

**MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS**  
**TIEDOTE** **13/93**

**PAAVO SIMOJOKI**

**Selluloosatehtaan jätelietteen lannoitusvaikutus**

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS  
TIEDOTE 13/93

PAAVO SIMOJOKI

## **Selluloosatehtaan jätelietteen lannoitusvaikutus**

*Summary: Fertilizer effect of sludge from a sulphate and paper mill*

Maatalouden tutkimuskeskus  
Laukaan tutkimus- ja valiotaimiasema  
Juntula  
41340 LAUKAA  
Puh. (941) 633 835

Jokioinen 1993  
ISSN 0359-7652

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	5
KIITOKSET	5
<i>SUMMARY</i>	6
1 JOHDANTO	7
2 TUTKIMUSMATERIAALIT JA MENETELMÄT	7
3 TULOKSET	8
3.1 Sato	8
3.2 Jätelietteen vaikutus ohra- ja raiheinäsadon pitoisuuksiin	11
3.3 Jätelietteen vaikutus kasvualustan viljavuuteen	12
4 TULOSTEN TARKASTELU	15
LIITTEET	

**P. Simojoki. Selluloosatehtaan jätelietteen lannoitusvaikutus. (Summary: Fertilizer effect of sludge from a sulphate pulp and paper mill.) Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 13/93. 17 p. + 2 liitettä.**

Avainsanat: selluloosatehdas, biologinen puhdistus, jäteliete, lannoitusvaikutus

## TIIVISTELMÄ

Maatalouden tutkimuskeskuksen Keski-Suomen tutkimusasemalla (nyk. Laukaan tutkimus- ja valiotaimiasema) tutkittiin 1980-luvun lopulla, onko sulfaattiselluloosa- ja paperitehtaan jätevesien biologisessa puhdistuksessa syntyvä jäteliete käyttökelpoista pellolla maanparannus- ja lannoitusaineena. Jäteliete saatiin Oy Metsä-Botnia Ab:n (nyk. Metsä-Sellu) Äänekosken tehtailta. Lietteen kuiva-ainepitoisuus oli 17,5 %. Lietteen kokonaistypen pitoisuus oli 6,7 kg/tn tuoretta lietettä eli 3,8 % kuiva-aineesta. Liete annettiin kokeen alussa ja sitä käytettiin 40 ja 80 tn/ha. Lietteen (40 tn/ha) lannoitusvaikutus ohran viljelyssä oli kolmen vuoden aikana yhteensä 34,8 kg/ha ja (80 tn:lla) 25,4 kg/ha jyviä sekä vastaavasti 15,3 ja 12,5 kg/ha olkia lietetonnin kohden. Italianraiheinän viljelyssä lietetonnin antama sadonlisäys oli 40 lietetonnin tasolla 36,4 kg/ha ja 80 lietetonnin tasolla 50,9 kg/ha kuiva-ainetta. Väkilannoitetyypen lannoitusvaikutus ohran viljelyssä oli 18 kg jyviä ja italianraiheinän viljelyssä 21,2 kg kuiva-ainetta tyyppikiloa kohden. Lietetonnin lannoitusvaikutus vastasi siten ohran viljelyssä keskimäärin 1,7 ja raiheinän viljelyssä 2,1 väkilannoitetyypikilon lannoitusvaikutusta.

Kun lietettä annettiin 40 tn/ha (7 tn/ha kuiva-ainetta), maahan tuli typpeä (tot.) 268 kg/ha, kalsiumia 385 kg/ha, fosforia 32 kg/ha, magnesiumia 28 kg/ha ja kaliumia 11 kg/ha. Raskaista metalleista kadmiumia tuli 27 g/ha ja lyijyä 47 g/ha. Kahden vuoden aikana raiheinäsadot ottivat kaliumia moninkertaisesti sen määrän mitä maahan oli lietteessä annettu, molybdeenia puolet, fosforia 1/5 ja muita ravinteita korkeintaan 11 % annetusta. Kahden vuoden ohrasadot ottivat kaliumia noin 90 %, fosforia 1/3 ja muita ravinteita korkeintaan 10 % lietteessä annetusta. Lietteellä tuotettu ohran jyväsato sisälsi noin 25 % enemmän kuparia ja sinkkiä sekä n 40 % enemmän natriumia ja molybdeenia kuin väkilannoitteella tuotettu. Lietteellä tuotetut jyvät sisälsivät 17 % vähemmän mangaania, booria ja 63 % vähemmän kadmiumia kuin väkilannoitteilla tuotetut. Raiheinässä, joka oli saanut lietettä, oli molybdeenia noin 80 % enemmän sekä kadmiumia ja mangaania 34 % vähemmän kuin väkilannoitteilla tuotetussa.

Lietettä saaneessa kasvualustassa oli pintamaassa useita ravinteita (sinkkiä, booria, rikkiä, kalsiumia) enemmän kuin väkilannoitetta saaneessa. Maanäytteet otettiin syksyllä koevuosina. Myös pH ja johtoluku olivat hieman suuremmat. Jäteliete lisäsi liukoisen typen määrää maassa ja erityisesti nitraattitypen osuutta. Jäteliete ei vaikuttanut pohjamaan ravinnetasoon.

## KIITOKSET

Lausun parhaat kiitokseni tutkimukseen osallistuneille laitoksille ja henkilöille. Avustaneista haluan erityisellä kiitoksella mainita MMT Erkki Kempvaisen, joka järjesti astiakokeen, tutkimusmestari Voitto Kytölän, joka valvoi kenttäkokeita, tutkimusapulainen Jorma Moilasan, joka koki tulosaineiston ja tutkimussihteeri Mauri Räcköläisen, joka kirjoitti tämän julkaisun puhtaaksi.

Laukaassa kesällä 1993 Paavo Simojoki

## SUMMARY

*At the end of the 1980s a trial was conducted at Central Finland Research Station (now Laukaa Research and Elite Plant Unit) of the Agricultural Research Centre to determine whether the sludge of a sulphate pulp and paper mill obtained from a biological waste treatment process can be used as a soil conditioner and fertilizer. The sludge was obtained from the änekoski mills of Metsä-Botnia Ltd (now Metsä-Sellu).*

*The dry matter content of the sludge was 17.5 % and the total nitrogen concentration 6.7 kg/tn fresh sludge. The sludge was applied at the beginning of the trial 40 and 80 tn/ha. The overall fertilizer effect of the sludge in barley cultivation over a period of three years was 30.1 kg/ha grain and 13.9 kg/ha straw per ton/ha sludge. In the cultivation of Italian ryegrass the yield increase per ton/ha sludge was 43.7 kg/ha dry matter. The fertilizer effect of commercial fertilizer nitrogen in barley cultivation was 18 kg grain and in Italian ryegrass cultivation 21.2 kg dry matter per kg nitrogen. The fertilizer effect of one ton of sludge thus corresponded to an average fertilizer effect of 1.7 kg commercial fertilizer nitrogen in barley cultivation and 2.1 kg in ryegrass cultivation.*

*When sludge was applied at a rate of 40 tn/ha (7 tn/ha dry matter), the soil received nitrogen (total) 268 kg/ha, calcium 385 kg/ha, phosphorus 32 kg/ha, magnesium 28 kg/ha and potassium 11 kg/ha, the amounts of heavy metals being cadmium 27 g/ha and lead 47 g/ha. Over a period of two years the uptake of potassium by ryegrass was several times the quantity applied to the soil in the sludge, Mo half, P one fifth and other nutrients a maximum of 11 % of the quantities applied. The grain produced with the sludge contained 63 % and ryegrass 34 % less Cd than that grown with commercial fertilizer. The sludge increased the quantity of soluble nitrogen in the soil and especially the proportion of nitrate nitrogen.*

*(Key words: sulphate pulp and paper mill, biological treatment plant, sludge, fertilizer effect)*

## 1 JOHDANTO

Metsä-Sellun (aik. Metsä-Botnia) sulfaattiselluloosatehtaan jätevesien käsittelytavaksi Äänekoskella valittiin 1980-luvulla monista syistä biologinen puhdistus. Kun puhdistamo v. 1985 valmistui, siinä alettiin käsitellä myös paperitehtaan ja kemiallisen tehtaan jätevedet. Yhdeksi ongelmaksi todettiin puhdistusprosessissa muodostuvan jätelietteen sijoitus. Kokeiltiin mm. kompostointia. Jätelietteen käytöstä pellolla ei ollut kokemusta. Koska sitä kuitenkin voitiin pitää mahdollisena ja järkevänä käyttötapana, viljelijät ja erityisesti Keski-Suomen maaseutukeskus toivoivat maataloustutkimukselta aiheen selvittelyä. Maatalouden tutkimuskeskuksen Keski-Suomen tutkimusasema oli jo useiden vuosien aikana osallistunut erilaisten jätteiden hyötykäyttötutkimuksiin. Kohteina olivat olleet yhdyskuntajätevesien puhdistamoiden jätelietteet sekä erilaiset tuhkat. Selluloosatehtaan biologisen puhdistamon jätelietteen mahdollinen maatalouskäyttö katsottiin yleishyödylliseksi ja tärkeäksi tutkimusaiheeksi. Sen alustavaan selvittelyyn ryhdyttiin ilman ulkopuolista rahoitusta.

Nyt, kun tämä tutkimus on päättynyt, tilanne tehtaalla on muuttunut. Esimerkiksi kloorin käyttöä on ratkaisevasti vähennetty ja vuoden 1994 alusta siirrytään happivalkaisuun. Kaikki puhdistamon jäteliete esikuivataan ja poltetaan tehtaan omalla energialaitoksella. Jätelietteen levittämistä pelloille ei tässä tilanteessa tarvita eikä suunnitella. Tutkimusasemalla järjestettyjen kokeiden tulokset osoittavat vain, millaista jäte olisi peltokäytössä.

## 2 TUTKIMUSMATERIAALIT JA MENETELMÄT

Jätevesiliete saatiin Äänekoskelta, Metsä-Botnian sellutehtaan biologisesta puhdistamosta. Puhdistamon prosessikuvaus ja mitoitustiedot on esitetty liitteessä 1. Lietteestä teetettiin ravinnanalyysi molempina koevuosina. Tulokset ovat taulukossa 1. Lietteen kuiva-ainepitoisuus oli 17,5 % ja kokonaistypen pitoisuus 6,7 kg/tn tuoretta lietettä. Jotta olisi voitu kohtalaisella tarkkuudella tietää lietteen typpilannoitusvaikutus kenttäkokeita suunniteltaessa, lietteellä järjestettiin alustava astiakoe raiheinällä talvella -87. Sen pani toimeen tri Erkki Kemppainen Maatalouden tutkimuskeskuksen maanviljelyskemian ja -fysiikan laitoksella Jokioisissa. Tonnin tuoretta lietettä todettiin vastaavan typpilannoitusvaikutukseltaan (ilman jälkivaikutusta) 1,4 typpikiloa. Kokonaisvaikutukseksi oletettiin 1,5–2 typpikiloa/tn. Tällä perusteella kenttäkokeiden lietemääräksi valittiin 40 ja 80 tn/ha edustamaan kohtalaista ja runsasta typpilannoitusta.

Kenttäkokeet järjestettiin Laukaassa MTTK:n Keski-Suomen tutkimusaseman (nyk. Laukaan tutkimus- ja valiotaimiasema) hiesupelloilla. Kokeet perustettiin kahtena peräkkäisenä vuonna (kokeet I ja II). Koekasveina olivat ohra ja italianraiheinä. Lietteen jälkivaikutus ohrassa ja raiheinässä mitattiin seuraavana vuonna sekä kaikkien käsittelyiden jälkivaikutus kolmantena vuonna ohrassa, joka lannoitettiin pienellä (30 kg/ha) typpimäärällä. Jotta tuloksista olisi voitu päätellä lietteen lannoitusarvo väkilannoitteisiin verrattuna, koejäsenenä oli kahden lietemäärän ohella eri väkilannoitustasoja seoslannoiksilla sekä lietteen typpilisä. Koejäsenet ja koekasvit on esitetty taulukossa 2. Normaali ja runsas väkilannoitus uusittiin kokeessa II ensimmäisenä jälkivaikutusvuonna, koska varsinaisen koevuoden sadot jäivät kuivuuden takia hyvin pieniksi. Kokeissa oli kolme kerrannetta.

Ohrasta määritettiin sekä jyvettä olkisato ja jyvänäytteistä kappale- ja tilavuuspaino. Olkia ei muokattu ruuduilleen, vaan kuljetettiin pois. Raiheinä niitettiin kolmeen kertaan kesässä. Siitä määritettiin kuiva-ainesato. Satonäytteistä analysoitiin pääravinteet ja suuri joukko hivenravinteita. Pinta- ja pohjamaanäytteistä teetettiin viljavuusanalyysit. Kasvianalyysit tehtiin Maatalouden tutkimuskeskuksen keskuslaboratoriossa ja maa-analyysit Maatalouden tutkimuskeskuksen maantutkimuslaitoksella.

**Taulukko 1. Lietteen ravinneanalyysin tulokset.**

Lietteanalyysi			
Ka-% 17,5 pH 6,6;		N tot. 6,7 kg/tn tuoretta lietettä N liuk. 0,1 kg/tn tuoretta lietettä	
g/kg ka		mg/kg ka	
Kalium (K)	1,63	Kupari (Cu)	20,45
Kalsium (Ca)	55,50	Sinkki (Zn)	524
Magnesium (Mg)	4,00	Mangaani (Mn)	861
Fosfori (P)	4,57	Coboltti (Co)	5,4
Rauta (Fe)	5,93	Molybdeeni (Mo)	1,75
Rikki (S)	12,45	Kadmium (Cd)	3,85
Aluminium (Al)	4,46	Lyijy (Pb)	6,72
		Boori (B)	19,7
		Nikkeli (Ni)	43,9
		Kromi (Cr)	26,2

**Taulukko 2. Lietekokeen koejäsenet ja kasvit.**

Koejäsen	Lietettä tn/ha ja väkilannoitetta N kg/ha						1. + 2. v. Yht. kg/ha väkil. -N	
	1. koevuosi		2. vuosi		3. vuosi	Ohra	Raiheinä	
	Ohra	Raiheinä	Ohra	Raiheinä	Ohra			
1)								
1	0	0	0	0	N30	0	0	
2	L40	L40	0	0	N30	0	0	
3	L40 N30	L40 N60	N30	N60	N30	60	120	
4	L40	L80	0	0	N30	0	0	
5	L80 N30	L80 N60	N30	N60	N30	60	120	
6	N30	N60	N30	N60	N30	60	120	
7	N60	N90	N45	N75	N30	105	165	
8	N120	N180	N75	N135	N30	195	315	

1) L40 = jätelietettä 40 tn/ha, L80 = jätelietettä 80 tn/ha

Koejäsenet 3 ja 5: lisätyppi N30 ja N60 Nos

Koejäsen 6: väkilannoitus (N30 ja N60) Nos

Koejäsen 7: 1. vuonna 375 Yn (16–7–13), raiheinälle lisäksi 110 Nos

2. vuonna samoin, mutta toisessa kokeessa vain peruslannoitus 110 Nos

Koejäsen 8: 1. vuonna 750 Yn, raiheinälle lisäksi 220 Nos

2. vuonna samoin, mutta toisessa kokeessa vain peruslannoitus 110 Nos

**3 TULOKSET****3.1 Sato**

Taulukossa 3 esitetään ohran jyväsadot kahden kokeen keskituloksina 1., 2. ja 3. koevuodelta, joista viimeiset kaksi ovat erityisesti lietteen osalta jälkivaikutusvuosia. Toisen koevuoden heikot sadot, alle 1000 kg/ha, laskevat satojen keskiarvoja. Ensimmäisen vuoden sadot olivat kohtalaiset, parhaat noin 2500 kg/ha. Taulukossa on sarake, johon on laskettu nettosadot, eli satoero lan-

**Taulukko 3. Jätelietteen vaikutus ohran kasvuun (kahden kokeen keskitulos).**

	Ohran jyväsato kg/ha				3. v.	1.-3. v.	1.-2. v.	Nettojyväsato	
	1. v.	2. v.	Yht.	Netto		netto	väkil. N kg/ha	kg/Nkg	kg/ltm
0	550	640	1190		1770		0		
40 tn <sup>1)</sup>	1390	960	2350	1160	2000	1390	0		34,8
40 tn <sup>1)</sup> + 30N <sup>2)</sup>	1640	1470	3110	1920	2000	2150	60	(12,7)	(27,0)
80 tn <sup>1)</sup>	1500	1410	2910	1720	2080	2030	0		25,4
80 tn <sup>1)</sup> + 30N <sup>2)</sup>	1680	2010	3690	2500	2100	2830	60	(13,3)	(22,0)
Niukka lann. <sup>3)</sup>	890	1310	2200	1010	1830	1070	60	17,8	
Kohtal. lann. <sup>3)</sup>	1600	1740	3340	2150	1960	2340	105	22,3	
Runsas lann. <sup>3)</sup>	1780	2010	3790	2600	1920	2750	195	14,1	
							Keskim.	18,1	30,1
							Lietteen typpilannoitusvaikutus N kg/l-tn		1,7

<sup>1)</sup> liete annettu 1. vuonna, <sup>2)</sup> lietteen lisälannoitus 30N (110 Nos) ja <sup>3)</sup> Yn (16-7-13) + Nos.

**Taulukko 4. Ohran olkisato (kahden kokeen keskitulos).**

	Oljen ka-sato kg/ha				1-2. v. yht. väkil. N	1.-2. v. yht. kg/Nkg	kg/ltm
	1. v.	2. v.	Yht.	Netto			
0	229	221	450		0		
40	683	378	1061	611	0		15,3
40 + 30	865	715	1580	1130	60	(8,7)	(15,3)
80	784	669	1453	1003	0		12,5
80 + 30	992	950	1942	1492	60	(8,2)	(12,2)
Niukka väkilann.	474	496	970	520	60	8,7	
Kohtal. väkilann.	1014	634	1648	1198	105	11,4	
Runsas lann.	1223	996	2219	1769	195	9,1	
					Keskim.	9,7	13,9
					Lietteen typpilannoitusvaikutus N kg/l-tn		1,4

noittamattomaan sekä sarake, jossa on koejäsenelle kahden vuoden aikana annettu typpilannoitus. Nettosadon, väkilannoitteena annetun typen määrän ja lietteen määrän perusteella on laskettu sato typpikiloa ja lietetonnin kohden. Jyväsato väkilannoitteen typpikiloa kohden oli keskimäärin 18,1 kg ja lietetonnin kohden 30,1 kg. Lietetonnin typpilannoitusvaikutus vastasi siten 1,7 (1,4-1,9) väkilannoitetyppikilon lannoitusvaikutusta. Kohtalainen (105 kg/ha typpeä kahdessa vuodessa) väkilannoitus antoi kolmen vuoden aikana 15 % enemmän jyviä kuin 80 tn/ha lietettä kertaannoksena, runsas (noin 195 kg/ha typpeä kahdessa vuodessa) väkilannoitus 35 % enemmän kuin liete. Jos 80 tn/ha lietettä saanut ohra sai lisäksi 30 kg/ha typpeä vuodessa väkilannoitteena (Nos), sato oli hieman suurempi kuin pelkällä runsaalla väkilannoituksella. Lietteen lisänä annettu salpietariannos (30 N) lisäsi jyväsatoa noin 13 kg/lisätyppikilo. Tuloksista on pääteltävissä, että osa, ehkä noin 10 % lietteen typpilannoitusvaikutuksesta jäi vielä 3. satovuoden jälkeisiin vuosiin.

Olkisadot on esitetty taulukossa 4. Olkisato lisääntyi keskimäärin 13,9 kg lietetonnin kohden ja 9,7 kg väkilannoitetyypin kiloa kohden. Lietetonnin lannoitevaikutus oli siis sama kuin 1,4 väkilannoitetyppikilolla. Lietteen lisälannoitus (30 N) lisäsi olkisatoa 8,5 kg typen lisäkiloa kohden. Jyvinä ja olkina saatiin kokonaiskuiva-ainesatoa 39,5 kg lietetonnin kohden ja 22,8 kg väkilannoitetyypin kiloa kohden. Lietetonnin lannoitusvaikutus oli siis sama kuin 1,7 väkilannoitetyppikilolla. Lietteen ohella annettu lannoitelisä (30 N) suurensi jyvien ja olkien yhteistä kuiva-ainesatoa 19,5 kg lisälannoituksen typpikiloa kohden.



**Taulukko 5. Jätelietteen vaikutus raiheinän kasvuun (kahden kokeen keskitulos).**

	Raiheinän ka-sato kg/ha				Ohra ka 3. v	ka-sato 1.-3. v. Netto	1.-2. v. väkil. Nkg/ha	Ka-sato (netto)	
	1. v	2. v	Yht.	Netto				kg/Nkg	kg/tln
0	148	233	381		2010		0		
40 tn <sup>1)</sup>	886	752	1638	1257	2210	1457	0		36,4
40 tn + 60N <sup>2)</sup>	2376	2599	4975	4594	2310	4894	120	(28,6)	(64,3)
80 tn <sup>1)</sup>	2210	1809	4019	3638	2440	4068	0		50,9
80 tn + 60N <sup>2)</sup>	3799	3589	7388	7007	2520	7517	120	(28,7)	(64,9)
Niukka lann. <sup>3)</sup>	1116	1639	2755	2374	1960	2324	120		19,4
Kohtal. lann. <sup>3)</sup>	1815	2320	4135	3754	2210	3954	165		24,0
Runsas lann. <sup>3)</sup>	3360	3207	6567	6186	2170	6346	315		20,1
								Keskim. 21,2	43,7
								Lietteen typpilannoitusvaikutus N kg/l-tn	2,1

<sup>1)</sup> Jätelietettä 40 ja 80 tn/ha 1. vuonna, <sup>2)</sup> Lisälannoitus 60 N (220 Nos) <sup>3)</sup> Yn (16-7-13) + Nos

**Taulukko 6. Raiheinäkokeen valkuaisadat (kahden kokeen keskitulos).**

	Raiheinän rv-sato		Ohran rv-sato		Raakavalkuissato raiheinä + ohra		
	Yht. 1.+2. v kg/ha	%/ka	3. v kg/ha	%/ka	Netto	kg/Nkg	kg/tln
0	41	10,8	218	10,8			
40 tn	207	12,6	246	11,1	194		4,85
40 tn + 60N	723	14,5	257	11,1	721	(4,39)	(10,85)
80 tn	600	14,9	286	11,7	627		7,84
80 tn + 60N	1210	16,4	291	11,5	1242	(5,13)	(11,94)
Niukka lann.	334	12,1	212	10,8	287		2,39
Kohtal. lann.	504	12,1	212	10,8	488		2,96
Runsas lann.	993	15,1	243	11,2	977		3,10
						Keskim. 2,82	6,35
						Lietteen typpilannoitusvaikutus N kg/l-tn	2,25

Italianraiheinän (1. + 2. v) ja ohran (3. v) yhteinen kuiva-ainesato lisääntyi 40 tonnin lietemäärällä 36,4 ja 80 tonnin määrällä 50,9 kg lietetonna kohden (Taulukko 5). Väkilannoitetyppi lisäsi kuiva-ainesatoa 21,2 kg/typpikilo. Lietetonnin typpilannoitusvaikutus oli siten sama kuin 2,1 kilolla (1,7-2,4) lannoitetyypeä. Lietteen ohella annettu lisälannoitus (60 N/v) lisäsi raiheinäkokeessa kuiva-ainesatoa 28,7 kg/lisätyppikilo. Selvästi runsain sato saatiin, kun 80 tonnin lieteannoksen saanut raiheinä lisälannoitettiin 60 kilolla/ha tyyppiä vuodessa. Tämä yhdistelmä antoi nettosatoa noin 18 % enemmän kuin pelkkä runsas (157 N/v) väkilannoitus. Todennäköisesti raiheinä olisi pystynyt hyödyntämään suurempiakin typpilannoitusmääriä kuin mitä kokeissa käytettiin. Lietteen lannoitusvaikutuksesta ehkä noin 5 % jäi seuraaviin vuosiin.

Raiheinäkokeen valkuaisprosentit ja valkuaisadat on esitetty taulukossa 6. Raakavalkuissato lisääntyi 4,9-7,8 kg lietetonna kohden (40 ja 80 tn/ha lietettä). Väkilannoitetyypellä saatiin raakavalkuaista 2,8 kg/typpikilo. Lietetonnin typpilannoitusvaikutus vastasi siis 2,25 kiloa (1,72-2,78) väkilannoitetyypeä. Lietteen ohella annettu lisätyppi paransi valkuaisaantoa sekä lietetonna että lisätyppikiloa kohden. Taulukossa 7 esitetystä typpitaselaskelmasta käy ilmi, että lietteen sisältämä kokonaistyyppi antoi raiheinän lannoitteena (jälkivaikutus raiheinässä ja ohrassa) typpisadon, joka vastasi 0,16 kg tyyppiä jokaista annettua typpikiloa kohden. Väkilannoitteella typpisaanto oli vastaavasti 0,49 kg. Väkilannoitetyypen "hyötysuhde" oli siis noin 50 %, lietteen tyyppin 16 %. Lietteen tyyppin hyötysuhde oli siten kolmannes väkilannoitetyypin hyötysuhteesta. Lietteen lannoitusvaikutuksesta osa jäi myöhempisiin vuosiin.

**Taulukko 7. Raiheinän tyypitase.**

Koejäsen	N	Typpisato		N/Nkg kg
	annettu kg/ha	saatu kg/ha	netto kg/ha	
0	0	6,4		
Liete 40 tn	268	37,6	31,2	0,12
Liete 80 tn	536	106,8	100,5	0,19
Kohtal. lann.	165	84,6	78,2	0,47
Runsas lann.	315	162,8	156,5	0,50

**Taulukko 8. Jätelietteen vaikutus ohran jyväsadon kappale- ja tilavuuspainoon sekä ravinnepitoisuuksiin (kahden kokeen ja kahden vuoden keskitulos).**

	Koejäsen (ks. taul. 2)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Hl-p, kg	54,2	55,9	56,2	56,7	57,5	56,0	57,2	56,7
1000-jp, g	28,4	32,2	32,8	34,0	34,0	33,4	32,8	34,0
Valk. -%	12,8	13,8	13,7	14,6	15,2	12,0	13,1	14,1
Ca, g/kg ka	0,43	0,40	0,40	0,41	0,41	0,40	0,40	0,40
Mg, g/kg ka	1,37	1,28	1,27	1,29	1,30	1,32	1,32	1,37
K, g/kg ka	5,11	4,97	4,91	5,06	4,94	4,93	4,82	4,87
P, g/kg ka	5,07	5,07	4,82	5,12	5,10	4,82	4,78	4,89
Mn, mg/kg ka	14,3	11,9	11,9	12,2	12,9	13,7	14,4	14,9
Zn, mg/kg ka	40,4	42,2	38,3	43,3	42,7	36,0	34,5	33,3
Na, mg/kg ka	32,0	37,9	36,6	46,4	50,4	28,8	29,0	32,4
Fe, mg/kg ka	101,6	79,1	64,7	69,9	74,8	77,6	77,3	75,2
Cu, mg/kg ka	7,75	7,47	7,11	7,68	7,35	6,84	6,18	6,03
B, mg/kg ka	1,27	1,04	0,98	1,09	1,26	1,18	1,18	1,38
Mo, µg/kg ka	332	460	446	466	415	307	354	306
Cd, µg/kg ka	7,98	10,14	12,20	14,43	20,37	17,63	28,53	37,37
Pb, µg/kg ka	82	69	72	71	69	71	73	69

### 3.2 Jätelietteen vaikutus ohra- ja raiheinäsadon pitoisuuksiin

Taulukossa 8 esitetään ohran jyväsadon tilavuus- ja kappalepainot sekä ravinnepitoisuuksia. Lietteellä ei juuri ollut vaikutusta jyvien kokoon tai tilavuuspainoon. Valkuaisprosentit oli 80 tonnin lietemäärällä tuotetussa ohrassa korkeampi kuin väkilannoitteilla tuotetussa. Eroja ei ollut todettavissa kalsiumin, magnesiumin, kaliumin, fosforin ja raudan pitoisuuksissa. Lietteellä tuotettu jyväsato sisälsi noin 25 % enemmän kuparia ja sinkkiä sekä noin 40 % enemmän natriumia ja molybdeenia kuin väkilannoitteilla tuotettu. Lietteellä tuotetut jyvät sisälsivät 17 % vähemmän mangaania ja booria ja jopa 63 % vähemmän kadmiumia kuin väkilannoitteilla tuotetut. Kadmiumpitoisuus jyvissä lisääntyi selvästi väkilannoitustason kohotessa ja jonkin verran myös (yllättävästi) kun lietteen ohella annettiin salpietaria.

Taulukossa 9 esitetään ohran olkien pitoisuuksia. Lietteellä lannoitetun ohran oljessa oli kalsiumia, magnesiumia, kaliumia ja rautaa hiukan (10–20 %) enemmän, fosforia ja kuparia 40 % enemmän sekä natriumia, sinkkiä ja molybdeenia kaksi kertaa enemmän kuin väkilannoitetussa. Lietteellä lannoitetussa oli mangaania, booria, kadmiumia ja lyijyä 20–30 % vähemmän kuin väkilannoitetussa.

Taulukossa 10 esitetään raiheinän ravinnepitoisuuksia niittokerroittain. Suurimman sadon eli 2. niittokerran tuloksista todetaan, että erot lietteellä ja väkilannoitteella tuotetun raiheinän pitoisuuksissa olivat vähäisiä. Muista erottuu molybdeeni, jota lietteellä tuotetussa raiheinässä oli 80 % enemmän kuin väkilannoitteella tuotetussa sekä kadmium ja mangaani, joita oli 34 % vähemmän liete- kuin väkilannoitejäsensillä. Natriumin pitoisuuksissa esiintyi suuria vaihteluja lannoitustapojen välillä. Runsaasti natriumia oli ison lieteannoksen saaneissa raiheinissä ja niissä liettä saaneissa, joille annettiin typpilisä.

Raiheinäsatojen erot niittokertojen välillä olivat suuret. Myös satojen ravinnepitoisuuksissa oli suuria eroja niittojen välillä. Jos verrataan toisiinsa kunkin koejäsenen kolmen niittokerran analyysituloksista lukuarvoltaan pienintä suurimpaan, voidaan todeta aineiston jakautuvan tämän suhteen perusteella kolmeen ryhmään. Kalsiumin, magnesiumin ja sinkin pitoisuudet vaihtelivat niittokerroittain vähiten, em. suhde oli niissä noin 1,2. Lyijyn, kaliumin, fosforin, kadmiumin, natriumin ja kuparin pitoisuudet vaihtelivat enemmän, em. suhde oli 1,4–1,7. Eniten vaihtelivat raudan, molybdeenin, mangaanin ja boorin pitoisuudet, em. suhde oli niissä 2,3–3,2.

### 3.3 Jätelietteen vaikutus kasvualustan viljavuuteen

Taulukossa 11 esitetään tulokset muokkauskerroksen viljavuudesta ohra- ja raiheinäkokeissa. Sanoittavia eroja ei yleensä ollut liete- ja väkilannoiteruutujen välillä. Runsa lannoitus lisäsi hiukan happamuutta. Lieteruuduilla oli enemmän sinkkiä, rikkiä ja kalsiumia sekä ehkä hiukan enemmän kadmiumia ja booria kuin väkilannoiteruuduilla. Johtoluku sekä fosforin, kaliumin, kuparin, raudan, molybdeenin ja lyijyn pitoisuudet olivat ohraruuduilla hiukan suuremmat kuin raiheinäruduilla. Pohjamaan viljavuuslukuihin lietteellä ei ollut selvää vaikutusta (Taulukko 12). Pienessä aineistossa oli suuria vaihteluita. Koekenttien humusprosentti oli keskimäärin 2,68 pintamaassa ja 0,54 pohjamaassa.

Liukoinen typpi määritettiin kokeesta 1 ensimmäisenä koevuonna pinta- ja pohjamaasta sekä kokeesta 2 toisena koevuotena pintamaasta (Taulukko 13). Pintamaan liukoisen tyypen taso lannoittamattomassa maassa oli 2,69 mg/l. Liete lisäsi sitä selvästi. Nettolisäys oli lähes kymmenkertainen väkilannoiteruutuihin verrattuna. Maassa oli syksyllä väkilannoiteruuduilla

**Taulukko 9. Jätelietteen vaikutus ohran olkisadon ravinnepitoisuuksiin (kahden kokeen ja kahden vuoden keskitulos).**

	Koejäsenen (ks. taul. 2)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Ca, g/kg ka	3,57	4,00	3,77	4,36	4,21	3,68	3,43	3,57
Mg, g/kg ka	0,98	0,98	0,92	1,03	0,99	0,97	0,95	0,89
K, g/kg ka	12,8	15,6	14,9	16,5	16,8	13,3	14,1	14,5
P, g/kg ka	2,26	2,29	1,91	2,27	1,94	1,83	1,56	1,56
Mn, mg/kg ka	31,6	18,0	16,1	21,7	19,0	24,8	25,7	30,0
Zn, mg/kg ka	20,9	24,4	18,4	28,5	24,0	16,9	13,6	12,9
Na, mg/kg ka	217,2	541,0	544,7	727,2	836,0	272,9	323,2	346,0
Fe, mg/kg ka	419,4	276,3	243,5	301,1	249,5	227,4	265,2	240,7
Cu, mg/kg ka	4,38	4,30	3,64	4,61	4,08	3,53	3,14	3,14
B, mg/kg ka	4,2	4,3	3,6	4,2	4,7	4,5	5,6	5,0
Mo, µg/kg ka	656	872	771	923	744	520	422	384
Cd, µg/kg ka	57	49	50	63	61	53	73	92
Pb, µg/kg ka	857	694	618	663	584	729	800	851

**Taulukko 10. Jäteliетteen vaikutus raiheinän ravinnepitoisuuksiin (kahden kokeen ja kahden vuoden keskitulos).**

		Koejäsen (ks. taul. 2)							
Niittokerta		1	2	3	4	5	6	7	8
Ca g/kg ka	1	4,50	4,78	4,84	5,06	5,02	4,70	4,56	4,78
	2	4,92	5,05	4,22	4,66	4,48	4,33	4,31	4,14
	3	5,41	5,77	4,21	4,21	4,08	4,53	4,99	4,30
Mg g/kg ka	1	1,45	1,53	1,58	1,61	1,64	1,51	1,42	1,59
	2	1,81	1,81	1,68	1,80	1,81	1,65	1,59	1,82
	3	1,86	1,71	1,78	1,74	1,79	1,81	1,85	1,76
K g/kg ka	1	23,4	27,1	30,1	31,0	32,3	22,3	26,4	29,2
	2	33,0	40,4	44,9	44,1	45,1	39,0	40,7	46,8
	3	31,6	38,0	41,2	41,3	42,2	35,8	37,3	40,1
P g/kg ka	1	2,43	2,92	2,87	2,99	2,93	2,21	2,32	2,47
	2	3,44	4,18	4,50	4,59	4,69	3,73	3,89	4,74
	3	3,11	3,87	4,32	4,30	4,60	3,60	3,80	4,16
Mn mg/kg ka	1	41,9	35,6	41,1	40,7	42,9	51,4	58,1	68,3
	2	93,5	59,4	54,3	51,2	49,6	74,0	84,2	80,4
	3	142,3	93,0	98,2	85,6	87,1	160,3	173,7	170,4
Zn mg/kg ka	1	14,8	19,4	20,4	24,2	22,9	15,1	15,4	16,6
	2	20,3	21,7	23,7	24,4	27,4	18,7	19,0	23,3
	3	18,4	19,5	22,0	23,6	24,4	17,9	17,7	18,6
Na mg/kg ka	1	36,2	52,0	106,5	174,2	279,4	42,3	52,6	66,0
	2	46,6	46,1	161,1	92,7	582,8	45,9	52,2	136,4
	3	62,1	43,9	149,9	110,5	364,8	30,4	36,3	60,9
Fe mg/kg ka	1	368	396	315	342	272	370	404	566
	2	603	205	146	161	157	164	184	172
	3	985	287	211	212	183	330	309	221
Cu mg/kg ka	1	5,36	5,69	8,31	7,41	6,21	5,67	5,74	6,37
	2	8,65	9,75	11,70	11,39	14,18	9,80	9,58	10,87
	3	6,73	7,97	8,95	8,89	9,04	7,46	8,40	8,58
B mg/kg ka	1	9,68	9,94	9,26	10,29	9,00	17,92	23,51	20,21
	2	4,27	4,45	4,31	4,47	5,58	4,14	4,31	4,28
	3	5,11	4,76	5,31	4,20	4,94	4,89	5,21	4,66
Mo µg/kg ka	1	1621	1386	1162	1438	1429	1621	830	642
	2	3479	3559	2374	2619	2248	2120	2048	1318
	3	3110	2965	2365	2265	1935	2810	3550	2170
Cd µg/kg ka	1	48,3	43,5	53,0	54,5	62,8	53,9	61,9	69,0
	2	79,8	58,0	52,9	52,4	60,7	65,7	76,2	92,6
	3	74,8	38,1	36,3	32,8	38,6	49,5	52,5	47,1
Pb µg/kg ka	1	560	482	537	569	712	627	646	894
	2	692	677	683	687	690	690	737	704
	3	916	605	502	444	448	694	647	574

keskim. 0,5 kg/ha, lieteruuduilla 4,4 kg/ha enemmän liukoista typpeä kuin lannoittamattomassa maassa. Liukoisesta typestä oli lietettä saaneilla ruuduilla nitraattimuodossa kolmannes, muilla noin neljännes. Pohjamaan liukoisen typen taso oli noin 1 mg/l maata. Siitä nitraattitypen osuus oli noin 20 %. Liette ei vaikuttanut liukoisen typen määrään pohjamaassa tai nitraattitypen osuuteen.

**Taulukko 11. Kahden kokeen ja kolmen vuoden keskiarvo jätelietteen vaikutuksesta muokkauskerroksen viljavuuteen (HAAC-EDTA:han uuttuvat ravinteet).**

		Koejäsen (ks. taul. 2)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
pH	ohra	6,23	6,56	6,35	6,35	6,32	6,23	6,20	6,14
	raih.	6,24	6,31	6,31	6,39	6,38	6,20	6,13	6,10
jl.	ohra	0,44	0,53	0,53	0,61	0,60	0,44	0,47	0,49
	raih.	0,42	0,47	0,34	0,55	0,54	0,39	0,40	0,41
Ca mg/l	ohra	1045	1236	1261	1296	1316	1046	1118	1070
	raih.	1063	1175	1219	1314	1315	1038	1041	1027
K mg/l	ohra	79	74	77	76	73	79	78	84
	raih.	74	68	59	64	57	67	68	59
Mg mg/l	ohra	126	132	132	123	118	128	136	133
	raih.	130	120	120	119	121	130	124	123
P mg/l	ohra	16,2	19,3	19,4	17,7	17,6	16,3	17,6	17,9
	raih.	16,3	15,7	14,3	16,5	15,3	15,0	14,8	15,8
Cu mg/l	ohra	1,69	1,81	1,76	1,90	1,76	1,73	1,82	1,71
	raih.	1,36	1,35	1,43	1,34	1,43	1,36	1,43	1,38
Zn mg/l	ohra	1,00	1,47	1,53	2,07	2,07	0,96	1,00	0,99
	raih.	1,02	1,54	1,58	2,06	2,24	1,01	1,05	1,01
Mn mg/l	ohra	58,6	57,6	59,1	68,3	69,2	55,0	56,8	53,9
	raih.	61,4	59,7	58,7	55,8	56,3	60,2	56,7	55,8
Fe mg/l	ohra	420	393	404	440	402	396	408	394
	raih.	367	349	394	348	351	373	347	354
Co mg/l	ohra	0,60	0,55	0,54	0,61	0,60	0,54	0,63	0,57
	raih.	0,66	0,50	0,59	0,51	0,50	0,66	0,61	0,61
B mg/l	ohra	0,29	0,36	0,36	0,36	0,36	0,33	0,31	0,33
	raih.	0,27	0,31	0,32	0,35	0,35	0,28	0,28	0,29
Mo mg/l	ohra	0,046	0,046	0,056	0,049	0,051	0,047	0,036	0,038
	raih.	0,042	0,033	0,040	0,035	0,035	0,036	0,034	0,035
Cd mg/l	ohra	0,06	0,07	0,08	0,08	0,09	0,06	0,06	0,06
	raih.	0,06	0,07	0,07	0,09	0,08	0,06	0,06	0,06
Al mg/l	ohra	209	182	182	220	223	205	197	199
	raih.	203	220	220	216	211	210	216	216
Pb mg/l	ohra	1,17	1,50	1,32	1,30	1,29	1,25	1,01	1,15
	raih.	1,01	0,87	0,98	0,91	1,08	1,05	1,06	0,99
til. kg/l	ohra	1,05	1,05	1,05	1,05	1,04	1,05	1,04	1,04
	raih.	1,05	1,06	1,06	1,07	1,06	1,07	1,05	1,05
S mg/l	Ohra	7,5	8,1	8,0	9,2	9,2	7,1	7,1	7,1
	raih.								

**Taulukko 12. Jätelietteen vaikutus pohjamaan viljavuuslukuihin (ohrakokeen ja raiheinäkokeen kahden vuoden keskitulos).**

Koejäsen	pH	Johto- luku	Ca mg/l	K mg/l	Mg mg/l	P mg/l
0	6,53	0,26	703	56	156	3,3
Liete 40 tn	6,64	0,26	720	52	154	2,8
Liete 80 tn	6,61	0,27	687	55	140	3,0
Runsas lann.	6,52	0,27	757	54	162	3,6

**Taulukko 13. Lietteiden vaikutus pinta- ja pohjamaan liukoisen typen määrään (pintamaan tulokset kahdesta kokeesta kahdelta vuodelta, pohjamaan tulokset kahdesta kokeesta yhdeltä vuodelta).**

Koejäsen	Liukoinen typpi mg/l		Nitraattityppeä % liuk. typestä	
	Pinta	Pohja	Pinta	Pohja
0	2,69	0,92	22	24
40 tn liet.	4,02	0,74	34	22
40 tn + 30N	4,43	1,01	35	27
80 tn liet.	5,72	1,09	34	18
80 tn + 30N	5,25	1,16	42	21
Niukka lann.	2,80	0,85	23	12
Kohtal. lann.	3,10	1,07	25	22
Runsas lann.	3,01	0,97	26	35

#### 4 TULOSTEN TARKASTELU

Kenttäkokeiden perusteella tehdyt päätelmät jätelietteen typpilannoitusvaikutuksesta olivat suunnilleen samat kuin mihin samoilla lietteillä päätyi MMT Erkki Kemppainen raiheinällä järjestämässään astiakokeessa. Ehkä suuritöisiä ja pitkäaikaisia kenttäkokeita ei tarvitakaan tällaisiin alustaviin selvityksiin. Astiakokeista saadaan nopeasti karkea selvitys lietteen arvosta lannoitteena. Kenttäkokeet antavat kuitenkin monia lisätietoja. Ne ovat lähempänä käytäntöä, enemmän luonnon armoilla kuin astiakokeet. Niissä voidaan seurata pohjamaan tilaa ja normaalin viljelytekniikan kuten esimerkiksi muokkausten vaikutusta jätelietteen tehoon peltoviljelyssä.

Lietteiden lannoitusvaikutuksesta (lähinnä N) valtaosa tuli esiin kolmena ensimmäisenä vuonna. Tästä vaikutuksesta puolet näkyi ensimmäisen vuoden, kolmasosa toisen vuoden ja noin 15 % kolmannen vuoden kasvussa sadonlisänä. Viljankaan lannoituksena 80 tn/ha lietettä ei näissä kokeissa ollut liiallinen määrä. Lannoittamattomaan verrattuna tämä suurehko annos lietettä antoi selvästi paremman sadonlisäyksen raiheinällä kuin ohralla. Lietteen lannoitusvaikutus vastasi viljanviljelyssä 1,7 ja raiheinän viljelyssä 2,1 väkilannoitetyppikilon lannoitusvaikutusta. Lietteen lannoitusvaikutus oli luonnollisesti lähinnä lietteen sisältämän typen vaikutusta. Koska lietteessä oli totaalityppeä 6,7 kg ja tämä vaikutti saman kuin 2 kg väkilannoitetyppeä, kilo lietteen tyypeä vastasi 300 grammaa väkilannoitetyppeä. Näin laskien lannoitustasoon 100 N (oikeastaan 100 väkilannoitetyppikilon lannoitusvaikutukseen) tarvitaan 335 kg lietteen tyypeä. Tämä on 50 tonnissa lietettä. Lannoitusvaikutus kertyy 3–4 vuodessa.

Lietteiden ohella annettu typpilannoitus paransi raiheinän kasvua selvemmin kuin ohran kasvua. Jokaista lisätyppikiloa kohden ohrasta saatiin 13 kg jyväsadon lisäystä, raiheinästä 29 kg kuiva-ainesadon lisäystä. Lisätypen anto raiheinälle oli siis todella kannattavaa. Liettemäärä 80 tn/ha kerta-annoksena antoi raiheinäsatoa yhtä paljon kuin kohtalainen väkilannoitus, joka levitettiin kahtena koevuonna. Lisätyppi 60 N/v mainitun lieteannoksen lisäksi suurensi satoa 38 % enemmän kuin kohtalaisen väkilannoituksen lisäksi annettu 75 N/v (= runsas väkilannoitus yhteensä).

**Taulukko 14. Ravinteiden taseita lietekokeissa kahden vuoden aikana.**

	Annettu lannoituksena/ha				Saatu sadossa/ha				Saatu %			
	Liete		Väkilannoitus		Liete		Väkilannoitus		Liete		Väkilannoitus	
	40 tn	80 tn	Kohta- lainen	Runsas	40 tn	80 tn	Kohta- lainen	Runsas	40 tn	80 tn	Kohta- lainen	Runsas
P ohra	32	64	39	78	10,1	12,7	14	16	32	20	36	21
kg raih.	32	64	39	78	7	18	16	31	22	28	41	40
K ohra	11,4	22,8	74	148	10	13	14	16	88	57	19	11
kg raih.	11,4	22,8	74	148	66	177	168	307	578	776	227	207
Ca ohra	385	770	16	29	0,8	1,0	1,1	1,3	0,2	0,1	6,9	4,5
kg raih.	385	770	25	47	8,3	18,7	17,8	27,2	2,2	2,4	71	58
Mg ohra	28	56	1,8	2,4	2,6	3,0	3,7	4,4	9,3	5,4	206	183
kg raih.	28	56	6,6	12,0	3,0	7,2	6,6	12,0	10,7	12,9	100	100
Fe ohra	41,5	83	1,1	2,2	0,16	0,17	0,22	0,76	0,4	0,2	20	35
kg raih.	41,5	83	1,1	2,2	0,34	0,65	0,24	1,13	0,8	0,8	22	51
Mn ohra	5166	10332	–	–	24	30	41	48	0,5	0,3	–	–
g raih.	5166	10332	–	–	97	206	348	528	1,9	2,0	–	–
Zn ohra	3668	7336	–	–	84	107	86	107	2,3	1,5	–	–
g raih.	3668	7336	–	–	36	98	79	153	1,0	1,3	–	–
Cu ohra	143	286	–	–	15	19	15	19	10,5	6,6	–	–
g raih.	143	286	–	–	16	46	40	71	11,2	16,1	–	–
B ohra	138	276	169	338	2,1	2,7	3,4	4,4	1,5	1,0	2,0	1,3
g raih.	138	276	169	338	7,1	18,0	17,8	28,1	5,1	6,5	10,5	8,3
Mo ohra	12,3	24,6	–	–	0,9	1,2	1,0	1,0	7,3	4,9	–	–
g raih.	12,3	24,6	–	–	5,8	10,5	8,5	8,7	47	43	–	–
Cd ohra	27	54	0,47	0,94	0,02	0,04	0,08	0,12	0,1	0,1	17,3	12,8
g raih.	27	54	0,47	0,94	0,10	0,21	0,32	0,61	0,4	0,4	67	65
Pb ohra	47	94	–	–	0,14	0,18	0,21	0,22	0,3	0,2	–	–
g raih.	47	94	–	–	0,21	0,22	3,00	4,60	0,5	0,2	–	–

Raiheinän viljelyssä lietetonna lisäsi raakavalkuaissatoa yhtä paljon kuin 2,27 kg väkilannoitetyypä. Lietteen käyttö lisäsi raiheinän raakavalkuaissatoa 6,35 kg lietetonna kohden ja väkilannoitetyppi 2,8 kg annettua typpikiloa kohden.

Niin kuin analyysit osoittavat selluloosatehtaan biologisen puhdistamon jäteliete oli arvokas ravinnepaketti. Samantapaisia koostumukseltaan olivat Keski-Suomen tutkimusasemalla vuosina 1975–82 järjestettyjen asutusjättekokeiden puhdistamolietteet. Selluloosatehtaan biologisen puhdistamon jätelietteissä oli kuitenkin tyyppiä lähes kaksi kertaa niin paljon kuin asutusjätteen puhdistamolietteessä, fosforia ja magnesiumia puolet sekä rautaa, kuparia ja lyijyä vain kymmenesosa asutusjätteen puhdistamolietteen vastaavista pitoisuuksista. Kadmiumia oli suunnilleen yhtä paljon kummassakin. Kadmiumin pitoisuus (3,85 ppm) ylitti hiukan sen kadmiumpitoisuuden, joka tätä nykyä katsotaan vielä hyväksyttäväksi.

Jos selluloosatehtaan jäteliettä käytetään 40 tn/ha eli 7000 kg/ha kuiva-ainetta, tässä annoksessa levitetään peltoon hehtaarille fosforia 32 kg, kaliumia 11,4 kg, kalsiumia 385 kg, magnesiumia 28 kg, mangaania 5,2 kg, kuparia 143 g ja booria 138 g. Kenttäkokeiden sadoista tehtyjen analyysien perusteella ohran jyväsadoissa poistuu näistä ravinteista kahden vuoden aikana: fosforia ja kaliumia 10 kg, kalsiumia 0,8 kg, magnesiumia 2,6 kg, mangaania 24 g, kuparia 15 g ja booria 2,1 g. Raiheinäsadoissa vastaavat luvut ovat fosfori 7, kalium 66, kalsium 8,3, magnesium 3,0, mangaani 97, kupari 16 ja boori 7,1 (Taulukko 14). Mainittu lietteen määrä 7000 kg/ha kuiva-ainetta merkitsee sitä, että nykyisten suositusten mukaan annos on uusittavissa 7 vuoden välein. Näinkin laskien lietteessä tulee totaalimäärinä riittävästi useimpia em. ravinteita. Vain kaliumista tulee puutetta, erityisesti raiheinällä. Raiheinä käytti kahdessa vuodessa 6–7-kertaisesti lietteessä annetun kaliumin. Kaliumin väheneminen kasvualustasta oli nähtävissä (lievänä) viljavuusanalysissä. Käytännössä kaliumia palautuu peltoon raiheinää rehunaan käyttäneiden kotieläinten lannassa.



**Metsä-Sellun Äänekosken tehtaiden biologisen puhdistamon prosessikuvaus ja mitoitustiedot. (M. Herranen 9.2.1990)**

Jäteveden puhdistamon osaprosessit ovat: tasausallas, tulopumppaamo, neutralointi ja kemikaalien syöttö, ilmastusaltaat, jälkiselkeytykset, palautus- ja ylijäämälietteen pumppaus sekä varoallas.

Tasausaltaalla, jonka tilavuus on 25 000 m<sup>3</sup>, tapahtuu jäteveden laadun ja määrän tasausta. Tasausallas on varustettu neljällä sekoittimena toimivalla pintailmastimella. Tasausaltaasta vesi siirtyy väljän kautta aktiivilietelaitoksen tulopumppaamon imukaivoon.

Tulopumppaus tapahtuu neljällä pumpulla. Esineutralointi suoritetaan jo tehtaalla; valkaisuun happamaan suodokseen lisätään meesauunin sähkösuodintuhkaa. Tarkistusneutralointi tehdään neutralointikaivossa, jonka tilavuus on 200 m<sup>3</sup>. Neutralointi tehdään joko kalkilla tai rikkihapolla pH:sta riippuen. Ravinnetarpeen mukaan syötetään ammoniakkia Metsä-Serlan CMC-tehtaan jäteveden joukkoon.

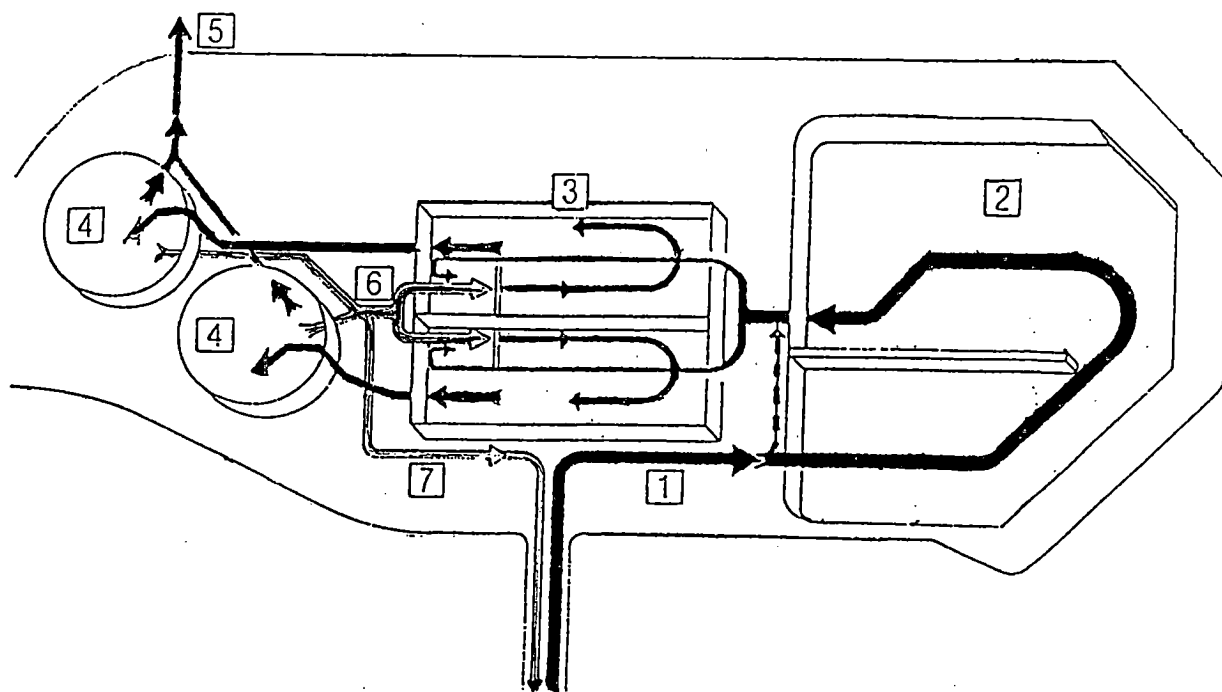
Aktiivilietelaitoksessa on kaksi erillistä ilmastuslinjaa. Ilmastus on järjestetty biosorptioperiaatteella, eli jätevesi ja aktiiviliete joutuvat toistensa kanssa kosketuksiin ilmastetussa kontaktiosassa. Kummassakin ilmastuslinjassa on erillinen allas lietteen aktivoimista varten. Jälkiselkeytyksestä tuleva palautusliete syötetään ilmastuksen aktivoimiosaan, jossa sitä ilmastetaan ja josta liete siirtyy kontaktiosaan. Ilmastus tapahtuu karkeakuplatyyppisillä pohjailmastimilla. Ilmastusaltaan tilavuus on 17 400 m<sup>3</sup>.

Aktiiviliete-jätevesiseos tulee jälkiselkeyttimeen keskeltä ja selkeytetty jätevesi poistuu altaasta kehällä olevan kourun kautta. Liette laskeutuu altaiden pohjalle, josta se imetään imukaapimilla palautuslietesäiliöön. Selkeytetty vesi poistuu vesistöön.

Palautusliete pumpataan ilmastuksen aktivoimiosaan. Ylijäämäliete pumpataan palautussäiliöstä lietteenkäsittelyyn, joka sijaitsee noin 1 km:n päässä kuorimolta. Lietteenkäsittelyssä liete tiivistetään, sekoitetaan kuorimolietteen ja etuselkeytyksen lietteen kanssa, kunnostetaan kemikaaleilla ja puristetaan suotonauhapuristimilla, joita on kolme kappaletta.

Jäteveden puhdistamo on mitoitettu keskimäärin virtaamalle 50 000 m<sup>3</sup>/d, biologiselle hapen kulutukselle 35 t/d ja kiintoaineelle 5,7 t/d.

**Kaavio Metsä-Sellun aktiivilietelaitoksesta Äänekoskella.**



- 1 = Puhdistettavat jätevedet
- 2 = Tasausallas
- 3 = Ilmastusallas 31 000 m<sup>3</sup>
- 4 = Jälkiselkeytyks 10 000 m<sup>3</sup>
- 5 = Puhdistettu vesi ulos
- 6 = Aktiiviliete
- 7 = Ylimääräliete

## MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUKSEN TIEDOTTEET

(Tiedotteet vuosilta 1983–86 on lueteltu aiempien vuosikertojen numeroissa.)

### 1987

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista ja julkaisuista 1986. 72 p.
2. PALDANIUS, E. Oljen kompostointi erilaisia seosmateriaaleja typpilähteinä käyttäen. 55 p. + 1 liite.
3. LEIVISKÄ, P. & NISSILÄ, R. Säämittauksen tuloksia Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasemalla Ruukissa. 31 p.
4. HAKKOLA, H., HEIKKILÄ, R., RINNE, K. & VUORINEN, M. Odelman typpilannoitus, sängenkorkeus ja niittoaika. 39 p.
5. NIEMELÄ, T. & NIEMELÄINEN, O. Kasvualustan tiivistyminen ja nurmikon kuluminen nurmikon stressitekijöinä. Kirjallisuuskatsaus. P. 1–30.  
NIEMELÄ, T. Siirtonurmikon kasvatus ja käyttö. Kirjallisuuskatsaus. P. 31–42.
6. LUOMA, S., RAHKO, I. & HAKKOLA, H. Kiinankaalin viljelykokeiden tuloksia 1981–1985. 25 p.
7. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1979–1986. 165 p. + 9 liitettä.
8. SEPPÄLÄ, R. & KONTTURI, M. Mallasohran reagointi typpilannoitukseen. P. 1–66.  
KUISMA, T. & KONTTURI, M. Typpilannoituksen vaikutus ohralajikkeiden mallastuvuuteen. P. 67–134.
9. YLI-PIETILÄ, M., SÄKÖ, J. & KINNANEN, H. Puuvartisten koristekasvien talvehtiminen talvella 1984–1985. 38 p.
10. VUORINEN, M. & TAKALA, M. Porkkanan ja punajuurikkaan sadetus, typpilannoitus ja kalkitus poutivalla hiekkamaalla. 30 p.
11. MULTAMÄKI, K. & KASEVA, A. Kotimaiset lajikkeet. P. 1–8.  
*Domestic Varieties.* P. 9–17.
12. TUOVINEN, T. Omenakääriäisen ennustemenetelmä. P. 1–17.  
TUOVINEN, T. Pihlajanmarjakoin ennustemenetelmä. P. 18–32.
13. MÄKELÄ, K. Peittauksen vaikutus kotimaisen heinänsiemenen itävyyteen, orastuvuuteen ja sienistöön. 15 p.
14. Osa 1. YLÄRANTA, T. Radioaktiivinen laskeuma ja säteilyvalvonta. P. 1–27.  
PAASIKALLIO, A. Radionuklidien siirtyminen viljelykasveihin. P. 28–62.

Osa 2. KOSSILA, V. Radionuklidien siirtyminen kotieläimiin ja eläintuotteisiin sekä vaikutukset eläinten terveyteen ja tuotantoon. 109 p.

15. RAVANTTI, S. Alma-timotei. 38 p. + 2 liitettä.
16. LEHMUSHOVI, A. Ryhmäruusujen lajikekokeet vuosina 1981–1984. 29 p.
17. JOKINEN, R. & TÄHTINEN, H. Karkeiden kivennäismaiden ja turvemaiden kuparipitoisuus ja sen vaikutus kauran kasvuun astiakokeessa. P. 1–17.  
 JOKINEN, R. & TÄHTINEN, H. Maan kuparipitoisuuden ja happamuuden vaikutus kuparilannoituksella saatuihin kauran satotuloksiin. P. 18–37.  
 JOKINEN, R. & TÄHTINEN, H. Maan pH-luvun ja kuparilannoituksen vaikutus kauran hivenravinnepitoisuuksiin. P. 38–47.  
 JOKINEN, R. & TÄHTINEN, H. Kaura- ja ohralajikkeiden herkkyys kuparin puutteelle ja eri kuparimäärillä saadut tulokset. P. 48–62.  
 JOKINEN, R. & TÄHTINEN, H. Kuparilannoitelajien vertailu astiakokeessa kauralla. P. 63–68.
18. HIIRSALMI, H., JUNNILA, S. & SÄKÖ, J. Ahomansikasta suomalainen viljelylajike. P. 1–8.  
 HIIRSALMI, H., JUNNILA, S. & SÄKÖ, J. Mesimarjan jalostus johtanut tulokseen. P. 9–21.
19. TALVITIE, H., HIIVOLA, S-L. & JÄRVI, A. Satojen ja satovahinkojen arviointitutkimus. 87 p.
20. KEMPPAINEN, R. Puna-apilan ymppeäys *Rhizobium*-bakteerilla. *Inoculation of red clover by Rhizobium strain*. 24 p.
21. LAMPILA, M., VÄÄTÄINEN, H. & ALASPÄÄ, M. Korsirehujen vertailu kasvavien ayrshiresonnien ruokinnassa. *Comparison of forages in the feeding of growing ayrshire bulls*. P. 1–40.  
 ARONEN, I., HEPOLA, H., ALASPÄÄ, M. & LAMPILA, M. Erisuuruiset väkirehuannokset kasvavien ayrshiresonnien olkiruokinnassa. *Different levels of concentrate supply in straw-based feeding of growing ayrshire bulls*. P. 41–66.  
 ARONEN, I., ALASPÄÄ, M., HEPOLA, H. & LAMPILA, M. Bentsoehappo säilörehun valmistuksessa. *Benzoic acid as silage preservative*. P. 67–86.
22. TURTOLA, E. & JAAKKOLA, A. Viljelykasvien vaikutus ravinteiden huuhtoutumiseen savimaasta Jokioisten huuhtoutumiskentällä v. 1983–1986. 32 p. + 2 liitettä.
23. PIETOLA, L. & ELONEN, P. Peltokasvien sadetus normaalia kosteampina kasvukausina 1980–85. 76 p.
24. PIETOLA, L. Maan mekaaninen vastus kasvutekijänä. 94 p. + 3 liitettä.

## 1988

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista ja julkaisuista 1987. 83 p.
2. ANISZEWSKI, T. Puiden, pensaiden ja viljeltävän turvemaan fenologinen tutkimus. *Phenological study on the trees, bushes and arable peat land*. 120 p. + 5 liitettä.
3. RINNE, S-L., HIIVOLA, S-L., TALVITIE, H., SIMOJOKI, P., RINNE, K. & SIPPOLA, J. Vihernesannon vaihtoehdot rukiin viljelyssä. 53 p.

4. JUNNILA, S. Pienannosherbisidit kevätiljoilla - Glean 20 DF, Ally 20 DF ja Logran 20 WG. P. 1–15.  
 — Starane M kevätiljojen rikkakasvien torjunnassa. P. 16–18.  
 — Kamilon B ja Kamilon D kevätiljojen rikkakasvien torjunnassa. P. 19–23.  
 — Kevätviljaherbisidit Rikkahävite KH 10/77, KH 2/83 ja Ipectril. P. 24–31.
5. KIISKINEN, T. & MÄKELÄ, J. Kasviperaisten valkuaisrehujen sulavuus minkillä. *Smältbarhet av vegetabiliska proteinfodermedel hos mink. Digestibility of protein feedstuffs derived from plants in mink.* P. 1–13.  
 KIISKINEN, T., MÄKELÄ, J. & ROUVINEN, K. Eri viljalajien sulavuus minkillä ja siniketulla. *Smältbarhet av olika spannmål hos mink och blåräv. Digestibility of different grains in mink and blue fox.* P. 14–23.
6. SIMOJOKI, P. Ohran boorinpuutos. 100 p. + 3 liitettä.
7. SIMOJOKI, P. Lupiinin viljelytekniikka. P. 3-22, 2 liitettä.  
 EKLUND, E. & SIMOJOKI, P. Yksivuotisen lupiinin nystyräbakteerien eristäminen ja valikoitujen siirroskantojen testaus kenttäolosuhteissa. P. 23–34.  
 ANISZEWSKI, T. Kylvöajan vaikutus lupiinin (*Lupinus angustifolius* L.) siemensatoon Keski- ja Pohjois-Suomessa. P. 35–54.  
 ANISZEWSKI, T. Lupiinin siementuotanto Keski- ja Pohjois-Suomessa. P. 55–90.
8. HÄMÄLÄINEN, I. & ERVIÖ, R. Maaperäkarttaselitys, Jyväskylä. 39 p. + 14 liitettä.
9. ERVIÖ, R. & HÄMÄLÄINEN, I. Maaperäkarttaselitys, Lahti. 41 p. + 2 liitettä.
10. TAKALA, M. Palkokasvien biologiasta. 18 p. + 6 taulukkoa.
11. TAKALA, M., TAHVONEN, R. & VUORINEN, M. Väkilannoitus ja "biologiset" viljelymenetelmät perunan, porkkanan ja punajuurikkaan viljelyssä. 36 p.
12. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K., KONTTURI, M. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1980-1987. 138 p. + 1 liite.
13. LUNDEN, K. & SÄKÖ, J. Koristepuiden ja -pensaiden talvehtiminen. Talvi 1986/87. 86 p. + 4 liitettä.
14. SÄKÖ, J. & LUNDEN, K. Talven 1986-87 tuhot hedelmä- ja marjatarhoissa. 34 p.
15. RINNE, K. & MÄKELÄ, J. Karitsoiden kasvu laitumella. 18 p.
16. ILOLA, A. Katovuoden 1987 kevätiljojen siemenen orastumiskokeet. P. 1-17.  
 RANTANEN, O. & SOLANTIE, R. Uusi peltoviljelyn alue- ja vyöhykejakoehdotus. P. 18-31.
17. RAHKONEN, A. & ESALA, M. Kevätviljojen ja -öljykasvien kylvöaika. 72 p.
18. JUNNILA, S. Perunaherbisidejä tehokkuustarkastuksessa. P. 1–15.  
 JUNNILA, S. Lehvästön hävitys herneellä ja öljykasveilla. P. 16–24.
19. KEMPPAINEN, E. Didinin (disyandiamidi) vaikutus naudän lietelannan tehoon ohran lannoitteenä. 35 p.

20. ETTALA, E. & VIRTANEN, E. Ayrshiren, friisiläisen ja suomenkarjan vertailu vasikka- ja hie-  
hokaudella säilörehu-vilja- ja heinä-vilja-urea-ruokinnalla. 92 p.
21. PITKÄNEN, J., ELONEN, P., KANGASMÄKI, T., KÖYLIJÄRVI, J., TALVITIE, H., VIRRI, K. &  
VUORINEN, M. Aurattoman viljelyn vaikutukset kevätiljojen satoon ja laatuun: kuuden koe-  
vuoden tulokset. *Summary: Effects of ploughless tillage on yield and quality of cereals: re-  
sults after six years.* P. 1–61.  
PITKÄNEN, J. Aurattoman viljelyn vaikutukset maan fysikaalisiin ominaisuuksiin ja maan vil-  
javuuteen. *Summary: Effects of ploughless tillage on physical and chemical properties of  
soil.* P. 62–167.
22. KÄNKÄNEN, H. & KONTTURI, M. Kylvötiheyden vaikutus lehtityypiltään erilaisten hernei-  
den sadon muodostumiseen. 69 p.

## 1989

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista. 23 p.
2. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K. & KONTTURI, M. Virallis-  
ten lajikekokeiden tuloksia 1981–1988. 147 p. + 8 liitettä.
3. VUORINEN, M. Turvemaan kaliumlannoitus. 17 p.
4. TAKALA, M. Saderiskien ja korjuutappioiden vähentämismahdollisuuksista heinäkorjuussa.  
21 p. + 12 liitettä.
5. HAKKOLA, H., PULLI, S. & HEIKKILÄ, R. Nurmikasvien siemenseoskokeiden tuloksia. 57 p.
6. HAKKOLA, H. & LUOMA, S. Perunan viljelykokeiden tuloksia 1981–88. 25 p.
7. AFLATUNI, A. & LUOMA, S. Avomaan vihannesten lajikekokeiden tuloksia 1986–88. 36 p.
8. HÄRKÖNEN, M. & MUSTALAHTI, A. Perennojen menestyminen ja kukinta-ajat Pohjois-Suo-  
messä 1979–85. 20 p. + 2 liitettä.
9. RUOTSALAINEN, S. Marjikasvien tervetäimituotanto ja sen merkitys Suomessa. 57 p.
10. UUSI-KÄMPPÄ, J. Vesistöjen suojaaminen rantapeltojen valumilta. 66 p.
11. Öljykasvien viljelyn edistäminen. Yhteistutkimuksen tuloksia vuosilta 1985–1988. 95 p. Toi-  
mittanut KATRI PAHKALA.
12. JUHANOJA, S. Juurrutushormonien käyttö vesiviikunan *Ficus pumila* L. pistokkaiden juurru-  
tuksessa. P. 2–6.  
JUHANOJA, S. & PESSALA, T. Vuodenajan vaikutus viherkasvien pistokkaiden juurtumiseen  
ja taimien jatkokasvatusaikaan. P. 7–22.  
JUHANOJA, S. Ampelikasvien viljelyaikatauluja. P. 23–34.  
PESSALA, T. Sulkasaniaisen lisäys. P. 35–38.
14. JOKI-TOKOLA, E. Väkiheinä ja säilörehut lihanautojen ruokintakokeissa. 46 p.

15. MÄKELÄ, K. Kesäkukkien kauppasiemenen laatu. 15 p. + 10 liitettä.
16. KÄNKÄNEN, H., HIIVOLA, S.-L. & HEIKKILÄ, R. Kalkitusajankohdan vaikutus kalkituksen tehoon. 38 p. + 1 liite.
17. ROUVINEN, K. & NIEMELÄ, P. Plasmasytoosi heikentää pentutulosta ja pentujen varhaiskehitystä minkillä. *Plasmacytos försämrar avelsresultatet och valparnas tidiga tillväxt hos mink. Plasmacytosis impairs breeding result and early kit growth in the mink.* P. 1–17.  
ROUVINEN, K. Erilaisten rasvojen sulavuus minkin ja siniketun pennuilla — emulgaattorien vaikutus. *Fettsmältbarhet hos mink- och blårävsvalpar — inverkan av emulgerande ämnen. Digestibility of different fats in mink and blue fox kits — influence of emulsifying agents.* P. 18–37.
18. JOKINEN, R. Fosforin saostukseen käytettävien kemikaalien vaikutusjätevesilietteiden ominaisuuksiin sekä käyttöarvoon lannoitteena ja maanparannusaineena. 54 p.
19. JÄRVI, A. Typpilannoitus ja kasvuston CCC-käsittely timotein siemennurmilla. P. 1–24.  
JÄRVI, A. Timotein siemennurmen typpilannoitus, riviväli ja siemenmäärä. P. 26–48.  
JÄRVI, A. Alkuperältään erilaiset timoteilajikkeet siementuotannossa. P. 50–52.
20. URVAS, L. & TARES, T. Maanäytteen ottoaika ja viljavuusluvut. 17 p.
21. SAASTAMOINEN, M. & PÄRSSINEN, P. Yty-kaura. 29 p. + 2 liitettä.
22. RAVANTTI, S. Juliska-punanata. 51 p. + 1 liite.
23. TOIVONEN, V. & LAMPILA, M. Juurikassäilörehu ohran korvaajana kasvavien ay-sonnien säilörehuvaltaisessa ruokinnassa. P. 2–43.  
TOIVONEN, V. & LAMPILA, M. Naattinauriin juurisäilörehu ohran korvaajana kasvavien ay-sonnien säilörehuvaltaisessa ruokinnassa. P. 44–66.

## 1990

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista. 40 p.
2. MARKKULA, M., TIITTANEN, K. & VASARAINEN, A. Torjunta-aineet maa- ja metsätaloudessa 1953–1987. 58 p.
3. KUMPULA, R. Mikrolisätyn mansikan emotaimiklooneissa esiintyvä muuntelu. 61 p. + 2 liitettä.
4. MELA, T., KÄNKÄNEN, H. & ILOLA, A. Heikkoitoisen kevätiljan arvo kylvösiemenenä. 28 p. + 20 liitettä.
5. SALO, Y. & PIETILÄ, E. Laari-kevävehnä. 32 p. + 2 liitettä.
6. RIEPPONEN, L., RINNE, S.-L., HIIVOLA, S.-L., SIMOJOKI, P., SIPPOLA, J. & TALVITIE, H. Oma-varaisen ja tavanomaisen viljelyn kannattavuusvertailu. 38 p. + 8 liitettä.
7. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K. & KONTTURI, M. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1982–1989. 129 p. + 2 liitettä.

8. URVAS, L. Sinkkisulfaatti timotein lannoitteena. P. 1–11.  
— Sinkkisulfaatti ja kelaatit sinkkilannoitteina. P. 12–18.
9. KOIKKALAINEN, K., HUHTA, H., VIRKAJÄRVI, P. & HEIKKILÄ, R. Pitkäaikaisen säilörehunurmen kaliumlannoitus heikosti kaliumia pidättävillä mailla. 59 p.
10. AURA, E. Salaojien toimivuus savimaassa. 93 p.
11. UOSUKAINEN, M. Tervetaimiasemalla tuotannossa olevat ja lajikekokeita varten lisätyt luumulajikkeet. P. 1–29.  
UUSITALO, M. Luumujen ja kirsikan virustaudit. P. 31–42.
12. JUHANOJA, S. Kesäkukkien leikkoviljely kasvihuoneessa. P. 1–24  
JUHANOJA, S. Morsiusharson kaksivuotinen lasinalaisviljely. P. 25–32.  
JUHANOJA, S. Pikkusipulikukkien leikkoviljely kasvihuoneessa. P. 33–37.

## 1991

2. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K. & KONTTURI, M. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1983–1990. 146 p. + 2 liitettä.
3. VILKKI, J. Kulta-kevätrypsi. 20 p. + 1 liite.
4. KEMPPAINEN, E. & VUORINEN, M. Maanparannusaineiden vertailu kenttäkokeessa. (Sotkamon maanparannuskoe). 22 p.
5. YLÄRANTA, T. Maataloustuotannon vaikutus kasvihuoneilmiöön Suomessa. Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen. 18 p.
6. HANNUKKALA, A. E. Puikulan viljelytekniikka Lapissa. 23 p.
7. URVAS, L. & HÄMÄLÄINEN, I. Viljeltyjen moreenimaiden kemialliset ominaisuudet. Kirjallisuuskatsaus. 28 p.
8. JUHANOJA, S. Freesian sadon ajoittaminen. 57 p.
9. LAURILA, L., HIIVOLA, S-L. & KARVONEN, T. Rukiin sakoluku Etelä-Pohjanmaalla. 56 p.
10. HUUSELA-VEISTOLA, E., PAHKALA, K. & MELA, T. Peltokasvit sellun ja paperin raaka-aineena. Kirjallisuustutkimus. 36 p. + 1 liite.
11. TIIRI, J. Muokkauksen vaikutus maan toimintoihin. 82 p.
12. NIEMELÄINEN, O. & HUUSELA-VEISTOLA, E. Typpilannoituksen vaikutus niittynurmikka-, nurmirölli-, puisto- ja punanatanurmikon kasvuun ja kestävyYTEEN. 38 p.
13. HUUSELA-VEISTOLA, E., NIEMELÄINEN, O. & HUHTA, H. Lajikkeen, lannoituksen ja leikkuun vaikutus niittynurmikka-natanurmikon menestymiseen. 33 p.



14. HUUSELA-VEISTOLA, E., NIEMELÄINEN, O. & HUHTA, H. Siemenmäärä nurmikon perustamisessa. 30 p.
16. NIEMELÄINEN, O., HUUSELA-VEISTOLA, E. NISSINEN, O. & TALVITIE, H. Nurmikkosiemen-seosten menestyminen eri tavoin kunnostetulla kasvualustalla. 51 p., 5 liitettä.
17. HÄRKÖNEN, E., NIEMELÄINEN, O. & HUUSELA-VEISTOLA, E. Englanninraiheinä nurmikon perustamisessa Suomessa. 26 p. + 1 liite.
18. JUNNILA, S. & ERVIÖ, L.-R. Uusien herbisidien tehokkuus ja käyttökelpoisuus viljakasvustoissa. 48 p.
19. ALAVIUHKOLA, T., SUOMI, K. & FRIMAN, T. Uusimmat koetulokset sikatalouden tutkimus-  
asemalta. 77p.
20. KEMPPAINEN, E., ANISZEWSKI, T. & MIETTINEN, E. Nurmikasvilajien vertailu Pohjois-Kai-  
nuussa. 17 p.
21. **Salaatin viljely ja sadon laatu. *Cultivation of lettuce and quality of yield.***  
Yhteistutkimuksen "Salaatin viljelymenetelmien kehittäminen ja viljelytoimien vaikutus salaatin laatuun" loppuraportti. 179 p.  
Toimittaneet RAILI JOKINEN ja RISTO TAHVONEN.
22. AVIKAINEN, H., HARJU, P., KOPONEN, H., MANNINEN, M., MEINANDER, B. & TAHVONEN, R. Desinfiointiaineiden soveltuvuus pelto- ja kasvihuonetuotannossa. 52 p. + 2 liitettä.
23. JOKI-TOKOLA, E. Rehun kuiva-ainepitoisuuden, paalien muovitustavan ja säilytyspaikan vaikutus pyöröpaalisäilörehun säilyvyyteen. 27 p.
24. JUHANOJA, S. & HIIRSALMI, A. Tuloksia puiden ja koristepensaiden menestymisen seurannasta vuosina 1970–90. 116 p.

## 1992

1. HAKKOLA, H. & KERÄNEN, T. Rehuviljakokeiden tuloksia 1977-91 Pohjois-Pohjamaan tutkimusasemalta. 22 p.
2. KOSSILA, V. & MÄNTYSAARI, P. Pikkuvasikoiden ruokintakoetuloksia Maatalouden tutkimuskeskuksessa v. 1973-89. 110 p. + 3 liitettä.
3. URVAS, L. Kalium-, mangaani- ja sinkkilannoituksen vaikutus timotein ravinnepitoisuuteen Pohjois-Suomen suonurmilla. 23 p.
4. NISSINEN, O. Yksivuotisten tuorerehukasvien soveltuminen laidun- ja niittoruokintaan Pohjois-Suomessa. 45 p.
5. HANNUKKALA, A.E. Timoteinurmen perustaminen Pohjois-Lapissa. 15 p.

6. MÄKELÄ-KURTTO, R., SIPPOLA, J. & JOKINEN, R. Teollisuuden jätevesilietteet ja niiden hyötykäyttö maataloudessa. (Loppuraportti tutkimushankkeesta "Teollisuuden jätevesilietteet ja niiden mahdollinen hyväksikäyttö maataloudessa".) 51 p. + 40 liitettä.
7. VANHALA, P. Rikkakasvien fysikaalinen ja mekaaninen torjunta kasvukauden aikana. 68 p.
8. SAASTAMOINEN, M. Sohvi-herne. 41 p. + 2 liitettä.
9. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K., KONTTURI, M. & MÄKELÄ, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1984–1991. 109 p. + 2 liitettä.
10. GALAMBOSI, B. & RAHUNEN, I. Yrttien käyttö ja viljely. 39 p. + 1 liite.
11. SIMOJOKI, P., MEHTO-HÄMÄLÄINEN, U., LAITINEN, V. & RÄKKÖLÄINEN, M. Rikkakasvien torjunta ilman herbisidejä. 37 p.
12. Hiehokasvatuskokeiden tuloksia.  
SAIRANEN, S., KOSSILA, V., ARONEN, I. & MICORDIA, A. Risteytyshiehot. P. 4–23.  
KOSSILA, V., SAIRANEN, S., MICORDIA, A., VALMARI, A. & HAKKOLA, H. Hiehot ja hieholehmät. P. 24–40 + 9 liitettä.  
KOSSILA, V., HEIKKILÄ, T. & SAIRANEN, S. Kaksoset ja kolmoset. P. 41–48 + 2 liitettä.  
Toimittaneet VAPPU KOSSILA ja SILJA SAIRANEN.
13. URVAS, L. & HYVÄRINEN, S. Maaperäkarttaselitys. LAPINLAHTI. 13 p. + 2 liitettä.
14. Pikkuvasikoiden ruokintakoetuloksia 1990–91. 57 p. + 1 liite.  
KOSSILA, V., ARONEN, I., TOIVONEN, V. & SAIRANEN, S. Korsirehun korjuuasteen vaikutus pikkuvasikoiden kasvuun ja rehunkulutukseen. P. 4–20.  
KOSSILA, V., ARONEN, I., SAIRANEN, S. & MÄNTYSAARI, P. Pimäjauhe ja maitojauhe-10 verrattuna kurrijauhejuottoon ja ohrajauhoihin lisätyn kauraproteiinin vaikutus vasikoilla. P. 21–40.  
KOSSILA, V., ARONEN, I., SAIRANEN, S. & NOUSIAINEN, J. Probioottien vaikutus pikkuvasikoiden kasvuun, rehunkulutukseen ja terveyteen. Eri suoliston osiin vaikuttavien probioottien yhdysvaikutus. P. 41–57.  
Toimittaneet VAPPU KOSSILA & SILJA SAIRANEN.
15. NISSILÄ, E. Arttu-ohra. 16 p. + 3 liitettä.
16. SALO, T. Typpi- ja kloridilannoituksen vaikutus punajuurikkaan nitraattipitoisuuteen ja satoon. *The effect of nitrogen and chloride fertilization on the nitrate content and yield of beetroot.* 37 p. + 6 liitettä.
17. GALAMBOSI, B. & PIEKKARI, S. Yrtit, mausteet ja rohdokset Suomessa. Luettelo julkaisuisista. 48 p.
18. MÄKELÄ-KURTTO, R., LINDSTEDT, L. & SIPPOLA, J. Laboratorioiden ja analyysimenetelmien välinen vertailututkimus viljelymaan raskasmetalleista. 61 p. + 3 liitettä.

1993

1. SAASTAMOINEN, M. Sisko-kaura. 24 p. + 2 liitettä.
2. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K., KONTTURI, M. & MÄKELÄ, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1985–1992. 108 p. + 2 liitettä.
3. KIVIJÄRVI, P., DALMAN, P. & VALO, R. Vihanneslajikkeet Etelä-Savon tutkimusasemalla vuosina 1983–91. (*Summary: Vegetable varieties tested at the South-Savo Research Station of the Agricultural Research Centre of Finland in 1983–91.*) 34 p.
4. RINNE, S-L., SIPPOLA, J. & SIMOJOKI, P. Omavaraisen viljelyn vaikutus maan ominaisuuksiin. (*Summary: Effect of self-sufficient cultivation on soil properties.*) 26 p. + 12 liitettä.
5. RINNE, K., SUVITIE, M. & RINNE, S-L. Ayrshiren, friisiläisen ja suomenkarjan monivuotinen vertailu kotovarasella säilörehu–vilja- ja heinä–vilja–urearuokinnalla. Lehmien rehunkulutus, ravinnonsaanti, tuotokset, maidon koostumus sekä hedelmällisyys ja kestävyys 4.–6. lypsykausina. *Comparison of Finnish Ayrshire, Friesian and Finncattle on grass silage-cereal and hay-urea-cereal diets. Feed intake and nutrient supply, production and composition of milk, fertility and culling of the cows during the 4th–6th production years.* 48 p. + 1 liite.
6. VILKKI, J. Helmi-öljypellava. 8 p. + 3 liitettä.
7. VIRKAJÄRVI, P. & HUHTA H. Nurmen viljely polttoturvesoiden jättöalueilla. Timotein fosforilannoitus Tohmajärven Valkeasuolla. *Grass production on cut-away peatlands. Phosphorus fertilization for timothy (Phleum pratense) leys at Valkeasuo, Tohmajärvi.* 27 p. + 2 liitettä.
8. SANKARI, H. Bioenergian tuotantoon soveltuvat peltokasvit. Kirjallisuuskatsaus. Kasvintuotannon osaraportti esitutkimukseen "Energian tuottaminen elintarviketuotannosta vapautuvalla peltoalalla." *Suitability of cultivated plants for bioenergy production. Literary survey. The partial report of plant production to the preliminary study entitled "Energy production in the areas released from food production."* 38 p.
9. GALAMBOSI, B., KEMPPAINEN, R., SIKKILÄ, J. & TALVITIE, H. Maustekasvien merkitys mehiläisille. (*Summary: The significance of culinary herbs to bees.*) 62 p. + 9 liitettä.
10. URONEN, K.R., TAHVONEN, R., JOKINEN, R. & BARTOSIK, M-L. Kasvialustan johtokyvyn vaikutus vaikutus turpeessa viljellyn tomaatin satoon ja sadon laatuun. (*Summary; Sammanfattning.*) 34 p. + 3 liitettä.
11. ARONEN, I., LAMPILA, M. & HEPOLA, H. Säilörehu, heinä ja olki kasvavien ayrshiresonnien ruokinnassa. (*English summary.*) 24 p.
12. SUVELA, M. & SORMUNEN-CRISTIAN, R. Ympärivuotisen karitsoinnin merkitys lihan tuotantoon ja kannattavuuteen. *Effect of out-of-season lambing on meat production and profitability.* 52 p. + 3 liitettä.  
 SUVELA, M. & SORMUNEN-CRISTIAN, R. Ympärivuotinen karitsointi ja lihantuotanto. P. 7–43.  
 SUVELA, M. & SORMUNEN-CRISTIAN, R. Tiheän ja normaalin karitsoinnin vertailu. P. 44–52.

13. SIMOJOKI, P. Selluloosatehtaan jätelietteen lannoitusvaikutus. (*Summary: Fertilizer effect of sludge from a sulphate and paper mill.*) 17 p. + 2 liitettä.
14. **Omavaraisen viljelyn kannattavuuslaskelmia.** 33 p. + 4 liitettä.  
MÄKINEN-HANKAMÄKI, S. Laskelmia omavaraisten viljelymenetelmien kannattavuudesta. (*Summary: Calculations on the profitability of self-sufficient cultivation methods.*) P. 7–23.  
RIEPPONEN, L. Omavaraisen ja tavanomaisen viljelyn kannattavuuden vertailu. (*Summary: Comparison of the profitability of self-sufficient and conventional cultivation methods.*) P. 25–33.
15. KEMPPAINEN, E., JAAKKOLA, A. & ELONEN, P. Peltomaiden kalkitustarve ja kalkituksen vaikutus viljan ja nurmen satoon. (*Summary: Effect of liming on yield of cereals and grass.*) 44 p. + 29 liitettä ja 7 kuvaliitettä.
16. VUORINEN, M. & TAKALA, M. Sinimailasen viljelyyn vaikuttavia tekijöitä. (*Summary: Management of alfalfa.*) 17 p. + 1 liite ja 19 liitetaulukkoa.
17. VILKKI, J. Jyty-sareptansinappi. (*English summary.*) 12 p. + 8 liitettä.
18. PÄRSSINEN, P. Antti-nurminata. (*English summary.*) 10 p. + 2 liitettä.
19. LUOSTARINEN, M. & OLIN, A. Maatilojen ympäristönhoito ja -suunnittelu. Lounais-Hämeen maatilojen ympäristösuunnittelun tulokset ja maatilayhteistyön tutkimusohjelma vuosille 1993–96. (*Abstract: Environmental management and planning by farms. The results of environmental planning by farms in South-West Häme, Finland, and the research plan for farm co-operation during 1993 to 1996.*) 86 p. + 1 liite.

**JAKELU: MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS**  
Kirjasto  
31600 JOKIOINEN  
puh. (916) 1881, telekopio (916) 188 339

**HINTA: 50 mk**