Puristemehua kg                                      | 96                | 152                 | 150                     | 253          |
| Puristemehua % vedestä                               | 10,7              | 16,9                | 16,9                    | 23,3         |
| Jätekuitu sitoi puristetta kg                        | 114               | 57                  | 58                      |              |
| Jätekuidun sitoma puristemehu % rehun vedestä        | 12,7              | 6,4                 | 6,5                     |              |
| Jätekuidun sitoma puriste % poistuneesta puristeesta | 119               | 38                  | 39                      |              |
| Puristetta pidättyi kg/kg ka jätekuitua              | 1,73              | 0,84                | 0,86                    |              |

Taulukko 36.

Hävikit varastoinnin aikana eri siiloissa prosentteina (LAMPILA ja KOMMERI, 1976)

| Käytetty jätekuitu  | SIILO 1<br>Kaukas | SIILO 2<br>Rosenlew | SIILO 3<br>Rauma-Repola | SIILO 4<br>- |
|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------------|--------------|
| Tuorepaino          | 10,8              | 13,4                | 15,0                    | 23,8         |
| Kuiva-aine          | 2,1               | 0,9                 | 1,9                     | 9,3          |
| Tuhka               | 2,2               | 6,4                 | 8,1                     | 16,7         |
| Org.aine            | 2,1               | -1,6                | 3,3                     | 8,6          |
| Raakavalkuainen     | 16,9              | 4,7                 | 10,6                    | 9,2          |
| Raakarasva          | -41,1             | -47,0               | -38,3                   | -57,5        |
| Raakahiilihydraatit | 0,2               | -1,5                | 1,3                     | 10,9         |
| - raakakuitu        | -13,7             | -7,4                | -7,3                    | 9,8          |
| - N-vap. uuteain.   | 13,5              | 3,6                 | 8,7                     | 11,5         |

Siiloista 2, 3 ja 4 suurin osa puristeista poistui jo 4 ensimmäisen päivän aikana kuten yleensäkin säilörehuista. Sensijaan siilosta 1, jossa oli Kaukas Oy:n kuitua, puristeiden poistuminen oli hitaampaa. Puristemehun koostumukseen jätekuitulisyys ei vaikuttanut (taulukko 37).

## Taulukko 37.

Puristemehujen koostumus (LAMPILA ja KOMMERI, 1976)

| Käytetty jätekuitu | SIILO 1<br>Kaukas | SIILO 2<br>Rosenlew | SIILO 3<br>Rauma-Repola | SIILO 4<br>- |
|--------------------|-------------------|---------------------|-------------------------|--------------|
| Puristemehua kg    | 96                | 152                 | 150                     | 252          |
| pH                 | 4,33              | 4,54                | 4,36                    | 4,48         |
| kuiva-aine-%       | 6,12              | 6,31                | 6,22                    | 6,15         |
| tuhka-%            | 1,61              | 1,61                | 1,60                    | 1,52         |
| raakavalkuais-%    | 1,01              | 0,95                | 0,98                    | 1,02         |
| ominaispaino       | 1,03              | 1,03                | 1,03                    | 10,3         |

Kolmannessa kokeessa sekoitettiin ruuhon ja kuitulietteeseen sokerteollisuuden jätteitä. Lähinnä sokerin tarkoituksena oli parantaa kuitulietteen maittavuutta.

Tässä kokeessa jätekuitulisäys ehkäisi puristeiden erittymisen lähes 100 %:sti. Säilöntätappiot pysyivät kaikissa rehuissa pieninä. Yhtä rehua lukuunottamatta olivat kuiva-aineen ja orgaanisen aineen hävikit vain n. 5-6 %. Jauhettu melassileike ja jätemelassi eivät sekoittuneet jätekuituun niin hyvin, että niillä olisi ollut vaikutusta jätekuidun maittavuuteen, vaan eläimet pyrkivät varistamaan jätekuutua säilörehusta kuten muissakin kokeissa (taulukko 38, KOMMERI ja KOSSILA, 1977a).

## Taulukko 38.

Säilöntätappiot, % (KOMMERI ja KOSSILA, 1977a)

| Rebu             | 1<br>Ruoho<br>jätekuitu+<br>melassi-<br>leike+viher-<br>happo | 2<br>Ruoho<br>jätekuitu+<br>melassi-<br>leike | 3<br>Ruoho<br>jätekuitu+<br>jätemelassi<br>viherhappo | 4<br>Ruoho<br>jätekuitu+<br>jätemelassi |
|------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Kuiva-aine       | 5,1                                                           | 5,7                                           | 9,2                                                   | 4,8                                     |
| Orgaaninen aine  | 6,4                                                           | 6,6                                           | 9,8                                                   | 5,4                                     |
| Raakavalkuainen  | 8,9                                                           | 10,2                                          | 16,9                                                  | 8,5                                     |
| Raakakuitu       | 5,4                                                           | 3,8                                           | 3,9                                                   | 2,0                                     |
| N-vap.uuteaineet | 7,8                                                           | 9,5                                           | 13,9                                                  | 8,4                                     |

Neljännessä kokeessa tutkittiin Rauma-Repola Oy:n kuitulietteen puristemehunsidontatehoa. Kuivattua kuitulietettä sekoitettiin timotei-nurminatavaltaisen ruohon sekaan suhteessa 20,5 % ka + 79,5 % ka. Rehusta poistui 5,0 % raaka-aineen tuorepainosta puristemehua. Ilman jätekuitua säilörehusta olisi todennäköisesti poistunut noin kolminkertainen määrä puristeita. Tuorepainohävikki säilönnässä oli 21,1 %. Jätekuitusäilörehua syötettiin neljälle 6-12 kuukauden ikäiselle friisiläis-ayrshiresonnimullille. Vapaan säilörehun lisäksi mullit saivat 3 kg ohrajauhoja päivässä sekä kivennäis- ja vitamiiniseoksia. Mullit kasvoivat väkirehutasoon nähden hyvin eli keskimäärin 1294 g/pv (KOMMERI ja KOSSILA, 1977 b, SÖDERHJELM, 1977).

Helsingin Yliopiston kotieläintieteen laitoksella verrattiin oljen ja paperin puristemehunsidontatehoa. Olki oli sidonta-aineena paperia parempi. Pieni määrä paperia siilossa sitoi painoysikköä kohti enemmän kuin suuri määrä. Myös oljen kohdalla tehtiin sama havainto (SALO ja SORMUNEN, 1974).

## 5. JÄTEKUITUJEN KÄYTTÖ KARJAN KUIVIKKEENA

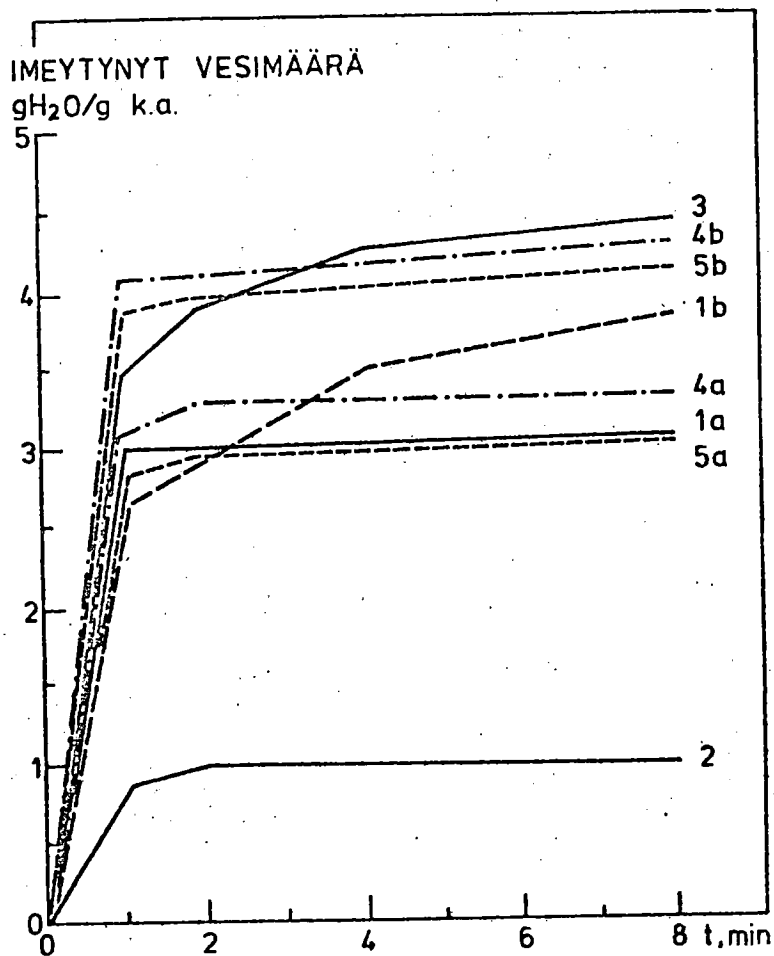
Jätekuitujen hygroskooppisuutta voidaan käyttää hyväksi esimerkiksi eläinten kuivittamisessa. Säilörehun seassa oleva jätekuitu sitoi itseensä jopa 4,85 kiloa puristemehua jokaista jätekuidun kuiva-ainekiloa kohti. Laboratoriokokeessa pääosa kuiduista imi 1000 kg/m<sup>2</sup>:n paineen alaisena noin 3-4 kg vettä per jätekuidun kuiva-ainekilo (SÖDERHJELM, 1977, kuva 6).

Kuivikkeeksi soveltuva turve imee HOLMAN (1980)mukaan noin 4-6 kertaa oman painonsa nestettä itseensä ilman painotusta. Ominaispainoltaan irtoturve on suunnilleen samaa luokkaa kuin paalattu jätekuitu eli 250-300 kg/m<sup>3</sup>.

Olki ei silputtunakaan ole yhtä hyvä nesteidensitoja kuin turve (HOLMA, 1980).

ASPITARTE ym. 1973 vertasivat kuivattua jätekuitua kutteriin lypsy-lehmien kuivikkeena. He totesivat jätekuidun liikkuvan eläinten alla samoin kuin kutteri. Kuitu imi virtsaa nopeasti eikä tarttunut märkänä helposti eläimiin.

Kuva 6. (SÖDERHJELM, 1977)



Eri lietteiden vedensidontakyky. Laboratoriokoe.

| Koodi | tehdas       | vuosi | kuiva-aine | käsittely |
|-------|--------------|-------|------------|-----------|
| 1 a   | Rauma-Repola | 1975  | 92,5 %     | -         |
| 1 b   | "            | 1975  | "          | jauhettu  |
| 2     | Rosenlew     | 1975  | 92,0 %     | -         |
| 3     | Kaukas       | 1975  | 92,3 %     | -         |
| 4 a   | Rauma-Repola | 1976  | 87,4       | -         |
| 4 b   | "            | 1976  | 87,4       | jauhettu  |
| 5 a   | "            | 1976  | 92,6       | -         |
| 5 b   | "            | 1976  | 92,6       | jauhettu  |

## 6. JÄTEKUITUJEN KUIVATUS

Saostusaltaista nostetuista kuitulietteistä poistetaan vesi tavallisimmin vakuumisuodattimilla ja sentrifugeilla. Sentrifugin pääkäyttöalana ovat tuhkapitoiset lietteet, vakuumisuodattimen taas vähätuhkaiset kuitulietteet. Koska yhä useammin liete pyritään polttamaan, on yhdistelmän, vakuumisuodatin + puristin, suosio lisääntymässä. Puristimista on Suomessa yleisimmin käytössä ruuvipuristin (MELONI, 1976).

Näillä menetelmillä päästään yleensä 20-30 % kuiva-ainepitoisuuksiin. Käytettäessä jätekuitua rehuna on kuiva-ainepitoisuus nostettava noin 90 %:iin. Keskuslaboratorio Oy suoritti Öljyvasa Oy:ssa kuivatuskokeet TOMA-rumpukuivaimella jäteöljyä käyttäen. Kuiva-ainepitoisuuden nostaminen 20 %:sta 90 %:iin vaati lämpöenergiaa noin 14,8 MJ/kg jätekuidun kuiva-ainetta. Sähköenergiaa kului 0,15 kWh/kg. Polttoaineen hinta oli 0,25 mk/kg, jäteöljyn polttoarvo oli 41,9 MJ/kg ja sähkö maksoi 0,20 mk/kWh. Energiakulut yhteensä olivat noin 120 mk/tn jätekuidun kuiva-ainetta [MELONI ja JOUSIMAA, 1976, (ref. SÖDERHJELM, 1977)]

Jätekuidun alkukuivattamisessa puristimissa alentaa tehoa jätekuitujen hygroskooppisuus. Loppukuivatuksessa kuumentamalla on vaikeutena kuidun pölyävyys ja syttymisherkkyys.



## C. KOKEELLINEN OSA JA TULOKSET

### 1. JÄTEKUITUJEN KOOSTUMUS

Kirjallisuusosassa mainituista tekijöistä johtuen poikkeaa eri tehtaiden kuitulietteiden kemiallinen koostumus toisistaan huomattavasti. Tehtaiden välisiä eroja kuin myöskin kuitulietteiden koostumuseroja tehtaiden sisällä tarkkailtiin myöskin tässä tutkimuksessa.

Keskuslaboratorio Oy:ssä määritettiin kuitulietteiden ligniini-, tuhka- ja uuteainepitoisuudet (taulukko 39). Kyro Oy:n kuitulietteen ja G.A.Serlachius Oy:n Mäntän tehtaiden kuitulietteen ligniinipitoisuus (kappaluku <sup>x</sup>) oli niin korkea, että nämä kuitulietteet jätettiin pois jatkotutkimuksista. Kaukaan kuitulietteissä ligniinipitoisuus oli runsaan lehtipuun käytön ansiosta jatkuvasti alhaisin. G.A.Serlachius Oy:n Lielahden tehtaiden kuitulietteessä oli melko vähän uuteaineita (5-7 %) ja tuhkaa (2-2,5 %). Erittäin runsaasti tuhkaa oli Nokia Oy:n kuitulietteessä (12-13 % ka:sta).

#### Taulukko 39.

Kuitulietteiden kappaluku, DKM-uute<sup>x-%</sup>, tuhka-% ja pH

|              | pvm.                   | Kappaluku | DKM-uute | Tuhka | pH  |
|--------------|------------------------|-----------|----------|-------|-----|
| Kaukas Oy,   | 26.7.-78               | 22,3      | 0,26     | 4,6   | 8,5 |
| Lappeenranta | 19.8.-78               | 45,1      | 0,69     | 7,2   | 8,5 |
|              | 17.10.-78              | 23,9      | 0,30     | 5,8   | 7,5 |
|              | 16.10.-79 <sup>x</sup> | 59,2      | 0,7      | 16,0  | 9,6 |
|              | 16.10.-79 <sup>x</sup> | 46,1      | 1,0      | 14,8  | 7,7 |
| Nokia Oy,    | 10.6.-78               | 55,1      | 7,73     | 13,3  | 5,3 |
| Nokia        | 17.8.-78               | 56,7      | 7,87     | 12,7  | 5,0 |
|              | 13.9.-78               | 49,9      | 8,48     | 13,2  |     |
|              | 19.9.-78               | 52,4      | 6,98     | 13,1  |     |
|              | 26.9.-78               | 51,6      | 6,92     | 12,9  |     |
|              | 3.10.-78               | 57,3      | 6,22     | 12,7  |     |
|              | 11.10.-78              | 49,0      | 7,88     | 11,8  | 5,3 |
|              | 19.10.-78              | 48,0      | 6,6      | 13,6  | 5,1 |

x) Ligniininipitoisuus % = 0,152 x kappaluku (Kaukas)  
 = 0,187 x kappaluku (muiden tehtaiden kuitulietteet)

xx) dikloorimetaani = DKM

|                    | pvm.      | Kappaluku | DKM-uute | Tuhka | pH  |
|--------------------|-----------|-----------|----------|-------|-----|
| G.A.Serlachius Oy, | 10.6.-78  | 77,1      | 6,69     | 2,2   | 3,8 |
| Lielahti           | 17.8.-78  | 49,6      | 4,87     | 2,0   | 4,3 |
|                    | 10.10.-78 | 51,9      | 4,77     | 2,5   | 5,6 |
|                    | 19.10.-78 | 74,9      | 7,4      | 2,6   | 4,1 |
| G.A.Serlachius Oy, | 10.6.-78  | 79,5      | 7,95     | 5,2   | 4,8 |
| Mänttä             | 19.10.-79 | 64,2      | 6,5      | 3,4   | 5,2 |
| Kyro Oy            | 10.6.-78  | 100,9     | 2,0      | -     | -   |

x) oksarejekti

xx) keruuliete

Taulukossa 40 on esitetty eri kuitulietteiden kuitukoostumus. Nokia Oy käytti pääasiassa kuusta, Kaukas Oy melko paljon lehtipuuta (koivua ja vähän haapaa) ja G.A.Serlachius Oy:n Lielahden tehtaat vuorotellen lehti- ja havupuuta.

Taulukko 40.

Kolmen tehtaan kuitulietteiden kuitukoostumus

|                                                | 26.7.-78 | 19.8.-78 | 16.10.-79 |
|------------------------------------------------|----------|----------|-----------|
| <u>Kaukas Oy</u>                               |          |          |           |
| Lehtipuusulfaatti %                            | 82       | 85       | 76        |
| Valkaisematon havupuusulfaatti %               | 18       | 12       | } 24      |
| Valkaistu havupuusulfaatti %                   |          | 3        |           |
|                                                | 6.10.-78 | 17.8.-78 | 19.10.-79 |
| <u>Nokia Oy</u>                                |          |          |           |
| Valkaisematon havupuusulfiitti %               | 71       | 80       | } 97      |
| Valkaistu havupuusulfiitti %                   | 16       | 17       |           |
| Valkaistu havupuusulfaatti %                   | 6        | 3        |           |
| Lehtipuumassa %                                | 4        |          | 3         |
| Mekaaninen massa %                             | 3        |          |           |
|                                                | 6.10.-78 | 17.8.-78 | 19.10.-79 |
| <u>G.A.Serlachius Oy, Lielahti</u>             |          |          |           |
| Valkaistu ja puolivalkaistu havupuusulfiitti % | 64       | 19       | 56        |
| Lehtipuusulfiitti %                            | 34       | 81       | 44        |
| Mekaaninen massa %                             | 2        |          |           |

Pääasiassa kuitulietteet sisälsivät selluloosaa, hemiselluloosaa ja ligniiniä. Lehtipuita käyttävän Kaukaan tehtaan kuitulietteissä oli enemmän hemiselluloosaa kuin havupuita käyttävien tehtaiden kuitulietteissä (taulukko 41). Samoin pentosaanipitoisuus oli korkein Kaukaan kuitulietteessä. Kaukaan kuidussa oli vähiten glukoosia mutta eniten ksyloosia. Lielahten, Nokian ja Mäntän tehtaiden kuitulietteiden hiilihydraattikoostumukset poikkesivat hyvin vähän toisistaan (taulukko 41).

#### Taulukko 41.

Kuitulietteiden hiilihydraattikoostumus 16.-19.10.1979

|                  | Kaukas | Lielähti | Mänttä | Nokia |
|------------------|--------|----------|--------|-------|
| Ligniini %       | 9      | 14       | 12     | 9     |
| Pentosaanit %    | 19,7   | 8,9      | 4,6    | 4,9   |
| Hemiselluloosa % | 21,4   | 15,7     | 15,6   | 13,0  |
| - ksylaani       | 18,2   | 10,7     | 6,3    | 5,6   |
| - glukomannaani  | 3,2    | 5,0      | 9,3    | 7,4   |
| Selluloosa %     | 52,6   | 60,4     | 62,4   | 58,0  |
| - ramnoosi %     | <0,1   | 0,3      | 0,1    | <0,1  |
| - arabinoosi %   | 1,5    | 3,4      | 2,4    | 1,4   |
| - ksyloosi %     | 21,8   | 9,8      | 5,1    | 6,0   |
| - mannoosi %     | 2,5    | 3,8      | 8,4    | 7,7   |
| - galaktoosi %   | 0,5    | 1,7      | 1,4    | 0,7   |
| - glukoosi %     | 73,7   | 81,0     | 82,6   | 84,2  |

Kuitulietteiden rehuopillista koostumusta varten tehtiin näytteistä Valtion maatalouskemianlaitoksella normaali rehuanalyysi (taulukko 42). Tuhkapitoisuutta lukuunottamatta eri tehtaiden kuitulietteillä oli melko samanlainen koostumus.

#### Taulukko 42.

Eri tehtaiden kuitulietteiden kemiallinen koostumus rehuanalyysin mukaan 16.-19.10.1979

|                   | Kaukas | Lielähti | Mänttä | Nokia |
|-------------------|--------|----------|--------|-------|
| Kuiva-aine %      | 29,5   | 17,1     | 19,5   | 27,2  |
| Kuiva-aineessa %  |        |          |        |       |
| - tuhkaa          | 6,8    | 2,3      | 3,1    | 14,0  |
| - raakavalkuaista | 1,7    | 2,9      | 2,1    | 1,8   |
| - raakarasvaa     | 1,0    | 7,6      | 6,2    | 6,3   |
| - raakakuitua     | 73,6   | 59,1     | 64,1   | 61,0  |
| - N-vap. uuteain. | 16,9   | 28,1     | 24,6   | 16,9  |

## 2. JÄTEKUITUJEN KUIVATUS JA PAKKAUS

Altaasta nostettu ja erilaisilla puristimilla kuivattu jätekuitu sisältää vettä 70-80 %. Säilytystä ja kuljetusta varten pitää jättekuituja kuivattaa esimerkiksi lämmönlähteellä varustetuilla rumpukuivureilla.

Jättekuitujen kuivatus- ja pakkauskokeet suoritettiin Farnos Yhtymä Oy:ssä. Käytetyt kuivurit olivat "TOMA" ja "VAN DER BROEK" merkkisiä. Kokeissa kuivattiin kolmen eri tehtaan jättekuitua sekä yksinään, että mäskin ja jäännösmelassin kanssa seoksena. Kokeen suoritus ei ollut tieteellisen tarkka. Kaukas Oy:n jättekuidun kuivattamisessa oli vaikeuksia sen pölyävyyden vuoksi. Muiden kuitulietteidensä ja seosten kuivattamisessa ei tätä ongelmaa ollut. Kuivatuskustannukset poikkesivat eri kuitujen välillä huomattavasti. Samoin kuivurityypillä oli vaikutusta kuivatusnopeuteen ja kustannuksiin. Eroja kuivumisessa aiheuttivat myös erot alkukuiva-ainepitoisuudessa (taulukko 44). Keskimäärin tulokset ovat lähellä MELONIN ja JOUSI-MAN (1976)saamia tuloksia.

### Taulukko 44.

Tuloksia jättekuitujen ja kuitupitoisten seosten kuivatuskokeesta

| Jätekuitu               | Alkup. ka-% | Loppu-ka-% | Öljyn kulutus l tai kg/tn ka | Öljyn á hinta v. 1978 | Öljy-kustannus mk/tn ka |
|-------------------------|-------------|------------|------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Kaukas                  | 40          | 83         | 166 kg                       | 39,4                  | 63                      |
| Lielahti                | 25          | 84         | 740 l                        | 55,9 <sup>x)</sup>    | 407                     |
| Nokia                   | 35          | 83         | 314 kg                       | 39,4                  | 123                     |
| Seokset: <sup>xx)</sup> |             |            |                              |                       |                         |
| Kaukas                  | 23          | 95         | 326 kg                       | 39,4                  | 128                     |
| Lielahti                | 23          | 91         | 378 kg                       | 39,4                  | 149                     |
| Nokia                   | 31          | 96         | 341 kg                       | 39,4                  | 134                     |

x) Lielahden kuitu kuivattiin "Toma" kuivurilla muut "Van der Broek" kuivurilla. Viimemainittu toimi raskaalla polttoöljyllä, "Toma" kevyellä polttoöljyllä. Tämä heikensi vertaamismahdollisuuksia.

xx) Seoksissa oli 60 % jättekuidun, 30 % mäskin ja 10 % jäännösmelassin kuiva-ainetta.

Kivennäis- ja hivenainekoostumusta sekä raskasmetallipitoisuuksia määritettiin Keskuslaboratorio Oy:ssä ja Valtion maatalouskemian laitoksessa. Kaukaan kuituliete sisälsi selvästi muita enemmän natriumia (0,47 %). Kalsiumia oli eniten Lielahden kuitulietteessä (0,51%). Lyijyä, nikkeliä ja kadmiumia oli eniten Kaukaan kuitulietteissä, mutta määrät eivät tällä kertaa olleet liian korkeita (taulukko 43).

Taulukko 43.

Kuitulietteiden kuiva-aineen kivennäis- ja hivenaine- sekä raskasmetallipitoisuudet

|                | Kaukas | Lielahti | Mänttä | Nokia |
|----------------|--------|----------|--------|-------|
| Tuhka %        | 6,8    | 2,3      | 3,1    | 14,0  |
| Fosfori %      | 0,03   | 0,04     | 0,05   | 0,05  |
| Kalsium %      | 0,18   | 0,51     | 0,27   | 0,08  |
| Magnesium %    | 0,061  | 0,013    | 0,038  | 0,015 |
| Kalium %       | 0,039  | 0,009    | 0,019  | 0,026 |
| Natrium %      | 0,470  | 0,063    | 0,019  | 0,013 |
| Kupari mg/kg   | 3      | 150      | 18     | 32    |
| Mangaani mg/kg | 197    | 40       | 52     | 18    |
| Sinkki mg/kg   | 32     | 18       | 21     | 17    |
| Rauta mg/kg    | 1180   | 420      | 450    | 1150  |
| Lyijy mg/kg    | 6,1    | 4,3      | 4,4    | 3,1   |
| Rikki mg/kg    | 0,09   | 0,05     | 0,08   | 0,10  |
| Nikkeli mg/kg  | 39     | 2        | 3      | 24    |
| Kadmium mg/kg  | 0,4    | 0,1      | 0,1    | 0,2   |
| Elohopea mg/kg | 0,2    | 0,1      | 0,1    | 0,1   |

Lielahden tehtaiden näytteen bakteerien kokonaislukumäärä (80 000 kpl/g) oli huomattavasti alhaisempi kuin muiden tehtaiden näytteiden (5,5-10 milj. kpl/g). Kaukaan ja Lielahden tehtaiden näytteissä ei ollut kolimuotoisia bakteereja eikä *Escherichia colibakteereja* lainkaan. Mäntän ja Nokian tehtaiden näytteissä *Escherichia colibakteereja* tavattiin. Kolimuotoisten bakteerien kokonaismäärä oli edellisessä 7 milj. kpl/g ja jälkimmäisessä 1600 kpl/g. *Salmonellabakteereja* ei todettu mistään näytteestä.

Jätekuitujen pakkaamiseen Farnos Yhtymä Oy:ssä todettiin soveltuvan ns. puristesäkin. Tämä tarkoittaa että jätekuitu puristetaan tarpeeksi vahvarakenteiseen pussiin. Pussin kokoa voi vaihdella kuitutavaran painon mukaan. Pelkän jättekuidun käsittelyyn todettiin soveltuvan myöskin paalin. Paalauksessa jättekuidun ominaispaino nousi 200-280 kg:sta 310-400 kg:aan/m<sup>3</sup>.

### 3. KUIVATTU JÄTEKUITU LYPSELEHMIEN KUIVIKKEENA

Nokian, Kaukaan ja Lielahden tehtaiden kuivattuja jättekuituja verrattiin puruun, kutteriin ja turpeeseen lypsylehmien kuivikkeena. Kutakin kuiviketta käytettiin omassa 13 lehmän parressaan. Parsi oli 220 cm:n pitkäparsi. Eläimet olivat kokeen aikana säilörehuvaltaisella ruokinnalla. Puru ja turve olivat kutteria ja jättekuituja kosteampia, joten ominaispainojen vertailu ei anna oikeaa kuvaa (taulukko 49). Kutteri on kuitenkin näistä kevyintä ja eniten varastotilaa vaativaa. Kuutioina mitattuna sitä tarvitaan 20-30 % enemmän kuin muita kuivikkeita.

Kuivikkeet levitettiin aamuin illoin lapiolla suurehkosta kottikärrystä. Puru, turve ja Lielahden tehtaiden jättekuitu olivat hyviä käsitellä tällä kalustolla. Kutteri pölysi hieman enemmän kuin muut, joskaan minkään kuivikkeen kohdalla pölyämistä ei koettu kiusalliseksi. Nokian ja varsinkin Kaukaan jättekuitu tarttui märkänä lehmien survomana tiiviisti lattiaan ja oli vaikea kolata pois. Helpoin kolattava oli kutteri. Lapioidessa turve- ja jättekuitusonta pysyivät parhaiten lapiossa.

Turvetta käytettäessä eläimiä jouduttiin pesemään vähiten. Toisaalta turve tarttui eläinten kylkiin ja utareisiin vaikeuttaen lehmien puhdistamista lypsyä varten. Eniten pestäviä lehmiä oli parressa, jonka kuivikkeena käytettiin purua. Jättekuiduista oli Lielahden kuitu paras pitämään lehmät puhtaina.

Eläimet eivät syöneet altaan mitään kuiviketta. Kutteri antoi navettaan valoisan ja siistin vaikutelman, turve sensijaan tuntui synkältä. Pellon kannalta turve on ilmeisesti edullisin. Lielahden kuitu tuntui kokeiden perusteella käyttökelpoiselta kuivikkeelta. Edellyttäen tietysti että se pystyy kilpailemaan hintansa puolesta. Nykyisin tässä vertailussa mukana olleiden kuivikkeiden hinnat ovat hieman yli 10 mk/m<sup>3</sup>+rahti.

Taulukko 45.

Tuloksia kuivituskokeesta

| Kuivike           | Omin.paino<br>kg/m <sup>3</sup> | Kulutus<br>kg/el/pv | Pestäviä<br>eläimiä/pv |
|-------------------|---------------------------------|---------------------|------------------------|
| Kaukaan jätekuitu | 120                             | 6,0                 | 7,4                    |
| Nokian "          | 150                             | 8,0                 | 5,7                    |
| Lielahden "       | 170                             | 9,0                 | 6,0                    |
| Kutteri           | 40                              | 4,0                 | 6,5                    |
| Puru              | 315                             | 11,5                | 8,2                    |
| Turve             | 230                             | 11,0                | 4,5                    |

#### 4. JÄTEKUITU SÄILÖREHUN PURISTEMEHUN SITOJANA

Säilörehujen puristemehua pyrittiin ottamaan talteen sekoittamalla raaka-aineeseen kuivattua kuitulietettä tai silputtua olkea. Noin 2,3 m<sup>3</sup>:n koesiiloihin säilöttiin neljä erilaista rehua:

- siilo 1: ruoho + jätekuitu + muurahaishappo
- siilo 2: ruoho + olki + muurahaishappo
- siilo 3: naatit + jätekuitu
- siilo 4: naatit + olki

Raaka-aineena käytetty timoteivaltainen nurmi oli aamukasteisena melko märkää (taulukko 46). Olki oli tarkkuussilppurilla silputtua ohran olkea. Jätekuitu oli kuivattua G.A. Serlachius Oy:n Lielahden tehtaiden kuitulietettä. Ruoho ja sokerijuurikkaan naatit niitettiin kelasilppurilla. Rehujen valmistus tapahtui siten, että ensin punnittiin siiloon 20 kiloa ruohoa tai naatteja. Niiden päälle levitettiin 1,6 kiloa jätekuitua tai olkea. Säilöntäainetta (5 l/tn) lisättiin joka 40 kilon jälkeen ruohon päälle. Sokerijuurikkaan naateille säilöntäainetta ei käytetty. Yhteensä ruohosäilörehuja valmistettiin 794-816 kiloa ja naattisäilörehuja 884 kiloa. Raaka-aineen kuiva-aineesta 1/3 tuli oljesta tai jättekuidusta ja 2/3 ruohosta tai naateista.

Ilman puristeensidontamateriaalia tehdystä kontrollisäilörehusta poistui kahden viikon aikana 31,5 % tuorepainosta puristemehuna. Runsas puristemäärä johtui raaka-aineen erittäin alhaisesta kuiva-ainepitoisuudesta (Taulukko 46).

## Taulukko 46.

## Säilörehujen raaka-aineiden kemiallinen koostumus

|                   | Ruoho | Naatit | Olki  | Jätekuitu |
|-------------------|-------|--------|-------|-----------|
| Kuiva-aine %      | 11,59 | 12,53  | 83,39 | 78,43     |
| Kuiva-aineessa %  |       |        |       |           |
| - tuhkaa          | 12,02 | 18,45  | 8,30  | 3,19      |
| - raakavalkuaista | 21,89 | 20,48  | 4,29  | 1,09      |
| - raakarasvaa     | 3,62  | 2,47   | 1,52  | 4,81      |
| - raakakuitua     | 24,31 | 14,32  | 41,73 | 72,20     |
| - N-vap.uuteain.  | 38,16 | 44,28  | 44,16 | 18,71     |

Koerehuista puristeita tuli samana aikana 15-20 % tuorepainosta (taulukko 47).. Kuiva-ainepitoisuuden nostamiseksi ja siten puristemehutappioiden alentamiseksi olisi sidontamateriaalia pitänyt käyttää runsaammin. Yli 20 % kuiva-ainetta sisältäneestä ruohosta valmistetusta säilörehusta käytetty jätekuitu- ja olkiannostus olisi riittänyt estämään puristemehun tulon lähes kokonaan. Yhtä kuiva-ainekiloaan kohti jätekuitu sitoi säilörehuun noin 1,5 kiloa puristemehua. Lielahden tehtaiden jätekuitua ei oltu aikaisemmin käytetty puristeidensidontakokeisiin. Sidontateholtaan se näyttää olevan ainakin yhtä hyvää kuin Rosenlew Oy:n ja Rauma-Repola Oy:n kuitulietteet (SÖDERHJELM, 1977).

## Taulukko 47.

## Puristemehujen muodostuminen ja säilöntätappiot

| Raaka-aine        | Rehu 1<br>ruoho +<br>jätekuitu | Rehu 2<br>ruoho +<br>olki | Rehu 3<br>naatti +<br>jätekuitu | Rehu 4<br>naatti +<br>olki |
|-------------------|--------------------------------|---------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| Raaka-ainetta     |                                |                           |                                 |                            |
| - kg              | 794                            | 816                       | 884                             | 884                        |
| - kg ka           | 128                            | 134                       | 152                             | 156                        |
| Säilörehua        |                                |                           |                                 |                            |
| - kg              | 574                            | 626                       | 706                             | 671                        |
| - kg ka           | 125                            | 122                       | 143                             | 129                        |
| Puristemehua      |                                |                           |                                 |                            |
| - kg              | 150                            | 130                       | 128                             | 157                        |
| - % ruohosta      | 20,8                           | 17,6                      |                                 |                            |
| - % naatista      |                                |                           | 15,5                            | 19,2                       |
| Säilöntätappiot % |                                |                           |                                 |                            |
| - tuorepaino      | 27,7                           | 23,2                      | 20,2                            | 24,1                       |
| - kuiva-aine      | 2,6                            | 8,7                       | 6,0                             | 17,3                       |



Silputtu olki sitoi ruohon puristeita jopa paremmin kuin jättekuitu, eli 1,9 kiloa jokaista kuiva-ainekiloaan kohti. Naattien säilönnässä jättekuitu sensijaan oli tehokkaampi puristeensitoja kuin olki (taulukko 47). Ilman painotusta jättekuitu sitoi 3,4 kiloa ja silputtu olki 4,0 kiloa vettä kuiva-ainekiloaan kohti.

Kaikki säilörehut säilyivät hyvin. Voihappoa ja propionihappoa ei rehuista tavattu lainkaan. Jättekuidun kanssa säilötyssä ruohosäilörehussa olivat myöskin etikkahappo- ja maitohappopitoisuudet erittäin alhaiset. Ammoniumtyyppiä oli keskimäärin 4,5 % kokonaistyyppistä eli selvästi alle hyvän rehun ylärajan (7 %). Olki-naattisäilörehussa liukoisen tyyppien osuus kokonaistyyppistä (38 %) oli selvästi alhaisempi kuin muissa rehuissa (taulukko 48).

Taulukko 48.

Säilörehun laatua kuvaavia analyysituloksia.

|                         | Rehu 1<br>ruoho +<br>jättekuitu | Rehu 2<br>ruoho +<br>olki | Rehu 3<br>naatti +<br>jättekuitu | Rehu 4<br>naatti +<br>olki |
|-------------------------|---------------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| Kuiva-aine %            | 21,87                           | 19,67                     | 20,42                            | 19,40                      |
| pH                      | 4,09 <sup>a</sup>               | 4,39 <sup>ab</sup>        | 4,43 <sup>ab</sup>               | 4,65 <sup>b</sup>          |
| Tuoreessa näytteessä %: |                                 |                           |                                  |                            |
| - etikkahappoa          | 0,22                            | 0,27                      | 0,17                             | 0,14                       |
| - maitohappoa           | 0,10 <sup>a</sup>               | 0,40 <sup>a</sup>         | 0,91 <sup>b</sup>                | 1,02 <sup>b</sup>          |
| - sokeria (gluk.)       | 1,75                            | 1,72                      | 1,48                             | 1,61                       |
| - kokonais-N            | 0,41 <sup>ab</sup>              | 0,45 <sup>b</sup>         | 0,38 <sup>a</sup>                | 0,42 <sup>ab</sup>         |
| Kokonaistyyppistä %:    |                                 |                           |                                  |                            |
| - ammonium -N           | 3,63                            | 5,31                      | 4,45                             | 4,51                       |
| - liukeneva -N          | 49,15                           | 54,42                     | 47,38                            | 38,00                      |

Naattisäilörehuissa oli korkeampi tuhkapitoisuus kuin ruohosäilörehuissa. Oljella säilötyissä rehuissa oli enemmän tuhkaa, raaka-alkuaista ja typpettömiä uuteaineita kuin jättekuidulla säilötyissä rehuissa (taulukko 49). Viimemainitut olivat olkisäilörehuja paremmin sulavia. Orgaanisen aineen sulavuus oli jättekuitua sisältäneissä säilörehuissa noin 9 %-yksikköä korkeampi kuin olkea sisältäneissä säilörehuissa. Raakakuidun kohdalla vastaava ero oli ruohosäilörehussa 17 ja naattisäilörehussa peräti 20 %-yksikköä (taulukko 50).

Jätekuitua sisältäneet rehut maittoivat pässeille paremmin kuin olkea sisältäneet rehut. Paremman sulavuuden ansiosta oli jätekuitusäilörehujen täyttävyys parempi eli alhaisempi kuin olkisäilörehujen. Vastaavasti olkisäilörehuissa oli korkeampi srv-pitoisuus rehu-yksiköissä kuin jätekuitusäilörehuissa (taulukko 50).

Taulukko 49.

Säilörehujen kuiva-aineen kemiallinen koostumus

|                  | Rehu 1<br>ruoho +<br>jätekuitu | Rehu 2<br>ruoho +<br>olki | Rehu 3<br>naatti +<br>jätekuitu | Rehu 4<br>naatti +<br>olki |
|------------------|--------------------------------|---------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| Tuhkaa %         | 7,08 <sup>a</sup>              | 9,51 <sup>b</sup>         | 10,84 <sup>bc</sup>             | 12,23 <sup>c</sup>         |
| Raakavalk. %     | 13,89 <sup>b</sup>             | 15,23 <sup>b</sup>        | 11,75 <sup>a</sup>              | 14,05 <sup>b</sup>         |
| Raakarasvaa %    | 4,99                           | 4,33                      | 2,54                            | 2,94                       |
| N-vap.uuteain. % | 30,80 <sup>a</sup>             | 39,72 <sup>bc</sup>       | 35,05 <sup>ab</sup>             | 43,67 <sup>c</sup>         |
| Raakakuitua %    | 43,24 <sup>b</sup>             | 31,22 <sup>a</sup>        | 39,82 <sup>b</sup>              | 27,11 <sup>a</sup>         |
| R-hiilihydr. %   | 74,04                          | 70,94                     | 74,87                           | 70,78                      |

Taulukko 50.

Säilörehujen in vivo-sulavuudet pässeillä, maittavuus ja rehuarvo

|                     | Rehu 1<br>ruoho +<br>jätekuitu      | Rehu 2<br>ruoho +<br>olki | Rehu 3<br>naatti +<br>jätekuitu | Rehu 4<br>naatti +<br>olki |
|---------------------|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| Sulavuus- %         |                                     |                           |                                 |                            |
| - kuiva-aine        | 70,93 <sup>b</sup>                  | 62,38 <sup>a</sup>        | 67,43 <sup>b</sup>              | 59,57 <sup>a</sup>         |
| - orgaaninen aine   | 75,63 <sup>d</sup>                  | 66,26 <sup>b</sup>        | 70,60 <sup>c</sup>              | 61,56 <sup>a</sup>         |
| - raakaproteiini    | 64,93 <sup>b</sup><br><sub>ab</sub> | 71,03 <sup>b</sup>        | 53,82 <sup>a</sup>              | 64,96 <sup>b</sup>         |
| - raakarasva        | 57,47                               | 60,61 <sup>b</sup>        | 13,14 <sup>a</sup>              | 52,82 <sup>ab</sup>        |
| - N-vap.uuteain.    | 71,13 <sup>ab</sup>                 | 64,62 <sup>a</sup>        | 73,81 <sup>b</sup>              | 64,30 <sup>a</sup>         |
| - raakakuitu        | 83,67 <sup>d</sup>                  | 66,91 <sup>b</sup>        | 75,88 <sup>c</sup>              | 55,74 <sup>a</sup>         |
| - raakahiilihydr.   | 78,54 <sup>d</sup>                  | 65,62 <sup>b</sup>        | 74,97 <sup>c</sup>              | 61,15 <sup>a</sup>         |
| Syönti g ka/el/pv   | 1055                                | 894                       | 1204                            | 1001                       |
| Täyttävyys kg ka/ry | 1,26 <sup>b</sup>                   | 1,47 <sup>c</sup>         | 1,40 <sup>b</sup>               | 1,63 <sup>d</sup>          |
| Mcal/100 kg ka      | 240 <sup>c</sup>                    | 216 <sup>b</sup>          | 213 <sup>b</sup>                | 195 <sup>a</sup>           |
| g srv/ry            | 113 <sup>b</sup>                    | 159 <sup>c</sup>          | 88 <sup>a</sup>                 | 150 <sup>c</sup>           |
| g srv/kg ka         | 90 <sup>b</sup>                     | 108 <sup>c</sup>          | 63 <sup>a</sup>                 | 92 <sup>b</sup>            |

## 5. JÄTEKUITU SEOSREHUIEN OSANA

Kuivattu jätekuitu sinänsä on huonosti maittavaa eikä sisällä valkuaisaineita. Tämän vuoksi jättekuitujen käyttö rehuna pitää tapahtua muiden rehujen seassa. Ruokintakokeita varten Farnos Yhtymä Oy valmisti Kaukas Oy:n, Nokia Oy:n ja G.A.Serlachius Oy:n Lielahden tehtaiden kuitulietteistä sekä mäskistä ja jäännösmelassista seokset joissa piti olla kuiva-aineesta 60 % jättekuitua, 30 % mäskiä ja 10 % jäännösmelassia.

## 5.1. Jättekuituseosrehujen sulavuus in vivo

Edellämainituilla jättekuituseosrehuilla suoritettiin in vivo-sulavuuskoe keskimäärin 56 kiloilla pässeillä. Pässit saivat 4x4 latinalaisena neliönä suoritettussa kokeessa, jättekuituseosrehujen (800 g/el/pv) lisäksi, heinää (600 g/el/pv) sekä kivennäis- ja vitamiinitäydennyksen. Tässä kokeessa eläimet söivät kaikkia jättekuiturehuja ongelmitta 800 g/el/pv.

Kokeessa selvitettiin eri jättekuiduista valmistettujen seosrehujen sulavuudet eikä jättekuitujen sulavuuksia. Myöskin perusrehuna käytetty heinä testattiin. Taulukossa 51 on esitetty eri seosten ja heinän kemiallinen koostumus.

Kaukaan jättekuitu sisältää enemmän raakakuitua kuin Lielahden ja Nokian jättekuitu. Viimemainittujen välillä ei ole niin suurta eroa raakakuitupitoisuudessa kuin seosten raakakuitupitoisuuksista saadaan. Tuhkaa Nokian tehtaiden jättekuidussa on enemmän kuin kahdessa muussa jättekuidussa. Ero näkyy myös seosten tuhkapitoisuuksissa (taulukko 51).

## Taulukko 51.

Jättekuituseosrehujen ja heinän kemiallinen koostumus (sulavuuskokeessa)

|                   | Jättekuituseosrehu |                    |                    | Heinä |
|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|
|                   | Kaukas             | Lielahti           | Nokia              |       |
| Kuiva-ainetta     | 94,66 <sup>b</sup> | 91,40 <sup>a</sup> | 94,45 <sup>b</sup> | 85,83 |
| Kuiva-aineessa %  |                    |                    |                    |       |
| - tuhkaa          | 7,22 <sup>b</sup>  | 6,12 <sup>a</sup>  | 10,30 <sup>c</sup> | 7,22  |
| - raakavalk.      | 9,30 <sup>a</sup>  | 9,82 <sup>a</sup>  | 11,13 <sup>b</sup> | 13,88 |
| - raakarasvaa     | 2,27 <sup>a</sup>  | 5,12 <sup>b</sup>  | 7,09 <sup>c</sup>  | 2,04  |
| - raakakuitua     | 51,03 <sup>c</sup> | 46,78 <sup>b</sup> | 39,13 <sup>a</sup> | 30,98 |
| - raakahiilihydr. | 81,23 <sup>c</sup> | 78,96 <sup>b</sup> | 71,49 <sup>a</sup> | 76,87 |
| - N-vap.uuteain.  | 30,20              | 32,18              | 32,36              | 45,89 |

Kaikilla koedieeteillä päästiin positiivisiin typpitaseisiin. Korkeimmat typpitaseet saatiin Kaukaan jättekuitua sisältäneellä seosrehulla. Nokian jättekuitua sisältäneen seosrehun raakakuidun ja siitä johtuen myös kuiva-aineen sulavuus oli huonompi kuin muiden seosrehujen. Tästä johtuen kyseisen rehun täyttävyyys 1,66 kg ka/ry oli muita rehuja (1,37 ja 1,44) huonompi (taulukko 52).

Taulukko 52.

Jättekuituseosrehujen ja heinän sulavuudet ja rehuarvo

|                      | Jättekuituseosrehu |                    |                    | Heinä |
|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|
|                      | Kaukas             | Lielahti           | Nokia              |       |
| Orgaaninen aine      | 69,11 <sup>b</sup> | 64,70 <sup>b</sup> | 59,19 <sup>a</sup> | 66,55 |
| Raakavalkuainen      | 48,80              | 40,87              | 52,63              | 64,79 |
| Raakarasva           | 89,09 <sup>b</sup> | 66,47 <sup>a</sup> | 72,08 <sup>a</sup> | 46,33 |
| Raakakuitu           | 74,20 <sup>b</sup> | 74,38 <sup>b</sup> | 60,98 <sup>a</sup> | 70,81 |
| N-vap.uuteain.       | 65,92 <sup>b</sup> | 58,25 <sup>a</sup> | 57,25 <sup>a</sup> | 65,22 |
| Syönti g ka/el/pv    | 1260               | 1246               | 1270               | 1156  |
| Typpitase g/pv       | 3,29               | 2,08               | 2,22               | 1,29  |
| Korvausluku kg/ry    | 1,44 <sup>a</sup>  | 1,58 <sup>a</sup>  | 1,75 <sup>b</sup>  | 1,92  |
| Täyttävyyys kg ka/ry | 1,37 <sup>a</sup>  | 1,44 <sup>a</sup>  | 1,66 <sup>b</sup>  | 1,64  |
| g srv/kg ka          | 45 <sup>ab</sup>   | 40 <sup>a</sup>    | 58 <sup>b</sup>    | 93    |
| g srv/ry             | 62 <sup>a</sup>    | 58 <sup>a</sup>    | 96 <sup>b</sup>    | 152   |
| ME mcal/100 kg ka    | 213 <sup>b</sup>   | 205 <sup>ab</sup>  | 188 <sup>a</sup>   | 221   |

Puristeiden sidontakokeessa jättekuitu ei alentanut säilörehun rehuarvoa, eli jättekuidun ja puristemehun seoksen täyttävyyys oli säilörehun luokkaa. Tässä kokeessa jättekuiduilla oli selvästi huonompi rehuarvo. Jos oletetaan mäskin täyttävyydeksi 1,2 kg ka/ry ja jäännösmelassin täyttävyydeksi 1,26 kg ka/ry ja seossuhteeksi 60-30-10 jää seoksissa jättekuitujen täyttävyyksiksi: Kaukas 1,47, Lielahti 1,58 ja Nokia 1,95 kg ka/ry.

## 5.2. Jättekuituseosrehu lihanautojen ruokinnassa

Kuivattuja ja pelletöityjä seosrehuja, jotka sisälsivät 10 % kuiva-aineesta jäännösmelassia, 30 % mäskiä ja 60 % joko Nokian tai Lielahden kuitulietettä kokeiltiin lihanautojen ruokinnassa.

Koe-eläiminä oli 17 Ay-sonnimullia, 5 FrAy-sonnimullia, 5 HfAy-sonnimullia ja 5 HfAy-hiehoa. Eläinten keskimääräinen ikä kokeen alussa oli n. 305 vrk ja paino n. 349 kg.

Koekaavio oli seuraava:

| Ryhmä | N | Seoksen<br>jätekuitu | Koeseosta<br>kg/pv | Säilörehua<br>kg ka/pv | Ohraa<br>kg/pv | Soijaa<br>g/pv |
|-------|---|----------------------|--------------------|------------------------|----------------|----------------|
| 1     | 6 | Nokia                | 3,0                | 4,0                    | 1-3            | -              |
| 2     | 6 | Nokia                | 3,0                | 2,6                    | 2-4            | 140            |
| 3     | 6 | Lielahti             | 3,0                | 4,0                    | 1-3            | -              |
| 4     | 6 | Lielahti             | 3,0                | 2,6                    | 2-4            | 140            |
| 5     | 8 | -                    |                    | 4,0                    | 3-5            | -              |

Ryhmillä 1 ja 3 jätekuitusosrehu korvasi kaksi rehuyksikköä ohraa kontrolliryhmään (5) nähden. Ryhmillä 2 ja 4 jätekuitusosrehu korvasi 1 ry:n säilörehua ja 1 ry:n ohraa. Syntynyt valkuaisvajaus korvattiin soijalla. Ohran annostus suoritettiin elopainon mukaan seuraavasti:

| Elopaino/Ryhmä | 1 ja 3 | 2 ja 4 | 5   |
|----------------|--------|--------|-----|
| 250 kg         | 0,9    | 1,9    | 3,0 |
| 300 "          | 1,6    | 2,6    | 3,6 |
| 350 "          | 2,3    | 3,3    | 4,3 |
| 400 "          | 2,9    | 3,9    | 4,9 |
| 450 "          | 3,5    | 4,5    | 5,5 |

Lisäksi eläimet saivat kivennäis- ja vitamiiniseosta.

Varsinainen koe kesti yhteensä 112 vrk. Tätä ennen oli 28 vrk:n totutuskausi. Kasvutulokset laskettiin vain varsinaiselle koekaudelle. Kokeen loputtua eläimet teurastettiin yhtäaikaisesti. Keskimääräinen ikä kokeen lopussa oli 14 kuukautta.

Korsirehuna käytetty säilörehu oli melko hyvälaatuista (taulukko 54). Ohrassa oli raakavalkuaisista noin 12 %. Nokian jätekuitua sisältäneessä koeseoksessa oli enemmän tuhkaa (10,6 %) ja vähemmän raakakuitua (38,7 %) kuin Lielahden jätekuitua sisältäneessä koeseoksessa (6,1 % ja 44,0 %, taulukko 53).

## Taulukko 53.

Mullikokeen koerehujen keskimääräinen kemiallinen koostumus

|                   | Ohra  | Soija | Säilörehu | Nokian<br>jäte.k.seos | Lielahden<br>jäte.k.seos |
|-------------------|-------|-------|-----------|-----------------------|--------------------------|
| Kuiva-aine %      | 86,02 | 89,99 | 29,25     | 95,71                 | 88,33                    |
| Kuiva-aineessa %  |       |       |           |                       |                          |
| - tuhkaa          | 2,61  | 6,26  | 9,72      | 10,59                 | 6,09                     |
| - raakavalk.      | 12,08 | 49,33 | 16,64     | 10,53                 | 9,81                     |
| - raakarasvaa     | 2,08  | 2,39  | 4,88      | 7,09                  | 5,04                     |
| - raakakuitua     | 4,31  | 7,46  | 26,77     | 38,65                 | 43,95                    |
| - N-vap.uuteain.  | 78,92 | 34,57 | 41,98     | 33,14                 | 35,10                    |
| - raakahiilihydr. | 83,23 | 42,03 | 68,75     | 71,79                 | 79,05                    |

## Taulukko 54.

Säilörehun laatua ilmoittavat analyysitulokset

Kuiva-aineessa %:

|                    |       |
|--------------------|-------|
| - etikkahappoa     | 1,41  |
| - maitohappoa      | 4,54  |
| - sokeria (gluk.)  | 12,33 |
| - kokonaistyppeä   | 2,62  |
| - liukoista typpeä | 1,57  |
| - ammonium typpeä  | 0,14  |

Kokonaistypestä %:

|                    |       |
|--------------------|-------|
| - liukoista typpeä | 60,08 |
| - ammonium typpeä  | 5,29  |

Mullit kasvoivat kokeessa keskimäärin alle kilon päivässä. Suurempaa säilörehuannosta (4 kg ka/pv) saaneet jättivät noin 7 % rehuannoksesta syömättä. Muutoin eläimet söivät perusrehut hyvin. Sensijaan koeseosten maittavuus oli huonompi. Suuremman säilörehuannoksen ohessa söivät eläimet Lielahden kuitulietettä sisältänyttä koeseosta 300 g kuiva-ainetta enemmän kuin Nokian kuitulietettä sisältänyttä seosta. Ensinmainitun ryhmän eläimet jättivät peräti 40 % koeseoksesta syömättä. Muiden ryhmien eläimet söivät keskimäärin 78-74 % tarjotusta 3 kg:n seosrehuannoksesta. Eläinten väliset erot olivat melko suuria tottumisessa jätekuituseosrehun syöntiin (taulukko 55). Nokian jätekuitua saaneiden eläinten kasvu oli hitaampaa ja rehunkulutus lisäkasvukiloa kohti korkeampaa kuin Lielahden jätekuitua saaneiden eläinten. Väki-rehu - korsi-rehusuhteella ei ollut selvää

vaikutusta kasvutuloksiin (taulukko 55). Kontrolliryhmän dieetin kuiva-aineesta oli 15,3 % raakakuitua, koeryhmillä 21-25 %.

#### Taulukko 55.

Rehunkulutus- ja kasvutulokset lihantuotantokokeesta

| Ryhmä                        | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    |
|------------------------------|------|------|------|------|------|
| Elopaino kokeen lopussa kg   | 428  | 440  | 457  | 451  | 458  |
| Ikä kokeen lop.              | 421  | 418  | 424  | 415  | 418  |
| Lisäkasvu g/pv               | 728  | 801  | 941  | 912  | 982  |
| Ry/lisäkasvu kg              | 8,68 | 8,66 | 7,06 | 7,85 | 7,07 |
| Srv kg/lisäkasvu kg          | 1,02 | 0,97 | 0,77 | 0,76 | 0,82 |
| Syönti yht. kg ka            | 7,47 | 7,69 | 7,92 | 7,93 | 7,38 |
| Syönti säilörehua kg ka      | 3,74 | 2,56 | 3,72 | 2,55 | 3,62 |
| Syönti jättekuiturehua kg ka | 1,70 | 2,11 | 2,00 | 2,07 | -    |
| Syönti yht. ry               | 6,05 | 6,64 | 6,55 | 6,68 | 6,72 |

Jättekuituseosrehua syöneiden eläinten teuraspainot jäivät hieman kontrollieläinten teuraspainoja alemmiksi. Lielahden jättekuitua saaneiden eläinten keskimääräiset teuraspainot olivat runsaan 10 kiloä korkeammat kuin Nokian jättekuitua saaneiden. Ensinmainitut olivat myöskin lihakkaampia ja saivat paremmat pisteet teurasarvostelussa (taulukko 56).

#### Taulukko 56.

Tulokset mullien teurasarvostelusta

| Ryhmä                          | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    |
|--------------------------------|------|------|------|------|------|
| Teuraspaino kg                 | 209  | 217  | 224  | 225  | 227  |
| Teuras-%                       | 48,8 | 49,1 | 49,1 | 49,9 | 49,6 |
| Yhteispisteet (max. 20)        | 15,4 | 15,6 | 16,1 | 16,8 | 16,4 |
| Lihakkuus keskim. (max. 15)    | 10,4 | 10,6 | 11,1 | 11,8 | 11,4 |
| Rasvaisuus x)                  | 4    | 4    | 1    | 4    | 4    |
| Lihan väri ja rakenne (max. 5) | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |

x) 4 = ohutrasvainen, 1 = keskirasvainen

### 5.3. Jätekuituseosrehut maidontuotannossa

Kaikkia sulavuuskokeessa (kohta 5.1.) olleita kolmea jätekuituseosrehua kokeiltiin maidontuotantokokeessa lehmillä. Lehmät olivat Ay-rotuisia ja melko korkeatuotoksia. Keskimääräinen päivätuotos oli kokeen alkaessa yli 25 kg 4 %-maitoa, eläinten painaessa keskimäärin 527,5 kg.

Eläimet jaettiin kolmen viikon valmistuskauden jälkeen maitotuotoksen, elopainon, poikimakerran, maidon rasvaprosentin ja säilörehun syönnin mukaan kahdeksaan ryhmään. Valmistuskaudella eläimiä totutettiin jo jätekuiturehuun (2 kg/pv). Viikon kestäneen siirtokauden aikana siirryttiin valmistuskauden säilörehuvaltaisesta ruokinnasta koekauden ruokintaan.

#### Koekaavio:

| Ryhmä             | N | Säilörehua<br>kg ka | Koeseosta<br>kg | Ohra, soija ja<br>kivennäisseokset |
|-------------------|---|---------------------|-----------------|------------------------------------|
| 1. Kontrolli      | 6 | 8                   | -               | tuotoksen mukaan                   |
| 2. "              | 6 | 4-6                 | -               | " "                                |
| 3. Lielahden seos | 6 | 8                   | 5,0             | " "                                |
| 4. "              | 6 | 4                   | 5,0             | " "                                |
| 5. Nokian seos    | 6 | 8                   | 4,8             | " "                                |
| 6. "              | 6 | 4                   | 4,8             | " "                                |
| 7. Kaukaan seos   | 6 | 8                   | 4,8             | " "                                |
| 8. "              | 6 | 4                   | 4,8             | " "                                |

Kontrolliryhmä 2 sai 2 ensimmäistä viikkoa koekaudesta säilörehua 4 kg ka/pv siitä eteenpäin 6 kg ka/pv. Väkirehujen ja kivennäisseoksen annostus tapahtui kussakin ryhmässä eläimittäin maitotuotoksen mukaan. Yhtä maitotuotoskiloa kohti lisättiin rehuannosta 0,4 rehu-yksiköllä ja 60 grammalla sulavaa raakavalkuaista. Vitamiiniseos annettiin kaikille injektiona 2 kk:n välein.

Eläimet punnittiin kokkean aikana 4 viikon välein, kullakin kerralla kahtena perättäisenä päivänä. Maitotuotokset punnittiin ja rehujen kulutus määritettiin päivittäin yksilöllisesti. Maitonäytteistä määritettiin joka viikko rasva sekä joka toinen viikko valkuais- ja maitosokeripitoisuus. Lisäksi Valtion maitotalouskoelaitoksella suoritettiin maidon makuarvostelu.

Koekausi kesti 10 viikkoa. Senjälkeen järjestettiin vielä 2 viikon jälkikausi, jonka aikana eläimet siirrettiin laidunruokintaan.



### Rehujen koostumus ja syöntimäärät

Kokeessa oli säilörehu ainoana korsirehuna. Viiden jakson aikana säilörehu oli esikuivattuna tehtyä. Muun ajan säilörehu oli normaalia tuoresäilörehua. Kummatkin säilörehut olivat säilyneet laadultaan hyvinä. Heinää lehmillä annettiin vain ripulitapausten yhteydessä. Lielahden kuitulietettä sisältänyt seos oli hieman kosteampaa kuin muut kuituseokset. Senvuoksi sitä annettiin 200 g/pv enemmän kuin muita seoksia.

#### Taulukko 57.

Maidontuotantokokeen rehujen kemiallinen koostumus

|                   | Jätekuituseosrehut |          |       | Säilö-<br>rehu | Ohra-<br>kaura | Soija |
|-------------------|--------------------|----------|-------|----------------|----------------|-------|
|                   | Kaukas             | Lielahti | Nokia |                |                |       |
| Kuiva-ainetta %   | 93,84              | 87,12    | 93,57 | 24,32          | 85,92          | 86,39 |
| Kuiva-aineessa %: |                    |          |       |                |                |       |
| - tuhkaa          | 6,96               | 6,23     | 10,57 | 11,19          | 2,91           | 8,14  |
| - raakavalkuaista | 9,26               | 9,77     | 10,26 | 17,63          | 13,28          | 47,64 |
| - raakarasvaa     | 2,44               | 4,93     | 7,08  | 5,58           | 3,49           | 1,96  |
| - raakakuitua     | 50,97              | 45,95    | 39,89 | 29,52          | 6,24           | 8,30  |
| - N-vap.uuteain.  | 30,37              | 33,12    | 32,20 | 36,08          | 74,08          | 33,96 |

Totutuskauden ansiosta lehmät söivät heti ensimmäisellä jaksolla kaikkia jätekuituseosrehuja keskimäärin 4,5 kuiva-ainekiloa. Myöskään myöhemässä vaiheessa ei tässä kokeessa ollut vaikeuksia jätekuituseosrehun maittavuuden suhteen. Säilörehun syönnissä ei ollut eroja eri jätekuituja saaneiden ryhmien välillä. Kokonaiskuiva-aineen syönti jäi kontrolliryhmällä väkirehuvaltaisemman ruokinnan vuoksi jätekuityryhmiä alemmaksi. Jonkinverran tilannetta tasattiin nostamalla ryhmän 2 säilörehuannos 4:stä 6:een kiloon kuiva-ainetta päivässä (kuva 7).

Kontrollieläinten dieetin kuiva-aineesta noin 18-20 % oli raakakuitua. Jätekuityryhmillä vastaava pitoisuus oli peräti 26-28 %.

Kaikissa ryhmissä ruokinta nousi jonkinverran yli tarvenormien. Ylemmällä säilörehutasolla ylitys oli keskimäärin 5,5 % ry-tarpeesta ja 10,5 % srv-tarpeesta. Alemmalla säilörehutasolla ylitys oli vastaavasti 10,2 ja 12,2 % tarpeesta.

Maitotuotokset

Runsaammasta yliruokinnasta huolimatta lypsivät vähemmän säilörehua saaneet ryhmät keskimäärin 0,5 kg 4 % maitoa päivässä vähemmän kuin 8 kg ka säilörehua saaneet ryhmät.

Kontrollieläimiin nähden lypsivät jättekuituseosrehuja saaneet lehmät vähintään yhtä hyvin. Erot ryhmien välillä eivät kuitenkaan olleet merkitseviä.

Kaikilla ryhmillä elopaino laski valmistuskauden aikana, mutta pysyi koekauden ajan melko vakaana tai nousi hieman. Jälkikaudella painot jälleen laskivat ja tuotokset nousivat voimakkaasti (kuva 7 ja taulukko 58).

Maitonäytteiden aistinarvostelussa ei jättekuituseosrehun todettu vaikuttavan maidon makuun.

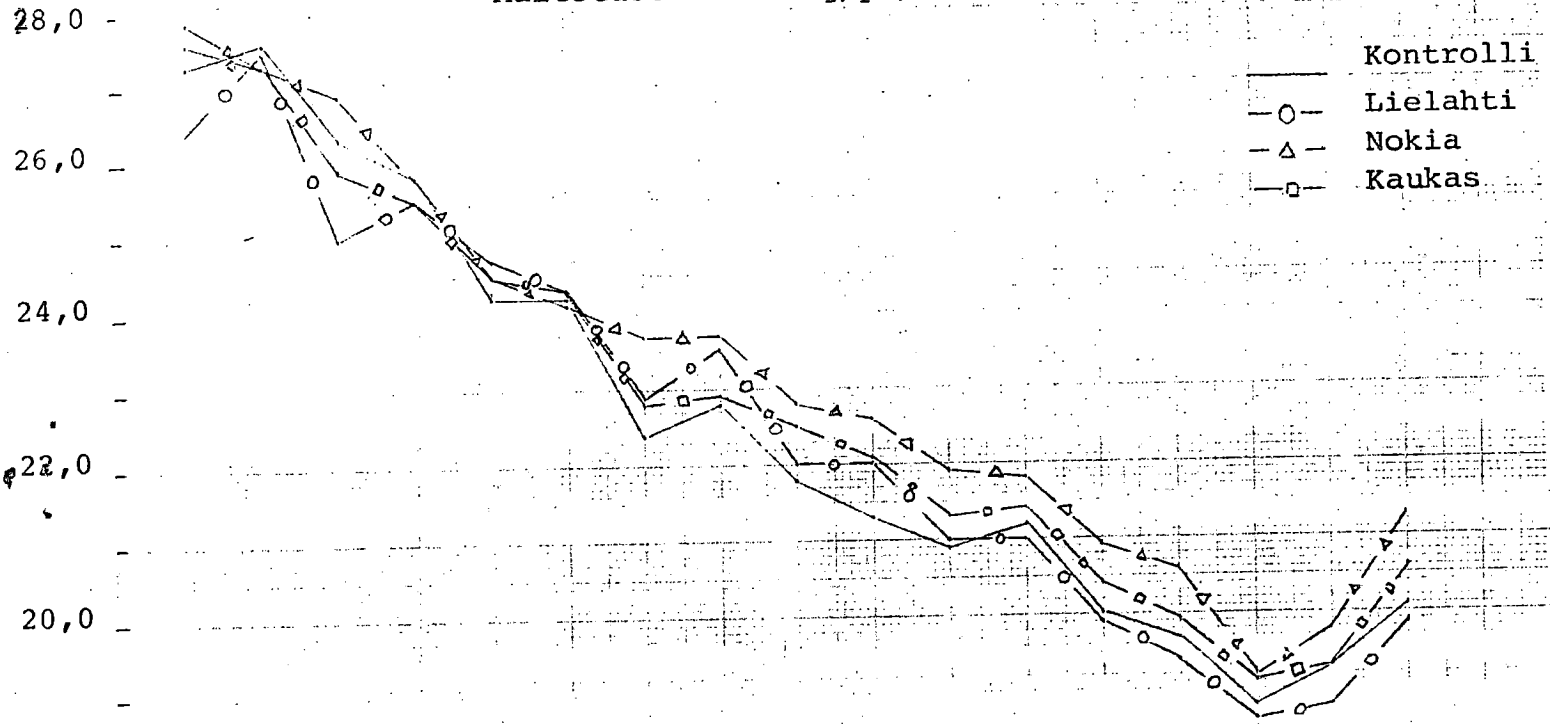
## Taulukko 58.

Lehmien maitotuotokset ja elopainon muutokset

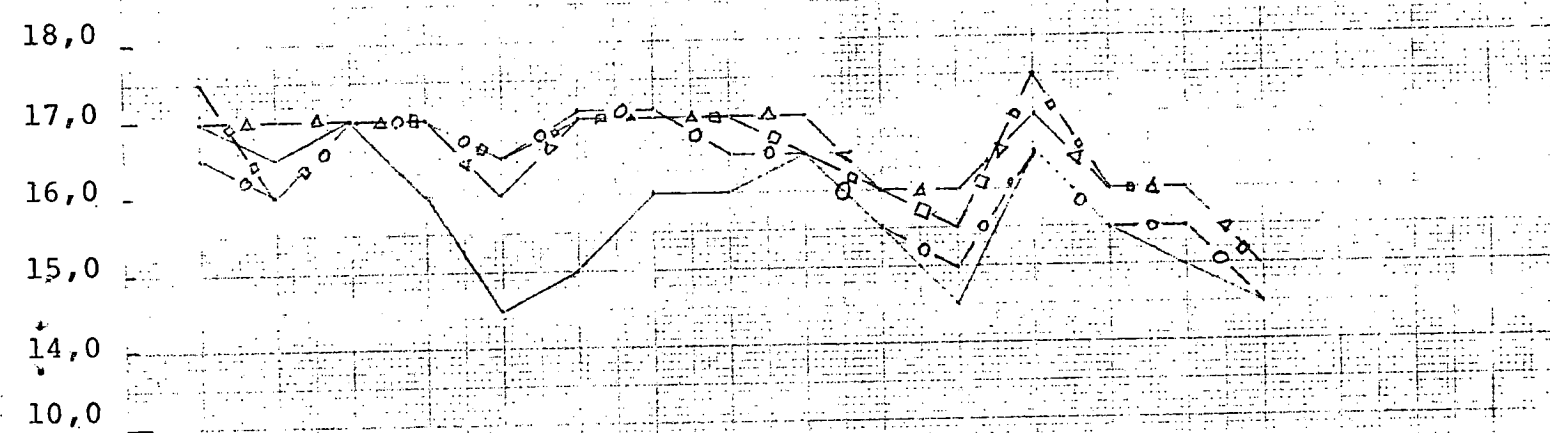
| Ryhmä                    | 1                 | 2                 | 3                  | 4                  | 5                 | 6                  | 7                 | 8                 |
|--------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| Eläimiä                  | 6                 | 6                 | 6                  | 5                  | 6                 | 5                  | 6                 | 6                 |
| Poikimakerta             | 3,17              | 2,67              | 2,50               | 3,80               | 3,00              | 3,33               | 3,17              | 3,33              |
| Elopaino kok. alussa     | 525               | 505               | 530                | 514                | 525               | 509                | 534               | 543               |
| Elopainon lis. kg/pv     | 0,08              | 0,27              | 0,00               | 0,26               | 0,12              | 0,13               | 0,03              | 0,23              |
| Maitoa kg/pv             | 21,22             | 20,07             | 21,88              | 20,00              | 21,90             | 23,02              | 20,27             | 20,97             |
| Maitoa 4 % kg/pv         | 22,60             | 20,95             | 22,90              | 20,92              | 22,07             | 22,83              | 21,60             | 22,67             |
| Maidon rasva- %          | 4,57              | 4,40              | 4,37               | 4,39               | 4,07              | 3,92               | 4,55              | 4,69              |
| " valkuais- %            | 3,34 <sup>b</sup> | 3,43 <sup>b</sup> | 3,25 <sup>ab</sup> | 3,31 <sup>ab</sup> | 3,09 <sup>a</sup> | 3,15 <sup>ab</sup> | 3,25 <sup>b</sup> | 3,41 <sup>b</sup> |
| Maidon sokeri- %         | 4,94              | 5,01              | 5,05               | 4,87               | 5,02              | 5,06               | 4,91              | 5,08              |
| Ry/pv                    | 13,94             | 13,67             | 13,52              | 13,31              | 13,34             | 14,23              | 13,49             | 14,54             |
| Srv kg/pv                | 1,98              | 1,90              | 1,82               | 1,72               | 1,88              | 1,93               | 1,77              | 1,89              |
| Ry/tuotettu 4 % maito kg | 0,62              | 0,65              | 0,59               | 0,64               | 0,60              | 0,62               | 0,62              | 0,64              |
| Srv g/ " " "             | 87,6              | 90,7              | 79,5               | 82,2               | 85,2              | 84,5               | 81,9              | 83,4              |

Kuva 7. Lehmien maitotuotos-, syönti- ja elopainonmuutoskäyrät

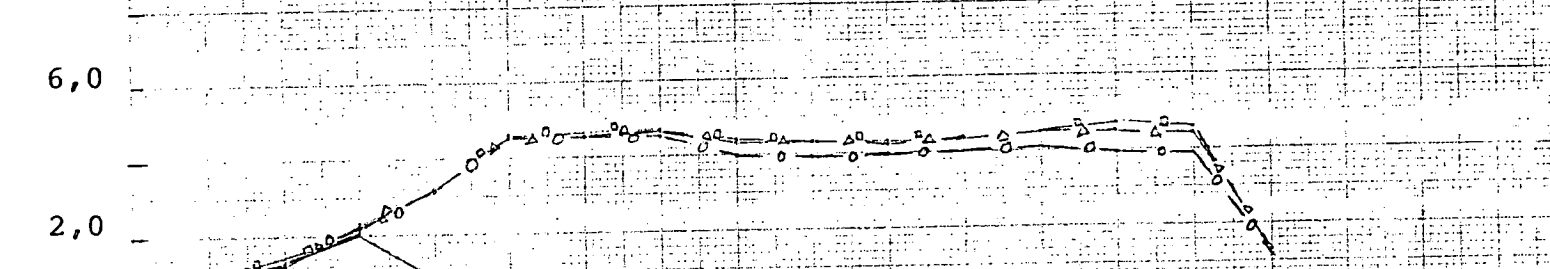
Maitotuotos 4 % kg/pv/el



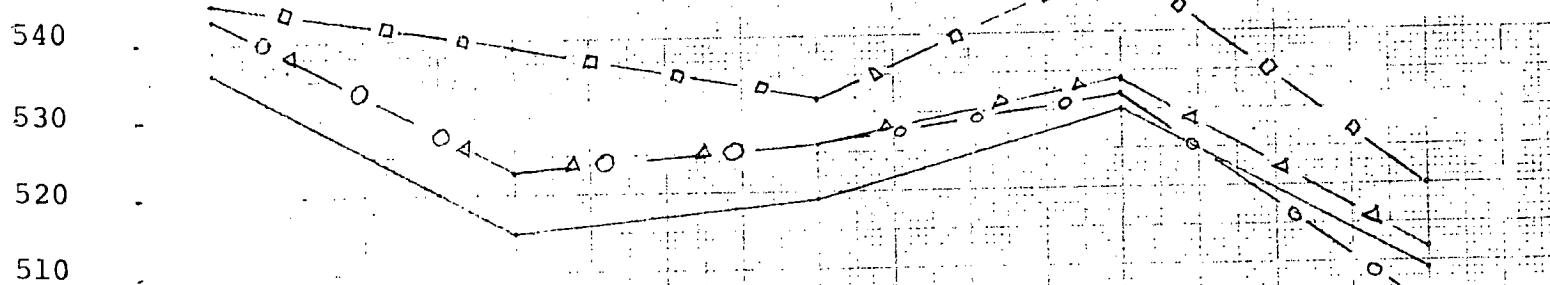
Syönti yhteensä kgka/pv/el



Jätekuidun syönti kgka/pv/el



Elopaino kg



## D. TULOSTEN TARKASTELU

Jätekuitujen varastointi ja käyttö kotieläinten rehuna edellyttää niiden kuivattamista 80-90 %:n kuiva-ainepitoisuuteen. Saostusaltaista noston yhteydessä suoritettavan esikuivatuksen jälkeen kuitulietteiden kuiva-ainepitoisuus on yleensä 20-30 %. Parhailta vakuumisuolettimen ja puristimen yhdistelmillä voidaan päästä yli 30 %:n kuiva-ainepitoisuuksiinkin.

Kuitulietteen alkukosteus ratkaisee luonnollisesti jatkokuivatuksessa tarvittavan energiatarpeen. Nokian lietteen kuivattamiseen Van der Broek rumpukuivurilla 35 kuiva-aine %:sta 83 %:iin kului 314 kg raskasta polttoöljyä (á 39 penniä) kuiva-ainetonna kohti. Tämä vastasi JOUSIMAAN ja MELONIN (1976) Toma kuivurilla saamia tuloksia. Nykyhetken hinnoilla laskettuna olisivat kuitulietteiden kuiva-ainepitoisuuden nostamisesta 20 %:sta 90 %:iin aiheutuvat energiakulut raskasta polttoöljyä käytettäessä noin 350 markkaa kuiva-ainetonna kohti.

Suurin osa kuitulietteiden mikrobistosta tuhoutuu kuumentamisen yhteydessä. SÖDERHJELMIN ja LAMPILAN (1976) tutkimuksessa ei kuivatussa kuitulietteessä ollut salmonellabakteereja. Tässä tutkimuksessa niitä ei ollut tuoreissakaan näytteissä. Kolibakteerien kokonaismääräksi kuivatuksen jälkeen he totesivat 5000 kappaletta grammassa. Saman tehtaan kuitulietteissä ei nyt ollut tuoreessakaan näytteessä kolimuotoisia bakteereja. Suurin havaittu kolibakteerien määrä tuoreessa näytteessä oli 7 milj. kpl/g Mäntän tehtaan kuitulietteessä.

Kuitulietteiden kivennäis- ja hivenainekoostumuksissa on runsaasti tehtaiden välisiä eroja. Eläimille tarpeellisten kivennäis- ja hivenaineiden määrät ovat kaikissa kuitulietteissä alhaisia. Haitallisten raskasmetallien määrät eivät tässä tutkimuksessa nouseet liian korkeiksi. Huomattavasti korkeampia lyijy- ja kadmiumpitoisuuksia ovat määrittäneet mm. BELYEA ym. (1979) ja SÖDERHJELM (1977).

Kuivattujen jätekuitujen hygroskooppisuutta voidaan käyttää hyväksi sekä eläinten kuivituksessa että säilörehun puristemehun sidonnassa. SÖDERHJELMIN (1977) laboratoriokokeissa imivät jätekuidut  $1000 \text{ kg/m}^2$ :n paineen alaisina 1-4,5 kg vettä kuiva-ainekiloon kohti. Nesteiden sitojana jätekuitu on tehokkaampi kuin turve, puru tai kutteri.

Käyttöominaisuuksiltaan poikkesivat jätekuidut toisistaan kuivikekokeessa melkoisesti. Lielahden tehtaiden jätekuidun katsottiin soveltuvan hyvin eläinten kuivikkeeksi.

Lielahden jätekuitua käytettiin myös säilörehujen puristemehunsidontaan. Ruohosäilörehuun se sitoi puristemehua noin 1,5 kiloa jokaista kuiva-ainekiloaan kohti. Aikaisemmissa kokeissa jätekuitujen puristeidensidonta on ollut 0,8-4,8 kg/kg ka. Määrä on riippunut jätekuiduista, ruohon kosteudesta sekä jätekuidun määrästä seoksessa (SÖDERHJELM, 1977). Silputtu olki pienensi myös tehokkaasti puristemehutappioita. Mutta säilönnän kokonaiskuiva-ainetappiot olivat olkea sisältäneissä rehuissa huomattavasti suuremmat kuin jätekuitua sisältäneissä rehuissa. Puristeiden sidonnan ohella jätekuitu näyttääkin alentavan säilöntätappioita. Jätekuidun käyttö tähän tarkoitukseen näyttäisi nykyisin kustannuksin järkevältä. Onhan kokeissa jätekuidulla ympäristöhaittojen vähentämisen ohella lisätty säilörehun määrää sen rehuarvoa alentamatta.

Jätekuitujen käyttöä teollisten rehujen osana vaikeuttaa niiden koostumusvaihtelut sekä myös tuoreiden kuitulietteiden runsas mikrobipitoisuus. Käytännöllinen ratkaisu on kuivattaminen muiden märkien raaka-aineiden seassa. Käyttötarkoitus ratkaisee miten paljon rehussa voi olla jätekuitua.

Jätekuidun, mäskin ja jäännösmelassin seokset, joissa oli jätekuitua 60 % kuiva-aineesta, maistuiivat mulleilla heikosti mutta päseille ja lypsylehmille ainakin tyydyttävästi. Aikaisemmissa kotimaisissa tutkimuksissa (SÖDERHJELM, 1977) eläimet pyrkivät erottelemaan jätekuitua heikosti maittavana rehuannoksesta. Toisaalta on myös tutkimuksia, joissa rehuannos on maittanut koe-eläimille hyvin (DINIUS ja BOND, 1975 ja MILLETT ym. 1973).

Jätekuitujen rehuarvo joudutaan sulavuuskokeista laskemaan ekstrapoloiden koko dieetin sulavuudesta, sillä pelkkää jätekuitua ei sulavuuskokeissa pystytä syöttämään. Puristemehunsidontatutkimuksissa ei jätekuidun ja puristemehun seos yleensä ole vaikuttanut säilörehun rehuarvoon. Jätekuitujen välillä tosin on ollut pieniä eroja (SÖDERHJELM, 1977). Melko suuriksi muodostuivat jätekuitujen väliset erot seosrehujen sulavuuskokeesta niille rehuarvoa laskettaessa. Vaihtelu on yhtä suurta kuin MILLETTIN ym. (1973) tutkimuksissa, joissa kuiva-aineen sulavuus eri kuitulietteillä

vaihteli 50 %:sta 80 %:iin.

Heinädieettiin verrattuna jätekuitu alentaa pötsin pH:ta, nostaa propionihappopitoisuutta ja alentaa etikkahappo-propionihapposuhdetta (DINIUS ja BOND, 1975). Tästä voisi päätellä jätekuidun sopivan paremmin lihantuotantoon kuin maidontuotantoon. Näissä kokeissa kävi kuitenkin päinvastoin. Mullit käyttivät jätekuituseosrehun heikosti hyväkseen ja kasvoivat koedieetillä huonommin kuin kontrolliruokinnalla. Maidontuotantokokeessa kontrolliryhmien keskimääräinen maitotuotos sensijaan jäi alhaisemmaksi kuin jätekuitua saaneiden ryhmien tuotos. Jätekuituseosrehu maittoi lehmille paremmin kuin mulleille, vaikka dieetit muutoin olivat näissä kokeissa samanlaisia. Samankaltaisia tuloksia saivat FRITSCHEL ym. (1976) käyttäessään jätekuituruokinnalle vertailuruokintana heinäsäilörehua ja heinää tai maissisäilörehua. Eläimet kasvoivat heidän kokeissaan puolta hitaammin jätekuitudieetillä kuin säilörehuilla. DINIUS ja BOND (1975) saivat jätekuiturehulla ja soijalla paremmat lisäkasvut kuin heinällä. Hyvä tulos maidontuotantokokeessa nimenomaan heikoimmin sulavalla Nokian jätekuidulla oli yhdensuuntainen edellisenä vuonna suoritettuna alustavan kokeen kanssa (KOMMERI, julkaisematon).

Jätekuitujen sulattaminen kuluttaa valkuaisia ja alentaa myös muun dieetin tyyppien hyväksikäyttöä (POIJÄRVI, 1943 ja HVIDSTEN, 1940). Soijan tai muun valkuaisrehun käyttö jätekuidun ohessa on senvuoksi tarpeen. Tämä taas korottaa jätekuituruokinnan hintaa huomattavasti.

Yksipuolisen ravitsemuksellisen koostumuksensa takia jätekuitu sopinee parhaiten märehtijöille, jotka ovat alhaisessa tuotannossa. Tulokset jätekuidun käytöstä säilörehujen puristemehun sidontaan ovat erittäin positiivisia.

## E. YHTEENVETO

Puuta sellumassaksi, kartongiksi ja paperiksi prosessoitaessa huuhtoutuu jätevesiin kiinteitä jätteitä joita kutsutaan jätelietteiksi. Jätevesien saostusaltaista nostetut kuitulietteet kuivataan yleensä 20-30 %:n kuiva-ainepitoisuuteen ja viedään kaatopaikalle.

Kuitulietteiden käyttö kotieläintaloudessa edellyttää niiden jatko-kuivattamista aina 90 %:n kuiva-ainepitoisuuteen. Tässä tutkimuksessa kokeiltiin kahta lämpöenergian käyttöön perustuvaa rumpukuivainta, joista toisen polttoaineena oli raskas ja toisen kevyt polttoöljy. Lehtipuuta raaka-aineena käyttävän tehtaan kuitulietteen kuivattamisessa yksinään oli pölyongelmia ja syttymisvaara. Muiden kuitulietteiden tai kuitulietteiden, mäskin ja jäännösmelassin seosten kuivattamisessa ei näitä ongelmia ollut.

Pelkkien kuivattujen kuitulietteiden, joista tässä yhteydessä käytetään myös nimitystä jätekuitu, pakkaamiseen soveltui sekä paalaus että muovinen nk. puristesäkki. Tällaisissa puristesäkeissä toimittuja jättekuituja kokeiltiin lypsylehmien kuivikkeena.

Lielahten tehtaan jätekuitu osoittautui kokeessa käyttömääräisyyksiltään vähintään purun ja turpeen veroiseksi kuivikkeeksi.

Märkään ruohoon ja sokerijuurikkaan naatteihin sekoitettiin säilöttäessä jättekuitua tai silputtua olkea noin kolmannes seoksen kuiva-aineesta. Jätekuitu alensi ruohosäilörehun puristemehun erittymisen 31,5 %:sta 20,8 %:iin, olki vastaavasti 17,6 %:iin. (Naattisäilörehusta jätekuitu sitoi puristeita enemmän kuin olki. Jättekuitulisäys alensi kuiva-ainetappion ruohosäilörehussa 2,6 %:iin ja naattisäilörehussa 6,0 %:iin. Oljen kanssa säilöttyjen ruoho- ja naattisäilörehujen kuiva-ainetappiot olivat 8,7 ja 17,3 %:ia. Kaikki säilörehut olivat rehuopilliselta laadultaan hyviä. Jättekuituruohosäilörehun täyttävyyys oli selvästi paras (1,26 kg ka/ry) ja olkinaattisäilörehun huonoin (1,63 kg ka/ry). Jättekuitua sisältäneiden säilörehujen raakakuidun sulavuus oli 17-20 %-yksikköä parempi kuin olkea sisältäneiden säilörehujen. Kolmen eri tehtaan jättekuiduista valmistettiin kustakin seos, jossa jättekuitua oli 60 %, mäskiä 30 % ja jäännösmelassia 10 % kuiva-aineesta. Seokset kuivattiin ja pelletöitiin. Pässeillä suoritettussa sulavuuskokeessa heikoimman jäte-

kuituseosrehun täyttyvyys oli heinän luokkaa (1,66 kg ka/ry), muiden sitä selvästi parempi (1,37 ja 1,44 kg ka/ry).

Sulavuuskokeen kaksi huonointa koeseosta asetettiin mullikokeessa kolmen kilon päiväannoksena korvaamaan kontrolliryhmän kahta rehuyksikköä ohraa tai ohraa ja säilörehua puoliksi. Koeseosten maittavuus ei tässä kokeessa ollut riittävä. Korkein keskimääräinen päiväkasvu oli kontrolliryhmällä (982 g/pv). Koeseoksilla päästiin keskimäärin 765 ja 927 gramman päiväkasvuihin. Tulos oli yhtenevä sulavuuskokeen kanssa.

Maidontuotantokokeessa 1,5 kg ka jätekuituseoksia asetettiin korvaamaan yhtä rehuyksikköä. Seosrehujen maittavuus oli lehmillä parempi kuin mulleilla. Eläimet söivät koeseoksia keskimäärin yli 4 kg ka/pv. Jätekuituseosrehuja saaneet lehmät lypsivät keskimäärin 0,4 kg/pv enemmän kuin kontrollilehmät (22,8 ja 21,8 kg 4 % maittoa/pv). Pässeillä heikoimmin sulaneella jätekuituseosrehulla saatiin suorastaan korkeimmat päivätuotokset.



## KIRJALLISUUSLUETTELO

- ALKIO, M. & SÖDERHJELM, L. 1974. Kuitulietteen metaanikäyminen. Kirjallisuuskatsaus 159. Oy Keskuslaboratorio. 85 p. Espoo.
- ASPITARTE, T.R., ROSENFELD, A.S., SMALE, B.C., (RUSOFF, L.L.). 1973. Methods for pulp and paper mill sludge utilization and disposal. Environmental Protection Agency R2-73-232: 106-109. (Ref. SÖDERHJELM, L., 1976).
- BAKER, A.J. 1973. Effect of lignin on the in vitro digestibility of wood pulp. Journal of Animal Science 36, 4:768-771.
- , MOHAUPT, A.A. & SPINO, D.F. 1973. Evaluating wood pulp as feedstuff for ruminants and substrate for *Aspergillus fumigatus*. Journal of Animal Science 37, 1:179-182.
- BELYEA, R.L., MARTZ, F.A., McILROY, V. & KEENE, K.E. 1979. Nutrient composition and contaminants of solid cellulosic waste. Journal of Animal Science 49, 5:1281-1291.
- BENDER, F., HEANEY, D.P. & BOWDEN, A. 1970. Potential of Steamed Wood As a Feed for Ruminants. Forest Products Journal 20, 4:36-41.
- DINIUS, D.A. & BOND, J. 1975. Digestibility, ruminal parameters and growth by cattle fed a waste wood pulp. Journal of Animal Science 41, 2:629-634.
- DOYLE, J.J., PFANDER, W.H., GREBING, S.E. & PIERCE, J.O. II. 1972. Effects of dietary cadmium on growth and tissue levels in sheep. Trace Substances in Environ. Health Proc. 6:181. (Ref. BELYEA, R.C. ym., 1979).
- FEIST, W.C., BAKER, A.J. & TARKOW, H. 1970. Alkali requirements for improving digestibility of hardwoods by rumen microorganisms. Journal of Animal Science 30, 5:832-835.
- FRITSCHER, P.R., SATTER, L.D., BAKER, A.J., McGOVERN, J.N., VATTHAUER, R.J. & MILLETT, M.A. 1976. Aspen bark and pulp residue for ruminant feedstuffs. Journal of Animal Science 42, 6:1513-1521.
- HOLMA, M. 1980. Turve on hyvä kuivike. Käytännön Maamies 2:87-89.
- HEAD, M.J. 1961. Cellulose digestibility and the rumen. In D. Lewis (Ed.) Digestive Physiology and Nutrition of the Ruminant. Butterworths, London. 297 s.
- HVIDSTEN, H. 1945. Beretn. Foringsforsøk No. 60; Meld. Norg. LandbrHøisk. 26, 43 (Ref. HEAD, M.J. 1961).
- , 1940. Tre cellulose som fôr till mjølkekyr. Norsk Landbruk 6:434-439. (Ref. SAARINEN, P. ym. 1959).

- KOMMERI, M. & KOSSILA, V. 1977a. Kuivattu kuituliete ja sokerteollisuuden jätteet säilörehun valmistuksessa. MTTK:n Kotieläinhoidon tutkimuslaitoksen raportti 3.2.1977.
- & KOSSILA, V. 1977b. Raportti kuivatun kuitulietteen käytöstä mullien säilörehussa. MTTK:n Kotieläinhoidon tutkimuslaitoksen raportti 5.5.1977.
- LAMPILA, M. & KOMMERI, M. 1976. Jätekuitu säilörehun puristemehun sitojana. Maatalouden tutkimuskeskus, KHL:n raportti.
- LEMIEUX, P.G. & WILSON, L.L. 1979. Nutritive evaluation of a waste wood pulp in diets for finishing Lambs. *Journal of Animal Science* 49, 2:342-353.
- MELONI, E. 1976. Suomen kuitulietteet: määrät, laadut, käyttö. Esitelmä lietepäivillä Keskuslaboratoriossa.
- & JOUSIMAA, T. 1976. Veden erottaminen kuitulietteestä. Oy Keskuslaboratorio, Seloste 1243. (Ref. SÖDERHJELM, L. 1977).
- MILLETT, M.A., BAKER, A.J., FEIST, W.C. MELLEBERGER, R.W. & SATTER, L.D. 1970. Modifying wood to increase its in vitro digestibility, *Journal of Animal Science*, 31:781-788.
- , BAKER, A.J., SATTER, L.D., MCGOVERN, J.N. & DINIUS, D.A. 1973. Pulp and papermaking residues as feedstuffs for ruminants. *Journal of Animal Science*, 37, 2:599-607.
- MILLER, W.J. & CLIFTON, C.M. 1965. *Journal of Dairy Science* 48:917 (Ref. MO, M. 1978).
- MO, M. 1975. Dep. Anim. Nutr., Agric. Univ. Norway. Report no. 171. (Ref. MO, M. 1978).
- , 1978. Losses of nutrients. Ensiling experiments. Chemical analysis of silage. Ås, Norway. 16 p.
- NEATHERY, M.W. & MILLER, W.J. 1975. Metabolism and toxicity of cadmium, mercury and lead in animals: a review. *J. Dairy Sci.* 58:1767.
- PANKAKOSKI, M. 1974. Säilörehun puristemehu karjatalouden jäteongelma. *Karjatalous* 8:16-17.
- POIJÄRVI, I. 1944. Beiträge zur Verdauung und Verwertung von Holzzellulose beim Schwein. *Acta Agr. Fenn.* 57:1-53.
- , 1943. Rehuselluloosasta hevosten ja märehitjain rehuna. *Valt. maatal. Koetoim. tied.* 196:1-15. (Ref. SAARINEN, P. ym. 1959).
- RISSANEN, H. & KOSSILA, V. 1977. Mitä menetetään puristemehussa. *Käytännön Maamies* 4:59.
- RIQUELME, E., DYER, I.A., BARIBO, L.E. & COUCH, B.Y. 1975. Wood cellulose as an energy source in lamb fattening rations. *Journal of Animal Science* 40,5:977-981.

- SAARINEN, P., JENSEN, W. & ALHOJÄRVI, J. 1958. Selluloosaväkirehun valmistusmahdollisuuksista I. Papper och Trä 40, 10:495-499.
- , JENSEN, W. & ALHOJÄRVI, J. 1959. On the Digestibility of High Yield Chemical Pulp and its Evaluation. Acta Agr. Fennica 94, 3:1-23.
- SALO, M-L. & SORMUNEN, R. 1974. Sokerijuuriikkaan naatit ja niistä valmistettu säilörehu. J.Sci. Agric. Soc. Finl. 46:97-102.
- SAUE, O. 1975. Förling med pressaft fra surförsiloer. Aktuelt fra landbruksdepartementets Opplysningstjeneste. Husdyrforsöksmötet 1975, Nr.1:134-139.
- STEPHENSON, J.N. (Ed.) 1950. Pulp and Paper Manufacture. Vol.1. (3rd Ed.) McGRAW-Hill Inc., NY. (Ref. LEMIEUX, P. ym. 1979).
- SUTTER, A. 1957. O.E.E.C. Project No. 307, 74. (Ref. M, M. 1978).
- SÖDERHJELM, L. 1976 a. Muut sovellutukset, yhteenveto. Esitelmä lietepäivillä Keskuslaboratoriossa 27.10.1976: 17-18.
- , 1976 b. Possible uses for fibrous sludges from the pulp and paper industry. Paperi ja Puu 9:620-629.
- , 1977. Kuitulietteen käyttö rehuna. Oy Keskuslaboratorio. Seloste 1310.
- , 1979. Keskuslaboratorio Oy. Suullinen tiedonanto 15.3.1979 (Ref. TÄNG, L. 1979).
- & LAMPILA, M. 1976. The use of waste fibres as absorption material in grass silage. Papper och Trä 58, 2:41-46.
- VENUGOBAL, B. & LUCKEY, T.D. 1974. Toxicology of non-radioactive heavy metals and their salts. Teoksessa: Heavy Metal Toxicity safety and hormology. Toim. T.D.LUCKEY, B.Venugobal ja D. Hutcheson. Environ. Qual. Safety, suppl. 1, 4-73. (Ref. KORKEALA, MANNONEN, 1978).
- ØRSKOV, E.R. & OLTJEN, R.R. 1967. Influence of carbohydrate and nitrogen sources on the rumen volatile fatty acids and ethanol of cattle fed purified diets. J.Nutr. 93:222. (Ref. DINIUS, D.A. & BOND, J. 1975).

