

VAKOLAn tiedote

61/94



Hannu Mikkola

Lietelannan varastointi ja levitys

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
Agricultural Research Centre of Finland

VAKOLA

Maatalousteknologian tutkimuslaitos

Osoite
Vakolantie 55
03400 VIHTI

Puhelin
(90) 224 6211

Telefax
(90) 224 6210

Institute of Agricultural Engineering

Address
Vakolantie 55
FIN-03400 VIHTI
FINLAND

Telephone int. +
358-0-224 6211

Telefax int. +
358-0-224 6210

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	3
2.	KOTIELÄINTUOTANTOA HARJOITTAVAT TILAT, LIETELAN- TALOIDEN JA LIETTEEN MÄÄRÄ	4
3.	LIETELANNAN VARASTOINTIA JA LEVITYSTÄ KOSKEVAT VIRANOMAISMÄÄRÄYKSET JA OHJEET	6
3.1.	Karjasuojien vesiensuojelua koskeva valvontaohje	6
3.2.	Maatilahallituksen rakentamisohteet, kotieläinrakennuksen ympäristöhuolto	6
3.3.	Muut ohjeet	7
4.	LIETELANNAN LEVITYSKALUSTO	7
4.1.	Vaunutyytit	8
4.2.	Levityslaitteet	10
4.3.	Levitystavan vaikutus typpihäviöihin	11
4.4.	Levitystavan vaikutus lietteellä lannoitetun säilörehun laatuun .	15
5.	HAASTATTELUTUTKIMUKSEN TULOKSET	15
5.1.	Tietoja tiloista	15
5.2.	Kuivikkeiden käyttö	17
5.3.	Lietteen varastointi	17
5.4.	Lietteen käyttö	19
5.5.	Levitysvaunut	21
5.5.1.	Vaunutyytit ja varusteet	22
5.5.2.	Multauslaitteet	23
5.5.3.	Vetotehon tarve	23
5.5.4.	Käyttöominaisuudet, viat	24
5.6.	Lietteen varastointiin ja levittämiseen liittyvät ongelmat ja selvitystarpeet	25
6.	YHTEENVETO	25
7.	LÄHDELUETTELO	28

1. JOHDANTO

Lietelannan maataloudellinen arvo ja ympäristönsuojelullinen ongelma on sen sisältämissä kasvinravinteissa (LEINONEN, 1993). Lietelanta on karjatalouden sivutuote ja kasvinviljelyn tuotantopanos. Ongelmana on, että lietelannan varastoinnista ja levittämisestä aiheutuvat kustannukset ovat usein korkeammat kuin lietelannan lannoitusarvo väkilannoitteisiin verrattuna.

Levitystekniikka ja -ajankohta vaikuttavat lietelannan ravinteiden lannoitusarvoon. Levittämällä liete tasaisesti ravinteet saadaan mahdollisimman monen kasvin ulottuville ja multaamalla estetään typen haihtuminen. Fosforitappioita voidaan välttää levittämällä liete pelloille, joilta maa-aines ei pääse kulkeutumaan pintavesien mukana. Kalin ja liukoisen typen tehokas hyväksikäyttö edellyttävät, että liete levitetään kasvukauden alussa. Keinot ravinnetappioiden välttämiseksi tiedetään ja tekniikkaakin on, mutta ratkaisut ovat joko liian kalliita tai epäkäytännöllisiä.

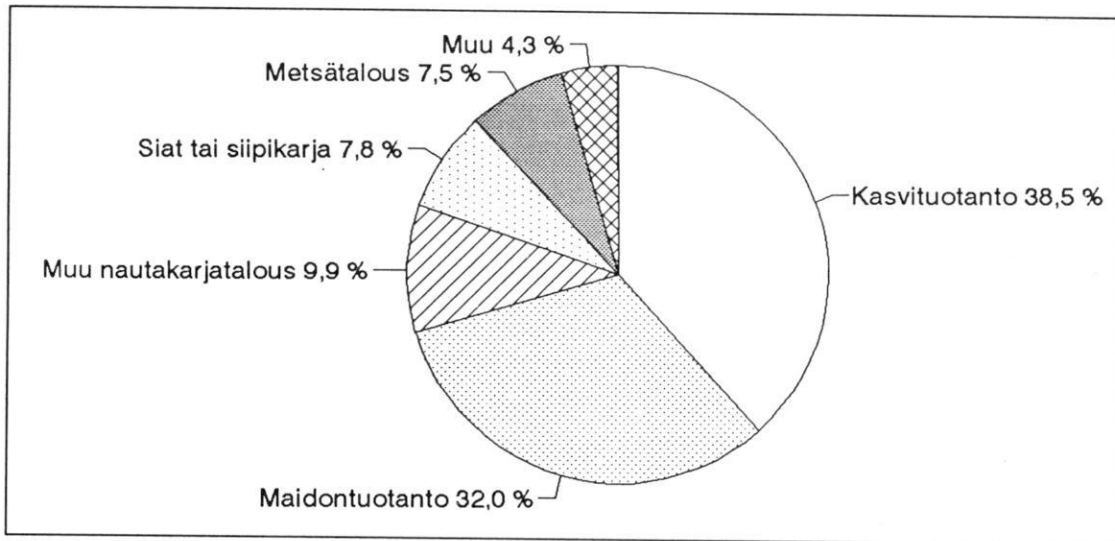
Lietteen varastointia ja levittämistä säätelee ensisijaisesti vesi- ja ympäristöhallituksen antama karjasuojien vesiensuojelua koskeva valvontaohje nro 61 (ANON. 1990). Ohje ei ole velvoittava, mutta viljelijöiden vakavaa suhtautumista ohjeeseen kuvaa mm. se, että lietevarastojen pienuus ja siitä aiheutuvat ongelmat ovat yleisesti tiedossa. Uuden lietesäiliön rakentaminen on suunnitelmissa monilla tiloilla, joilla kotieläintuotantoa aiotaan jatkaa. Imeyttämällä lietettä turpeeseen voidaan joissain tapauksissa välttyä uuden lietesäiliön rakentamiselta tai siirtää hankintaa tuonnemmaksi. Pitkäaikaista käyttöä ja suuria määriä ajatellen turvekustannus on korkea. Myös turvelanta pitäisi varastoida vesitiiviissä lantavarastossa, jolloin varastointikustannukset ovat vähintäänkin samansuuruiset kuin lietelannan.

Lietteen ilmastus on lietelannan jalostamista paremmin käsiteltävään muotoon. Ilmastettu liete soveltuu levitettäväksi maan pinnalle tai kasvustoon paremmin kuin ilmastamaton liete, koska se on selvästi juoksevampaa ja imeytyy nopeammin maahan. Tällöin typen häviöt pienenevät. Ilmastus myös hygienisoi lietettä ja vaara bakteerien tai loisten joutumisesta rehun sekaan on vähäisempi kuin ilmastamatonta lietettä levitettäessä. Viljelijän näkökulmasta lannoitelaskun mahdollinen pienentyminen ilmastamisen ansiosta ei kuitenkaan täysin kata ilmastuksen kustannuksia tavanomaisessa viljelyssä. Luonnonmukaisessa viljelyssä tilanne on toinen (LEINONEN 1993).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää viljelijöiden kokemuksia lietelannan varastoinnista, lietelantavaunujen käyttöominaisuuksista sekä lietteen levittämisestä yleensä. Selvitys tehtiin VAKOLAn ja Mustialan Ammattikorkeakoulun vuonna 1992 aloittaneiden oppilaiden yhteistyönä. Ammattikorkeakoulun oppilaat kävivät kesän ja syksyn 1993 aikana haastattelemassa kotipaikkakunnallaan viljelijöitä, joilla on käytössään oma lietevaunu tai osuus yhteiseen vaunuun. Haluan esittää parhaat kiitokseni viljelijöille yhteistyöstä sekä MMK Petri Kapuiselle, tutkimusassistentti Risto Sinisalolle ja MMK Vesa Virolaiselle arvokkaista korjaus ehdotuksista tekstin viimeistelyvaiheessa.

2. KOTIELÄINTUOTANTOA HARJOITTAVAT TILAT, LIETELANTALOIDEN JA LIETTEEN MÄÄRÄ

Maatilahallituksen maatilarekisterin (ANON. 1992) mukaan yli yhden peltohehtaarin maatilat olivat jakaantuneet vuonna 1991 tuotantosunnittain kuvan 1 mukaisesti. Nautakarjataloutta harjoittavat tilat, joiden osuus kotieläintaloutta harjoittavien tilojen lukumäärästä oli 84 %, ovat avainasemassa arvioitaessa vuosittain tuotettavaa lantamäärää. Nautakarjatilaja on paljon ja ne tuottavat lantaa runsaasti. Sikatiloilla on lannan tuotannon kannalta paikallista merkitystä Varsinais-Suomessa, Satakunnassa ja Etelä-Pohjanmaalla.

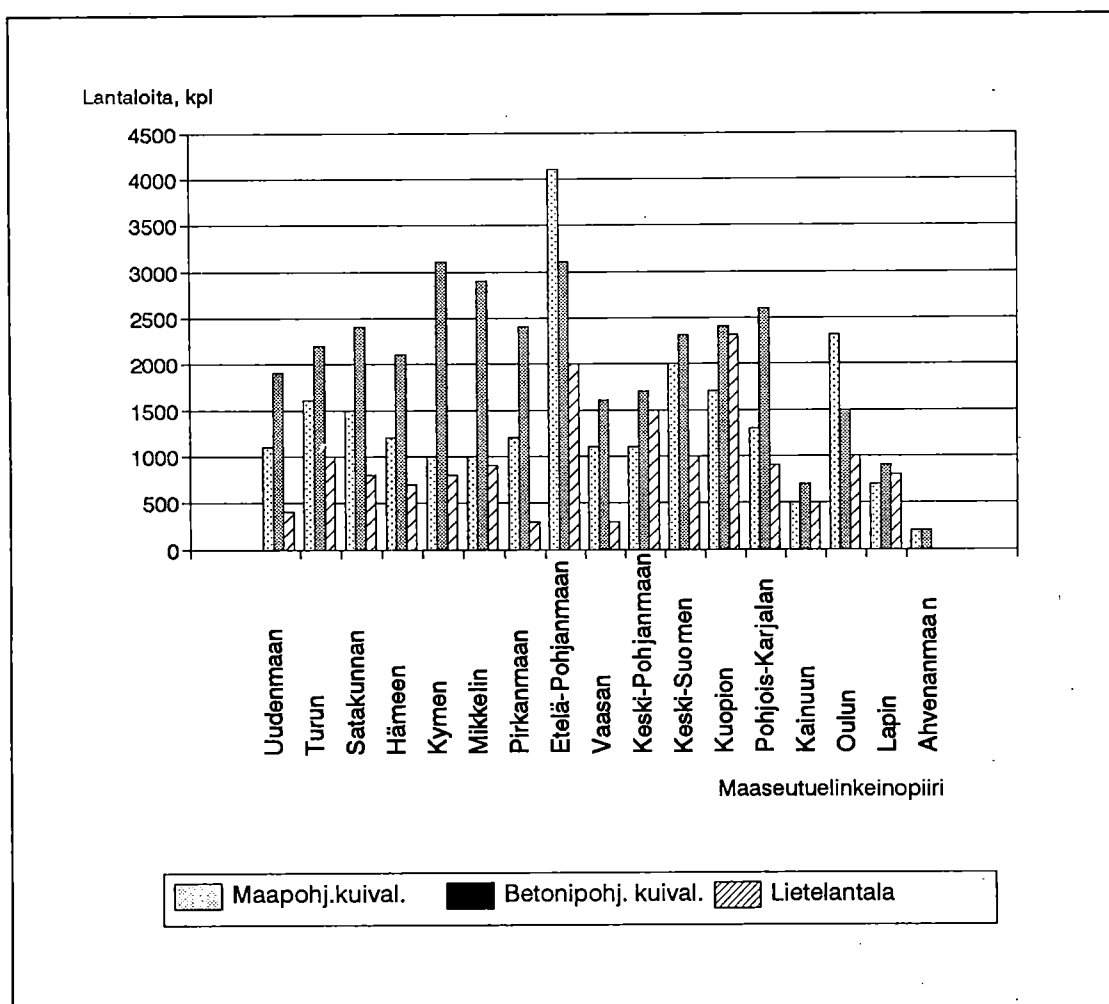


Kuva 1. Tuotantotoimintaa harjoittavat maatilat luokiteltuna tuotantosunnittain vuonna 1991 (ANON. 1992).

Kotieläintuotantoa harjoittavien tilojen lantalat luokitellaan kuivalantaloiksi tai lietelantaloiksi. Lantaloiden lukumäärästä on tehty selvitys (ANON. 1991) (kuva 2), mutta valitettavasti siitä ei käy ilmi, miten yleinen lietelantala on maidontuotantoa tai sianlihantuotantoa harjoittavilla tiloilla. Selvityksessä ei ole myöskään otettu huomioon lantaloiden kokoa.

Vesi- ja ympäristöhallitus pitää betonipohjaisia kuivalantaloita vesiensuojelun kannalta suositeltavimpina (LATOSTENMAA, H., suullinen tiedonanto 15.2.1994). Näiden prosentuaalinen osuus on suurin Pirkanmaan, Mikkelin ja Uudenmaan maaseutuelinkeinopiireissä. Maapohjaisista kuivalantaloista pitäisi sen sijaan päästä kokonaan eroon. Näiden osuus on suurin Oulun ja Etelä-Pohjanmaan maaseutuelinkeinopiireissä. Lietelantaloiden osuus kaikista lantaloista vaihtelee maaseutuelinkeinopiireittäin 8,7 %:sta 36,4 %:iin. Lietelantalat ovat yleisimpiä Kuopion, Keski-Pohjanmaan ja Lapin maaseutuelinkeinopiireissä. Näillä alueilla joka kolmas lantala on lietelantala.

KEMPPAISEN (1986) mukaan nautakarjatiljoilla tuotettiin lietettä keskimäärin 489 m³/vuosi ja sikatiloilla 692 m³/vuosi. Etelän tiloilla lietettä tuotettiin enemmän



Kuva 2. Käytössä olevat kotieläinrakennusten lantalatyytit maaseutuelinkeinopiireittäin (ANON. 1991).

kuin Pohjois-Suomessa, mikä johtuu karjakokojen eroista. Vesi- ja ympäristöhallituksen laskelman mukaan vuonna 1992 käsiteltiin nautakarja- ja sikatilojen lannasta 22 % lietteenä. Tämän perusteella lietelantaa tuotettiin noin 4 milj. m³. Lantaloiden lukumäärään perustuva jako lietteeseen ja kuivaan lantaan saattaa kuitenkin olla virheellinen, koska siinä ei oteta huomioon lantaloiden kokoa. KAPUISEN (1994) mukaan nautakarjatiloiilla tuotetusta lannasta olisi tällä hetkellä jo kolmannes lietelantaa. Tällöin vuodessa tuotettava lietemäärä olisi noin 6 milj. m³.

Kotieläinten, erityisesti lypsylehmien, teurasnautojen ja kanojen määrän ennustetaan vähenevän 1990 luvulla yli neljänneksellä (PEHKONEN ym. 1993). Lypsy-
lehmien ja lihanautojen tuottaman suuren lantamäärän vuoksi (yli 80 % koko lantamäärästä) KAPUINEN (1994) ennustaa myös lantamäärien vähenevän yli 20 %. Toisaalta Kapuinen pitää lietettä lähes ainoana järkevänä lannan käsittelytapana tulevaisuudessa, joten lietemäärät saattavat jopa suurentua, jos lietelantaloiden osuus lisääntyy nopeasti kotieläinrakennusten laajennusten ja peruskorjausten yhteydessä.

3. LIETELANNAN VARASTOINTIA JA LEVITYSTÄ KOSKEVAT VIRANOMAISMÄÄRÄYKSET JA OHJEET

3.1. Karjasuojien vesiensuojelua koskeva valvontaohje

Tärkein lietelannan varastointia ja levitystä käsittelevä viranomais määräys on vesi- ja ympäristöhallituksen antama karjasuojien vesiensuojelua koskeva valvontaohje nro 61 (ANON. 1993). Ohjeen keskeinen ajatus on estää pinta- ja pohjavesien pilaantuminen. Maatilalla ovat pahimmassa vaarassa oma kaivo sekä lähiseudun järvet ja joet. Lietelannan varastointiin ja levitykseen liittyen valvontaohjeessa todetaan mm. seuraavaa:

- Karjasuojat ja lantavarastot olisi ensisijaisesti sijoitettava tärkeiksi luokiteltujen pohjavesialueiden ulkopuolelle.
- Lietelanta- ja virtsasäiliöt tulisi mitoittaa 12 kuukauden varastoimisaikaa varten.
- Säilörehun puristeneste on kerättävä talteen myös varastoitaessa rehua pellolla aumassa.
- Lantavarastojen ja kourujen tulee olla vesitiiviitä.
- Lietesäiliön koon ja muodon tulee olla sellainen, että liete voidaan sekoittaa tehokkaasti.
- Lietesäiliö suositellaan katettavaksi.
- Karjanlanta on levitettävä siten, ettei lantaa pääse valumaan vesistöön tai ojaan.
- Karjanlannan käyttö ei saa olla niin runsasta, että se johtaa ylilannoitukseen. Määräyksenä pidetään karjanlannasta tulevan fosforin määrää, enintään 20 kg P/ha vuodessa.
- Lanta tulisi levittää ensisijaisesti keväällä lumettomaan maahan.

3.2. Maatilahallituksen rakentamishojeet, kotieläinrakennuksen ympäristönhuolto

Rakentamishoje (ANON. 1993 b.) sisältää maaseutuelinkeinolain mukaan tuettaviin tai olemassa oleviin kotieläinrakennuksiin liittyviä lanta- ja säilörehun puristenestevä- rastoja, kouruja ja johtoja sekä turkistarhojen ympäristöhaittojen ehkäisemistä koskevia määräyksiä ja suosituksia.

Rakentamishojeen mukaan lietesäiliötä rakennettaessa tai peruskorjattaessa on tehtävä vesi- ja ympäristöpiirille ennakoilmoitus, mikäli rakentamiseen käytetään maaseutuelinkeinolain mukaista lainaa ja mikäli rakennukseen tuleva eläinmäärä on suurempi kuin:

- 20 lypsylehmää, sonnia tai hevosta
- 60 hiehoa tai lihanautaa

- 30 emakkoa
- 100 lihasikaa
- 3000 munivaa kanaa
- 15 000 broileria tai muuta siipikarjaa
- 250 siitosnaarasminkkiä
- 50 siitosnaaraskettua

Lannan varastotilat on mitoitettava nautaeläimille, hevosille ja lampaille vähintään 8 kuukauden varastoimisajan perusteella. Tältä osin maatilahallituksen rakentamisohje on lievempi kuin vesi- ja ympäristöhallituksen valvontaohje. Ympäri vuoden sisällä pidettäville sekä muille kuin edellä mainituille eläimille edellytetään vähintään 12 kuukauden varastoimisaikaa.

3.3. Muut ohjeet

Lantavarastojen rakentamista, laitteiden asentamista ja varastoihin liittyvien toimenpiteiden suunnittelua ja toteuttamista koskevat rakennuslain (370/58) ja asetuksen (266/59), terveydenhoitolain (469/65) ja -asetuksen (55/67), jätehuoltolain (673/78) ja -asetuksen (307/79) ja eräistä naapuruussuhteista annetun lain (26/20) määräykset. Lisäksi työsuojeluhallitus (Lietelannan käsittelyn turvallisuusohje, Tampere 1975) ja maa- ja metsätalousministeriön eläinlääkintäosasto (yleiskirje nro 155/71) ovat antaneet lantavarastoja koskevia ohjeita (ANON. 1990).

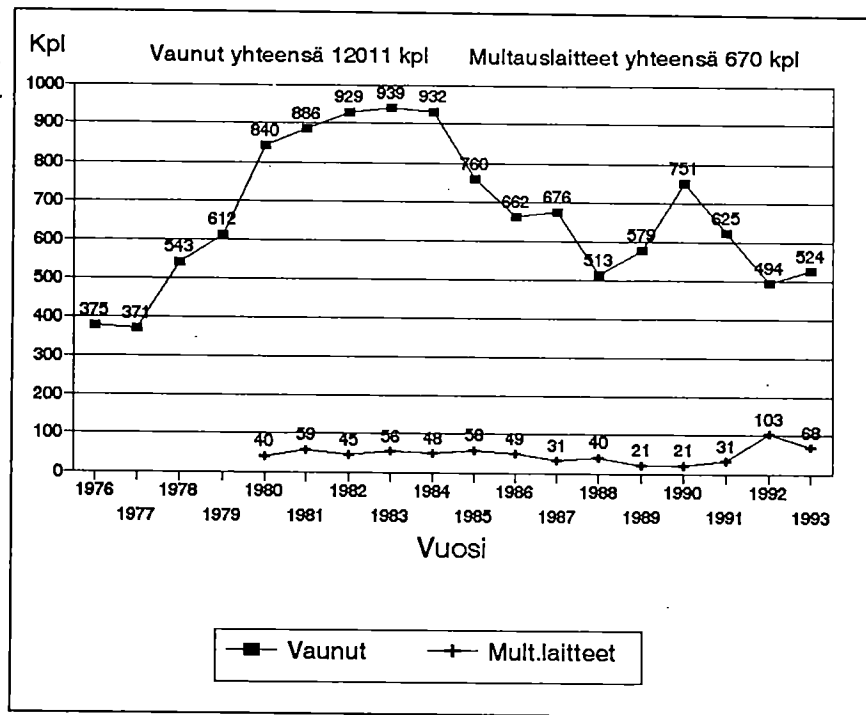
Hyvä yhteenveto edellä mainituista ja myös muista lähteistä on maa- ja metsätalousministeriön julkaisema Hyvät viljelymenetelmät -opas. Siinä mainitut tavoitteet sisältyvät syksyllä 1992 käynnistettyyn maaseudun ympäristöohjelmaan (ANON. 1993 c.).

4. LIETELANNAN LEVITYSKALUSTO

Suomessa lietelanta levitetään lietelantavaunuilla ja niin tehdään yleisesti myös ulkomailla. Lietelannan sadettaminen on mahdollista, jos lietteen kuiva-ainepitoisuus on alhainen tai jos lietettä laimennetaan vedellä. Englannissa, Ruotsissa ja myös Suomessa on tutkittu lietteen pumppaamista suoraan säiliöstä pellolle, traktorin liikuttamaan levityspuomiin (GODWIN ym. 1990, KARLSSON 1991, TORTTILA ja SIPILÄ 1992). Tällä menetelmällä vältetään lietteen kuljettaminen pellolla ja voidaan vähentää pellon talleantumista. Sekä sadetus että pumppaus säiliöstä suoraan levittimeen edellyttävät, että pellot ovat talouskeskuksen lähellä tai että liete siirretään letkua pitkin tai vaunulla pellolla sijaitsevaan varastosäiliöön. Suomessa pellot ovat kuitenkin hajallaan ja usein etäällä talouskeskuksesta, eikä lietteen varastointi ole käytännöllisistä tai taloudellisista syistä järkevää muualla kuin karjarakennuksen välittömässä läheisyydessä. Siksi ei lähitulevaisuudessa ole näköpiirissä menetelmää tai laitetta, joka syrjäyttäisi lietelantavaunun tärkeimpänä lietteen kuljetus- ja levityslaitteena.

Kuva 3.

Lietelantavaunujen ja lietteen multauslaitteiden myynti 1976-1993 (ANON. 1993 a.)

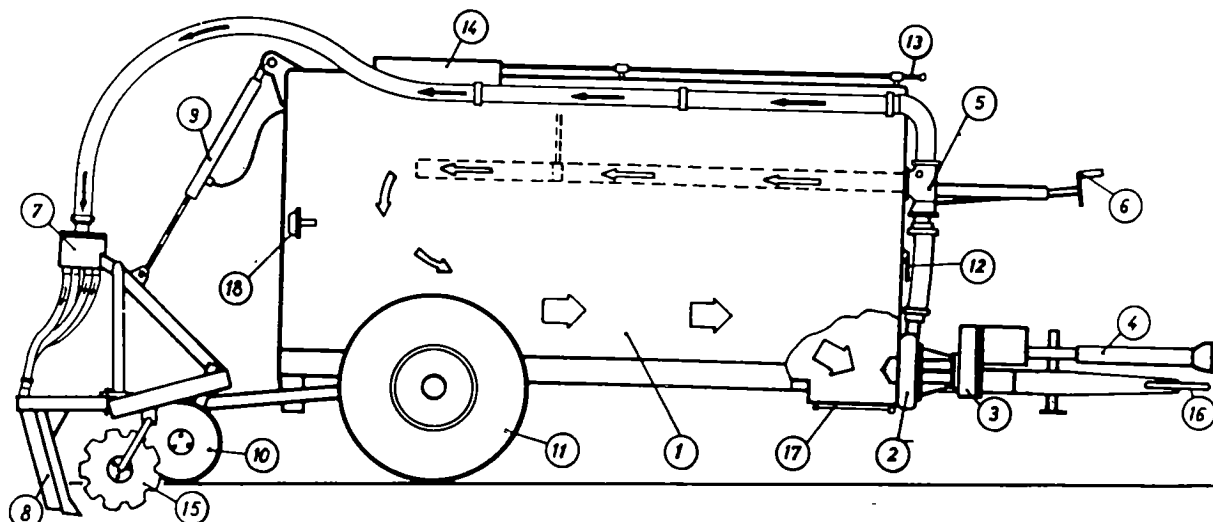


Kuvan 3 tilastossa ei ole valitettavasti eroteltu eri vaunutyyppjä. Tämän tutkimuksen aineistosta (83 vaunua) 41 % oli keskipakopumpulla varustettuja lietelantavaunuja, 52 % imupainevaunuja ja 7 % omalla paineellaan tyhjeneviä kuljetusvaunuja. Kahdeksassa vaunussa (10 %) oli multauslaite.

4.1. Vaunutyyppit

Vaunut luokitellaan yleensä sen mukaan, kuinka vaunun täyttö tai tyhjennys on järjestetty. Yksinkertaisimpia ovat omalla paineellaan tyhjenevät lietelannan tai virtsan kuljetussäiliöt. Vaunu täytetään erillisellä pumpulla ja se tyhjenee nestepaineella. Paine pienenee nestepinnan laskiessa ja samalla levitysleveys kapenee. Vaunu soveltuu välttävasti pienten lantavesi- tai virtsamäärien levitykseen, mutta lietteen levittämiseen siitä ei ole.

Kun vaunu varustetaan tyhjennyspumpulla (keskipako- tai vakiotilavuuspumpulla), se soveltuu lietteen kuljettamisen lisäksi hyvin myös lietteen levittämiseen. Keskipakopumppu on yksinkertaisempi, halvempi ja yleisempi kuin vakiotilavuuspumppu, mutta saksalaisten tutkimusten mukaan vakiotilavuuspumppu (mäntä- tai ruuvipumppu) olisi levitystasaisuuden kannalta parempi, koska säiliössä olevan lietteen määrä vaikuttaa vähemmän pumpun tilavuusvirtaan (ISENSEE ja LUOMA 1981, ref. RODHE ja SALOMON). Voidaan kuitenkin olettaa, että jos keskipakopumpulla varustetun vaunun tyhjennysputkessa on supistuslevy tai tyhjennystä kuristetaan kolmitieventtiilillä, säiliön täytösmäärä vaikuttaa tyhjennysnopeuteen vähemmän kuin saksalaisessa tutkimuksessa on esitetty. Kompressorilla varustetun vaunun eli imu-painevaunun tasainen tyhjentymisen edellyttää, että vaunussa on hyvä paineensäädin.



- | | |
|---|--------------------------------------|
| 1. Säiliö | 10. Multauslaitteen syvyysääätöpyörä |
| 2. Repijäsiivillä varustettu keskipakopumppu. | 11. Vaunun pyörä |
| 3. Vaihdelaatikko | 12. Lietemäärän osoitin |
| 4. Nivelakseli | 13. Täyttöaukon sulkija |
| 5. Kolmitiesekoitusventtiili | 14. Täyttöaukko |
| 6. Kolmitiesekoitusventtiilin säätöruuvi | 15. Kiekkoleikkuri |
| 7. Jakolaite | 16. Vetosilmukka |
| 8. Multausvantaat | 17. Kivitaskun luukku |
| 9. Nostosylinteri | 18. Valot |

Kuva 4. Keskipakopumpulla ja multauslaitteella varustetun lietelantavaunun rakenne (Teho Lotina).

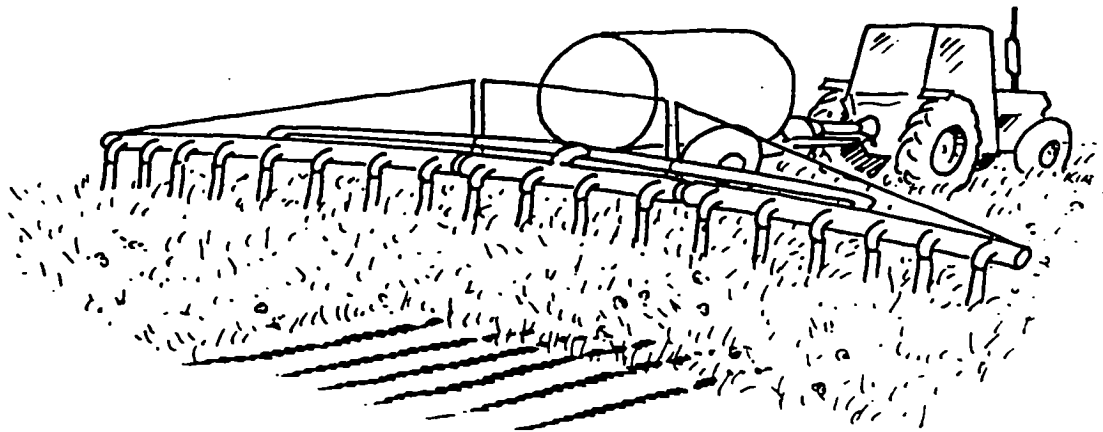
Kuvan 4 keskipakopumpulla varustetussa vaunussa sekoitus (ja levitysmäärän säätö) on järjestetty kierrättämällä lietettä kolmitieventtiilin kautta. Yleisempi lietemäärän säätötapa on käyttää supistuslevyjä pumpusta levityslaitteeseen johtavassa letkussa. Tällöin lietettä ei voida kierrättää ja siksi vaunussa pitäisi olla jokin muu sekoituslaitte. Mekaaninen, voimanottoakselilta käyttövoimansa saava sekoitusakseli on hyvä ratkaisu. Imu-painevaunuissa käytetään paineilmasekoitusta, koska mekaanisen sekoittimen läpivientien tiivistäminen olisi kallista ja hankalaa. Varsinkin sian liete pitäisi levittää vaunulla, jossa lietettä voidaan sekoittaa tehokkaasti sekä kuljetuksen että levityksen aikana.

Imu-painevaunu on kalliimpi, mutta toisaalta myös monikäyttöisempi kuin tyhjennyspumpulla varustettu vaunu. Imu-painevaunun säiliön on oltava ilmatiivis ja vankkarakenteisempi kuin muiden vaunujen, koska säiliön on kestettävä täytön aikana alipainetta ja tyhjennyksen aikana ylipainetta. Paine saadaan aikaan voimanottoakselin tai hydraulimoottorin käyttämällä kompressorilla. Imu-painevaunu on tunteeton lietteen seassa oleville kiville ja muille koville esineille, koska ne eivät vahingossa-kaan voi joutua kulkemaan pumpun kautta.

4.2. Levityslaitteet

Vaunussa on lietteen levityslaitteena joko hajotinlevy, multauslaite tai letkulevitin. Maatalouskoneiden myyntitilaston perusteella voidaan arvioida, että hajotinlevy on yleisin levityslaite, yli 90 % kaikista levityslaitteista. Multauslaitteita on ehkä viitisen prosenttia ja letkulevittäjiä on käytössä ainoastaan muutamia. Hajotinlevy on yksinkertainen ja toimintavarma, mutta tavoiteltaessa parempaa levitystasaisuutta ja yritettäessä välttää ammoniakkihäviöitä on käytettävä kehittyneempää ja kalliimpaa tekniikkaa.

Kasvustoon levitettäessä kasvit eivät saisi tahriintua lietteeseen, vaan liete pitäisi johtaa letkulla tai vantaan kautta maan pinnalle tai maan sisään. Levityslaitteen työleveyden pitäisi olla mahdollisimman suuri, että mahdollisimman pieni osa pellosto tallaantuisi. Levitettäessä lietettä kasvustoon tallaustappiot olivat RODHEN ja SALOMONin (1992) tutkimuksissa sitä suuremmat mitä myöhemmin lietettä levitettiin. Kun työleveys oli 12 m, tallaustappio oli ohralla tehdyissä kokeissa enimmillään 1,2 % ja syysvehnällä tehdyissä kokeissa 2,7 %. Kokeissa myöhäisin levitysjankoha oli viljan tähkimisvaihe. Ottaen huomioon, että kokeissa käytetyssä lietevaunussa oli 400 mm leveät renkaat, tallaustappio oli vähäinen. Työleveys oli kuitenkin suuri.



Kuva 5. Periaatekuva letkupuomilla varustetusta vaunusta (RODHE ym. 1988).

Letkupuomilla varustetut lietevaunut ovat tällä hetkellä maatalousnäyttelyiden uutuuksia sekä Suomessa että ulkomailla. Sekä letkupuomilla että multauslaitteella varustetussa vaunussa jakolaite on levittimen toiminnan kannalta oleellinen osa. Jos työleveys 12 m ja metrillä on kolme letkua, jakolaitteesta lähtee kaikkiaan 36 letkua. Lietteen jakaminen tasaisesti ja häiriöittä eripituisiin letkuihin saattaa tuottaa vaikeuksia. Lietteen pitää olla tasalaatuista, eikä se saa sisältää olkia tai korsirehun jätteitä tai levittimessä on oltava laite, joka silppuaa ne. Leveä letkupuomi tai multauslaite, kunnollinen jakolaite ja suuret renkaat nostavat vaunun hinnan niin korkeaksi, että sellaisen hankkiminen edellyttää oman käytön lisäksi urakointikäyttöä. Tanskassa ja Hollannissa lietteen levitystekniikkaa kehitetään aktiivisimmin ja

näyttäisi siltä, että näissä maissa lietteen levittää tulevaisuudessa koneaseman lietevaunu tai itsekulkeva lietetankkeri.

Multauslaitetta on markkinoitu laitteena, jolla liete voidaan sijoittaa kasvukauden aikana nurmeen. Maan pitäisi olla suhteellisen kivetöntä, etteivät vantaat nostaisi kiviä pintaan tai rikkoisi kiviin osuessaan pahoin nurmen pintaa. Maan pitäisi olla myös sopivan kuivaa, että maa ei tiivistyisi, ja toisaalta sopivan kosteaa, ettei vantaiden aiheuttama vetovastus olisi kohtuuton. Multauslaitteessa tarvitaan samanlainen jakolaite kuin letkupuomissakin ja lietteen laatua koskevat samat vaatimukset. Multauslaitteella tai letkupuomilla varustetun lietelantavaunun hinta on 1,5 - 2 -kertainen verrattuna hajotinlevyllä varustettuun vaunuun.

4.3. Levitystavan vaikutus typpihäviöihin

KAPUISEN (1994) mukaan lypsykarjan lannan kokonaistyyppi, fosfori ja kalium ovat rahallisesti mitattuna keskenään lähes samanarvoisia, kun lannan ravinteet hinnoitellaan väkilannoitteista saatavien ravinteiden arvon mukaan. Lannan fosforin ravinnearvon lähes täydellinen hyväksikäyttäminen edellyttää ainoastaan, että lanta levitetään pellolle kohtuullisina annoksina. Kaliumin ravinnearvon säilyttämiseksi myös levitysjan on oltava sopiva. Typen säilyttämiseksi on levitysjankohdan lisäksi kiinnitettävä erityistä huomiota levitystekniikkaan ja multaukseen.

Levitystekniikan parantamisella saavutettava hyöty on enimmillään 1/3 lannan arvosta, koska sillä voidaan vaikuttaa ensisijaisesti vain typen hyväksikäyttöön. KAPUISEN (1994) laskelmien mukaan levitystekniikan parantamisesta saatava taloudellinen hyöty lypsykarjan lietettä levitettäessä on korkeintaan 8 mk lanta-m³ kohden. Hyöty on niin vähäinen, että se ei juurikaan motivoi parantamaan lannanlevityslaitteita. Ravinteiden hyväksikäyttöä voidaan kuitenkin parantaa esimerkiksi siten, että liete mullataan äestämällä heti levityksen jälkeen. Lisäksi on muistettava, että ravinteiden tehokas hyväksikäyttö on ympäristönsuojelun kannalta tärkeää.

Tyyppi häviää lietelannasta haihtumalla ammoniakkinäytteiksi ilmakehään. Ammoniakkihäviöitä syntyy jo karjasuojassa ja varastoinnin aikana. STEINECKin (1988, ref. LUNDIN 1988) esittämän laskelman mukaan näiden häviöiden osuus 500 lihasian tuottaman lannan typpihäviöistä oli 39 %. Sikalan poistoilman suodatuksella ja peittämällä lietesäiliö näitä häviöitä voitiin pienentää. Eniten lannankäsittelyjärjestelmässä syntyviin typen häviöihin voitiin vaikuttaa levitystekniikkaa parantamalla. Levitettäessä liete multaamatta mullokselle typen häviöt olivat 61 % koko lannankäsittelyjärjestelmässä tapahtuvista typen häviöistä (2290 kg). Jos liete mullattiin levityksen yhteydessä, tappiot pienenevät 11 %:iin. Taulukossa 1 on esitetty hollantilaisten KLARENBECKin ja BRUINSin (1987, ref. RODHE ja SALOMON 1992) tuloksia ammoniakkihäviöistä levitettäessä sian- ja naudanlietelantaa nurmelle eri menetelmin.

Ammoniakkihäviöt olivat kaikkein pienimmät, kun liete mullattiin välittömästi levityksen yhteydessä. Myös sadetus levityksen jälkeen ja lietteen laimentaminen vähensivät selvästi ammoniakkihäviöitä. Sadetus ja laimentaminen ovat keinoja, joilla

voidaan alentaa lietteen viskositeettia ja nopeuttaa lietteen imeytymistä maahan. Lietteestä ilmastus vaikuttaa samoin. Käytäntöä ajatellen sadetuksen järjestäminen heti lietteen levityksen jälkeen on usein vaikeaa, samoin lietteen laimentaminen, koska se nelinkertaistaa jo ennestäänkin rankan lietteen levitysurakan. Multaus on ainoa vaihtoehto, joka voidaan kohtuudella ajatella tehtäväksi lietteen levityksen yhteydessä.

Taulukko 1. Ammoniakkihäviöt levitettäessä sian- ja naudanlietelantaa nurmelle eri menetelmin (KLARENBECK ja BRUINS 1990, ref. RODHE ja SALOMON 1992).

Levitystekniikka ja lietteen laatu	Levitysmäärä		Ammoniakkihäviö % levitetyn NH ₄ -typen määrästä
	m ³ /ha	kg NH ₄ -N/ha	
Syvä rivimultaus			
-sian lanta	40	223	0,2
-naudan lanta	40	120	0,4
Multaus avoimeen riviin			
-sian lanta	20	112	4
-naudan lanta	20	61	8
Sadetus (10 mm) pintalev. jälkeen			
-sian lanta	10	57	16
-naudan lanta	10	30	13
Laimentaminen vedellä (1:3) + pintalevitys			
-sian lanta	40	56	25
-naudan lanta	40	38	19
Pintalevitys (kontrolli)			
-sian lanta	10	57	48
-naudan lanta	10	30	65

Ruotsissa ovat RODHE ym. (1988) tutkineet keinoja typpihäviöiden pienentämiseksi levitettäessä lietettä nurmelle. Kokeissa levitettiin lietettä riveihin maan pinnalle tai hajalleen kasvuston päälle. Myös multausta kokeiltiin yhtenä vuonna. Rivilevityksessä teknisesti parhaaksi todettiin levitinlaite, jossa liete johdettiin laahavantaiden kautta maan pinnalle. Rivivälit olivat 25, 37,5 ja 50 cm. Satoerot eri tavoin lietelannalla lannoitettujen koeruutujen välillä olivat melko pieniä, mutta yleensä saatiin rivilevitystekniikkaa käyttäen parempi sato kuin hajalevitystekniikkaa käyttäen. Edelleen pienempää riviväliä käytettäessä saatiin yleensä parempi sato kuin suurempaa riviväliä käytettäessä. Lietelannan liukoisen typen lannoitusvaikutus oli 40 - 60 % vastaavan väkilannoitteenä annetun typpimäärän lannoitusvaikutuksesta. KEMPPAISEN (1986) tutkimuksissa, joissa lietelantaa käytettiin nurmen peruslannoitteenä, lietelannan liukoisesta tyyppistä oli keskimäärin 72 % vaikutukseltaan väkilannoitetyypin veroista ilman suojakasvia perustetuissa ruuduissa ja 80 % ruuduissa, joissa suojakasvina oli vihantaohra.

Ruotsissa on tutkittu myös ohran, kauran ja syysvehnän lannoittamista lietelannalla (RODHE ja SALOMON, 1992). Kokeissa tutkittiin levitysjankohdan ja eri levitysmenetelmien vaikutusta ohran, kauran ja syysvehnän satoon sekä sadon typpipitoisuuteen. Levitysjankohtia oli kolme: kevätiljoilla muokkauksen yhteydessä, oraan ollessa 15 cm:n pituista ja ennen tähkälle tuloa sekä syysvehnällä aikainen kevätlevitys, oraan ollessa 15 cm:n pituista ja ennen tähkälle tuloa. Typpeä levitettiin kaikkiaan 100 kg hehtaarille, josta 70 kg oli lietelannan sisältämää ammoniumtyppeä ja 30 kg kalkkiammonsalpietarista peräisin olevaa typpeä. Tämän lisäksi koeruuduille levitettiin superfosfaattia ja kalisuolaa niin paljon, että tavoitteena olleet kasvavinnemäärät 20 kg P/ha ja 40 kg K/ha saavutettiin. Lietelannalla lannoitettujen ruutujen satoja verrattiin pelkällä väkilannoitteella lannoitettujen ruutujen satoon. Kokeissa käytetty liete oli sian lietelantaa. Lietteen levittämisessä kokeillut laitteet on esitetty kuvassa 6 ja levitysjankohdan vaikutus satoon taulukossa 2.

Taulukko 2. Lietelannalla eri ajankohtina lannoitetun ohran, kauran ja syysvehnän sadot tuotantoindeksillä¹⁾ ilmaistuna (RODHE ja SALOMON 1992).

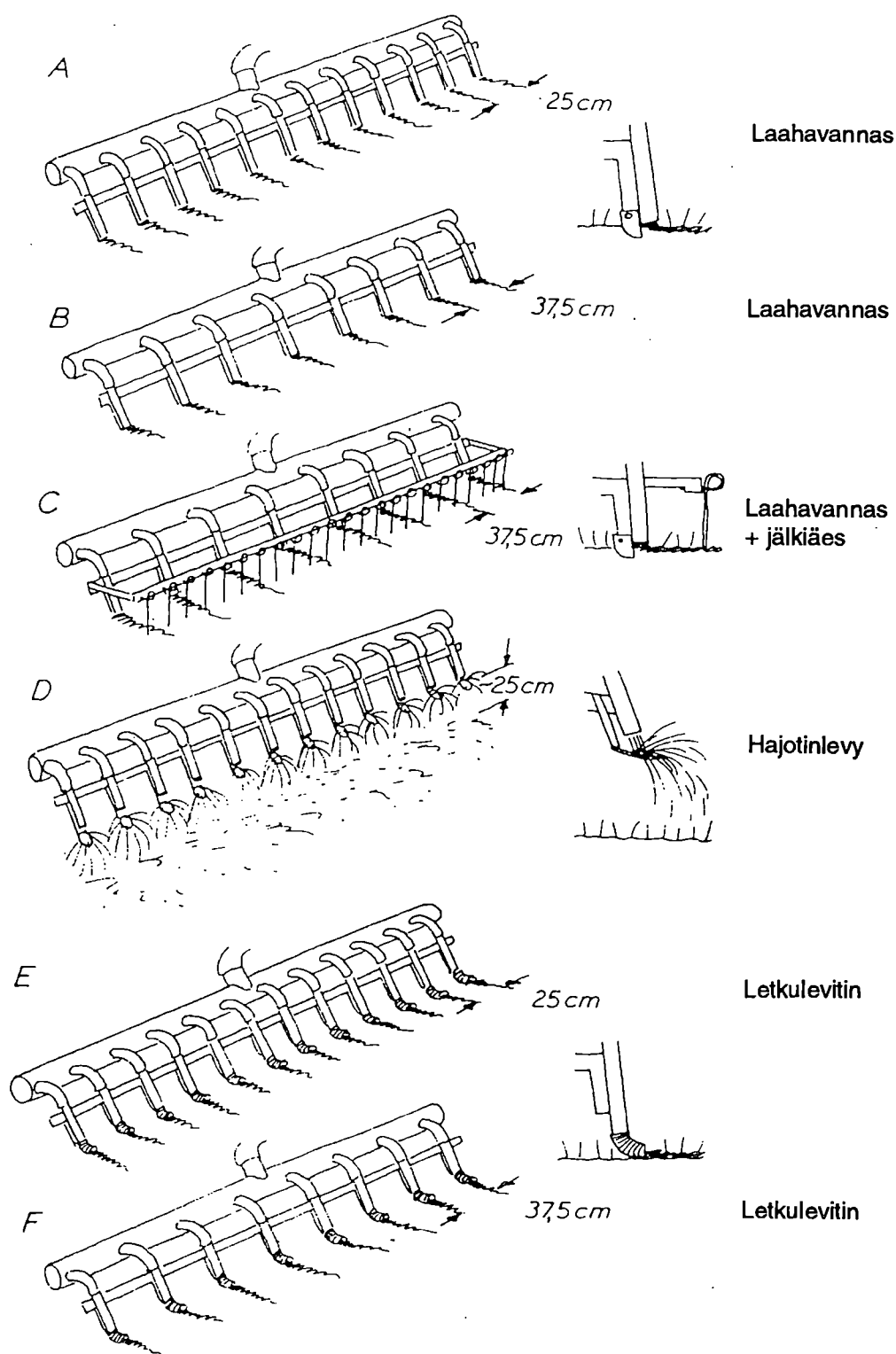
Koevuosi	Koekasvi	Levitysjankohta		
		Muokkauksen yhteydessä	Oraan ollessa 15 cm:n pituista	Tähkälletulo-vaiheessa
Kevätviljat				
1988	Kaura	104	50	64
1988	Ohra 1	(82) ³⁾	49	51
1988	Ohra 2	98	69	66
1990	Ohra	75	78	67
1990	Ohra	67	65	64
KESKIARVO		85	62	62
Syysvehnä		Aikaisin keväällä		
1989	Syysvehnä 1	63	89	33
1989	Syysvehnä 2	64	93	40
1990	Syysvehnä	92	90	66
1990	Syysvehnä ²⁾	90	84	51
KESKIARVO		77	89	47

¹⁾ Tuotantoindeksi on laskettu seuraavasti:

$$\frac{\text{Lietelannalla saatu sato} - \text{Lannoittamattoman sato}}{\text{Väkilannoitteella saatu sato} - \text{Lannoittamattoman sato}} \times 100$$

²⁾ Lietelanta on laimennettu vedellä suhteessa 1:0,5 (liete:vesi)

³⁾ Vain 42 kg NH₄-N/ha lietteestä



Kuva 6. Levityslaitteet, joita kokeiltiin lannoitettaessa sian lietelannalla ohraa, kauraa ja syysvehnää (RODHE ja SALOMON 1992).

Ohran ja kauran lannoituskokeissa lietteen levitys muokkauksen yhteydessä oli edullisin ajankohta. Sato oli lietelantaa lannoitteena käytettäessä kuitenkin keskimäärin alhaisempi kuin väkilannoitetta käytettäessä. Syysvehnän lannoituskokeissa todettiin, että edullisin lietteen levitysaika on pitempi kuin ohran ja kauran lannoituksessa.

Suurin sato saatiin, kun liete levitettiin oraan ollessa 15 cm:n pituista. Keskimäärin sadot olivat lietettä käytettäessä kuitenkin alhaisempia kuin väkilannoitetta käytettäessä. Tutkijat korostavat raportissaan, että lietelannalla lannoitettujen koeruutujen joukossa oli ruutuja, joilta saatiin parempi sato kuin väkilannoitteella lannoitetuilta ruuduilta keskimäärin. Tämä havainto kuvastaa lietelannan lannoitevaikutuksen arvaamattomuutta.

Kokeessa käytetty lietteen levitystekniikka vaikutti koekasvien satoon merkittävästi vain joissain yksittäistapauksissa. Kevätviljoilla tehdyissä kokeissa lietteen hajalevityksellä saatiin kuitenkin huonoin sato kolmessa kokeessa neljästä. Kun otetaan sadon määrän lisäksi huomioon sadon typpipitoisuus, ei tulosten perusteella voida nimetä mitään ajankohtaa tai levitystekniikkaa, joka olisi lietelannan tyyppien hyväksikäytön kannalta erityisen edullinen.

Viljelijän kannalta lietelanta on hankala lannoite erityisesti tyyppien lannoitusvaikutuksen arvaamattomuuden vuoksi. Tarkkaan lannoitukseen pyrittäessä lietettä tulisi levittää vain sen verran, että ammoniumtyypen määrä hehtaaria kohden ei ylitä viljeltävän kasvin optimimäärää. Kasvukauden aikana kasvin typpitilannetta pitäisi seurata esimerkiksi PELTOSEN (1993) esittämällä mittausmenetelmällä ja mitaustulosten perusteella tehdä päätös lisälannoitustarpeesta. Menetelmä on kuitenkin vielä niin uusi, että kokemukset sen luotettavuudesta puuttuvat.

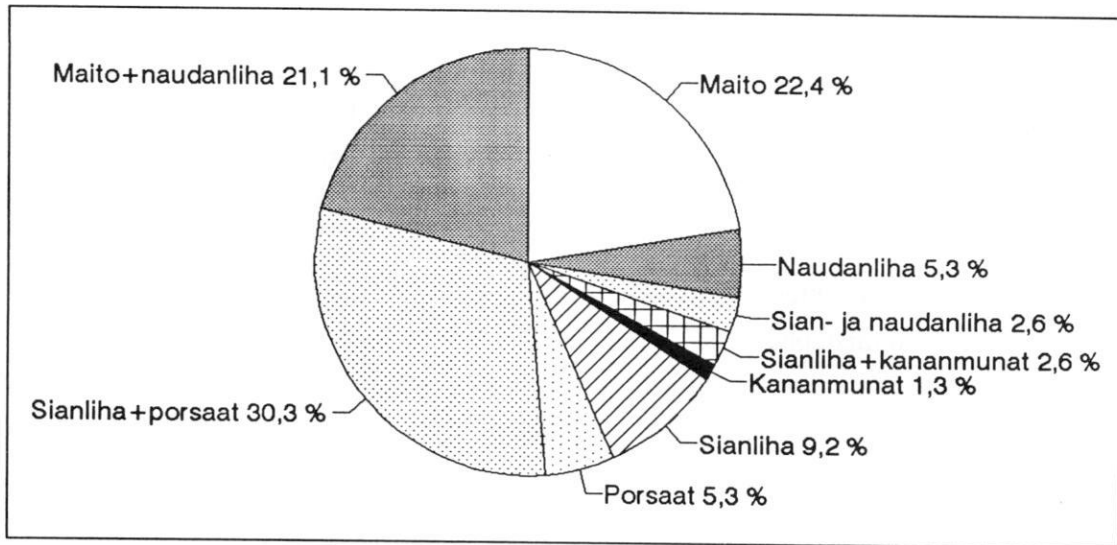
4.4. Levitystavan vaikutus lietteellä lannoitetun säilörehun laatuun

RODHE ym. (1988) ovat todenneet, että esikuivaus alensi lietteellä lannoitetun säilörehun sisältämien itiöiden ja voihapon määrää. Tuoreena korjatussa rehussa, joka oli lannoitettu lietteellä hajalevityksenä, haitallisten mikro-organismien aktiiviteetti oli suurin. Sitä ilmensivät rehun korkea ammoniakkipitoisuus, voihapon ja itiöiden suuri määrä sekä sokerin ja maitohapon vähäinen määrä. Yhden vuoden tulokset lietteen multaamisesta antoivat viitteitä siitä, että multaamalla saataisiin parempilaatuista rehua kuin muilla kokeilluilla menetelmillä. Sängin pituuden todettiin vaikuttavan rehun sekaan joutuvaan lantamäärään, kun liete oli levitetty hajalleen. Vaara lietteen joutumisesta rehun sekaan oli vähäisempi, kun liete oli levitetty riviin tai mullattu.

5. HAASTATTELUTUTKIMUKSEN TULOKSET

5.1. Tietoja tiloista

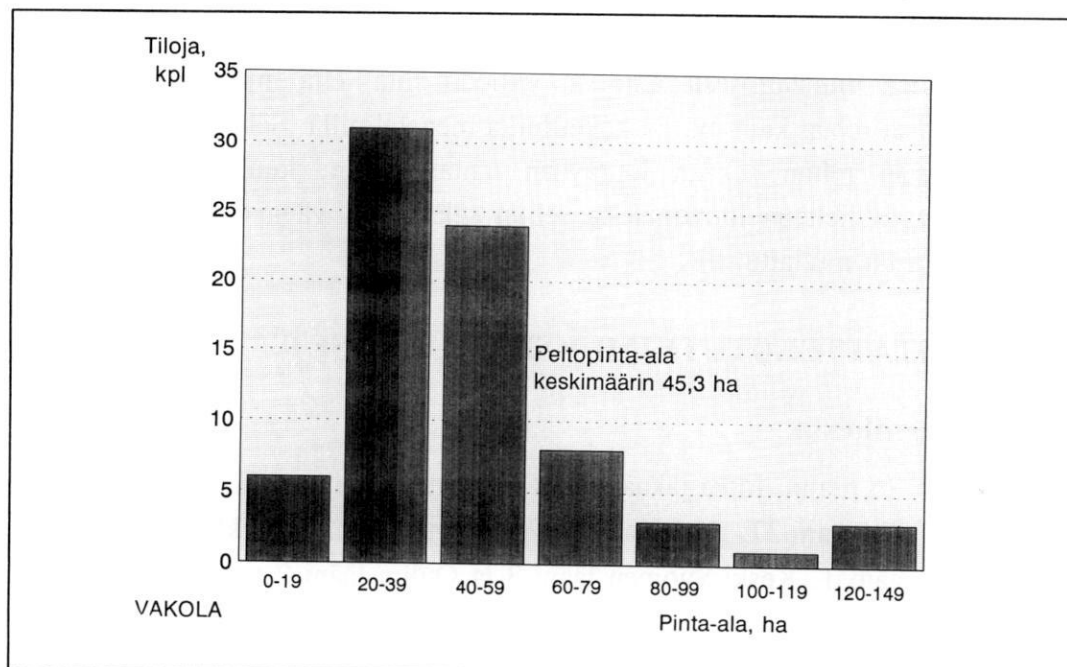
Tiedot saatiin 76 tilalta, jotka jakaantuivat lääneittäin seuraavasti: Uudenmaan lääni 1, Turun ja Porin lääni 37, Hämeen lääni 22, Kymen lääni 2, Mikkelin lääni 8, Pohjois-Karjalan lääni 1, Keski-Suomen lääni 3 ja Oulun lääni 2 tilaa. Haastattelijoina toimineet Mustialan Ammattikorkeakoulun oppilaat saivat valita haastattelutilat vapaasti kotiseudultaan ja siksi aineisto painottuu Lounais-Suomeen ja Hämeeseen. Tilat jakaantuivat tuotantosuunnittain kuvan 7 mukaisesti.



Kuva 7. Tilat jaoteltuna tuotantosuunnan mukaan.

Tutkimukseen osallistuneilla tiloilla pidettävien kotieläinten lukumäärät verrattuna koko maan keskimääräisiin kotieläinmääriin olivat seuraavat:

Kotieläin	Tutkimustiloilla keskimäärin, kpl	Koko maassa keskimäärin vuonna 1990, kpl, (ANON. 1992)
Lypsylehmä	23,6	10,5
Lihanauta	37	-
Lihasika	357	82
Emakko	48	21
Kana	1800	1500



Kuva 8. Tutkimustilat jaoteltuna peltopinta-alan mukaan.

Tilojen keskimääräinen peltopinta-ala oli 45 ha. Tilat olivat siten peltopinta-alaltaan ja kotieläinmääriltään selvästi suurempia kuin tilat Suomessa keskimäärin. Aineiston määrästä ja keruutavasta johtuen ei kuitenkaan voida tehdä johtopäätöstä, että lietelantajärjestelmä olisi yleisempi keskimääräistä suuremmilla tiloilla tai sianlihaa tuottavilla tiloilla.

5.2. Kuivikkeiden käyttö

Kolmella tilalla neljästä käytettiin kuivikkeita. Yleisimmät kuivikkeet olivat olki, sahanpuru ja kutterinpuru. Kuivikkeen käyttömäärän arviointi (kg/eläin ja vrk) tuotti vaikeuksia monille vastaajille. Tämä on ymmärrettävää, koska kuivike annetaan tarpeen ja kokemuksen mukaan eikä vaa'an tai mitan kanssa kuten väkirehut. Nautakarjatiloiilla kuiviketta käytettiin keskimäärin 0,6 kg eläintä kohden vuorokaudessa ja sikatiloilla 0,3 kg eläintä kohden vuorokaudessa. On kuitenkin huomattava, että sikatiloilla kuivitetiin useimmiten vain porsivat emakot, jotka söivät osan kuivikkeena käytettävästä oljesta.

5.3. Lietteen varastointi

Lietesäiliöt oli yhtä vanerisäiliötä lukuunottamatta rakennettu betonista joko valamalla, kokoamalla elementeistä tai muuraamalla harkoista. Hieman yli puolella tiloista oli yksi lietesäiliö, muilla kaksi tai useampia. 60 % säiliöistä oli pyöreitä ja loput nelikulmaisia. Vastauksista oli pääteltävissä, että tiloilla, joilla oli useampi kuin yksi lietesäiliö, vanha säiliö oli yleensä nelikulmainen, katettu ja kooltaan pienempi kuin uusi, pyöreä ja kattamaton säiliö. Katettuja säiliöitä oli 35 %.

Aineiston 76:sta tilasta kuusi on sellaista, joilla oli pelkästään virtsasäiliö ja lietevaunua käytettiin virtsan levitykseen. Näistä kaksi oli nautakarjatilaa ja neljä sikatilaa.

Taulukko 3. Tiloilla vuodessa tuotettava lietemäärä, varastojen tilavuus ja riittävyys.

	Nautakarjatilat (38 tilaa ¹⁾)	Sikatilat (38 tilaa)
Vuodessa tuotettava lietemäärä, m ³	710	900
Varastotilojen tilavuus, m ³	540	590
Varastotilojen ajallinen riittävyys, kuukautta	9,1	7,9

¹⁾ Kahdella nautanlihaa tuottavalla tilalla pidettiin myös lihasikoja.

Tilaa kohti vuodessa muodostuva lietemäärä oli suurempi kuin KEMPPAISEN (1986) tutkimuksessa (taulukko 3). Tilat olivat kuitenkin selvästi keskimääräistä suurempia ja myös karjaa oli keskimääräistä enemmän. Nautakarjatilojen lietelantavarastot täyttivät keskimäärin maatilahallituksen rakentamisohjeen mukaisen 8 kuukauden varastoisajan. Yksittäisiä tiloja, jotka eivät tähän rajaan yltäneet, oli kuitenkin 15 kpl eli

39 %. Sikatiloilla puuttui rakentamisohteen mukaisesta 12 kuukauden varastokapasiteetista kolmannes. Vain 7:llä sikatilalla (18 % sikatiloista) oli lietelannalle varastotilaa riittävästi.

Vesi- ja ympäristöhallituksen valvontaohjeen mukaan lietesäiliön koon ja muodon tulee olla sellainen, että liete voidaan sekoittaa tehokkaasti. Lietesäiliön tulisi siksi olla pyöreä, tilavuus korkeintaan 1300 m³ ja halkaisija korkeintaan 12 m (VOGT 1976 ref. KAPUINEN 1990, KAPUINEN 1990). Edelleen lietesäiliön ympärillä pitäisi olla vapaata tilaa niin, että lietettä voidaan sekoittaa useammasta kohdasta. Lietesäiliön kansi tai kattorakenteet vaikeuttavat useimmiten sekoittamista. Tässä tutkimuksessa mukana olleilla tiloilla lietettä sekoitettiin seuraavasti:

Sekoitustapa	kpl	%
Potkurisekoitin	27	36
Pumppusekoitin	26	34
Potkuri- ja pumppusekoitin	14	18
Ei sekoiteta	5	7
Muu	4	5

Vaihtoehto muu käsittää kolme tilaa, joilla lietettä sekoitettiin imupainevaunusta saatavalla paineilmalla. Yhdellä tilalla liete sekoitettiin käsin. Tiloista, joilla lietettä ei sekoitettu, neljällä oli pelkästään virtsasäiliö. Lietteen sekoittamista piti ongelmana 3 vastaajaa.

Sekoittimen teho oli lietesäiliön kokoon nähden riittämätön (< 50 W/m³) 20:llä tilalla. Suurimmalla osalla tiloista lietettä sekoitettiin kaksi tuntia tai tätä lyhyemmän ajan. Kahdessa tunnissa on mahdollista sekoittaa tehokkaalla potkurisekoittimella lietesäiliö, jonka tilavuus on 500 - 600 m³. Sianlietettä tulisi kuitenkin sekoittaa koko sen ajan, kun lietettä ajetaan, koska sakka painuu pohjalle hyvin nopeasti sekoittamisen loputtua. Nautakarjatiloiilla lietettä sekoitettiin keskimäärin 5 tuntia 25 minuuttia ja sikatiloilla 5 tuntia 55 minuuttia. Keskimääräiset sekoitusajat ovat näinkin pitkiä, koska aineistossa oli viisi tilaa, joilla lietettä sekoitettiin puoli vuorokautta tai kauemmin.

Lietteen ilmastus ei vielä näytä yleistyneen laajalti, koska vain kolmella tilalla lietettä ilmastettiin säännöllisesti ja yhdellä tilalla ilmastusta oli kokeiltu. Ilmastuksen tavoitteet ja periaate (KOIVISTO ja KEMPPAINEN 1987) eivät myöskään ole täysin selvillä, koska osa vastaajista piti ennen levitystä tehtyä voimakasta sekoittamista ilmastuksena.

Kuudella tilalla (8 %) oli teetetty lietteestä ravinneanalyysi kerran tai satunnaisesti muutaman kerran. Viisi tilaa (7%) ilmoitti teettävänsä analyysin säännöllisesti joka vuosi. Analyysi maksaa Viljavuuspalvelussa teetettynä 450 mk näytettä kohti. Analyysi sisältää seuraavat määritykset: liukoinen typpi, kokonaistyppi, fosfori, kalium ja magnesium.

5.4. Lietteen käyttö

Lietettä käytettiin yleensä useamman kuin yhden kasvin lannoittamiseen. Yleisimmin lietteellä lannoitettiin ohraa ja kauraa. Viljakasvien ja rypsin suureen osuuteen on todennäköisesti vaikuttanut se, että tutkimustiloista puolet oli sikatiloja, joilla ei yleensä viljellä nurmikasveja. Kolmella tilalla lietettä levitettiin kesannolle. Seuraavassa on esitetty viljelykasvit, joiden lannoittamiseen lietettä ilmoitettiin käytettävän, sekä käyttäjien lukumäärä:

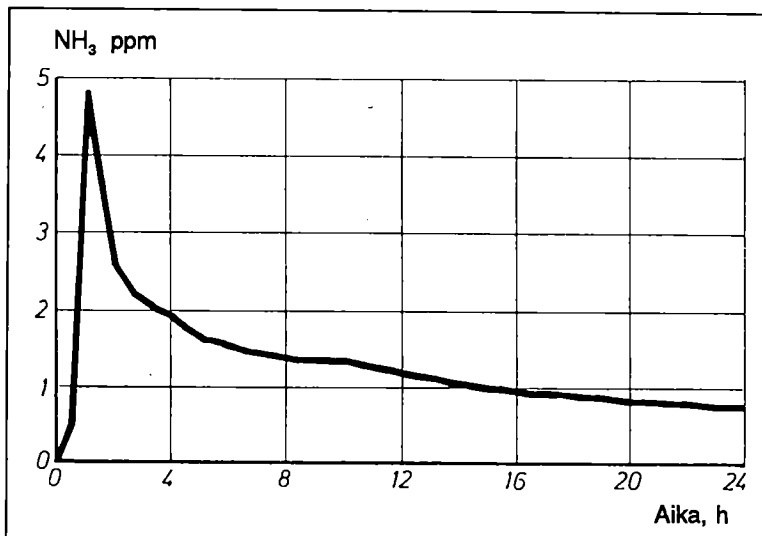
Viljelykasvi	Lietteen käyttäjien lukumäärä (76 haastateltavaa kaikkiaan)
Ohra	64
Kaura	59
Kasvava nurmi	17
Vehnä (syys- ja kevätv.)	17
Rypsi	14
Nurmi perustamisen yhteydessä	8
Sokerijuurikas	7
Ruis	3
Herne	2
Papu	1
Muu kasvi	4

Liete mullattiin keväällä yleensä äestämällä ja syksyllä kyntämällä. Kahdeksalla tilalla oli multauslaite, jolla liete voitiin mullata kasvukauden aikana. Kysymyksen, kuinka pian liete mullataan levityksen jälkeen, vastattiin seuraavasti:

Multausajankohta levityksen jälkeen	Vastaajien lukumäärä
Välittömästi	10
Samana päivänä	34
Myöhemmin	42
Ei mullata	3

Vastaajien lukumäärästä voidaan todeta, että osa on ilmoittanut useamman kuin yhden multausajankohdan. Lietteen multauksella ja ajankohdalla on merkitystä arvioitaessa lietalannan ravinteiden, erityisesti typen hyväksikäyttöä. Kuvassa 9 on esitetty ruotsalaisen SVENSSONin (1990, ref. KARLSSON 1991) mittaustuloksia ilman ammoniakkipitoisuudesta lietteen levityksen jälkeen. Suurimmat ammoniakkihäviöt tapahtuvat levitystä seuraavien 2 - 3 tunnin aikana. VOORBURGIN ja MONTENEYN (1990, ref. KARLSSON 1991) mukaan 50 % levityksen yhteydessä tapahtuvista ammoniakkihäviöistä saattaa tapahtua kuuden levitystä seuraavan

tunnin aikana. Ammoniakin haihtuminen on nopeinta, kun ilma on aurinkoinen, lämmin, kuiva ja tuulinen eli tyypillinen kevään sää. Lietteen multaus levityksen yhteydessä tai välittömästi sen jälkeen on tehokkain tapa estää ammoniakin haihtumista. Kunnollinen multaus vähentää myös lietteen levityksestä aiheutuvia hajuhaittoja. Tämän tutkimuksen vastauksista voidaan päätellä, että typen hyväksikäytössä olisi parantamisen varaa.



Kuva 9.

Ilman ammoniakkipitoisuus lietelannan levityksen jälkeen. Liete levitettiin syksyllä sängelle (SVENSSON 1990 ref. KARLSSON 1991).

Lietettä levitettiin kasvustoon 36 tilalla. Näillä tiloilla levitettävä lietemäärä oli keskimäärin 333 m³ suurempi kuin tiloilla, joilla lietettä levi-

tettiin vain mullokselle tai sängelle. Kasvustoon levitettiin keskimäärin 2/3 tilan lietemäärästä. Kaikkien tutkimukseen osallistuneiden tilojen lietemäärästä kasvustoon levitetyn lietemäärän osuus oli 61 %. Lietteen levittäminen kasvustoon on ympäristösuojellisesti suositeltavampaa kuin mullokselle levittäminen, koska kasvit voivat heti käyttää hyväkseen lietteen sisältämiä ravinteita.

Tutkimukseen osallistuneilla tiloilla lietettä levitettiin keskimäärin 44 m³ hehtaarille. Vesi- ja ympäristöhallituksen valvontaohjeen mukaan lietettä pitäisi levittää korkeintaan sen verran, että fosforin määrä ei ylitä 20 kg/ha. Jos typen tai kaliumin määrä ylittää viljeltävän kasvin tarpeen ennen kuin fosforin määrästä tulee rajoittava tekijä, levitysmäärä on määritettävä näiden ravinteiden mukaan. Lietteen ravinnepitoisuus vaihtelee paljon ja siksi edustavasta näytteestä tehty ravinneanalyysi on ainoa keino sopivan levitysmäärän selvittämiseksi. Tässä törmätään jälleen käytännön ongelmaan. Edustavan näytteen saamiseksi lietettä pitäisi sekoittaa voimakkaasti ja analyysi olisi voitava tehdä muutamassa minuutissa paikan päällä. Lietteen sekoittaminen pelkästään näytteen ottamisen vuoksi ei ole mielekäästä eikä suositeltavaakaan ammoniakin haihtumisen vuoksi. Toisaalta ei ole olemassa luotettavia, nopeita, kotikäyttöön sopivia analyysimenetelmiä. KAPUISEN ja KARHUSEN (1990) tutkimuksissa eri paikoista peräisin olevien lietteiden ravinnepitoisuudet vaihtelivat taulukon 4 mukaisesti.

Taulukossa 4 mainittuja parsinavetan ja pihaton lietteitä, joiden fosforipitoisuus oli alhaisin, saisi levittää enintään 33 tonnia hehtaarille. Fosforipitoisuudeltaan ravinne-rikkainta lihasikalan lietettä saisi levittää enintään 10 tonnia hehtaarille. Toisaalta

KAPUINEN (1994) viittaa ruotsalaisen Brinkin tekemiin tutkimuksiin, joiden mukaan lietalannan sisältämän kuiva-aineen määrä ratkaisee, kuinka paljon lietettä voidaan hehtaarille levittää. BRINKin (1973, ref. HOLMA 1975) mukaan maa pystyy sitomaan lietalannan kuiva-ainetta 4 - 5 tonnia vuodessa hehtaaria kohti ilman, että typen ja fosforin huuhtoutumat alkaisivat jyrkästi kasvaa. Edellisen perusteella lihasikalan lietettä (kuiva-ainepitoisuus 7,6 %) voisi levittää 52 - 65 tonnia hehtaarille. Näin suuren määrän levittäminen ei tietenkään olisi mielekäästä, koska minkä tahansa viljelykasvin ravinnetarve ylittyisi roimasti.

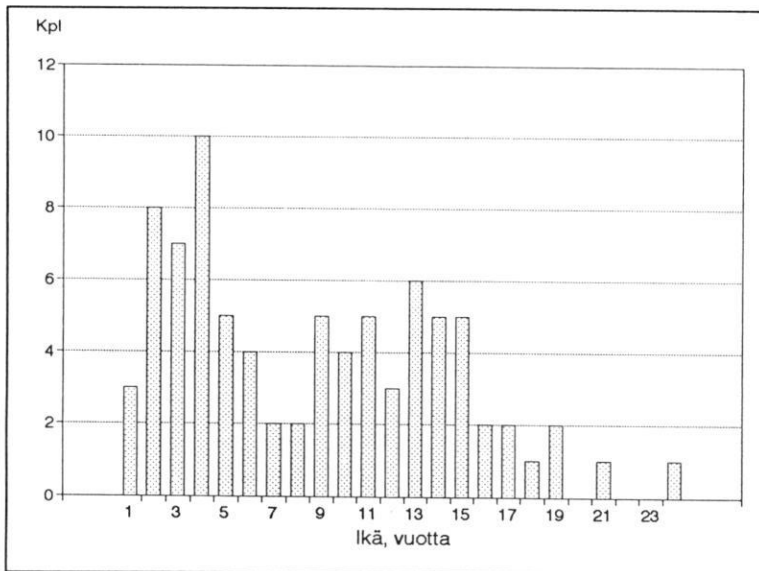
Taulukko 4: Eri paikoista peräisin olevien lietteiden keskimääräisiä ravinnepitoisuuksia (KAPUINEN ja KARHUNEN 1990, liite 1).

Lannan alkuperä	Typpi, %		Fosfori, P %	Kalium, K %
	Kokonais-N	Liukoinen-N		
Parsinavetta	0,27	0,15	0,06	0,23
Pihatto	0,24	0,14	0,06	0,20
Lihakarjanavetta	0,57	0,35	0,14	0,40
Emakkosikala	0,36	0,28	0,08	0,13
Lihasicala	0,65	0,47	0,20	0,20

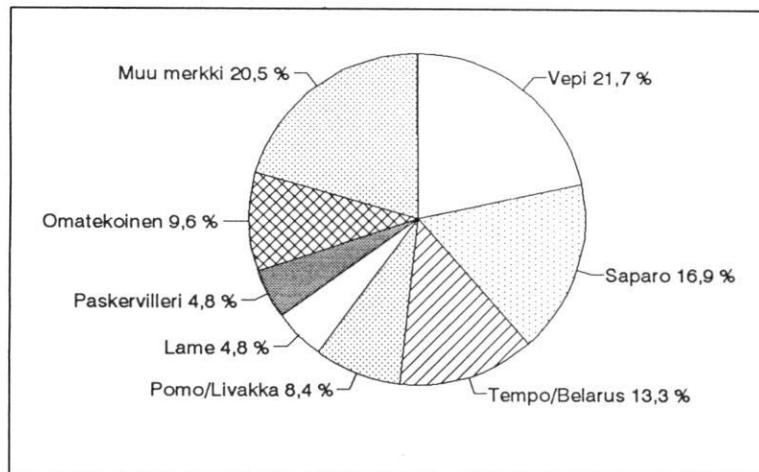
SOMMERin ja CHRISTENSENin (1989, ref. RODHE ja SALOMON 1992) sekä DÖHLERin (1990, ref. RODHE ja SALOMON 1992) mukaan levitettävän lietteen kuiva-ainepitoisuus vaikuttaa ammoniakkihäviöihin siten, että mitä alhaisempi kuiva-ainepitoisuus on sitä pienemmät ammoniakkihäviöt ovat. Vähän kuiva-ainetta sisältävä liete imeytyy paremmin ja nopeammin maahan, jolloin ammoniumionit absorboituvat maahan. Tämä tulos selittää, miksi vedellä laimennettua lietettä levitettäessä ammoniakkihäviöt ovat olleet pienemmät kuin laimentamatonta lietettä levitettäessä. Tässä tutkimuksessa ei mitattu lietteiden ravinnepitoisuuksia, mutta voitaneen kuitenkin sanoa, että vesi- ja ympäristöhallituksen ohjeen mukaan levitysmäärät olivat keskimäärin liian suuria ja Brinkin tutkimusten mukaan aivan kohtuullisia.

5.5. Levitysvaunut

Haastatteluaineisto sisältää tiedot 83 lietalantavaunusta. 69 tilalla oli käytössään yksi vaunu, kuudella tilalla kaksi vaunua ja yhdellä tilalla kolme vaunua. Kahdella tilalla oli käytössään sama yhteinen vaunu. Oma vaunu oli 57 (75 %) tilalla ja osuus yhteiseen vaunuun 19 (25 %) tilalla. Vaunujen säiliötilavuus oli keskimäärin 6,5 m³ ja keski-ikä 8,7 vuotta. Vaunujen ikäjakauma, joka noudattaa myyntimääräjakaumaa (kuva 3), on esitetty kuvassa 10. Vaunujen säiliötilavuus näyttää suurenevan melko nopeasti. Ennen vuotta 1985 hankittujen vaunujen säiliötilavuus oli keskimäärin 5,2 m³, vuo-



Kuva 10. Tutkimustilojen lietevaunujen ikäjakauma.



Kuva 11. Tutkimustilojen lietevaunujen merkkijakauma.

sina 1985 -1989 hankittujen 6,6 m³ ja 1990-luvulla hankittujen 7,5 m³. Vaunun tekniseksi kestoiksi voidaan arvioida käyttömäärästä ja huollosta riippuen 15 - 20 vuotta.

Kolme yleisintä vaunumerkkiä olivat Vepi, Saparo ja Tempo/Belarus (kuva 11). Kuvassa mainittuja muita merkkejä olivat: Alfa Laval, Esa, Haukka, Niemisen konepajan valm., Oku, Ram, Teho-Lotina, Terästakomon valm., Tive ja Veko. Peräti joka kymmenes vaunu oli valmistettu itse. Aineiston maantieteellinen jakauma on saattanut vaikuttaa merkkijakaumaan. Lietevaunu on yksinkertainen ja kookas työkone, jonka kuljetta-

minen pitkiä matkoja nostaa myyntihintaa. Alhaiset rahtikustannukset suosivat siten paikallisia valmistajia. Lisäksi osa vastaajista ilmoitti suosineensa paikallista valmistajaa lietevaunua hankittaessa.

5.5.1. Vaunutyytit ja varusteet

Vaunuista 43 (52 %) oli imu-painevaunuja, 34 (41 %) keskipakopumpulla varustettuja ja 6 (7 %) omalla paineellaan tyhjeneviä. Levityslaitteena oli 67 (72 %) vaunussa hajotinlevy, kahdeksassa vaunussa (9 %) voimanottoakselikäyttöinen siipipyörä ja kahdeksassa (9 %) vaunussa multauslaite. Hajotinlevy on yksinkertainen ja selvästi yleisin levityslaitte. Sen avulla on mahdollista levittää liete tasaisesti, jos levityskuvio on symmetrinen ja kuljettaja osaa ajaa levityskuviot sopivasti limittäin. Levityskuvion muoto saattaa kuitenkin muuttua tyhjennyksen aikana, jos lietteen kuiva-ainepitoisuus muuttuu puuttuvan tai huonon sekoituksen vuoksi. Hajotinlevyn väärä asento tai tuuli voivat myös huonontaa levitystasaisuutta.

Vallitsevat levitysmäärän säätötavat olivat ajonopeuden ja pumpun pyörimisnopeuden muuttaminen. Supistuslevyjä käytettiin 18 (22 %) vaunussa ja viidessä (6 %) vaunussa oli 3-tieventtiili. Määrän säätöä tai huonoa levitystasaisuutta piti ongelmana vain murto-osa vastaajista. Sekoitusakselia tai vastaavaa sekoituslaitetta ei ollut edes joka toisessa vaunussa. Sekoituslaite ja sen käyttö olisi tarpeen erityisesti sian lietettä levitettäessä.

Vaunun varustusta ja käyttöominaisuuksia koskevien vastausten perusteella renkaat ja vaunun kulkukyky pehmeällä pellolla ovat käyttäjien mielestä vaunun tärkeimmät ominaisuudet. Erityisesti uusimpien vaunujen kohdalla suuri rengaskoko oli hinnan jälkeen tärkein yksittäinen ostopäätökseen vaikuttanut tekijä. Kysyttäessä millaisen vaunun ostaisitte seuraavaksi, mainittiin tärkeimpinä tekijöinä entistä suurempi säiliö ja suuret renkaat.

80 % vaunuista oli varustettu teliakselistolla ja loput olivat yksiakselisia. Kahden vastaajan mielestä yksiakselinen, traktorin takapyörillä varustettu vaunu on nurmella parempi kuin telivaunu, koska se ei riko niin helposti nurmen pintaa. Yleisin rengaskoko oli 11 x 20 (32 vaunua). Samalle vanteelle sopivia muita rengaskokoja oli myös useita. Muilta osin rengasvarustus oli varsin kirjavaa. Merkille pantavaa on, että osa vaununsa renkaihin tyytyväisistä vastaajista oli halukas ostamaan seuraavan vaununsa vieläkin suuremmin renkain varustettuna.

5.5.2. Multauslaitteet

Multauslaitteella varustettuja vaunuja oli lähes kaksinkertainen määrä, 8 kpl (10 %) multauslaitteiden myyntimääriin verrattuna (vertaa kuva 3). Näistä kolme oli Pomo/Livakkaa, kaksi Teho-Lotinaa, kaksi Palmua ja yksi Alfa-Laval. Multauslaitteista puolet oli hankittu 80-luvun alkuvuosina ja puolet 90-luvun alussa. Multaimen tai letkulevittimen hankinnasta lähitulevaisuudessa oli kiinnostunut 11 vastaajaa. Kiinnostus lietteen sijoitustekniikkaa kohtaan on siten melko vähäistä.

Jakolaitteen tukkeutuminen oli multauslaitteen käyttäjille tuttu ongelma. Ilmeisesti multauslaitteen jakolaitteessa pitäisi olla vakiovarusteena nopeasti pyörivä, terävä siipi, joka silppuaisi lietteen mukana tulevat korren pätkät. Hydraulikäyttöinen silppuri lienee ainoa mahdollisuus. Vanhimma multauslaitteesta puuttui kääntyvät vantaat. Kahdessa multauslaitteessa oli ongelmana vantaiden laukaisulaitteet ja lisäksi näistä toisessa oli liian pienet kannatuspyörät.

5.5.3. Vetotehon tarve

Vaunujen vetotehon tarpeen selvittämiseksi jaettiin vaunujen vetämiseen käytettyjen traktoreiden teho vaunujen säiliöiden tilavuudella. Näin saatiin pintaan levittävien vaunujen tehontarpeeksi 11 kW/m³ ja multaavien vaunujen tehontarpeeksi 10 kW/m³. Ilmeisesti pintaan levittävien vaunujen vetämiseen on käytetty ylisuuria traktoreita, koska VAKOLAn koetuselostuksen 1092 (ANON. 1983) mukaan multaavien vaunujen tehontarve pitäisi olla tuntuvasti suurempi kuin pintaan levittävien vaunujen.

Multaavien vaunujen pienehkö vetotehon tarve johtunee osittain siitä, että viljelijät ilmoittivat multaavansa lietteen melko matalaan, 10 - 12 cm syvyyteen. VAKOLAn koetusselostuksessa 1020 (ANON. 1980) on pidetty 12 - 20 cm:n syvyyttä riittävänä. Mullattaessa 12 cm:n syvyyteen Teho-Lotina -multauslaitteen vantaiden tekemiin onteloihin laskettiin mahtuvan 100 tonnia lietettä hehtaarille. Tässä yhteydessä herääkin kysymys, voitaisiinko liete mullata tuntuvasti nykyistä matalampaan, koska vantaan tekemään onteloon tarvitsee mahtua enimmillään 50 - 60 tonnia liettelantaa hehtaarille. Tällöin sama vetoteho riittäisi leveämmän multauslaitteen vetämiseen ja liete tulisi kuitenkin mullatuksi niin hyvin, että ammoniakkihäviöt pysyisivät kohtuullisina. Olisi myös harkittava, pitäisikö mullokselle levittämistä varten kehittää oma multauslaitteensa. Se voisi olla kevytrakenteisempi ja leveämpi kuin nurmeen sijoitettava multauslaite.

5.5.4. Käyttöominaisuudet, viat

Hinnan ja rengasvarustuksen lisäksi vastaajat korostivat vaunun valintakriteereinä yksinkertaisuutta, kestävyyttä, helppokäyttöisyyttä ja joutuisuutta. Hyvä varustus on myös tärkeä tekijä. Kuusi imu-painevaunun käyttäjää mainitsi hydraulisen imuletkun hallinnan hyvänä ominaisuutena. Tyhjennysputken sulkuluukun pitäisi olla hydraulikäyttöinen, koska kolme vastaajaa piti tätä hyvänä ominaisuutena ja kuusi vastaajaa tämän puuttumista huonona asiana. Imu-painevaunun käyttäjät olivat yleensä tyytyväisiä vaununsa hyvään imutehoon, vaunun monikäyttöisyyteen ja siihen, että he eivät tarvitse erillistä lietepumppua.

31 vastaajaa ilmoitti käyttävänsä lietevaunua muuhunkin kuin oman lietelannan levittämiseen. Muu käyttö oli lietelannan vuokraleivitystä sekä sako-, salaoja- ja puristenestekaivojen tyhjentämistä. Vuokra-ajoon käytetyistä vaunuista valtaosa, 77 % oli imu-painevaunuja. Keskimääräinen vuokratyö oli 113 m³ vuodessa.

Vaunun toimintahäiriöistä ja puutteista yleisimpiä olivat erilaiset tukkeutumiset. Neljän vastaajan mielestä vaunu oli vaikea puhdistaa. Puhdistamisen helppouteen olivat tyytyväisiä käyttäjät, joiden vaunun takapää oli avattava. Maalauksen huonoutta moitti kolme vastaajaa ja teli oli rikkoutunut kolmesta vaunusta, yhdestä jopa useita kertoja. Kolmen imu-painevaunun kompressorina oli jouduttu korjaamaan ja lisäksi käyttäjät korostivat kompressorin talvihuollon tarpeellisuutta. Kahden imu-painevaunun imuteho oli huono. Yksittäisiä vikoja tai puutteita olivat: epätarkka täytönilmaisin, jäätymisongelmat (talvikäytössä), liian pieni aisapaino, aisa liian matalalla, vaikea säädettävyys, vaunun suuri tyhjöpaino, pyörien laakeriviat sekä multaimen huono syvyydensäätö ja multaimen heikko rakenne. Yleisesti ottaen vastaajat olivat kuitenkin onnistuneet lietevaunun hankinnassa melko hyvin, koska kolmannes vastaajista ostaisi samanlaisen vaunun kuin entinenkin, jos nyt pitäisi tehdä ostopäätös.

5.6. Lietteen varastointiin ja levittämiseen liittyvät ongelmat ja selvitystarpeet

Yleisin ongelma on liian pieni lietesäiliö (28 % vastaajista). Toiseksi yleisin ongelma on lietteen levityksestä aiheutuva työhuippu muutenkin kiireiseen touko-aikaan. Vaadittua 12 kuukauden varastointiaikaa jotkut vastaajat pitivät liian pitkänä ja pelkästään kevätlevitykseen siirtyminen pahentaa heidän mukaansa entisestään kevään työhuippua. Liettelantavaunun yhteiskäyttö ja vuokraus tulevat myös loppumaan levityssesonin lyhenemisen vuoksi. Viljelijät joutuvat siten lähivuosina investoimaan erityisesti lietevarastojen rakentamiseen mutta myös oman, tehokkaan levityskaluston hankkimiseen.

Sadeveden pääsy säiliöön sekä maan tiivistyminen lietteen levityksen yhteydessä olivat harvinaisia yhdellä tilalla kymmenestä. Säiliön kattaminen sadeveden pääsyn estämiseksi on ratkaisuna selkeä, mutta toisaalta on tiedossa, että se maksaa ja huonosti toteutettuna vaikeuttaa sekoittamista. Huoli maan tiivistymisestä on ilmeisesti suurempikin kuin tämän kohdan vastausten perusteella voisi olettaa, koska kiinnostus parempaa rengasvarustusta kohtaan tuli niin selkeästi esiin eri yhteyksissä. Lietteen sekoittaminen tai jäätyminen olivat ongelmana muutamilla tiloilla.

Lietteen varastointiin ja levittämiseen liittyviä ongelmia todettiin kahdella tilalla kolmesta. Kun lietteen varastotilaa saadaan rakennetuksi riittävästi välttämällä rakenteista johtuvia sadevesi-, jäätyms- ja sekoitusongelmia, 60 % vastanneista näyttäisi olevan liettelantajärjestelmään tyytyväisiä. Osa muista kuin edellä mainituista ongelmista oli sellaisia, että ne voidaan poistaa pienin teknisillä parannuksilla. Jäljelle jää vielä kaksi ongelmaa: lietteen levityksestä johtuva työhuippu ja maan tiivistyminen. Ratkaisuksi esitetty pumppausmenetelmä soveltuu vain tiloille, joilla pellot ovat selkeinä lohkoina liettelantavaraston läheisyydessä. Useimmille sopiva ratkaisu näyttäisi olevan, että lietettä aletaan levittää entistä enemmän viljojen oralle ja nurmelle.

6. YHTEENVETO

Arviot Suomessa muodostuvan liettelannan määrästä vaihtelevat 4 - 6 miljoonaa m³ vuodessa. Tulevaisuudessa lietteen määrää vähentää se, että lypsylehmien ja teurasnautojen määrän ennustetaan vähenevän 90-luvulla neljänneksellä (PEHKONEN ym. 1993). Lypsylehmät ja teurasnaudit ovat lantamääriä tarkasteltaessa avainasemassa, koska ne tuottavat 80 % kotieläinten lannasta. Toisaalta KAPUINEN (1994) pitää taloudellisessa tarkastelussa lietettä lähes ainoana järkevänä lannan käsittelytapana tulevaisuudessa, joten liettemäärät saattavat jopa suurentua, jos liettelantalojen osuus nopeasti lisääntyy kotieläinrakennusten laajennusten ja peruskorjausten yhteydessä.

Vastoin yleistä olettamusta Suomessa ei ole lakia tai asetusta, jossa annettaisiin nimenomaisesti liettelannan varastointia ja levittämistä koskevia määräyksiä. Lain ja

asetuksen kohtia, joita näihin voidaan soveltaa, on vesilaissa ja -asetuksessa, rakennuslaissa ja -asetuksessa, terveydenhoitolaissa ja -asetuksessa, jätehuoltolaissa ja -asetuksessa sekä eräistä naapurussuhteista annetussa laissa. Tärkeimmät ja tunnetuimmat lietteen varastointia ja levittämistä koskevat säädökset kuitenkin ovat vesi- ja ympäristöhallituksen antama karjasuojien vesiensuojelua koskeva valvontaohje sekä maatilahallituksen rakentamisohje.

Lypsykarjan lannan kokonaistyyppi, fosfori ja kalium ovat rahallisesti mitattuna keskenään lähes samanarvoisia, kun lannan ravinteet hinnoitellaan väkilannoitteista saatavien ravinteiden mukaan. Lannan fosforin ravinnearvon lähes täydellinen hyväksikäyttäminen edellyttää ainoastaan, että lanta levitetään pellolle kohtuullisina annoksina. Kaliumin ravinnearvon säilyttämiseksi myös levityksajan on oltava sopiva. Typen säilyttämiseksi on levityksajankohdan lisäksi kiinnitettävä erityistä huomiota levitystekniikkaan ja multaukseen (KAPUINEN, 1994). Taloudellinen motivaatio multaustekniikan kehittämiseen on vähäinen, koska nykyistä paremmasta levitystekniikasta saavutettava hyöty esimerkiksi naudon lietteen levityksessä on enintään 8 mk kuutiometriä kohden. Tavoiteltavat edut ovat siten ensisijassa ympäristönsuojelullisia.

Levitettäessä lietettä kasvustoon kasvit eivät saisi tahriintua lietteeseen. Tahriintuminen heikentää kaikkien kasvien yhteyttämismahdollisuuksia ja nurmella lisäksi korjattavan sadon laatua. Siksi liete pitäisi johtaa letkulla tai vantaan kautta maan pinnalle tai maan sisään. Multaustekniikkaa pitäisi kehittää siten, että viljan oraalle levittämistä varten suunniteltaisiin nykyisiä multauslaitteita kevytrakenteisempi ja leveämpi multauslaite. Oraspellolla ei ilmeisestikään tarvita leikkureita ja vantaina voitaisiin kokeilla esimerkiksi kultivaattorin piikkejä. Nurmella käytettävät multauslaitteet ovat periaatteessa toimivia, mutta olisi syytä tutkia, voitaisiinko liete mullata nykyistä matalampaan.

Lietelanta on hankala lannoite erityisesti typen lannoitusvaikutuksen arvaamattomuuden vuoksi. Tarkkaan lannoitukseen pyrittäessä lietettä tulisi levittää vain sen verran, että ammoniumtypen määrä hehtaaria kohden ei ylitä viljeltävän kasvin optimimäärää. Kasvukauden aikana kasvin typpitilannetta pitäisi seurata esimerkiksi PELTOSEN (1993) esittämällä mittausmenetelmällä ja mittaustulosten perusteella tehdä päätös lisälannoitustarpeesta. Menetelmä on kuitenkin vielä niin uusi, että kokemukset sen käytöstä Suomessa puuttuvat.

Haastattelututkimukseen osallistuneet tilat olivat peltopinta-alaltaan ja eläinmääriltään selvästi keskimääräistä suurempia. Peltopinta-ala oli keskimäärin 45 ha. Nautakarjatiloiilla lietettä muodostui vuodessa keskimäärin 710 m³ ja sikatiloilla 900 m³. Lieteverastojen tilavuus oli nautakarjatiloiilla keskimäärin 540 m³ ja sikatiloilla 590 m³. Nautakarjatiloiilla varastotilaa oli viranomaisten ohjeisiin nähden keskimäärin riittävästi. Sen sijaan sikatiloista vain 18 % oli sellaisia, joiden lietesäiliöt riittivät 12 kk:n varastointiin. Lietettä käytettiin yleisimmin ohran ja kauran lannoittamiseen. Levitysmäärä oli keskimäärin 44 m³ hehtaarille.

Lietelantavaunujen säiliöiden koko suurenee. 90-luvulla hankittujen vaunujen säiliöiden koko oli keskimäärin $7,5 \text{ m}^3$, vuosina 1985 - 1989 hankittujen $6,6 \text{ m}^3$ ja ennen vuotta 1985 hankittujen $5,2 \text{ m}^3$. Vaunujen keski-ikä 8,7 vuotta ja vanhimmat käytössä olevat olivat yli 20 vuotta vanhoja. Yli puolet vaunuista oli imu-paine-vaunuja. 80 % vaunuista oli varustettu teliakselistolla. Yleisin lietteen levityslaite oli hajotinlevy (72 %). Kahdeksassa vaunussa (10 %) oli multauslaite.

Vaunun käyttäjien mielestä kulkukyky pehmeällä pellolla ja rengasvarustus ovat vaunun tärkeimmät ominaisuudet. Muita tärkeitä ominaisuuksia ovat hankintahinta, yksinkertaisuus, kestävyys, helppokäyttöisyys ja joutuisuus. Käytössä olevien vaunujen yleisin puute oli liian pieni rengasvarustus. Yleisin toimintahäiriö oli jonkin osan tukkeutuminen. Yleisesti ottaen vaunuihin oltiin melko tyytyväisiä ja joka kolmas ostaisi samanlaisen vaunun kuin vanhakin, jos hankinta olisi ajankohtainen.

Lietteen varastointiin ja levittämiseen liittyviä ongelmia todettiin kahdella tilalla kolmesta. Kun lietteen varastotilaa saadaan rakennetuksi riittävästi välttäen rakenteista johtuvia sadevesi-, jäätymis- ja sekoitusongelmia, 60 % vastanneista näyttäisi olevan lietelantajärjestelmään tyytyväisiä. Osa muista kuin edellä mainituista ongelmista oli sellaisia, että ne voidaan poistaa pienin teknisin parannuksin. Jäljelle jää vielä kaksi ongelmaa: lietteen levityksestä johtuva työhuippu ja maan tiivistyminen. Ratkaisuksi esitetty pumppausmenetelmä soveltuu vain tiloille, joilla pellot ovat selkeinä lohkoina lietelantavaraston läheisyydessä. Useimmille sopiva ratkaisu näyttäisi olevan, että lietettä aletaan levittää entistä enemmän viljojen oraalle ja nurmelle.

7. LÄHDELUETTELO

- ANON. 1980. Teho-Lotina -lietelannan multausvaunu. VAKOLAn koetusselostus 1020.
- ". 1983. Lietelannan multausvaunujen ryhmäkoetus. VAKOLAn koetusselostus 1092.
- ". 1990. Karjasuojien vesiensuojelua koskeva valvontaohje nro 61 sekä siihen 3.4.1992 tehdyt muutokset. Saatavissa vesi- ja ympäristöhallituksen vesien- ja ympäristönsuojelutoimistosta ja vesi- ja ympäristöpiireistä.
- ". 1991. Käytössä olevat kotieläinrakennukset lantalatyypin mukaan. Otantatiedustelu 1.12.1991. Saatavissa maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskuksesta.
- ". 1992. Suomen virallinen tilasto, maa- metsätalous 1992:2. Maatilatilastollinen vuosikirja 1991. Maatilahallitus.
- ". 1993 a. Maatalouskoneiden myyntitilasto 1993. Saatavissa VAKOLAsta.
- ". 1993 b. Maatalousrakennusten suunnitteluohjeet MRO C. Kotieläinrakennusten ympäristöhuolto MRO C4. Maatilahallitus, säännöstiedosto RT MTH-20920.
- ". 1993 c. Hyvät viljelymenetelmät. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisu, 32 p. Helsinki.
- BRINK, N. 1973. Vattenförorening från jordbruket, vattenmiljön. Serie: Praktisk miljökunskap. Natur och kultur. Stockholm. (Ref. Holma, M. 1975.)
- DÖHLER, H. 1990. Laboratory and field experiments for estimating ammonia losses from pig and cattle slurry following application. University of Bayreuth, dept. of agroecology. (Ref. Rodhe, L. & Salomon, E. 1992.)
- GODWIN, R., WARNER, N. & HANN, M. 1990. Comparison of umbilical hose and conventional tanker-mounted slurry injection systems. Agricultural Engineer 45, 2: 45 - 50. (Ref. Karlsson, S. 1991.)
- HOLMA, M. 1975. Lannan käsittely ja hyväksikäyttö. Työtehoseuran julkaisu 180: 1-150.
- ISENSEE, E. & LUOMA, T. 1981. Flüssigung genauer ausbringen. Landtechnik 36, 5: 224 - 227.

- KAPUNEN, P. 1994. Lannankäsittelyn taloudellisuus ja lannan ravinteiden hyväksikäytön parantaminen. VAKOLAn tutkimusselostuksen käsikirjoitus.
- & KARHUNEN, J. 1990. Lietelantajärjestelmien toimivuus. VAKOLAn tutkimusselostus 59: 1-108.
- KARLSSON, S. 1991. Handledning för spridning av stallgödsel. Del 2 - flytgödsel. Jordbrukstekniska institutet. Meddelande 432: 47 - 48, 82.
- KLARENBECK, I. & BRUINS, M. 1987. Ammonia emissions from livestock operations and slurry spreading in the Netherlands. Esitelmä seminaarissa: Volatile emissions from livestock farming and sewage operations, kesäkuu 1987. Skokloster. (Ref. Rodhe, L. & Salomon, E. 1992.)
- KEMPPAINEN, E. 1986. Karjanlannan hoito ja käyttö Suomessa. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 2/86: 1-102.
- KOIVISTO, K. & KEMPPAINEN E. 1987. Kompostoinnin vaikutus lietalannan laatuun ja käsiteltävyyteen. VAKOLAn tutkimusselostus 45: 1-20.
- LEINONEN, P. 1993. Lietelannan ilmastus ja käyttö nurmen lannoitteena. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja, nro 472: 1-70.
- LUNDIN, G. 1988. Ammoniakavgång från stallgödsel. Jordbrukstekniska institutet. Rapport 94.
- PEHKONEN, A., PUURUNEN, M., LUOMA, T., SARIN, H. & LAINE, A. 1993. Maatalousteknologian alan toimenpideohjelma maatalouden tuotantokustannusten alentamiseksi yleiseurooppalaiselle tasolle. Työtehoseuran moniste 3: 1-46, 7 liitettä.
- PELTONEN, J. 1993. Lisälannoitus selville lehtivihreän mittarilla. Käytännön Maamies 42, 6: 18-20.
- RODHE, L., THYSELIUS, L., STEINBECK, S., RAMMER, C., ENGDahl, L. & JONSSON, A. 1988. Spridning av flytgödsel till vall. Jordbrukstekniska institutet. Rapport 93.
- & SALOMON, E. 1992. Spridning av flytgödsel i stråsäd. Jordbrukstekniska institutet. Rapport 139.

- SOMMER, S. & CHRISTENSEN, B. 1989. Fordampning af ammoniak fra svinegylle udbragt på jordoverfladen. Statens Planteavlfsforsøg 93: 307-321. (Ref. Rodhe, L. & Salomon, E. 1992.)
- STEINECK, S. 1988. Stallgödsel. Ruotsin maatalousyliopisto, maaperätieteen laitos. Julkaisematon käsikirjoitus. (Ref. Lundin, G. 1988.)
- TORTTILA, M. & SIPILÄ, I. Syöttöletkumenetelmän soveltuvuus lietelannan levitykseen. Helsingin yliopisto, maa- ja kotitalousteknologian laitos. Maatalousteknologian julkaisuja 3: 1-59.
- VOGT, C. 1976. Technische Einrichtungen für neuzeitliche Milchvieh-Ställe. 165 s. Frankfurt am Main.
- VOORBURG, J. & MONTENY, G. 1990. Review of ammonia emissions from livestock production. Final draft. Wageningen. (Ref. Karlsson, S. 1991.)

VAKOLAN TIEDOTTEITA

- 45 S/89 NYSAND, M. 1989. Rundbalsensilering
- 46/90 MANNI, J. & KAPUINEN, P. 1990. Kevytsora lietesäiliön katteena
- 47/90 KARHUNEN, J. 1990. Lietelannan kompostointi
- 48/90 LEPPÄNEN, K. & NYSAND, M. 1990. Turvallinen ja nopea työko-
neiden kytkentä
- 49/91 LEHTINIEMI, T. & PUUMALA, M. 1991. Betonit ja muovit nave-
tan lattiamateriaaleina
- 50/91 MANNI, J. 1991. Pölyn ja roskien talteenotto lämminilmakuivaa-
mossa
- 51/92 VIROLAINEN, V. 1992. Viherkesannon perustaminen ja hoito
- 52/92 KARHUNEN, J. 1992. Kaasut ja pöly eläinsuojien ilmanvaihdossa
- 53/93 MIKKOLA, H. 1993. Lannoitteenlevittimien levitystasaisuus
- 54/93 JANTUNEN, J. 1993. Maaseudun koerakentamisen ohjelmointi
- 55/93 SUOKANNAS, A. 1993. Pyöröpaalisäilörehun korjuu,
varastointi ja laatu
- 56/93 JANTUNEN, J. 1993. Maaseuturakentamisen ideakilpailu
- 57/93 VIROLAINEN, V. 1993. Syyskylvöjen varmentaminen
- 58/93 KAIJA, J. & KOSKIAHO, J. 1993. Maatilan ja maatilamatkai-
lun jätehuolto
- 59/93 HUOTELIN, R. 1993. Maatilamyymälätoiminta vanhassa
maatilan asuinrakennuksessa.
- 60/93 SALMINEN, K. & ALAKOMI, T. 1993. Tyhjien maatilarakennusten
uusi käyttö.
- 61/94 MIKKOLA, H. 1994. Lietelannan varastointi ja levitys.

