

AGRICULTURAL  
ECONOMICS  
RESEARCH  
INSTITUTE

Finland

Publications

LANTBRUKS-  
EKONOMISKA  
FORSKNINGS-  
ANSTALTEN

Publikationer

# Karjanlannan ympäristöystävällinen ja kustannustehokas käyttö

MMM:n karjanlantatutkimus-  
ohjelman 1995-97 loppuraportti

Ilkka Sipilä ja Aarne Pehkonen (toim.)



JULKAISUJA 87

# **Karjanlannan ympäristöystävällinen ja kustannustehokas käyttö**

MMM:n karjanlantatutkimusohjelman  
1995-97 loppuraportti

Ilkka Sipilä ja Aarne Pehkonen (toim.)

MAATALOUDEN TALOUDELLINEN TUTKIMUSLAITOS  
AGRICULTURAL ECONOMICS RESEARCH INSTITUTE, FINLAND  
PUBLICATIONS 87

ISBN 951-687-018-X  
ISSN 0788-5393

Vammalan Kirjapaino Oy

## Esipuhe

Maatalouteemme on viime vuosien aikana kohdistunut poikkeuksellisen suuria muutospaineita. Suomen liittyessä Euroopan unioniin maataloustuotteiden tuottajahinnat laskivat yleiseurooppalaiselle tasolle. Samoin tuotantopanosten hinnat alenivat. Huolimatta maatalouden saamasta normaalista EU-tuesta ja erityisestä siirtymäkauden tuesta, maataloustulo on laskenut ja laskee edelleen siirtymäkauden tukien poistuessa. Myös EU:n uudisteilla oleva maatalouspolitiikka ja siihen perustuva tukijärjestelmä, Agenda 2000, laskee maataloutemme tuloja. Tuotannon taloudellinen kannattavuus on maatiloilla edellyttänyt ja edellyttää myös jatkossa tuotantojärjestelmien kriittistä tarkastelua kustannusten karsimiseksi.

Samanaikaisesti edellä mainitun kehityksen kanssa ovat vaatimukset maatalouden haitallisten ympäristövaikutusten pienentämiseksi voimistuneet. Maatalouden ympäristötuki, johon vuonna 1997 oli sitoutunut 85 % aktiivituloista ja yli 90 % viljelyalasta, kompensoi ympäristönsuojelutoimenpiteiden aiheuttamia lisäkustannuksia. Kotieläintiloilla huomattavan suuria kustannuksia aiheutuu lantalojen laajentamisesta, mikä on tarpeen noin kahdella kolmasosalla perustukea hakeneista tiloista. Lannan levityksen keskittäminen kevääseen tekisi ajankohdasta entistä kiireisemmän. Lisäksi aiheutuisi epäsuoria kustannuksia mm. maan tiivistymisen aiheuttamista sadonmenetyksistä.

Kotieläintalouden kehittämisessä keskeinen ongelma on korkea kustannustaso, jonka merkittävimmät tekijät ovat eläinpaikan ja perusrehun hinta sekä lannankäsittelyn kustannukset. Lannankäsittely on monivaiheinen prosessi, jonka toteutuksessa on otettava huomioon kotieläintuotannon ohella lannan ravinteet hyödynnettävä kasvintuotanto, mutta myös työntekijöiden ja eläinten vaatimukset, ympäristövaikutukset ja taloudelliset tekijät. Karjanlantatutkimusohjelma vuosiksi 1995-1997 -yhteistutkimus keskittyi aihealueen keskeisimpiin ja kiireellisimpiin ongelmiin pyrkien luomaan edellytyksiä kestäväen kehityksen mukaiselle karjanlannan käsittelylle tilalla, sekä ympäristöllisesti että yritystaloudellisesti. Tämä julkaisu on yhteistutkimuksen loppuraportti, jossa osahankkeiden keskeiset tutkimustulokset on koottu yhdeksi kokonaisuudeksi. Osahankkeiden tutkimustulokset julkaistaan omina raporteinaan asianomaisten tutkimuslaitosten julkaisusarjoissa.

Karjanlantatutkimusohjelma vuosiksi 1995-1997 on toteutettu Helsingin yliopiston maa- ja kotitalousteknologian laitoksen koordinoimana yhteistutkimuksena. Yhteistyötahoina ovat olleet Helsingin yliopiston maa- ja kotitalousteknologian laitos ja soveltavan kemian ja mikrobiologian laitos (HY), Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskus (JY), Kuopion yliopiston ympäristötieteiden laitos (KY), Maatalouden taloudellinen tutkimuslaitos (MTTL) sekä Maatalouden tutkimuskeskuksen kasvintuotannon tutkimuslaitos, ympäristöntutkimuslaitos, maatalousteknologian tutkimuslaitos ja Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasema (MTT). Tutkimuksen johtoryhmän puheenjohtajana toimi Aarne Pehkonen (HY) ja jäsenenä

aloittivat Paavo Elonen (MTT), Lasse Hakkari (JY), Markus Pyykkönen (MTT), Maija Puurunen (MTTL) ja Juhani Tauriainen (MMM). Johtoryhmään liittyivät myöhemmin Helvi Heinonen-Tanski (KY) ja Hannu Seppänen (Maaseutukeskusten liitto).

Tutkimuksen aikana johtoryhmän tavoitti suruviesti. Tutkimusohjelmaa laatimassa ollut ja myös yhteistutkimuksen johtoryhmässä keskeisenä asiantuntijana toiminut professori Paavo Elonen oli poistunut keskuudestamme. Hänen tilalleen johtoryhmään tuli professori Martti Esala. Johtoryhmässä tapahtui myös muita muutoksia. Jarmo Meriläinen tuli johtoryhmän jäseneksi Lasse Hakkarin siirryttyä toisiin tehtäviin ja Maija Puurusen tehtävistä vastasivat vuorollaan John Sumelius, Asko Miettinen, Jyrki Aakkula ja Jukka Peltola. Johtoryhmän sihteerinä toimi Ilkka Sipilä. Tutkimukseen osallistuneet eri laitosten tutkijat on esitelty sivulla 3. Tutkimusta on rahoittanut maa- ja metsätalousministeriö. Haluamme kiittää kaikkia tutkimukseen osallistuneita tahoja hyvästä yhteistyöstä.

Tutkimuksessa saavutettiin sille asetetut keskeiset tavoitteet. Tulosten perusteella karjanlannan käsittelymenetelmien kehittäminen kustannustehokkaammiksi ja vähemmän ympäristöä kuormittaviksi edellyttää siihen vaikuttavien lukuisien tekijöiden huomioonottamista systeemianalyysiin perustuvan ajattelun pohjalta. Tällä tavalla toimien tutkimuksen tuloksia voidaan käyttää lähtökohtana sekä maatiloilla että päätöksenteossa kehitettäessä uusia menetelmiä ja toimintatapoja karjanlannan käsittelyyn.

Helsingissä kesäkuussa 1998

Jouko Sirén

Aarne Pehkonen

Ilkka Sipilä

## Kirjoittajat

Alakomi, Tuija  
MTT, maatalousteknologian tutkimus

Grék, Kaarina  
MTT, luonnonvarojen tutkimus

Elonen, Paavo  
MTT, kasvintuotannon tutkimus, peltokasvit ja maaperä

Haataja, Kaisu  
MTTL

Heinonen-Tanski, Helvi  
Kuopion yliopisto, ympäristötieteiden laitos

Kapuinen, Petri  
MTT, Vakola

Joki-Tokola, Erkki  
MTT, Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasema

Martikainen, Esko  
Jyväskylän yliopisto, ympäristötutkimuskeskus

Mattila, Pasi  
Helsingin yliopisto, soveltavan kemian ja mikrobiologian laitos

Seppänen, Ari  
MTT, luonnonvarojen tutkimus

Sipilä, Ilkka  
Helsingin yliopisto, maa- ja kotitalousteknologian laitos

Tanni, Risto  
MTT, kasvintuotannon tutkimus, peltokasvit ja maaperä

Uusi-Kämpä, Jaana  
MTT, luonnonvarojen tutkimus

---

Toimittajat: Ilkka Sipilä (ilkka.sipila@helsinki.fi) ja  
Aarne Pehkonen (aarne.pehkonen@helsinki.fi),  
Helsingin yliopisto, maa- ja kotitalousteknologian laitos

## **KARJANLANNAN YMPÄRISTÖYSTÄVÄLLINEN JA KUSTANNUSTEHOKAS KÄYTTÖ**

ILKKA SIPILÄ & AARNE PEHKONEN (edit.)

### **Cost-efficient and environmentally friendly manure management: The final report of the programme for manure research in 1995-1997**

**Abstract:** The research programme for manure research in 1995-1997 was a joint study between the Agricultural Research Centre of Finland, the Agricultural Economics Research Institute and the Universities of Helsinki, Jyväskylä and Kuopio. The programme included four studies with the common object to find out with which farm-level manure handling methods the harmful environmental effects can be avoided and which methods are economically reasonable.

According to the results, injection is the most effective method to restrict ammonia emissions when spreading slurry. Band spreading lowered ammonia emissions too. Aeration or separation of slurry had no significant effect in broad-cast spreading. The highest yield was obtained with band spreading but the difference to other spreading methods was not significant. Aeration or separation of slurry had no significant effect on the yield. The hygiene of cut grass showed that there was no clear difference between the tested spreading methods (injection, broad-cast and band spreading). Remains of slurry were carried over into the cut grass randomly and independently of the spreading method. The overall quality of the silage was good.

The physical state of the manure in cold barns did not prove to be a problem. Litter was used amply on the farms and the manure could be handled in solid form. The firmness of the outdoor yard surfaces, the control of surface runoff and the handling of waste water resulting from washing turned out to be the biggest problems.

In open storage piles made of cow manure, some 10 % of the total nitrogen was lost during a 4-month storage period. A stratification of the storage piles was another result of the organic matter decomposition. The CV of the nitrogen and phosphorus content increased from about 10 % to 30-40 %. The large variation, however, did not appear in the spreading results since the different layers were mixed up as the spreader was loaded. The evenness of the spread was poor and the CV was mostly more than 30 %. The phosphorus dose varied from 17 kg to 155 kg P/ha when the

average dosage of phosphorus was 60 kg P/ha, which is a reasonable dosage if phosphorus is spread to correspond to a few years' requirement.

The nutrient value of solid manure on dairy farms was 25 mk/m<sup>3</sup>, the value of liquid manure was 18,5 mk/m<sup>3</sup>, and the value of slurry was 19 mk/m<sup>3</sup>. The major single item of the direct costs in manure handling consisted of storing, calculated on the basis of purchasing costs as well as annual costs. The storage cost of slurry was 10-13 mk/m<sup>3</sup>. The second biggest item was the spreading machinery, and the third the spreading work. As the units grew in size, the costs decreased from 29 mk to 16 mk per m<sup>3</sup> of slurry. Indirect costs, such as timeliness cost and yield losses due to soil compaction, may increase to the level of storage costs.

#### Conclusions:

- manure handling must be considered as a whole and as a part of the production processes of a farm; the aim should not be to optimize single links in the chain
- storage is an essential item of manure handling costs. The storage costs can be reduced by
  - diminishing the volume stored; in a solid manure system by diminishing the use of litter, which reduces the labour cost of litter handling and manure spreading as well, and in a slurry system by keeping waste water and rain out of slurry basins
  - introducing new spreading times; spreading in growing crops appears favourable
- there are neither economical nor environmental grounds for giving priority to solid manure

---

**Key words:** manure handling, slurry, solid manure, spreading, processing, costs, environment, hygiene

---



# Sisällysluettelo

1. Johdanto .....	11
2. Kotieläintuotannon muutokset lähimenneisyydessä ja arvioita tulevista muutoksista .....	15
2.1. Kotieläintuotannon volyymi 1990-luvun alkupuolelta tähän päivään .....	15
2.2. Maataloustuotannon rakenne ja sen kehittyminen .....	16
2.3. Kotieläintuotannon erikoistuminen .....	20
2.4. Maatalouden investoinnit .....	21
2.5. Skenaariovaihtoehdot ja niiden toteutuminen .....	22
2.6. Lannankäsittelyn muutokset .....	24
2.7. Kotieläinten lantaa koskeva säännöstö .....	25
3. Osatutkimusten tulokset .....	34
3.1. Lietelannan levitys kasvavaan nurmeen .....	34
3.1.1. Naudan lietalannan prosessoinnin ja levitystekniikan vaikutus säilörehunurmen satoon, rehun laatuun ja ammoniakkin haihtumiseen .....	34
3.1.2. Kevytrakenteisen lietalannan sijoituslaitteen säätöjen optimointi .....	57
3.1.3. Lietelannoituksen vaikutus säilörehun hygieniaan .....	67
3.1.4. Nurmeen levitetyn lietalannan pintavalunta .....	78
3.2. Puolikiinteän lannan varastointi .....	82
3.3. Kuivalannan käyttötekniikka .....	89
3.4. Karjanlannan käytön kannattavuus .....	108
4. Lannan käsittelymenetelmien vaikutus tilatason teknologisiin järjestelmiin, talouteen sekä ympäristöön .....	125
4.1. Lannan käsittely osana tilan tuotantotoimintaa .....	125
4.2. Karjanlannan vaikutukset ympäristöön .....	127
4.3. Karjanlannan aiheuttamat kustannukset .....	133
5. Tulosten yhteenveto .....	136
5.1. Lietelannan käsittely .....	137
5.2. Kuivalannan ja puolikiinteän lannan käsittely .....	139
5.3. Lietelannan levitysmenetelmän ja prosessoinnin vaikutus sadon määrään ja laatuun .....	141
5.4. Ympäristövaikutukset .....	142
5.5. Kustannustehokkuus .....	144

6. Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset .....	148
6.1. Ympäristövaikutusten minimointi .....	148
6.2. Rehun laatu .....	150
6.3. Kustannustehokkuus .....	151

# 1. Johdanto

Suomalainen maatalous toimii tilanteessa, jossa sekä taloudelliset että ympäristölliset tekijät asettavat kiristyviä vaatimuksia tuotannolle. Karjanlantatutkimusohjelman suunnittelun käynnistyessä keväällä 1994, tutkimuksen suunnittelutyöryhmä arvioi maataloustuotannon taloudellisen kannattavuuden säilymisen edellyttävien merkittäviä muutoksia riippumatta siitä liittyykö Suomi Euroopan unioniin vai ei. EU-jäsenyys toteutui vuoden 1995 alussa ja kotieläintuotteiden hinnat putosivat noin puoleen ja viljan tuottajahinta jopa alle puoleen jäsenyyttä edeltävistä hinnoista (Kettunen 1996). Tuotantopanosten hinnat laskivat myös, joskaan eivät yhtä voimakkaasti. Esimerkiksi kotieläintuotannon kannalta keskeinen kustannuserä, rehu, halpeni vuonna 1995 noin 30 % (Kettunen 1996). EU-jäsenyyden yhteydessä Suomessa otettiin käyttöön peltokasvien ja kotieläinten CAP-tuet, luonnonhaittakorvaus (LFA), ympäristö-, pohjoinen ja siirtymäkauden tuki sekä vuodesta 1997 alkaen ns. vakavien vaikeuksien tuki. Tukipolitiikasta johtuen muutokset maataloustulossa ovat olleet pienempiä kuin hinnoissa, mutta 1990-luvun alkupuolen tasosta lasku on ollut noin viidennes (MTTL 1998). Vuonna 1997 maatalouden kokonaistuoton arvioitiin olleen noin 20,2 mrd mk, josta tukia oli yhteensä 5,9 mrd mk. Kun kokonaiskustannukset olivat noin 13,6 mrd mk, maataloustuloksi jäi noin 6,6 mrd mk (MTTL 1998).

Maataloustulon kehitys tulee jatkossakin olemaan aleneva, sillä tuen kokonaisuus alenee vuosittain, eikä vastaava kustannustehokkuuden nousu näytä todennäköiseltä. Vuonna 1997 julkaistu Euroopan komission esitys unionin maatalouspolitiikan uudistamiseksi on myös johtamassa tulojen alenemiseen. Esityksen ja siihen tehtyjen muutosten mukaan esimerkiksi viljan interventiohintaa laskettaisiin 20 % ja maidon 15 %. Kompensointitoimenpiteistä huolimatta Agenda 2000-esityksen on arvioitu aiheuttavan jopa 900 milj. mk tulojen menetykset suomalaisille viljelijöille (MTTL 1998).

Taloudellisen kannattavuuden säilyttämisen arvioitiin edellyttävän sekä tuotantokustannusten, erityisesti koneiden ja rakennusten hankinnasta aiheutuvien kiinteiden kustannusten, karsimista missä keskeinen keino on tuotantoyksiköiden koon kasvattaminen. Rakennuskustannuksia voidaan maidon- ja naudanlihantuotannossa merkittävästi alentaa siirtymällä yksinkertaisiin, eristämättömiin tuotantorakennuksiin. Kylmän tuotantoympäristön vaikutukset lannankäsittelyjärjestelmiin saattavat kuitenkin aiheuttaa odottamattomia muutoksia lannankäsittelyyn. Tuotantoyksiköiden koon kasvaminen, jota on viime vuosina tapahtunut erityisesti lihasikatiiloilla, lisää lantavolyymien ohella sekä lannanlevitykseen tarvittavaa pinta-alaa että lannanlevityksen työnmenekkiä. Keväällä se johtaa helposti kevätöiden viivästymiseen sekä maan haitalliseen tiivistymiseen, mistä syntyy epäsuoria kustannuksia satotason laskiessa.

Maatalouden toimintaympäristöön on taloudellisten muutosten ohella vaikuttanut keskustelu maatalouden ympäristövaikutuksista. Haitallisten ympäristö-

vaikutusten minimoimiseksi valmistui vuonna 1993 Hyvät viljelymenetelmät-opas, jossa kiinnitettiin viljelijöiden huomiota maatalouden ympäristövaikutuksiin ja esitettiin neuvoja kuormituksen minimoimiseksi. Euroopan unioniin liityttäessä keskeiseksi tukipaketin osaksi tuli ympäristötuki, johon on vuosina 1998-99 käytettävissä noin 1,7 mrd mk vuosittain (MTTL 1998). Vuonna 1997 ympäristötuen perustukeen oli sitoutunut noin 78 000 maatilaa, mikä on noin 85 % maamme aktiivituloista (MMM 1998). Viljelyalasta ympäristötuen piirissä on yli 90 %. Tuen tarkoituksena on korvata tukiehtojen mukaisista ympäristönsuojelutoimenpiteistä aiheutuvat lisäkustannukset ja tulonmenetykset sekä turvata viljelijöiden toimeentulo. Tukiehdot sisältävät määräyksiä mm. lannan varastoinnista, lannan levitykseen käytettävissä olevasta peltoalasta ja lannoitustasoista. Kotieläintiloilla huomattavia investointitarpeita syntyy erityisesti lantaloiden laajentamisesta, sillä perustukea hakeneista tiloista lähes 70 %:lla on tarve lisärakentamiseen (MMM 1998).

Maatalouden ja hajakuormituksen suhteellinen merkitys vesistöjen kuormittajana on kasvanut sitä mukaa, kun yhdyskunnat ja teollisuus ovat tehostaneet jätevesiensä käsittelyä. Vesiensuojelun tavoiteohjelmassa vuoteen 1995 asetettuja maatalouden kuormituksen vähentämistavoitteita ei saavutettu (YM 1998a). Uudessa, valmisteilla olevassa tavoiteohjelmassa pyritään maataloudesta vesistöihin joutuvan typen ja fosforin määrää vähentämään 50 %:a vuosien 1990-1993 tasosta vuoteen 2005 mennessä (1998b). Tämä edellyttää uusia tehokkaita menetelmiä sekä peltoviljelyssä että kotieläintuotannossa.

Kaasumaisten kokonaistyyppipäästöjen merkittävimmät kotimaiset lähteet ovat liikenne ja energiantuotanto, mutta ammoniakkipäästöissä maataloudella, erityisesti kotieläintaloudella, on keskeinen merkitys. Vuonna 1986 kotieläintalouden osuuden kotimaisista ammoniakkipäästöistä arvioitiin olevan noin 80 % (Pipatti 1990). Useat tyyppiyhdisteet kulkeutuvat kuitenkin pitkiä matkoja ja Suomen omien ammoniakkipäästöjen osuus maamme kokonaistyyppilaskeumasta on noin 20 % (YM 1990).

Kotieläintaloustuotannon jatkuminen tulevaisuudessa edellyttää sekä taloudellisista että ympäristöllisistä tekijöistä johtuen nykyisin käytössä olevien tuotantoratkaisujen kehittämistä, mutta myös uusien ratkaisujen käyttöönottoa. Näiden odotettavissa olevien muutosten vaikutuksia lannankäsittelyyn pyrittiin tutkimusohjelmaa laadittaessa arvioimaan luomalla neljä todennäköisintä tuotantomenetelmävaihtoehtoa. Nämä olivat:

- nykyinen menetelmä sopeutettuna uuteen tilanteeseen,
- intensiivinen kotieläintila,
- low-cost -malli ja
- luomutila.

Vaihtoehtoisten tuotantomenetelmien analysoinnissa lannankäsittelyn keskeiseksi ongelma-alueiksi todettiin:

- lannan fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset ominaisuudet,
- tuotantotekniikan vaikutus lannan määrään, laatuun ja käsiteltävyyteen,
- lannan levitysmahdollisuudet ja kohteet,
- muut lannan käyttötarkoitukset ja muodot ja
- lannan käsittelyvaihtoehtojen yksityis- ja ympäristötaloudellinen arviointi

Tutkimusohjelman lähtökohdaksi otettiin lannan käsittely tilatasolla, jolloin lanta käytetään pääsääntöisesti lannoitteena tilan kasvintuotannossa. Toimivissa, ympäristön kannalta hyvissä ja kustannustehokkaissa ratkaisuissa lannankäsittelyjärjestelmää on tarkasteltava osana tilan koko tuotantotoimintaa. Tällöin on otettava huomioon kotieläintuotannon ohella lannan ravinteet hyödyntävä kasvin tuotanto, työntekijöiden ja eläinten asettamat vaatimukset, ympäristövaikutukset sekä taloudelliset edellytykset. Lannankäsittelyn keskeisimpien ongelma-alueiden selvittämiseksi tutkimusohjelmassa muotoiltiin neljä osahanketta.

Ensimmäisen osahanke käsitteli lietelannan levitystä kasvavaan nurmeen. Tavoitteena oli kehittää menetelmiä, joiden avulla lietelantaa ja virtsaa voidaan levittää kasvustoon taloudellisesti ja järkevällä tavalla vaarantamatta sadon laatua ja ympäristöä. Nautakarjatiloiilla kasvinviljely on keskittynyt ja tulee edelleenkin keskittymään nurmeen, jolloin merkittävä osa lannasta on pystyttävä levittämään kasvustoon. Sikatiloilla ennen kylvöä tehty levitys aiheuttaa sekä ajallisuuskustannuksia että maan tiivistymistä.

Toisessa osahankkeessa keskityttiin lannankäsittelyyn investointikustannuksiltaan edullisissa, kylmissä tuotantorakennuksissa. Tavoitteena oli määrittää puolikiinteälle lannalle tarkoitettujen lantavarastojen mitoituskriteerit sekä laatia mitoitus- ja rakenneohjeet suunnittelun tueksi. Kasvintuotannon keskittyminen nurmiviljelyyn vähentää kuivikkeiden saatavuutta. Kuivikkeiden käytön rajoituessa minimiin, varastoitava lanta on olomuodoltaan puolikiinteää. Suunnittelijoilta puuttuvat kuitenkin tälle lantalajille maahamme sopivat rakenteiden mitoitus- ja suunnitteluohjeet.

Kolmannen osahankkeen tavoitteena oli tutkia kuivalannan ja puolikiinteän lannan fysikaalisia, kemiallisia ja mikrobiologisia ominaisuuksia. Näiden lantatyypin heterogeisuus vaikeuttaa lannassa annettavien ravinnemäärien mitoitamista kasvintuotannon vaatimusten mukaisiksi. Haluttu ravinneannos ja hyvä levitystasaisuus ovat nykyisellä kalustolla lähes mahdottomia saavuttaa. Kuivalannan varastoinnissa tapahtuu lisäksi huomattavia typpihävikkejä, joiden rajoittamiseksi olisi löydettävä taloudellisia menetelmiä.

Neljännessä osahankkeessa tarkasteltiin vaihtoehtoisten kotieläintuotantomenetelmien lannankäsittelyn kustannuksia ja ympäristövaikutuksia. Tavoitteena oli ympäristöllisistä tekijöistä lähtien täsmentää ja arvioida vaihtoehtoisissa tuotantomenetelmissä esitettyjä lannankäsittelyn vaihtoehtoja ja pyrkiä osoittamaan keskeisimmät tekniset, taloudelliset, etologiset ja ympäristölliset riskit ja ongelmat. Maataloutemme ja kotieläintaloutemme on merkittävän rakennekehi-

tyksen edessä, mikä maataloilla merkitsee uusien tuotantojärjestelmien käyttöönottoa ja valintaa tarjolla olevista mahdollisuuksista. Sekä yksittäisten viljelijöiden että julkisen päätöksenteon helpottamiseksi tarvittaisiin kokonaisvaltaista tietoa eri ratkaisujen teknisistä, taloudellisista, ympäristöllisistä ja etologisista, eli eläinten käyttäytymiseen kohdistuvista vaikutuksista.

Loppuraportin kappaleessa 2 tarkastellaan kotieläintuotannon muutoksia lähimenneisyydessä ja arvioidaan mahdollisuuksien mukaan tulevaa kehitystä. Kappale 3 sisältää tutkijoiden kirjoittamat keskeiset tulokset osahankkeittain. Kappaleessa neljä tarkastellaan systeemiajattelun pohjalta lannan käsittelymenetelmien vaikutuksia tilatason teknologisiin järjestelmiin, talouteen sekä ympäristöön. Kappale viisi sisältää tutkimusohjelman keskeiset tulokset, joita on käsitelty yhteenvetona kaikista osahankkeista. Kappaleessa kuusi on kirjattu johtopäätökset toimenpide-ehdotuksineen.

## **Kirjallisuus**

- Kettunen, L. 1996. Adjustment of the Finnish Agriculture in 1995. First Experiences of Finland in the CAP. Maatalouden taloudellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 81: 7-25. Helsinki.
- MMM 1998. Maatalouden ympäristöohjelma 1995-1999. Seurantaryhmän loppuraportti. Maa- ja metsätalousministeriö. Työryhmämuistio 1998:5. Helsinki. 102 s., 10 liitettä.
- MTTL 1998. Suomen maatalous 1997. Maatalouden taloudellinen tutkimuslaitoksen julkaisuja 86. Helsinki. 64 s.
- Pipatti, R. 1990. Ammoniakkipäästöt ja -laskeuma Suomessa. VTT. Tutkimuksia 711. Espoo. 41s., 3 liites.
- YM 1990. Typenoksiditoimikunnan mietintö. Ympäristöministeriö. Komiteamietintö 1990:11. Helsinki. 212 s.
- YM 1998a. Vesiensuojelun tavoitteet vuoteen 2005. Päätösehdotuksen perustelut 13.1.1998. Ympäristöministeriö. 23 s.
- YM 1998b. Vesiensuojelun tavoitteet vuoteen 2005. Päätösehdotus 13.1.1998. Ympäristöministeriö 13.1.1998. 9 s.

## **2. Kotieläintuotannon muutokset lähimenneisyydessä ja arvioita tulevista muutoksista**

Kotieläintuotantoa, kuten koko maamme maataloustuotantoa, on viime vuosina leimannut liittyminen Euroopan unionin jäseneksi ja sen mukanaan tuomat muutokset ja muutospaineet. Maataloustuotteiden yleisen hintatason laskiessa maatalouden kokonaistuoton arvioitiin laskevan noin puoleen ja vastaavasti kustannustason noin kolmasosalla. Merkittäväksi tulonmuodostustekijäksi nousivat tuotannon määrään sitomattomat hehtaari- ja eläinkohtaiset tuet sekä siirtymäkaudella maksettavat tuotekohtaiset tuet. Toteutuneet tuotto- ja kustannusmuutokset ovat jääneet ennakoitua pienemmiksi. Vuoden 1997 ennakkotietojen mukaan maatalouden kokonaistuotto oli 20 220 milj. mk, noin 17 % vuoden 1994 kokonaistuottoa pienempi (MTTL 1998). Kokonaiskustannukset laskivat samana aikana myös 17 % 13 608 milj. markkaan. Vuoden 1994 kanssa vertailukelpoinen arvio maataloustulosta oli 1997 6 100 milj. mk, noin 21 % vuotta 1994 pienempi.

Maatiloilla tulotason säilyttämiseen voidaan pyrkiä sekä tuotantokustannuksia karsimalla että tuotannon laajuutta kasvattamalla. Tämä merkitsee samalla tilojen lukumäärän vähenemistä.

Maatalouden tuotoista yhä merkittävämpi osa muodostuu erilaisista tuista. Pääosin tuet ovat sidottuja viljelypinta-aloihin, eivät tuotannon määrään. Tällainen tukipolitiikka tekee toisaalta mahdolliseksi ohjata maatalous- ja elintarviketuotantoa haluttuun suuntaan. Yhä suurempi merkitys on kestävään kehitykseen liittyvillä ihmisten arvoilla ja odotuksilla, sekä odotuksilla, jotka koskevat ympäristönsuojelua, tuotannon etiikkaa, elintarvikkeiden laatua, joka sisältää tuotteiden turvallisuuden, terveellisyden ja puhtauden (MMM 1997d).

### **2.1. Kotieläintuotannon volyymi 1990-luvun alkupuolelta tähän päivään**

Lypsylehmien lukumäärä on vähentynyt tasaisesti jo noin vuodesta 1970 alkaen. Tällä vuosikymmenellä lypsylehmien lukumäärä on vuosittain pienentynyt 1,1 - 3,4 prosenttia. Muiden nautojen lukumäärän kehitys on ollut hyvin samanlainen ja vuodesta 1991 vuoteen 1997 molempien eläinryhmien lukumäärä on pienentynyt lähes 12 % (taulukko 2.1). Kehitys tulee ainakin lähitulevaisuudessa jatkumaan samansuuntaisena, sillä vuonna 1996 siemennysten määrä oli 2,6 % pienempi kuin edellisellä vuonna ja vuonna 1997 vastaavasti 2,2 % pienempi kuin vuonna 1996 (Tietokappi 1998c). Luku vastaa varsin hyvin lypsylehmien määrän kahden prosentin vuotuista vähenemää.

Eläinmäärien muutokset eivät kuitenkaan vaikuta suoraan tuotetun maidon tai lannan määriin, mm. ruokinnassa, eläinaineksessa ja eläinten ikäjakaumissa

Taulukko 2.1. Kotieläinmäärien muutokset Suomessa 1990-luvulla.

	Keskimäärä vuodessa, 1000 kpl			
	1991	1995	1996	1997
Lypsylehmät	441	401	394	387
Muita nautoja	846	763	754	747
Siat	1351	1328	1417	1468
- emakoita	-	166	182	186
- lihasikoja	-	430	476	499
Lampaat	84	137	130	127
Kanat munantuotantoon	4105	4342	4199	3934
Broilereita	4200	4216	4052	4911

Lähde: Tietokappi 1997a ja 1998a, Tietovakka 1997

tapahtuneiden muutosten takia. Niinpä lypsylehmien tasaisesta vähenemisestä huolimatta meijerien vastaanottama maitomäärä on joinain vuosina jopa lisääntynyt. Näin tapahtui esimerkiksi vuonna 1997, jolloin noin 7 100 lypsylehmän vähenemisestä (-1,8 %) huolimatta vastaanotettu maitomäärä kasvoi 1,3 % (Tietokappi 1998b). Lehmien keskituotos kasvoi 190 litralla lähes 6200 litraan ja Elintarviketiedon ennusteen mukaan vuonna 1998 keskituotos nousee 180 litraa (Koivu 1998b, Tietovakka 1997).

Sikojen kokonaislukumäärä väheni vuodesta 1990 alkaen aina vuoteen 1993 asti (Tietokappi 1997a). Kotieläintuotannon perustamista ja laajentamista rajoittanut perustamislupajärjestelmä kumottiin vuoden 1995 alusta ja joulukuun sikamäärä olikin 7,6 % suurempi kuin edellisenä vuonna. Vuoden 1996 joulukuussa muutos oli +1,4 % ja joulukuun 1997 vastaava muutos +2,2 % (Tietokappi 1998a). Astutustilastojen perusteella sikamäärän voi arvioida edelleen kasvavan, sillä vuoden 1998 tammikuun astutusmäärä oli noin 5 % suurempi kuin vuoden 1997 vastaava astutusmäärä (Tietokappi 1998c).

Elintarviketieto Oy:n tammikuun 1998 lopulla julkaisemien ennakkotietojen mukaan sikatalouden investoinnit näkyvät jo sianlihan tuotannossa (Joensuu 1998). Vuonna 1997 tuotanto oli 5 % suurempi kuin edellisenä vuotena. Teuraspainojen pysyttyä ennallaan sikojen lukumäärä kasvoi. Tuotannon kasvun arvioidaan jatkuvan saman suuruisena vuonna 1998.

## 2.2. Maataloustuotannon rakenne ja sen kehittyminen

Maamme yli yhden peltihehtaarin tilojen lukumäärä on vuodesta 1990 vuoteen 1996 vähentynyt noin 200 000:sta noin 155 000:een (taulukko 2.2). Poistuma on kohdistunut alle 20 peltihehtaarin tiloihin ja sitä suurempien tilojen lukumäärä ja suhteellinen osuus on kasvanut. Kokonaispeltoala on kuitenkin pysynyt noin



*Taulukko 2.2. Maatilojen lukumäärä peltoalan mukaan Suomessa 1990, 1995 ja 1996.*

peltoala, ha	1990		1995		1996	
	kpl	%	kpl	%	kpl	%
1-4,9	69015	35	54198	32	48484	31
5-9,9	42786	21	34083	20	29477	19
10-19,9	47665	24	38612	23	34771	22
20-49,9	35108	18	36238	21	35319	23
50-	4811	2	6576	4	7286	5
<b>Yhteensä</b>	<b>199385</b>	<b>100</b>	<b>169707</b>	<b>100</b>	<b>155337</b>	<b>100</b>

Lähde: MMM 1997e

2,5 milj. hehtaarissa, ja 1996 tilojen keskimääräinen peltoala oli 15,8 ha (MMM 1997e).

Vuonna 1990 aktiivitulojen eli tuotanto- tai muuta yritystoimintaa harjoittavia maatilojen lukumäärä oli noin 129 000 (taulukko 2.3). Tähän joukkoon lukeutumattomat tilat kuuluvat pääosin alle 20 peltohehtaarin tilakokoluokkiin. Vuonna 1995 aktiivituloja oli 99 964 (MMM 1997a). Vuosien 1994 ja 1995 välinen suuri muutos, yli 14 000 tilaa, johtui osittain luokitusten muutoksista ja rekisteröintitietojen tarkistuksista. Todelliseksi tilaluvun vähennykseksi arvioidaan 5 000 - 6 000 tilaa. Vuonna 1996 maatilojen väheneminen jatkui edelleen. Aktiivituloja oli 94 114 kappaletta, joka on noin kuusi prosenttia edellisestä vuodesta vähemmän (MMM 1997e). Noin 86 % kaikkien tilojen peltopinta-alasta oli aktiivituloilla. Aktiivitulojen keskimääräinen peltoala oli v. 1995 21,7 ha ja v. 1996 22,9 ha. Aktiivitulojen ja maatalouden perustukea hakeneiden tilojen lukumäärät vastaavat hyvin toisiaan, sillä vuonna 1995 perustukea haki 98 736 tilaa, v. 1996 91 983 tilaa.

*Taulukko 2.3. Aktiivitulojen lukumäärä peltoalan mukaan Suomessa 1990, 1994-1996.*

peltoala, ha	1990		1994		1995		1996	
	kpl	%	kpl	%	kpl	%	kpl	%
1-4,9	18836	15	17210	15	9988	10	8642	9
5-9,9	28199	22	21477	19	17049	17	15274	16
10-19,9	42748	33	35004	31	31280	31	28530	30
20-49,9	34567	27	35265	31	35142	35	34434	37
50-	4764	4	5554	5	6505	7	7234	8
	<b>129114</b>	<b>100</b>	<b>114510</b>	<b>100</b>	<b>99964</b>	<b>100</b>	<b>94114</b>	<b>100</b>

Lähde: MMM 1997e

Kaikkien maatilojen tapaan aktiivitulojenkin lukumäärän väheneminen on keskittynyt alle 20 peltohehtaarin kokoluokkiin. Suurimpien, yli 50 hehtaarin aktiivitulojen lukumäärä on kasvanut noin tuhannella mikä merkitsee lähes viidenneksen lisäystä.

Vuonna 1990 kotieläintiloja oli yhteensä 80 856 (MMM 1996a). Vuonna 1995 näiden tilojen lukumäärä oli pudonnut 58 549:ään. Vuonna 1996 (v. 1995 suluissa) harjoitti aktiivituloista päätuotantosuuntanaan 44 % (43 %) kasvin-tuotantoa, 32 % (33 %) lypsykarjataloutta, 9 % (9 %) nautakarjataloutta, 6 % (6 %) sikataloutta ja 2 % (2 %) siipikarjataloutta (MMM 1997e, Tietovakka 1997).

Vuonna 1990 lypsykarjaa oli 46 761 tilalla ja vuonna 1995 yhteensä 33 118 tilalla. Maidontuottajien lukumäärä on edelleen vähenemässä. Helmikuussa 1998 maidonlähettäjien lukumäärä oli enää noin 27 000 (Tietokappi 1998c). Lypsykarjatilojen lukumäärän vähetessä karjakoko on kasvanut. Vuonna 1990 alle kymmenen lehmän karjojen osuus oli puolet, vuonna 1995 38 % (MMM 1996d). Keskimääräinen karjakoko oli vuonna 1995 12 lypsylehmää ja noin 80 % lypsylehmistä oli alle 20 lypsylehmän karjoissa (taulukko 2.4). Yli 20 lypsylehmän karjatilojen lukumäärässä ja näillä tiloilla olevien lypsylehmien määrässä ei ole vuosien 1990 ja 1995 välillä tapahtunut merkittävää muutosta.

Maitotilojen tulevaisuuden suunnitelmista 2000-luvun alkuvuosiin asti on tehty ainakin kaksi selvitystä. Maatalouden kannattavuuskirjanpitoon osallistuvista maitotiloista vain 3 % aikoo luopua tuotannosta vuoteen 2001 mennessä (Ala-Orvola 1997). Elintarviketiedon lokakuussa 1997 (Koivu 1998a) tekemän kirjekyselyn (n = 442 lypsykarjatilaa) mukaan lopettajien määrä on paljon suurempi, noin 11 prosenttia tuottajista aikoo lopettaa tuotannon seuraavan kahden vuoden kuluessa ja seuraavien 3-5 vuoden aikana aikoo vielä lopettaa 34 pro-

*Taulukko 2.4. Lypsylehmien lukumäärä karjakokoluokittain 1990 ja 1995.*

Lypsylehmiä kpl	1990				1995			
	Maatiloja		Lypsylehmistä		Maatiloja		Lypsylehmiä	
	kpl	%	kpl	%	kpl	%	1000 kpl	%
1-9	23027	49	134	27	12507	38	78	20
10-14	13211	28	156	32	10417	31	124	31
15-19	7057	15	117	24	6696	20	112	28
20-29	3103	7	69	14	3128	9	70	18
30-	363	1	14	3	370	1	14	3
Yhteensä, kpl	46761	100	500	100	33118	100	398	100

Lähde: MMM 1996d, MMM 1995c

senttia nykyisistä tuottajista. Vuonna 2002 jäljellä olisi 55 % nykyisiä tuottajista eli 15 350 maidontuottajaa, joista puolet aikoo laajentaa tuotantoa. Heidän nykyisiin parsipaikkoihin mahtuisi noin 293 000 lypsylehmää, noin 19 lehmää/tila. Tuottajien laajennussuunnitelmien toteutuessa lypsylehmien määrä olisi noin 323 900 (noin 21 lehmää/tila), joka Koivun mukaan on todennäköisin vaihtoehto. Kaikki suunnitellut parsipaikat täyttäen lypsylehmien määrä vuoden 2002 lopussa olisi 389 900 eli noin 25 lehmää/tila. Kirjanpitotiloista tehdyn selvityksen tulokset ovat samansuuntaisia. Maitotiloista 38 % aikoo laajentaa tuotantoaan. Toisaalta yli 60 % tiloista joko suunnittelee lisä- tai suoramyyntikiintiön anomista tai lisäksi kiintiön ostamista.

Vuonna 1995 lihasikoja oli 5723 tilalla ja emakoita 5234 tilalla (MMM 1997a). Sikatilojen lukumäärä on pienentynyt vuodesta 1990 noin kolmanneksella (taulukko 2.5). Vähentäminen on ollut voimakkainta pienissä sikaloissa.

Elintarviketiedon keväällä 1996 tekemässä (n=1500 sikatilaa) kyselyssä joka kymmenes tila oli vuoden 1995 alun jälkeen investoinut sikatalouteen peruskorjaamalla tai laajentamalla vanhaa sikalaa tai rakentamalla uuden sikalarakennuksen (ref. Väre 1997). Lisäksi lähes puolella sikatiloista oli investointisuunnitelmia seuraavalle viidelle vuodelle. Investoivilla tiloilla sikapaikkojen lukumäärä kasvasi keskimäärin 1,6-kertaiseksi. MTTL:ssa tehdyssä tutkimuksessa, jossa selvitettiin investointitukea hakeneiden sikatilojen (n= 45 sikatilaa) investointeja ja taloudellista kehittymistä, tilojen tuotantokapasiteetti kasvoi investoinnin jälkeen keskimäärin kaksinkertaiseksi (Väre 1997). Investointitukea hakenneet sikatilat olivat sekä sikojen lukumäärän että peltopinta-alan perusteella maamme keskimääräisiä sikatiloja suurempia. Tulosten mukaan taloudellisesti

*Taulukko 2.5. Sikatilojen lukumäärä ja %-jakauma sikalakoon mukaan 1990 ja 1995.*

Sikoja	1990		1995	
	kpl	%	kpl	%
1-9	2302	21	504	7
10-19	507	5	288	4
20-49	1219	11	677	9
50-99	1667	15	1050	14
100-199	2560	24	1968	27
200-299	1515	14	1468	20
300-399	596	6	769	10
400-499	209	2	302	4
500 -	243	2	334	5
Yhteensä	10818		7360	

Lähde: MMM 1992, 1997f

parhaiten investoinneista selviävät yhdistelmäsikalat. Kaikissa tuotantolinjoissa suurempien tilojen maksuvalmius, kannattavuus ja vakavaraisuus olivat parempia kuin pienien.

Sikatilojen tuotannon laajentamishalukkuus ilmenee myös kirjanpitolila-aineistossa. Vuonna 1996 65 % tiloista ilmoitti laajentavansa tuotantoaan, ja vuonna 1997 luku oli vielä 45 % tiloista (Ala-Orvola 1997).

Luomutuotannon merkitys on ollut EU-jäsenyyden aikana voimakkaassa kasvussa siirtymävaihetuen ja varsinaisen tuen myötä. Vuodesta 1995 valvontajärjestelmään kuuluvien luomutilojen lukumäärä kasvoi 59 % ja oli vuoden 1996 lopussa 4452 tilaa (Kasvintuotannon tarkastuskeskus 1998). Luomutuotantoon oli vuonna 1996 hyväksytty noin 27 200 ha. Siirtymävaiheessa oli 57 400 ha ja viljelysuunnitelmien mukaan luomuun oli siirtymässä vuosien 1997-1999 aikana noin 21 400 hehtaaria. Kaikkiaan luomussa tai luomuun siirtymässä oli noin 106 000 ha, joka on 5 % maamme kokonaispeltoalasta. Ruotsissa vastaava osuus oli vuonna 1996 4,4 % , Sveitsissä 4,7 % ja Itävallassa 8,6 %. Luomutilojen osuus aktiivituloista oli 4,7 % eli luomutilojen keskimääräinen peltoala, 23,8 ha, on hieman tavanomaisten tilojen peltoalaa suurempi. Luomutuotantoon siirrettyjen karjojen lukumäärä oli elokuussa 1997 noin 220, joista 76 maitotiloja, 52 lihakarjatiloja ja 24 sikatiloja. Luomumaidon määräksi arvioidaan 5-6 milj. litraa, joka on alle puoli prosenttia maidon kokonaistuotannosta. Tämä on huomattavasti pienempi kuin Ruotsin ja Tanskan noin 15 % osuus (Mäkelä 1998).

Maatalouden tuotantovaihtoehtojen ympäristötaloudelliset vaikutukset (MATYVA) -projektin loppuraportin mukaan laajamittaiseen luomutuotantoon liittyy vielä monia ongelmia erityisesti elintarvikkeiden jalostusportaassa (Miettinen ym. 1997). Viljelijän kannalta luomutuotanto on alkuvaiheessa ollut yleensä hyvin kilpailukykyinen johtuen kolmen vuoden aikana muiden hehtaaritukien lisäksi maksetusta keskimäärin 1600 mk/ha siirtymävaiheen tuesta. Luomutuotanto onkin lisääntynyt voimakkaasti vuodesta 1995 lähtien, jolloin ympäristötukijärjestelmä otettiin käyttöön. Siirtymävaiheen jälkeen tuki on noin 700 mk/ha, joka ei yleensä riitä täysin kattamaan pienempien tuotosten aiheuttamia tulonmenetyksiä. MATYVA-projektin loppuraportin mukaan luomutuotannon laajuuden tuleekin ratkaisemaan sen suhteellinen kannattavuus tavanomaiseen tuotantoon nähden. Mikäli yhä suurempi osa maataloustuotannon tuesta ohjataan pinta-alaperustaiseksi, jää tuotannon määrän merkitys vähäisemmäksi, mikä parantane luomutuotannon suhteellista kannattavuutta.

### **2.3. Kotieläintuotannon erikoistuminen**

Kotieläintuotantoa on 1990-luvun alkupuoliskolla leimannut luopumisen ohella kotieläintilojen selvä keskittyminen johonkin eläinlajiin ja tuotantomuotoon. Tiettyyn eläinlajiin keskittyneistä tiloista 10-20 % luopui tuotannosta kyseisenä aikana siipikarjan tuottajia lukuunottamasta. Näistä lähes puolet on lopettanut

*Taulukko 2.6. Tilojen lukumäärä vuosina 1990 ja 1995 tiloilla olevien kotieläinten mukaan.*

	1990	1995	muutos
	kpl	kpl	%
Vain lypsylehmiä	34941	27881	-20
-sikoja	5727	5069	-11
-kanoja tai broilereita	4345	2579	-41
-muita	17876	14377	-20
Lypsylehmiä ja sikoja	1317	447	-66
Lypsylehmiä ja kanoja	4832	1500	-69
Lypsylehmiä ja muita	3384	2452	-28
Sikoja ja kanoja	886	481	-46
Sikoja ja muita	1246	788	-37
Kanoja ja muita	3385	1837	-46
Lypsylehmiä, sikoja ja kanoja	516	109	-79
Lypsylehmiä, sikoja ja muita	239	93	-61
Lypsylehmiä, kanoja ja muita	1274	563	-56
Sikoja, kanoja ja muita	630	300	-52
Lypsylehmiä, sikoja, kanoja ja muita	258	73	-72
<b>Kaikki</b>	<b>80856</b>	<b>58549</b>	<b>-38</b>

Lähde: MMM 1996a

tuotannon (taulukko 2.6). Useampaa kuin yhtä kotieläintuotannon muotoa 1990 harrastaneesta tilasta vähintään puolet tai jopa kolme neljännestä on tilastolukujen perusteella luopunut joko kokonaan tuotannosta tai keskittynyt vain yhteen tuotantomuotoon.

## 2.4. Maatalouden investoinnit

Vuosikymmenen alun yleinen heikko taloudellinen tila sekä keskustelu Suomen liittymisestä Euroopan Unionin jäseneksi vaikuttivat maatalouden investointeihin, jotka olivat alhaisia usean vuoden ajan ennen liittymistä ja vielä ensimmäisenä jäsenyyssvuotenakin. Uusien koneiden myynti putosi alimmillaan vuosina 1992 ja 1993 0,92 mrd.mk:aan (Vakola 1995). Kotieläinlupajärjestelmän purkaminen vuoden 1995 alusta, investointitukijärjestelmän käynnistyminen vuoden 1996 aikana sekä 1990-luvun alkupuolella patoutuneet investointitarpeet käynnistivät investoinnit vuonna 1996. Vuonna 1996 rahoitustukea myönnettiin yhteensä 8700 viljelijälle, ja vuoden 1997 marraskuun 25. päivään mennessä maaseutuelinkeinopiireihin ja työvoima- ja elinkeinokeskusten maaseutuosastoille oli jätetty kaikkiaan noin 20000 investointitukihakemusta (MMM 1998a). Vilkas investointihalukkuus johtunee osittain myös siitä, että sikala- ja siipikarja-

rakennuksiin voidaan myöntää investointitukea vain vuoden 1999 loppuun asti ja että A- ja B-tukialueilla voidaan maksaa niin sanottua korotettua investointitukea vuoden 2001 loppuun asti.

Vuonna 1997 maa- ja metsätalousministeriö myönsi tukea noin 12 800 uuteen investointikohteeseen, yhteensä noin 3,4 mrd mk (MMM ref. Kulmala ja Vuorela 1998). Lukumääräisesti eniten, noin 2800 kappaletta, tukea myönnettiin ympäristönsuojeluinvestointeihin, joista suurin osa kohdistui lantaloihin (taulukko 2.7). Kotieläinrakennusten uudisrakennus-, laajennus- tai peruskorjauskohteita oli yhteensä noin 1200. Markkamääräisesti navettainvestoinnit painottuivat C-tukialueelle, jossa tehtiin noin kaksi kolmasosaa kokonaisinvestoinneista. Sikatalouden tuetuista investoinneista tehtiin kolme neljäsosaa A- ja B-tukialueilla. Broilertalouden investoinnit keskittyvät Varsinais-Suomeen, Satakuntaan ja Etelä-Pohjanmaalle. Tukihakemuksia oli 31.12.1997 vireillä vielä lähes 5000, jotka siis kasvattavat vielä osaltaan investointimäärää.

*Taulukko 2.7. Uusien maatalouskoneiden myynti, maatalouden rakennuskustannus ja valmistuneet kotieläin- ja maatalousrakennukset 1990-luvulla.*

	1990	1993	1994	1995	1996	1997
Uusien koneiden myynti, mrd mk	2,98	0,92	1,11	1,62	1,85	2,25
Rakennuskustannus		1,81				
Valmistuneet kotieläinrakennukset, kpl		758	756	763		
maatalousrakennukset		2147	1864	1724		
Kokonaisinvestoinnit 1.1.-31.12.1997						
navetat, kpl						720
sikalat, kpl						309
broilerhallit, kpl						73
lihakarjarakennukset, kpl						68
ympäristönsuojeluv., kpl						2801

Lähde: Vakola 1993, MTT 1995, 1998, MTTL 1992, 1993, 1994, MMM ref. Kulmala ja Vuorela 1998

Kirjanpito-tiloista vuoteen 2001 mennessä 55 % sikatiloista ja 42-43 % maito- ja nautakarjatiltoista aikoo investoida kotieläinrakennuksiin (Ala-Orvola 1997). Kaikista kotieläinrakennusinvestoinneista noin vajaa viidennes on uudisrakennuksia ja loput peruskorjaus tai laajennushankkeita. Lisäksi noin 30 % kotieläintiloista aikoo toteuttaa lantalainvestoinnin.

## 2.5. Skenaariovaihtoehdot ja niiden toteutuminen

Tulevaisuuden kotieläintalouden keskeisten, lannankäsittelyyn liittyvien ongelmien paikantamiseksi ja niiden merkittävyyden arvioimiseksi MMM:n asettama

karjanlantatutkimuksen suunnittelutyöryhmä laati vuonna 1994 neljä todennäköistä vaihtoehtoa tulevaisuuden nauta- ja sikatilan tuotantojärjestelmille. Kaikissa vaihtoehtoissa pyrittiin mahdollisimman hyvään taloudelliseen tulokseen ja minimoimaan haitalliset ympäristövaikutukset. Viljelijöiden valitsemaan intensiivisyystasoon ja rakennustekniikkaan arvioitiin vaikuttavan ainakin seuraavat tekijät:

- viljelijäperheen oma elämäntilanne (esim. osa-aikaisuus, joka asettaa poikkeavat vaatimukset esim. rehunkorjuulle ja lannankäsittelylle)
- viljelijäperheen asenteet
- tilan sijainti, rakenne, tilussuhteet, alueen infrastruktuuri
- tuotantopanosten ja tarvikkeiden tarjonta ja tuotteiden kysyntä paikallisesti

Vaihtoehdot olivat:

1. Nykyinen strategia operatiivisesti sopeutettuna:

Tilalla panostetaan sekä kotieläintuotantoon että siihen liittyvään kasvinviljelyyn, kotieläintuotannon volyyymi kasvaa.

2. Luomu-malli:

Tuotanto perustuu tilan rehuomavaraisuuteen ja luomutuotannon mukaiseen viljelykiertoon.

3. Intensiivinen kotieläintila:

Tuotannossa keskitytään kotieläintuotantoon ja kasvintuotanto toteutetaan esim. naapuriapua ja urakointia käyttäen, pääomakustannukset voivat olla suuriakin mutta tehokkaan toiminnan johdosta yksikkökustannukset ovat pienet.

4. Low-cost -malli:

Tuotanto perustuu pieniin pääomakustannuksiin, jotka saavutetaan käyttäen esim. laidunnusta ja eristämättömiä tuotantorakennuksia.

Vuonna 1994 laaditut arviot tuotantomenetelmävaihtoehtoista ovat pääosin toteutuneet. Näistä ensimmäinen, nykyinen strategia operatiivisesti sopeutettuna on kokonaisvolyymitään kiistattomasti suurin. Viime vuosien rakennusinvestoinneistakin valtaosa on keskittynyt tämän skenaariovaihtoehdon mukaisiin ratkaisuihin.

Luomumallilla voidaan todeta olevan potentiaalia, joka kuitenkin näyttää antavan odottaa itseään mm. jatkojalostusportaan ongelmien ja säädöstössä olevien epäselvyyksien ja -varmuuksien vuoksi. Siirtymävaiheessa tai luomuviljelyssä oleva peltoala, noin 110000 ha, on lähes 5 % kokonaispeltopinta-alasta, mutta esimerkiksi luomumaidon määrä arvioidaan vain alle puoleksi prosentiksi maidon kokonaistuotannosta.

Skenaariovaihtoehtoissa kuvattuja intensiivisiä kotieläintiloja lienee Suomessa tällä hetkellä vain joitakin kappaleita. Low-cost mallin mukainen tuotantomenetelmä, siis alhaisten investointikustannuksien valinta jopa käyttökustannuksien kasvusta huolimatta, on myös jäänyt harvojen maatilojen ratkaisuksi.

Maatalouden yleisessä taloustilanteessa on sitä vastoin nähtävissä, että yleinen kustannustietoisuus on lisääntynyt ja low-cost -malli on omaksuttu kaikissa vaihtoehdoissa.

## 2.6. Lannankäsittelyn muutokset

Kotieläinten tuottaman lannan määrä oli 1990 noin 18 milj. tonnia (Kapuinen 1994). Eläinmäärien, erityisesti lypsylehmien määrän väheneminen on pienentämässä syntyvää lantamäärää, mutta toisaalta keskituotoksen nousu pyrkii lisäämään eläinlajista lantamäärää. Maitomäärien pysyessä lähes muuttumattomina, ei lypsylehmien tuottama lantamääräkään muuttune merkittävästi. Jos kotieläinten tuottamaa lantamäärää arvioidaan ympäristötukiehtojen mukaisia eläinlajien lantamäärien ja vuoden 1996 joulukuun alun eläinmäärien perusteella, päädytään jopa hieman Kapuisen esittämää lukua suurempaan arvioon. Eri eläinlajien tuottamien lantamäärien osuuksissa ei ole kuitenkaan tapahtunut merkittäviä muutoksia kuten taulukosta 2.8 voidaan havaita.

Lietelannan osuus kaikesta talteenotettavasta lannasta oli vuoden 1979 tilanteen mukaan noin neljännes, naudanlannasta vajaa viidennes (Holma 1981). Lietelannan osuus on mm. pienien, kuivalantajärjestelmään perustuvien tilojen luopuessa tuotannosta ja yksikkökoon suurentuessa kasvanut. Lannan kokonaisuusmääriä ja lantalajeja arvioitaessa naudanlanta on ehdottomasti keskeinen, sillä se muodostaa noin 80 % kaikesta lannasta. Kapuinen (1994) on arvioinut nautakarjatiloihin tuotetun lietelannan osuudeksi noin kolmanneksen. Elintarviketieto Oy:n marraskuussa 1996 keräämän otanta-aineiston perusteella lypsylehmien lannasta noin 40 % otetaan talteen lietelantana ja loppu kuivalantana tai lantana, jossa virtsa on imeytetty kuivikkeisiin (Ristolainen 1997). Lietelantajärjestelmä on yleisin menetelmä yli 15 lypsylehmän tiloilla. Karjojen keskikoon edelleen kasvaessa lietelannan osuus tulee siis edelleen kasvamaan. Edellä mainitussa

*Taulukko 2.8. Eri eläinlajien tuottamien lantamäärien osuudet vuosina 1991 ja 1996.*

Eläinlaji	Osuus tuotetusta lannasta, %	
	V. 1991 loppu <sup>1)</sup>	V. 1996 loppu <sup>2)</sup>
Lypsylehmät	52	46
Muut naudat	29	34
Lihasiat	9	12
Muut siat	5	5
Hevoset	3	2
Muut eläimet	2	1

<sup>1)</sup> Kapuinen 1994

<sup>2)</sup> Tietokappi 1997a, 1997b ja MMM 1996b perusteella arvioitu



aineistossa emakkojen tuottamasta lannasta noin viidennes otettiin talteen lietalantana. Yksikkökoon kasvaessa lietalantajärjestelmän käyttö yleistyi, mutta yli 50 emakon yksiköissäkin kuivalanta oli lietalantaa useammin käytetty. Lihasikaloidissa lietalannan osuus oli suurin ja noin 3/4 lannasta otettiin talteen lietalantana. Kuivalantajärjestelmä oli yleisin menetelmä pienissä, alle 100 lihasian yksiköissä. Yli 300 lihasian yksiköissä sen osuus oli vain noin 10 %.

Sikapuolella tuotannon laajentuminen on viime vuosina ollut hyvin voimakasta, ja volyymin kasvattamisella on pyritty nostamaan tuotannon tehokkuutta. Tuotannon ja samalla lantamäärien jopa kaksinkertaistuminen merkitsee melkoista muutosta lannankäsittelyyn, levityksen työnmenekkiin ja lannan mukana kulkeviin ravinnevirtoihin. Vuonna 1995 sikataloutta päätuotantosuuntanaan harjoittavien tilojen eläintiheyden keskiarvo oli 1,13 ey/ha ja runsas 10 prosenttia sikatiloista ylitti ympäristötuen perustuen ehdon 1,5 ey/ha (Palvaila 1998). Normiarvojen perusteella laskien fosforilannoituksen perustaso 15 kg/ha on eläintiheyttä yleisempi ongelma sikatiloilla. Noin 28 %:lla sikatiloista ja peräti 47 %:lla lihasikatiloista fosforiraja ylittyi.

Maidontuotannon volyymi on edelleen pienehköissä karjoissa ja karjakoon kasvussa ei ole tapahtunut dramaattisia muutoksia. Rakennusinvestoinneista pääosa tapahtuu laajennuksina ja peruskorjauksina, joten lannankäsittelymenetelmissä ei ole tapahtumassa suurta muutosta. Tilakohtaisen eläinmäärän kasvun myötä on samanaikaisesti säilörehun korjuuala kasvanut viitenä viime vuonna noin kaksi hehtaaria tilaa kohti (Nousiainen ym. 1997). Lannan käyttö kasvavien nurmien lannoitukseen tulee jatkossa olemaan entistä merkittävämpää, mikäli nautakarjan karkearehuruokinta perustetaan nurmirehuun. Nousiaisen ym. (1997) mielestä nurmirehun tuotantokustannusten alentamista on pidettävä lähitulevaisuudessa yhtenä maidontuotannon keskeisenä sopeutumisstrategiana. Nurmirehun suhteellinen kilpailukyky on ostoviljan hinnan alentumisen vuoksi selvästi heikentynyt. Vaihtoehdoksi onkin esitetty, että maitotilojen kannattaisi laajaperäistää nurmituotantonsa ja laajentaa maidontuotanto ostoviljan turvin.

Lannan siirto tilalta toiselle olisi erityisen tärkeää alueilla, jossa kotieläin- ja turkistuotannon suuren volyymin vuoksi on vaikeaa hyödyntää lanta asianmukaisesti. Alueellinen keskittyminen voi kasvattaa tarvittavat kuljetusmatkat kuitenkin kohtuuttomiksi.

## **2.7. Kotieläinten lantaa koskeva säännöstö**

*Vesilain* 1 luvun 19-22 §:n perusteella karjanlantaa, virtsaa, puristenestettä tai tilasäiliön ja lypsylaitteiston pesunestettä tai muitakaan jätevesiä ei saa johtaa eikä päästää ympäristöön siten, että siitä voi aiheutua pinta- tai pohjaveden pilaantumista.

*Vesiensuojelua koskevista ennakkotoimenpiteistä annetun asetuksen (283/1962)*

3 §:n 12 kohdan mukaan yli

20 lypsylehmän, sonnin tai hevosen,

60 hiehon tai lihamullin,

30 emakon,

100 lihasian,

3 000 munivan kanan taikka

15 000 teuraskananpojan tai muun siipikarjan

eläinsuojasta sekä säilörehuvarastosta on tehtävä vähintään neljä kuukautta ennen rakentamisen aloittamista ilmoitus asianomaiselle alueelliselle ympäristökeskukselle. Keskuksen tulee tarkastaa ilmoitus ja siihen liittyvä suunnitelma sekä arvioida, onko vesioikeuden lupa tarpeen. Toiminnasta on tehtävä uusi ilmoitus, jos jätevesipäästöjen luonteessa tapahtuu olennainen muutos tai jos eläinmäärää lisätään selvästi. Ilmoitusvelvollisuus ei koske ennen 1.11.1989 toimintansa aloittaneita kotieläinsuojia ellei niissä ryhdytä toimenpiteisiin, joiden johdosta vettä pilaavan aineen määrä melkoisesti lisääntyy, sen koostumus tai poistamistapa oleellisesti muuttuu tai joiden eläinmäärä kasvaa. Ympäristöministeriössä on valmisteilla "Ohje kotieläintalouden ympäristönsuojelusta", joka luonnoksen johdannon mukaan on tarkoitettu alueellisten ympäristökeskusten käyttöön ohjattaessa kotieläinten pitoa ympäristönsuojelun kannalta hyvään käytäntöön. Ohje sisältää ehdotukset suositeltaviksi käytännöiksi kotieläinsuojien vesiensuojelutoimenpiteissä, lannan varastoimisessa patterissa pellolla, lannan käyttämisessä peltojen lannoitukseen, ammoniakkipäästöjen vähentämisessä, jätevesien käsittelyssä ja kotieläintalouden jätehuollossa. Ohjeen sisältö on pääpiirteissään yhdenmukainen ympäristötuen perustuen ehtojen kanssa, mutta selvästi yksityiskohtaisempi.

Vesilakia muutettiin vuonna 1995 sisällyttämällä siihen Euroopan yhteisön neuvoston *direktiivi vesien suojelemisesta maataloudesta peräisin olevien nitraattien aiheuttamalta pilaantumiselta* (91/696/ETY). Direktiivin mukaan jokaisen jäsenmaan on mm. määriteltävä pilaantuneet tai pilaantumisalttiit alueet, laadittava vapaaehtoisesti noudatettavat hyvän maatalouskäytännön ohjeet, laadittava toimintaohjelma pilaantumisalttiiden vyöhykkeiden pilaantumisen ehkäisemiseksi sisältäen direktiivissä mainitut pakolliset toimenpiteet sekä laadittava ja toteutettava asiaankuuluvia valvontaohjelmia. Direktiivin toimeenpanon edellyttämät määräykset on saatettu voimaan 19.3.1998 annetulla valtioneuvoston päätöksellä (Vnp 1998). Päätös koskee koko maata ja siinä on määräyksiä mm. lannan varastoinnista ja levityksestä sekä suurimmista sallituista typpi-lannoitusmääristä. Vuoden 2002 tammikuun alusta lähtien lannan varastotilan tulee vastata 12 kuukauden tarvetta lukuunottamatta laiturille jäävää lantaa. Lannan varastointi on sallittua asianmukaisesti tehdyssä ja peitettyssä patterissa vuoden 2000 alkuun asti, mikäli päästöt vesiin voidaan estää. Patterivarastointi on mahdollista tämän jälkeenkin luomuviljelyssä sekä tapauksissa, joissa patteri

sijaitsee vesien suojelun kannalta riittävän kaukana talouskeskuksista eikä tulva- tai pohjavesialueella. Lantaa ei saa levittää routaantuneeseen tai lumipeitteeseen maahan ja syyslevitystä tulee välttää. Levitysmääriä syyslevityksessä on rajoitettu ja muuhun kuin kasvustoon syksyllä levitetty lanta on aina mullattava välittömästi tai pelto kynnettävä. Suurimmat sallitut vuosittaiset typpimäärät, jotka sisältävät sekä väkilannoitteen että käytetyn karjanlannan ja orgaanisten lannoitteiden typen, vaihtelevat kasvilajeittain välillä 130-250 kg/ha. Viljelijän on vuoden 1998 alusta pidettävä kirjaa käytetystä typpilannoituksesta ja sato-tasoista.

Päätös sisältää myös suosituksia karjanlannan oikea-aikaisesta käytöstä, levityspaikasta ja varastoinnista. Lanta tulisi levittää kasvukauden aikana, ensisijaisesti keväällä ennen muokkausta. Lietelannan ja virtsan levitystä suositellaan myös kasvukauden aikana joko sijoittaen tai pintalannoituksena letkulevittimellä. Syyslevitystä tulisi välttää, ellei se tapahdu syysviljan tai nurmen perustamisen yhteydessä. Ravinteiden pääsyä vesiin ehkäistään käyttämällä suojavyöhykkeitä ja rajoittamalla levitystä alueilla, joilla lantavesien imeytyminen pohjavesiin on mahdollista. Lannan varastointi tulee pääsääntöisesti tapahtua vesitiiveissä varastoissa. Kompostointilaitoksessa käsitelty lanta, jonka kuiva-ainepitoisuus on vähintään 30 %, voidaan 3 kk:n lantalavarastoinnin jälkeen siirtää patteriin. Suosituksissa on myös ohjeet lantapatterin sijoittamisesta, perustamisesta, peittämisestä, sen koosta sekä levittämisestä.

*Maatalouden ympäristötuen* tavoitteena on pienentää ympäristöön kohdistuvaa kuormitusta ja torjunta-aineista aiheutuvia haittoja, huolehtia luonnon monimuotoisuudesta, hoitaa maaseutumaisemaa sekä säilyttää maan tuottokyky hyvänä ja parantaa sitä. Näistä toimenpiteistä viljelijälle aiheutuvat kustannukset ja tulonmenetykset korvataan ympäristötuella.

Maatalouden ympäristötukijärjestelmä, jonka nykyinen voimassaoloaika on 1995-1999, sisältää kaikille viljelijöille tarkoitetun perustuen ja tehokkaampia ympäristönsuojelu- ja hoitotoimenpiteitä edellyttävät erityistuet. Vuonna 1997 perustukea sai 78 000 maatilaa eli 88 % aktiivituloista (MMM 1998b). Perustuessa oli mukana 1 875 000 peltohehtaaria, joka on 91 % pinta-alamatukia saavasta peltoalasta.

Perustukea maksetaan peltohehtaarien perusteella ja tuen suuruuteen vaikuttavat viljeltävä kasvi, lannoitus ja tukialue. Suurimmillaan perustuki on A-alueella, viljalla 1 053 mk ja nurmella 1 727 mk hehtaaria kohti. B-alueella viljan tuki pienenee 597 markkaan, C1-alueella 400 markkaan ja C2-C4 alueilla 253 markkaan. Nurmen tuki on B ja C-alueilla 850 markkaa hehtaarilta (MMM 1998c). Perustuki edellyttää tiettyjen ympäristöhoitotoimenpiteiden toteuttamista tilalla. Näistä osa liittyy oleellisesti lannan varastointiin ja käyttöön tilalla.

Lanta on varastoitava hyväksyttävällä tavalla, joka yleensä merkitsee varaston mitoittamista 12 kk:n, laidunnettavilla eläimillä 8 kk:n tarvetta vastaavaksi.

Tämän edellyttämät investoinnit on toteutettava kolmen vuoden kuluessa perusitoumuksen allekirjoituksesta, jonka jälkeen lannan patterivarastointi pellolla on luvanvaraista (MMM 1998c).

MMM:n joulukuussa 1997 antaman päätöksen mukaan tilapäiseen, ns. patterivarastointiin on mahdollista saada kunnan maaseutuelinkeinoviranomaiselta vuoden jatkoaika perustellusta syystä (MMM 1997c). Näitä ovat mm. lantalan rakennussuunnitelmien tai tarvittavien elementtien sitova tilaaminen tai että tilalle on haettu tai myönnetty investointiavustus lantala varten. Patterivarastointiin on mahdollista saada tapauskohtaisesti lupa sopimuskauden loppuun, mikäli se on perusteltua otettaessa huomioon tilan tuotantosuunta, tuotantomenetelmät ja tuotannon jatkuminen, syntyvän lannan määrä ja koostumus, olemassa olevan lantalan koko ja tilapäinen varastointitapa. Edellä mainittu ministeriön päätös ja lupien myöntämistä koskeva MMM:n yleiskirje sisältävät ohjeita patterivarastointiin (MMM 1998d). Patteri tulee sijoittaa ja hoitaa siten, ettei siitä aiheudu haitallisia ravinnepäästöjä vesistöihin tai pohjavesiin eikä muutaakaan haittaa ympäristölle tai asutukselle. Lantapatteria ei saa sijoittaa pohjavesialueelle tai sen suoja-alueelle. Patterin alle on levitettävä tarvittaessa 10-15 cm kerros turvetta tai mutaa lantavesien imeyttämiseksi ja se on peitettävä turpeella, sahan- tai kutterinpurulla, kuorikkeella, maalla, muovilla, oljella tai kuorma-peatteella. Patteri on sijoitettava tasaisen peltolohkon keskelle tai viettävän lohkon yläreunaan ja vähintään 25 metrin etäisyydelle valtaojasta tai vesistöstä ja 100 metrin etäisyydelle talousvesikaivosta. Patterin tulee olla niin suuri, että lanta riittää suurilla lohkoilla noin hehtaarin alalle tai pienillä koko sijoituslohkolle. Patterin paikkaa on yleensä vaihdettava vuosittain. Kasvukauden ulkopuolella tehty patteri tulisi pääsääntöisesti levittää seuraavan kasvukauden aikana.

Perustuki maatiloille -oppaassa (MMM 1996b) karjanlanta suositellaan levitettäväksi kasvukauden aikana syyslevitystä välttämällä. Syksyllä levitetty lanta on mullattava. Lantaa ei saa levittää routaantuneeseen eikä lumipeitteiseen maahan. Lannanlevitykseen on oltava peltoa käytössä A- ja B-tukialueilla vähintään hehtaari jokaista 1,5 eläinyksikköä kohti. Tämä merkitsee esim. korkeintaan 1,5 lypsylehmää tai 11 lihasikaa peltohehtaaria kohti. Lantaa voidaan käyttää hyväksyttävästi myös tekemällä sopimus lannan levityksestä toisen tilan pelloille tai luovuttamalla lantaa sitä hyödyntävälle yritykselle.

Lannan käytössä on otettava huomioon myös lannan ravinnesisältö. Ympäristötuen yhtenä tavoitteena on vähentää ravinteiden käyttöä. Ellei tilalla tehdä ns. tarkennetun lannoituksen edellyttämiä selvityksiä pellon viljavuudesta, saadusta keskisadosta sekä pidetä lohkokirjanpitoa, saa typpi- ja fosforilannoitus olla korkeintaan ns. lannoituksen perustason suuruinen, joka vaihtelee peltokasveittain (MMM 1996b). Karjanlannan fosforista lasketaan käyttökelpoiseksi 75 %. Fosforilannoituksessa käytetään neljän vuoden tasauskautta, jolloin esimerkiksi nurmien perustamisen yhteydessä voidaan antaa kasvuston 2-3 vuoden fosforitarve

ns. varastolannoituksena. Lannan tyypestä otetaan huomioon liukoinen tyyppi, joka vuoden 1998 alkuun mennessä on määritettävä lannan ravinneanalyyysillä. Kuivikelannan levitysmäärän ollessa yli 20 tonnia hehtaarille, kanan ja naudan kuivikelannalla katsotaan olevan 20 N kg/ha ja sian kuivikelannalla 10 N kg/ha jälkivaikutus levitystä seuraavana kasvukautena. Syyslevitystä ei suositella ja silloinkin levitysmäärät tulisi naudan lannoilla rajoittaa 30 tonniin ja sian lannoilla 20 tonniin hehtaarille. Syyslevityksessä lannan liukoisesta tyypestä lasketaan olevan 50 % kasveille käyttökelpoista.

Lannankäyttöön tilalla voi epäsuorasti vaikuttaa myös A- ja B-tukialueilla edellytetty 30 % kasvipeitteisyysvaatimus kasvukauden ulkopuolella. Tuohon alaan luetaan myös hyväksytyllä tavalla kevennetysti muokattu pinta-ala, joka jättää huomattavan osan sängestä tai muusta kasvimassasta maan pinnalle (MMM 1996b).

Mikäli tilan oma peltoala ei riitä lannan levitykseen voi lantaa mahdollisesti hyödyntää toisella, kohtuullisella etäisyydellä olevalla tilalla. Tähän lannan käytön tehostamiseen on mahdollista saada myös ympäristötuen erityistukea. Tukisopimuksessa viljelijä sitoutuu ottamaan vastaan toiselta maatilalta peräisin olevaa karjanlantaa, käsittelemään ja hyödyntämään sen ympäristön kannalta hyväksyttävällä tavalla. Vastaanottavan tilan on myös sitouduttava ympäristötuen perustukseen ja sen velvoitteisiin. Vuonna 1995 lannan käytön tehostamiseksi tehtiin 500 sopimusta koskien noin 5000 hehtaaria. Vuonna 1997 sopimusten määrä oli kasvanut 700:aan ja vastaavasti noin 6400 hehtaariin. Määrä oli kuitenkin vain 9 % maatalouden ympäristöohjelman tavoitteesta (MMM 1998b).

*Luonnonmukaista tuotantoa* koskeva säännöstö koostuu EU:n luomusasetuksesta, ympäristötukisopimuksen erityistukiehdosta ja Luomuliiton eli Leppäkerttu-tuotemerkin käyttöoikeuden säännöistä.

Euroopan neuvoston asetuksessa N:o 2092/91 ja sen muutosasetuksissa sekä komission asetuksissa maataloustuotteiden luonnonmukaisesta tuotantotavasta ja siihen viittaavista merkinnöistä maataloustuotteissa ja elintarvikkeissa säädetään tuotannosta, merkinnöistä ja valvonnasta tuotteille asetettavat vähimmäisvaatimukset. Säädökset koskevat tällä hetkellä vain kasvintuotantoa, ja kotieläintuotannon säädökset valmistunevat vuoden 1998 aikana. Luomusasetuksen mukaan, virallista luomumerkkiä ei ole, mutta säännösten mukainen tuotanto ja valvonta oikeuttaa käyttämään tuotteiden markkinoinnissa virallista tarkastusmerkintää: "Luonnonmukainen maataloustuotanto - ETY:n valvontajärjestelmä / Ekologiskt jordbruk - EGG:s kontrollsystem". Neuvoston asetuksen ehdot eivät riitä ympäristötukijärjestelmän luomusopimusehtojen mukaiseen tuotantoon. Kasvintuotannon valvonnasta vastaavat maaseutuelinkeinopiirit ja tilakäynnit tekevät KTTK:n valtuuttamat tarkastajat. Kotieläintuotannon tarkkailusta vastaa Luomu-liitto, joka antaa tarkastajille valtuutukset.

Luonnonmukainen tuotanto on myös maatalouden ympäristötukijärjestelmän erityistukimuoto, joka edellyttää sekä perustuen ehtojen täyttämistä että luomutuotannon valvontajärjestelmään ilmoittautumista (MMM 1996e). Erityistuki sisältää EU:n luomusasetusta tiukempia vaatimuksia, joista osa liittyy lannankäsittelyyn ja käyttöön.

Kaikki lanta on kompostoitava, kuivikelanta aumassa tai kompostorissa, liotelanta ilmastettava ja virtsa seisotettava tai ilmastettava. Lannoitusmäärä on myös rajoitettu niin, että viljelykierron aikana saa levittää keskimäärin enintään 1,5 ey:n tuottaman lantamäärän. Käytännössä ympäristötuen fosforilannoituksen perustaso, 15 kg P/ha, rajoittaa käyttöä aikaisemmin. Kompostoidun lannan kokonaisfosforista lasketaan liukoiseksi 60 %. Kompostoimattoman lannan, joista luomutuotannossa tulee kysymykseen vain seisotettu virtsa, liukoisen fosforin osuudeksi kokonaisfosforista lasketaan 75 %. Tilalle voidaan hankkia lantaa tilan ulkopuolelta muttei kuitenkaan teollismaisesta kotieläintuotannosta, joksi lasketaan tuotanto, jossa eläinmäärä ylittää 2 ey/ha. Ulkopuolelta tuotu lanta on myös kompostoitava.

Suomessa on käytössä myös Leppäkerttu-tuotemerkki, jota saavat käyttää merkkiä hallitsevan Luonnonmukaisen Viljelyn liitto ry:n hyväksymät tuottajat, jalostajat ja pakkaajat. Säännöt eivät ole täysin yhtenevät EU-asetuksen ja ympäristötuen erityistuen vaatimusten kanssa. Liiton laatimissa "Luonnonmukaisen tuotannon ohjeissa" vähimmäisvaatimukset edellyttävät lisäksi, että tilan ulkopuolinen lanta on kotimaista alkuperää ja tilalle tuotavan ulkopuolisen lannan/elintarviketeollisuuden jätteiden määrä on korkeintaan puolet enimmäismäärästä eli 0,75 ey/ha/v (Luonnonmukaisen viljelyn liitto 1995). Liiton laatimat säännöt luonnonmukaiselle kotieläintuotannolle ovat sensijaan käytössä myös ympäristötuen erityistuen kotieläintuotantoa koskevassa tarkkailussa.

Luonnonmukaisen kotieläintuotannon tuotantoehtojen mukaan tilan rehuomavaraisuuden tulee olla vähintään 50 % eikä väkirehun osuus koko karjalla saa vuositasolla ylittää 30 % kuiva-aineesta (Luonnonmukaisen viljelyn liitto 1997). Märehtijöillä päivittäisessä rehuannoksessa saa väkirehun osuus olla korkeintaan 50 % ja sioille ja siipikarjalle on myös annettava päivittäin karkearehua. Luonnonmukaisesti viljellyn rehun osuus täytyy märehtijöillä olla vähintään 85 %, yksimahaisilla vähintään 80 %. Lehmien, vasikoiden, vuohien, lampaiden, emakoiden, karjujen, munivien kanojen ja yli 8 viikon ikäisen lihasiipikarjan tulee päästä laitumelle tai ulkojaloittelutarhaan. Talvisaikaan parteen kytkeytyille eläimille on järjestettävä jaloittelua vähintään kolmasti viikossa.

Seuraavat ulkotarhoja koskevat ohjeet tulevat voimaan 31.12.1998 (Luonnonmukaisen viljelyn liitto 1997). Ympärivuotisessa käytössä olevat ulkotarhat, joiden ala on pienempi kuin 20 m<sup>2</sup>/eläinyksikkö, tulee olla tiivispohjainen (maabetoni, betoni, asfaltti) ja lanta, virtsa sekä valumavedet on koottava lantavarastoihin. Vastaavasti 20 m<sup>2</sup>/eläinyksikkö suuremmissa ympärivuotuisissa tarhoissa kokoontumis-, ruokinta- ja ulostamisalueiden pohjaa tulee olla vähintään 5 m<sup>2</sup>/

eläinyksikkö ja sen tulee olla tiivispohjainen. Lanta ja virtsa on koottava lanta-varastoihin. Tarhan muu osa on päällystettävä kiinteällä materiaalilla (tiivistetty hiekka ja sora, puunkuori, hake tms.). Osan vuodesta käytössä olevissa tarhoissa tulee joko koko pohjan (alaa alle 20 m<sup>2</sup>/ey) tai vähintään kokoontumis- ja ruokintapaikkojen (alaa yli 20 m<sup>2</sup>/ey) olla päällystetty kiinteällä materiaalilla.

Kiellettyjä rakennusratkaisuja ovat kokonaan rakolattiapohjaiset karsinat, orretomat siipikarjankasvattamot, häkkikanalat, emakoiden joutilashäkit, porsitushäkit ja vasikoiden yksittäiskarsinat. Nautakarjarakennusten uudisrakentamisen tai peruskorjauksen yhteydessä vain pihatoratkaisu on sallittu. Vuoden 1998 loppuun mennessä karsinakasvattamoissa ja kuivikepohjapihatoissa on nautoilla oltava eläinten elopainoon perustuva vähimmäispinta-ala kuivitettua makuu- aluetta. Vastaava säännös on olemassa myös lihasioille. Niiden makuualueen tulee olla myös hyvin kuivitettu.

Sallittuja kanalatyyppisiä ovat kestopehku tai verkkoritiläkanalat, joista jälkimmäisissä on oltava pehkun ja hiekan tms. aineksen peittämää aluetta vähintään puolet lattia-alasta.

Tilalle voidaan tuoda ulkopuolelta tavanomaisesta kotieläintaloudesta olevaa lantaa, kuitenkin korkeintaan puolet tilan typpilannoitustarpeesta (Luonnonmukaisen viljelyn liitto 1995). Kaikki lanta on kompostoitava ennen käyttöä, kuivikelanta aumassa tai kompostorissa, lietelanta ilmastettuna. Luonnonmukaisen tuotannon ohjeissa on ohjeet lannan varastoinnista, käsittelystä ja kompostoinnista. Varastointikapasiteetti tulee mitoittaa 12 kuukauden tarvetta vastaavaksi, poikkeuksena kuivalantalat tai kuivikemenetelmällä talteenotettu lanta. Kompostoinnin tapahtuessa peltoaumoissa, riittää varastotilavuudeksi kompostointivälin vaatima tilavuus.

## **Kirjallisuus**

- Ala-Orvola, L. 1997. Aktiiviviljelijöiden tuotantoon ja toimeentuloon liittyvät suunnitelmat vuoteen 2001. Maatalouden taloudellisen tutkimuslaitoksen selvityksiä 12/97: 5-25.
- Holma, E. 1981. Esitutkimus lannan hyväksikäytöstä. Suomen itsenäisyyden juhluvuoden 1967 rahasto. 65 s.
- Joensuu, P. 1998. Sikalainvestoinnit näkyvät jo sianlihan tuotannon kasvuna. Maaseudun Tulevaisuus 12, s. 4.
- Kapuinen, P. 1994. Lannankäsittelyn taloudellisuuden ja lannan ravinteiden hyväksikäytön parantamien. Vakolan tutkimusselostus 68. 90 s., 3 liites.
- Kasvintuotannon tarkastuskeskus 1998. Luonnonmukaisen maataloustuotannon valvonta 1996. KTTK:n julkaisuja B2. Luomutuotanto 1/98. 26 s.
- Koivu, H. 1998a. Heli Koivu vastaa. Maaseudun Tulevaisuus 1998: 20, s. 20.

- Koivu, H. 1998b. Maidontuotanto kasvanut 2,5 prosenttia tammi-maaliskuussa. Maaseudun Tulevaisuus 1998: 58, s. 20.
- Kulmala, M. & Vuorela, H. 1998. 15000 hanketta sai investointitukea 1997. Maaseudun Tulevaisuus 1998: 27, s. 4.
- Luonnonmukaisen viljelyn liitto 1995. Luonnonmukaisen tuotannon ohjeet.
- Luonnonmukaisen viljelyn liitto 1997. Luonnonmukaisen kotieläintuotannon ja mehiläistarhauksen tuotantoehdot 1997. 24 s., 3 liites.
- Miettinen, A., Koikkalainen, K., Vehkasalo, V. & Sumelius, J. 1997. Luomu-Suomi? Maatalouden tuotantovaihtoehtojen ympäristötaloudelliset vaikutukset -projektin loppuraportti. Maatalouden taloudellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 83. 124 s.
- MMM 1992. Maataloustilastollinen vuosikirja 1991. Maa- ja metsätalous 1992:2. SVT. Maa- ja metsätalousministeriö, Helsinki.
- MMM 1995. Maataloustilastollinen vuosikirja 1995. Maa- ja metsätalous 1995:5. SVT. Maa- ja metsätalousministeriö. Helsinki. 252 s.
- MMM 1996a. Maataloustilastollinen vuosikirja 1996. Maa- ja metsätalous 1996:5. SVT. Maa- ja metsätalousministeriö. Helsinki.
- MMM 1996b. Perustuki maataloilille. Maa- ja metsätalousministeriö. 30 s.
- MMM 1996c. Maatalouden ympäristöohjelma 1995-1999. Seurantaryhmän väliraportti 2.9.1996. Työryhmämuistio 18. Helsinki. 61 s.
- MMM 1996d. Maatilarekisteri 1995. Maa- ja metsätalous 1996:4. SVT. Maa- ja metsätalousministeriö. Helsinki. 171 s.
- MMM 1996e. Luonnonmukainen viljely. Maatalouden ympäristötuen erityistuet. Maa- ja metsätalousministeriö. 16 s.
- MMM 1997a. Aktiivitulojen määrä vähentynyt. Saatavilla: <http://www.mmm.fi/tike/tilasto/julkaisu/maatreti.htm>.
- MMM 1997b. Maatilojen päätuotantosunnat. Saatavilla: <http://www.mmm.fi/tike/tilasto/rakenne/tuotsuun.htm>.
- MMM 1997c. Maa- ja metsätalousministeriön päätös maatalouden ympäristötuen perustuesta annetun maa- ja metsätalousministeriön päätöksen muuttamisesta. 4 s.
- MMM 1997d. Maataloudellinen tutkimus 1997-2000. Työryhmämuistio 20. Maa- ja metsätalousministeriö. Helsinki. 32 s.
- MMM 1997e. Maatilarekisteri 1996. Maa- ja metsätalous 1997:6. SVT. Maa- ja metsätalousministeriö. Helsinki. 99 s.
- MMM 1997f. Maataloustilastollinen vuosikirja 1997. Maa- ja metsätalous 1997:5. SVT. Maa- ja metsätalousministeriö, Helsinki. 268 s.
- MMM 1998a. Maataloudessa investoidaan vilkkaasti. Saatavilla: <http://www.mmm.fi/tiedotteet/maatalous/15018inv.htm>.
- MMM 1998b. Maatalouden ympäristöohjelma 1995-1999. Seurantaryhmän loppuraportti. Työryhmämuistio 1998:5, Maa- ja metsätalousministeriö. Helsinki. 102 s., 10 liitettä.



- MMM 1998c. Hakuopas 1998. Saatavilla: <http://www.mmm.fi/tuet/tuet98/hakuopas.htm>.
- MMM 1998d. Maatalouden ympäristötuen perustuki lannan varastoinnin osalta. Yleiskirje Nro 51/58. 7 s.
- MTT 1995. Toimintakertomus 1995. Maatalouden tutkimuskeskus, Maatalousteknologian laitos. 28 s. 6 liites.
- MTT 1998. Toimintakertomus 1997. Maatalouden tutkimuskeskus, Maatalousteknologian laitos. 36 s. 6 liites.
- MTTL 1992. Suomen maatalous vuonna 1991. Maatalouden taloudellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 65. Helsinki.
- MTTL 1993. Suomen maatalous vuonna 1992. Maatalouden taloudellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 70. Helsinki.
- MTTL 1994. Suomen maatalous vuonna 1993. Maatalouden taloudellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 73. Helsinki.
- MTTL 1998. Suomen maatalous vuonna 1997. Maatalouden taloudellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 86. Helsinki. 64 s.
- Mäkelä, H. 1998. Maito-Aura aloitti luomumaidon keräilyn. Maaseudun Tulevaisuus 3. s. 3.
- Nousiainen, J., Griinari, M. & Setälä, J. 1997. Tavoitteena kannattava maidontuotanto. MAKKA-kansio, välikö 7a. 4 s.
- Palvaila, K. 1998. Pro gradu -tutkimuksen käsikirjoitus.
- Ristolainen, R. 1997. Karjanlannan käyttö -96. Elintarviketieto. 16 s.
- Tietokappi 1997a. Maataloustilastollinen kuukausikatsaus 1/97. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. Helsinki.
- Tietokappi 1997b. Maataloustilastollinen kuukausikatsaus 6/97. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. Helsinki.
- Tietokappi 1998a. Maataloustilastollinen kuukausikatsaus 2/98. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. Helsinki.
- Tietokappi 1998b. Maataloustilastollinen kuukausikatsaus 3/98. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. Helsinki.
- Tietokappi 1998c. Maataloustilastollinen kuukausikatsaus 4/98. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. Helsinki.
- Tietovakka 1997. FINFOOD Suomen Ruokatieto ry. Saatavilla: <http://www.finfood.fi/tietovakka>.
- Vakola 1993. Vuosikertomus 1992. 24 s., 8 liites.
- Vnp 1988. Valtioneuvoston päätös maataloudesta peräisin olevien nitraattien vesiin pääsyn rajoittamisesta. Annettu 19.3.1998. 5 s.
- Väre, M. 1997. Investoivan sikatilan talous. Maatalouden taloudellisen tutkimuslaitoksen selvityksiä 7/97. Helsinki. 47 s.

### **3. Osatutkimusten tulokset**

#### **3.1. Lietelannan levitys kasvavaan nurmeen**

##### **3.1.1. Naudan liotelannan prosessoinnin ja levitystekniikan vaikutus säilörehunurmen satoon, rehun laatuun ja ammoniakkin haihtumiseen**

Erkki Joki-Tokola, Pasi Mattila, Paavo Elonen ja Risto Tanni

###### **3.1.1.1. Johdanto**

Pääosa naudakarjan kuluttamien rehujen ravintoaineista jää tilalle karjanlannan ravinteina, jotka voidaan käyttää viljelykasvien lannoituksessa. Lannan levittäminen kasvavaan nurmeen on Suomessa kuitenkin ollut harvinaista, koska lannan on pelätty heikentävän säilörehun säilönnällistä ja hygieenistä laatua (Pedersen ja Guttormsen 1975, O'Kiely et al. 1993, Östling 1993, Rammer et al. 1994).

Lietelannan sisältämistä mikrobeista säilörehun laatua heikentävät eniten entero- ja voihappobakteerit, sillä ne kuluttavat rehun sokereita, mutta lisäävät kuitenkin verrattain hitaasti rehun happamuutta. Lisäksi ne kykenevät hajottamaan myös rehun aminohappoja, jolloin aminohappojen emäksiset hajoamistuotteet vähentävät rehun happamuutta ja mahdollisesti myös sen maittavuutta. Voihappobakteerit puolestaan tekee erityisen haitallisiksi se, että niiden itiöt säilyvät elinkykyisinä karjanlannassa, pellolla ja säilörehussa.

Nurmen liotelannoituksessa merkittävä osa lannan typestä voidaan menettää lannasta haihtuvassa ammoniakissa, mikä selvästi heikentää typen hyväksikäyttöastetta (Frost et al. 1990). Ympäristötuen ehtojen mukaisessa käytännön nurmiviljelyssä lannan typen hyväksikäyttöasteella on nykyisin selvästi aiempaa ratkaisevampi merkitys, koska typpihävikkiä ja siitä johtuvaa rehusadon alenemistä ei enää voida kompensoida väkilannoitusta lisäämällä. Lannasta ammoniakkin muodossa hukkaantuva typpi on merkittävä osa karjatalouden aiheuttamasta ympäristökuormituksesta, sillä lantaperäinen ammoniakki on osasyllinen sekä happamiin sateisiin että ympäristön rehevöitymiseen.

Säilörehunurmen liotelannoituksessa käytettävien lannan käsittely- ja levitysmenetelmien tulisi siten samanaikaisesti vähentää tehokkaasti sekä lannanlevityksen jälkeistä ammoniakkihävikkiä että säilörehunurmen liotelannoituksen aiheuttamaa rehun pilaantumisriskiä. Tässä tutkimuksessa selvitettiin käytössä

olevien lietalannan käsittely- ja levitysmenetelmien vaikutus säilörehunurmelle levitetyn lietalannan tyypin hyväksikäyttöön, nurmisadon määrään ja koostumukseen sekä lietalannoitettusta nurmesta korjatun säilörehun koostumukseen ja laatuun.

### 3.1.1.2. Aineisto ja menetelmät

#### *Nurmen lannoitus, korjuu ja säilöntä*

Maatalouden tutkimuskeskuksessa Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasemalla Ruukissa ja Jokioisilla, Lounais-Hämeessä tehtiin vuosina 1995-97 säilörehunurmen lannoitustutkimus, jossa nurmelle levitettiin ensimmäisen niiton jälkeen käsittelemätöntä, ilmastettua ja separoitua naudnan lietalantaa. Ruukissa vuonna 1995 koe oli hietamaalla, mutta se jouduttiin talvituhojen vuoksi siirtämään vuosiksi 1996 ja -97 saraturvemaalle (taulukko 3.1). Jokioisilla koekenttä oli hiusesavea. Nurmi oli Ruukissa timoteivaltainen ja Jokioisilla timotei-nurminatavaltainen. Jokioisilla kaikki lietalannat levitettiin kolmella eri levitysmenetelmällä, jotka olivat hajalevitys, letkulevitys ja sijoitus. Ruukissa ilmastettu ja separoitu lanta levitettiin vain hajalevittimellä. Eri tavoin lietalannoitetuista nurmikasvustoista säilörehuasteella korjattujen satojen määrää, koostumusta ja laatua verrattiin keskenään ja väkilannoitettusta kasvustosta korjattuun rehuun. Kokeeseen sisältyi myös lannoittamaton koelijäsen.

Lietelannoitusten liukoisien tyypin tavoiteltu levitysmäärä oli 80 kg/ha. Väkilannoiteverranteiden tyyppitasot olivat Ruukissa 40 ja 80 kg/ha, ja Jokioisilla 40, 80 ja 120 kg/ha. Pintalevityksenä annettuna väkilannoitteena oli Ruukissa Typpirikas Y-lannos 2 (N:P:K 20-4-8) ja Jokioisilla vuonna 1995 Typpirikas Y-lannos 2 (20-4-8), vuonna 1996 Typpirikas Y-lannos 3 (18-5-10) ja vuonna 1997 Pellon Y-lannos 4 (20-4-7). Kolmantena koevuonna Jokioisilla otettiin uudeksi koetekijäksi starttilannoitus: lietalannalla lannoitettavat koeruudut jaettiin kahteen osaan, joista toinen sai lietalannan lisäksi 50 kg/ha väkilannoitetyypeä pintalevitettynä Suomensalpietarina. Starttilannoituksen vaikutuksesta kerrotaan

*Taulukko 3.1. Koekenttien maalaji ja viljavuusluvut koevuosittain.*

Koepaikka Koevuosi	Ruukki		Jokioinen
	1995	1996-1997	1995-97
Maalaji	Karkea hieta	Saraturve	Hiusesavi
Humus-%	5	56	7,5
pH	5,8	5,3	5,5
Kalsium, mg/l	667	1899	1820
Fosfori, mg/l	23,7	13,2	12,3
Kalium, mg/l	115	107	450
Magnesium, mg/l	89	238	450

tulosten yhteydessä erikseen. Muussa tekstissä ja taulukoissa esitetään ja tarkastellaan vain starttilannoittamattomien ruutujen tuloksia.

Jokioisilla vuonna 1995 ja Ruukissa vuosina 1995 ja -96 nurmelle tehtiin keväällä normaali väkilannoitus, jossa typen käyttömäärä oli Jokioisilla 80 ja Ruukissa 110 kg/ha. Jokioisilla vuosina 1996 ja -97 ja Ruukissa vuonna 1997 koekentälle annettiin keväällä väkilannoitetyypeä vain 50 kg/ha (Ruukki: Typpirikas Y-lannos 2 (20-4-8); Jokioinen: 1996 NK-lannos (20-0-15) ja 1997 Suomensalpietari (26-0-1)). Kevätlannoitus oli niukka, jotta edellisen vuoden lannoituksen jälkivaikutus saatiin paremmin esille. Ruukissa vuonna 1997 jälkivaikutuksen mittaamista vaikeuttivat laajat jääpoltetuhot, joiden takia keväällä heti lumen sulattua koekenttä paikkauskylvettiin suorakylvökoneella (timotein siementä 5 kg/ha). Kylvö onnistui hyvin ja nurmi oli täystiheä, kun kasvustoista korjattiin toinen säilörehusato.

Kokeissa käytetyt käsittelemätön, ilmastettu ja separoitu naudan lietelanta olivat samasta lähteestä: Ruukissa tutkimusaseman koenavetasta ja Jokioisilla Lintupajun koenavetasta. Jokioisilla lannan tuottaneet sonnit ruokittiin kaikkina koevuosina ohraväkirehulla ja timotei-nurminatasäilörehulla. Ruukissa ensimmäistä koevuotta edeltäneen talven ajan lannan tuottaneiden sonnien ruokinnat koostuivat ohrasta ja nurmisäilörehusta. Kahtena viimeisenä koevuonna sonnien karkearehuna käytettiin ohrakasvustosta korjattua kokoviljasäilörehua, johon lisättiin ohra- ja valkuaisväkirehua.

Lietelanta ilmastettiin Ruukissa potkuri-ilmastimella kattamattomassa altaassa. Lantaa ilmastettiin kesäkuun alusta alkaen keskeytyksettä runsaan kuukauden ajan. Jokioisilla ilmastus tehtiin ejektori-ilmastimella. Ilmastus aloitettiin toukokuussa, ja ilmastin oli toiminnassa noin kolmen viikon ajan päivittäin, muttei jatkuvasti. Lietelanta separoitiin Ruukissa levitystä edeltävänä päivänä ja Jokioisilla joitakin päiviä ennen levitystä. Separointi tehtiin mekaanisella Reimelannanerottimella.

Koeruuduille levitetty lantamäärät mitattiin punnitsemalla levitysvaunu ennen levitystä ja sen jälkeen. Kaikki lietelannat levitettiin samalla Vogelsangvaunulla, jolloin lannan levitystasaisuus riippui levitystavasta. Ruukissa hajalevityksessä käytettiin vaunun taakse noin 1 m korkeudelle sijoitettua vastinlevyä. Hajalevityksen työleveys oli runsaat 9 m, jolloin koeruudun lannoitus vaati kaksi rinnakkaista ajokertaa. Letkulevitin koostui vaunun perään asennetusta puomista ja puomiin 0,30 m välein kiinnitetyistä 20 muoviletkusta. Vaunun pumpun ja letkujen välissä oli moottorikäyttöinen tukkeutumaton jakolaite, joka annosteli lannan jakolaitteen ulkokehältä lähteviin letkuihin. Letkulevityksen työleveys oli 6 m, jolloin koeruudun lannoitus letkulevittimellä vaati Ruukissa kolme rinnakkaista ajokertaa. Jokioisilla koeruudun leveys oli vain 6 m, joten letkulevityksessä riitti yksi ajokerta. Jokioisten hajalevitystä varten letkulevityksen asennossa olleeseen vaunuun kiinnitettiin tanko, jossa kunkin letkun kohdalla oli hajotuslevy. Sijoitusta varten vaunun perään kiinnitettiin MTT:n Maatalous-

teknologian tutkimuslaitoksessa valmistettu sijoituslaite. Lanta pumpattiin vaunusta letkulevittimen letkujen kautta sijoituslaitteen vantaisiin. Laitteessa oli kymmenen vannasta 0,30 m välein, ja sen työleveys oli 3 m. Koeruudun lannoitus sijoittamalla vaati siten Ruukissa kuusi ja Jokioisilla kaksi ajokertaa. Ruukissa lietalanta sijoitettiin 8 cm:n syvyyteen. Jokioisilla ensimmäisenä vuonna sijoituslaite ei toiminut kunnolla, minkä vuoksi käytettiin Teho-Lotina-sijoitusvaunua, jonka vannasväli oli 0,47 m ja sijoitusyvyys 8 cm. Seuraavina vuosina myös Jokioisilla käytettiin MTT:n laitetta, jolla lantaa sijoitettiin kahteen eri syvyyteen. Vuonna 1996 syvyydet olivat 6 ja 8 cm, ja vuonna 1997 8 ja 10 cm.

Koekenttien nurmisato korjattiin säilörehuasteella. Ruukissa korjuu aloitettiin väkilannoitetun ruudun niittomurskauksella, jonka jälkeen seuraavaksi niitettiin ilmastetulla lietalannalla lannoitetut kasvustot ja viimeiseksi niitettiin käsittelemättömällä lannalla lannoitetut. Välittömästi niittomurskauksen jälkeen kasvusto korjattiin pyöröpaaleihin. Paalauksen yhteydessä rehuun lisättiin säilöntäaine (AIV 2-liuos, 5 l/tn). Rehut paalattiin niittoa vastaavassa järjestyksessä. Ne kerättiin välittömästi paalauksen jälkeen, kiedottiin käärintälaitteella kuuden muovikelmukerroksen sisään ja varastoitiin ulos pellolle. Jokioisilla koeruutujen sato korjattiin ja punnittiin Haldrup-nurmenkorjuukoneella. Säilöntä- ja ruokintakokeita ei tehty Jokioisilla.

#### *Ammoniakin haihtumisen mittaus*

Ammoniakin haihtuminen mitattiin mikrometeorologisella kammiomenetelmällä (Svensson 1994). Kuhunkin koeruutuun asetettiin neljä mittauskammiota ja kaksi ulkoilman ammoniakinkeräintelinettä. Ammoniakin haihtumista mitattiin levityksen jälkeen 2-7 tunnin ajan. Mittausta jatkettiin päivisin levitystä seuraneiden 1,5-3 vuorokauden ajan. Ammoniakkina haihtuneen typen kokonaismäärän laskemista varten mittausjaksojen välisen ajan haihdunta arvioitiin mittausmenetelmän kehittäjältä saatujen ohjeiden mukaisesti. Mittaus tehtiin vuosittain sekä Ruukissa että Jokioisilla yhdessä kerranteessa, jolloin koko tutkimuksen aikana kunkin mittauksissa mukana olleen koekäsittelyn ammoniakin haihtumishävikki mitattiin kuusi kertaa. Vuoden 1997 Jokioisten tulokset jätettiin kuitenkin pois, koska lantojen levityksen aikana tulleen sateen vuoksi koekäsittelyt eivät olleet vertailukelpoisia keskenään. Ruukissa vuonna 1995 saadut sijoitetun lannan tulokset jätettiin huomiotta, koska tuolloin sijoituslaite ei mittausruutua lannoitettaessa toiminut kunnolla.

#### *Lietelannan, kasvuston ja säilörehun analyysit sekä koetulosten tilastollinen analysointi*

Ruukissa lietalannasta otettiin kaksi edustavaa näytettä aina lannan kuormauksen yhteydessä ennen levitystä. Toisesta näytteestä määritettiin välittömästi Agros-

pikamäärityslaitteella ammoniumtyypipitoisuus, jonka perusteella laskettiin erikseen kunkin lietelantalajin levitysmäärä. Toisesta näytteestä määritettiin myöhemmin kuiva-ainepitoisuus ja pH sekä kokonaistypen (Kjeldahl-menetelmä), liukoisen typen (=ammoniumtypen), fosforin, kaliumin, kalsiumin ja magnesiumin pitoisuus MTT:n Maanviljelyskemian ja -fysiikan laboratoriossa Jokioisilla. Lannan orgaanisen typen pitoisuus laskettiin vähentämällä kokonaistypen pitoisuudesta liukoisen typen pitoisuus. Koeruutujen saamat ravinnemäärät laskettiin laboratoriomääritysten tulosten perusteella. Myös Jokioisilla lietelannoista otettiin näytteet sekä ennen levityksiä levitysmäärien laskemista varten että levitysten yhteydessä. Kaikki analyysit tehtiin Maanviljelyskemian ja -fysiikan laboratoriossa.

Jokioisilla koeruutujen nurmisadosta otettiin korjuun yhteydessä näytteet, joista määritettiin kuiva-aine ja typpi sekä toisena ja kolmantena koevuonna myös tuhka, kalium, kalsium, magnesium, fosfori ja natrium. Jokioisilla ensimmäisenä ja toisena vuonna ja Ruukissa kaikkina vuosina otettiin erikseen saksilla leikkaamalla näytteet sadon hygieenisen laadun määrittämiseksi. Ruukissa nurmisadon määrä mitattiin kahden, koeruutujen lannoitussuuntaan nähden kohtisuoraan Haldrup-nurmenkorjuukoneella korjatun osanäytteen keskiarvona. Sato näytteistä määritettiin kuiva-aine, tuhka, raakavalkuainen ja raakakuitu sekä orgaanisen aineen sulavuus (*in vitro*) sekä toisena ja kolmantena vuonna lisäksi kalium, kalsium, magnesium, fosfori ja natrium. Rehupaaleista otettiin runsaan kolmen kuukauden varastoinnin jälkeen kaksi edustavaa näytettä. Toisesta näytteestä määritettiin säilörehun kemiallinen koostumus (raakavalkuainen ja raakakuitu) NIR-menetelmällä ja rehun säilönnällinen laatu (pH, etikkahappo, vapaat hapot, sokerit, liukoinen typpi, ammoniumtyppi) titraamalla. Toisesta rehunäytteestä analysoitiin voihappobakteeri-itiöpitoisuus inkuboimalla näytteen vesilaimennosta RCM-agar kasvualustalla +37 °C:ssa 7 vrk. Lopuksi koerehut syötettiin sonneille. Sonnit (30 kpl) järjestettiin aluksi elopainon perusteella viiteen lohkoon, jonka jälkeen ne arvottiin lohkoittain kasvustojen lannoitustapojen lukumäärän mukaisesti kuuteen ruokintaryhmään. Sonnit saivat kokeen ajan vapaasti säilörehua ja rajoitetusti ohraa. Ruokintakokeella selvitettiin säilörehujen mahdolliset maittavuuserot.

Kokeen tuloksille tehtiin varianssianalyysi SAS-ohjelmalla. Koemalli oli lohkoittain satunnaistettu koe, jossa oli Jokioisilla neljä ja Ruukissa koevuodesta riippuen joko kolme tai neljä kerrannetta. Ruukin vuosittaiset koetulokset yhdistettiin niin, että koemalliin saatiin mukaan myös koevuosi. Koekäsittelyjen keskiarvojen erojen tilastollinen merkitsevyys testattiin Tukey'n testillä. Ruukin tulosten merkitsevät erot esitetään keskiarvojen yläviitteeksi sijoitetuilla kirjaintunnuksilla. Lukuarvot, joilla ei ole yhteistä kirjainta yläviitteessä, eroavat merkitsevästi 5 % riskitasolla. Jokioisten kokeen osaruutujärjestelyn vuoksi kaikkia koekäsittelyjä ei vertailtu keskenään kuten Ruukin tulosten analyysissä. Vuosit- taisten varianssianalyysien tulokset ilmoitetaan tekstissä. Parivertailut tehtiin

Tukeyn testillä. Maatalouden tutkimuskeskuksen Tietopalveluyksikkö osallistui Jokioisten tulosten analysointiin.

### *Kasvukausien sää koevuosina*

Kasvukauden kuivuus rajoitti nurmen kasvua erityisesti ensimmäisenä koevuotena (taulukko 3.2). Kahden viimeisen vuoden kasvukautena viileää alkukesää seurasi varsin lämmin loppukesä, jolloin kuivuus haittasi nurmen kasvua Jokioisilla, muttei vaikuttanut paljoa Ruukissa.

*Taulukko 3.2. Koevuosien kesäkuukausien keskilämpötila, sademäärä ja tehoisan lämpötilan summa.*

Vuosi	Keskilämpötila, °C			Sade, mm			Tehoisa lämpötila, °C		
	-95	-96	-97	-95	-96	-97	-95	-96	-97
<i>Ruukki</i>									
Toukokuu	7,0	6,0	5,1	51	33	42	101	55	36
Kesäkuu	15,8	12,3	14,3	41	38	37	323	220	278
Heinäkuu	13,9	14,1	18,0	44	75	61	277	282	403
Elokuu	13,5	15,5	14,9	33	25	58	262	327	308
<i>Jokioinen</i>									
Toukokuu	8,7	8,8	7,7	87	65	16	134	108	88
Kesäkuu	16,7	13,1	16,1	121	52	101	338	235	325
Heinäkuu	15,3	13,9	17,8	53	136	141	315	268	377
Elokuu	15,1	17,0	17,8	65	14	44	298	362	385

### **3.1.1.3. Tulokset**

#### *Lietelannan koostumus*

Lannoituskokeissa käytetyn lietelannan kemiallinen koostumus (taulukko 3.3) vastasi melko hyvin suomalaisilta nautakarjailoilta lähetettyjen lietelantanäytteen keskimääräistä koostumusta (Viljavuuspalvelu 1997). Ruukissa ensimmäisenä koevuonna levitetty lanta sisälsi eniten ravinteita. Käsittelemättömän lietelannan kokonaistyyppipitoisuus oli tuolloin 4,35 kg/t ja liukoisen typen pitoisuus 2,59 kg/t. Kahtena jälkimmäisenä koevuonna vastaavat typpimäärät olivat keskimäärin 3,12 ja 1,86 kg/t. Pitoisuusero johtui ainakin osittain siitä, että sonnien ruokinnassa käytettiin ensimmäistä koevuotta edeltäneen sisäruokintakauden ajan nurmisäilörehua. Jälkimmäisten koevuosien sisäruokintakauden säilörehu oli ohrakasvustosta korjattua kokoviljasäilörehua, jolloin ruokintojen raakavaluaispitoisuus jäi selvästi matalammaksi.

Taulukko 3.3. Lietelantojen keskimääräiset ravinnepitoisuudet (g/kg), pH ja kuiva-ainepitoisuus (g/kg).

	Koko- nais- typpi	Liui- koinen typpi	Orgaa- ninen typpi	P	K	Ca	Mg	pH	Kuiva- aine
<i>Ruukki</i>									
Käsitlemätön	3,5	2,1	1,4	0,75	3,52	1,02	0,49	7,1	67
Ilmastettu	3,1	1,8	1,3	0,71	3,27	0,96	0,43	7,2	61
Separoitu neste	3,3	2,1	1,2	0,58	3,81	0,93	0,45	7,3	41
Separoitu kiinteä	5,2	2,1	3,1	2,26	3,06	2,13	1,74	7,9	259
<i>Jokioinen</i>									
Käsitlemätön	3,3	1,9	1,4	0,93	4,00	0,98	0,44	7,0	74
Ilmastettu	3,1	1,7	1,4	0,86	3,89	0,93	0,41	7,0	67
Separoitu neste	3,2	1,9	1,3	0,81	4,27	0,91	0,39	7,1	48
Separoitu kiinteä	3,8 <sup>1)</sup>	1,6 <sup>1)</sup>	2,2 <sup>1)</sup>	1,58	3,36	1,52	0,79	7,9 <sup>2)</sup>	243

<sup>1)</sup> Vuosien 1996 ja -97 keskiarvo

<sup>2)</sup> Vuoden 1997 tulos

Separointi jakoi lietelannan neste- ja kiintoainefrakttioon. Nestefrakttioon päätyi lannan massasta keskimäärin 86 %, kokonaistypestä 82 % ja liukoisesta tpestä 86 %. Nestefrakttion kuiva-ainepitoisuus oli keskimäärin 37 % alempi kuin käsitlemättömän lannan (taulukko 3.3). Ravinnepitoisuuksissa muutokset olivat pienemmät. Liukoisen tpen pitoisuus ei muuttunut tai nousi hieman, mutta orgaanisen tpen pitoisuus laski, koska orgaaninen typpi on pääosin lannan kuiva-aineessa. Kivennäisistä kalium erittyy pääosin virtsassa ja on liukoisessa muodossa, mikä selittää sen pitoisuuden nousun. Kalsiumin ja magnesiumin sekä erityisesti fosforin pitoisuus sen sijaan laski, koska suurin osa näistä kivennäisistä on sonnan kuiva-aineeseen sitoutuneina. Lietelannan separoinnin teknisenä etuna oli lannan nestemäisen osan oleellisesti vähentynyt varastotilantarve. Toisaalta kiintoainefrakttio vaatii oman varastointinsa ja käsittelynsä.

Ruukissa lietelantaa ilmastettiin yhtämittaisesti noin viiden viikon ajan. Ilmastuksen tavoitteena oli kohottaa lannan lämpötila 30 °C:een. Koska lämpötila kohosi vain noin 0,5 °C päivässä, se ei ehtinyt saavuttaa tavoiteltua 30 °C:a. Jokioisilla lämpötilan nousu oli nopeampaa, mihin lienee syynä Ruukkia pienempi lanta-allas ja tehokkaampi ilmastin. Päivittäistä ilmastusaikaa rajoitettiin niin, ettei lannan lämpötila noussut yli 30 °C:een. Separoinnin tavoin ilmastus vähensi lannan kuiva-ainetta, mutta kuiva-ainepitoisuus aleni keskimäärin vain 9 %. Ilmastetun lietelannan liukoisen tpen pitoisuus oli Ruukissa keskimäärin 14 % ja Jokioisilla 11 % käsitlemättömä lantaa alempi. Leinosen (1993) mukaan ilmastuksessa lannan läpi virtaava ilma kuljettaa ammoniakkia pois lannasta, mutta koska lannan orgaanisen aineksen hajotessa vapautuu ammoniumtyppeä,



lannan liukoisen typen pitoisuus ei yleensä muutu. Ruukin ja Jokioisten kokeissa orgaanisen typen pitoisuus aleni kuitenkin vain hiukan tai ei lainkaan, joten lannan liukoisen typen pitoisuus pieneni ilmastuksen aikana. Ammoniakin haihtumisen ohella lannan typpeä voidaan menettää ilmastuksessa ammoniumtypen nitrifikaatiossa ja sitä seuraavassa denitrifikaatiossa muina kaasumaisina typpiyhdisteinä. Leinosen (1993) mukaan suuren lietelantasäiliön eräilmastuksessa lannan happipitoisuus nousee kuitenkin vain harvoin nitrifikaation vaatimalle tasolle.

Typen ohella myös muiden ravinteiden pitoisuudet olivat ilmastetussa lietelannassa jostakin syystä alemmat kuin käsittelemättömässä. Ilmastuksen teknisenä etuna oli lannan epämiellyttävän hajun vähentyminen.

Tutkimuksessa tavoitteeksi asetettu typpimäärä (N 80 kg/ha) vastasi säilörehunurmen toiselle sadolle yleisesti suositeltua typpilannoitusta (Viljavuuspalvelu 1997). Ruukissa lietelannoissa ruuduille tullut typpimäärä kuitenkin ylitti tavoitteen selvästi (taulukko 3.4), koska typen pikamäärityslaitte aliarvioi lannan typpipitoisuuden. Ilmastetun lannan kemiallisesti analysoitu ja pikamäärityslaitteella estimoitu typpipitoisuus vastasivat parhaiten toisiaan. Typpitarpeen mukainen lietelantamäärä tyydytti nurmen fosforitarpeen ja sisälsi kaliumia moninkertaisesti tarpeeseen nähden.

#### *Ammoniakin haihtuminen*

Merkittävä osa haja- tai letkulevitetyn lietelannan liukoisesta tyyppistä haihtui ammoniakkina (taulukko 3.5). Levityspäivänä ammoniakin haihtumisnopeus

*Taulukko 3.4. Lietelannan levitysmäärä (t/ha) ja lietelannassa sekä väkilannoitteissa levitetty liukoinen typpi, fosfori ja kalium (kg/ha) keskimäärin koekäsitellyittäin ja koevuosittain. H =hajalevitys, L = letkulevitys, S = sijoitus.*

	Käsittelemätön			Ilmastettu			Separoitu			Väki- lannoite	Koevuosi		
	H	L	S	H	L	S	H	L	S		-95	-96	-97
<i>Ruukki</i>													
Lietel.	50	47	49	50	1)	1)	49	1)	1)	0	30	47	46
N	102	97	102	89	1)	1)	100	1)	1)	80	89	96	101
P	36	34	36	35	1)	1)	27	1)	1)	18	30	35	30
K	170	162	171	158	1)	1)	183	1)	1)	36	132	157	152
<i>Jokioinen</i>													
Lietel.	46	46	46	52	52	50	46	46	44	0	46	35	62
N	82	82	82	82	82	80	81	81	77	79	89	79	74
P	41	41	41	43	43	42	36	36	34	18	44	32	36
K	182	182	182	198	198	191	194	194	186	35	174	137	206

<sup>1)</sup> Koejäsen ei sisällynyt koejärjestelyyn

letkulevitetyistä lannasta oli keskimäärin vain runsas puolet hajalevitetyn lannan haihtumisnopeudesta, mutta toisena päivänä vastaava eroa ei enää ollut. Ilmeisesti edellisestä johtuen letkulevitetyistä lannasta haihtuneen ammoniakkin kokonaismäärä oli aina hieman hajalevitystä pienempi. Vaikka kaikkien mittausten yhteisen analyysin perusteella separointi ei merkittävästi vaikuttanut ammoniakkin haihduntaan, se toisen ja kolmannen vuoden mittauksissa hidasti haihtumista ja Ruukissa myös vähensi haihtuneen ammoniakkin määrää. Ammoniakkin haihtuminen oli runsainta ilmastetusta lannasta. Koekäsittelyistä ammoniakkin haihtumiseen vaikutti ratkaisevimmin kuitenkin sijoitus, sillä sijoitetusta lannasta ammoniakkin haihtuminen jäi hyvin vähäiseksi.

Haihtuneen ammoniakkin määrä oli kaikissa koekäsittelyissä Ruukissa selvästi suurempi kuin Jokioisilla (taulukko 3.6). Ero johtui ilmeisesti pääosin siitä, että Ruukin mittausten aikana sää oli ammoniakkin haihtumiselle edullisempi ja lannassa levitetyn liukoisen typen määrä oli suurempi. Koekäsittelyjen vaikutus ammoniakkin haihtumisalttiuteen oli molemmilla koepaikoilla puolestaan hyvin samankaltainen.

#### *Sadon määrä ja typen hyväksikäyttö*

Nurmisadon määrä vaihteli koevuosittain säätekijöiden vuoksi (taulukko 3.6). Ensimmäisen koevuoden satoa vähensi kuivuus, jonka vaikutus nurmen kasvuun oli suhteellisesti suurempi Jokioisilla, vaikka Ruukin koe oli tuolloin kuivuudelle aralla peltolohkolla. Suurin sato saatiin keskimmäisenä koevuonna. Tämä johtui säätekijöiden ohella Ruukissa myös siitä, että koe siirrettiin tuolloin ensimmäisen nurmivuoden täystiheälle nurmelle. Ruukin viimeisen vuoden satoa pienensivät talven 1996-97 jääpoltteesta johtuneet talvituhot. Nurmen onnistunut paikkauskylvö keväällä kuitenkin vähensi talvituhojen vaikutusta. Jokioisten kolmannen koevuoden nurmisatoa vähensi nurmen ikääntyminen.

*Taulukko 3.5. Lietelannan ammoniakkitypen haihtumisnopeus levityksen jälkeen päivisin ja ammoniakkin haihtuneen typen osuus lietalannan liukoisesta tyypistä Ruukissa ja Jokioisilla 1995-97 tehdyissä mittauksissa.*

	<u>Käsittelemätön lietalanta</u>			Ilmastettu Hajalev.	Separoitu Hajalev.
	Hajalev.	Letkulev.	Sijoitus		
Haihtumisnopeus, kg ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup>					
1. päivä	3,7 <sup>bc</sup>	2,0 <sup>b</sup>	0,02 <sup>a</sup>	4,6 <sup>c</sup>	3,6 <sup>bc</sup>
2. päivä	0,8 <sup>ab</sup>	0,9 <sup>b</sup>	0,02 <sup>a</sup>	1,3 <sup>b</sup>	0,8 <sup>ab</sup>
3. päivä	0,4	0,4	0,02	0,3	0,4
Haihtuneen typen osuus, %					
	40 <sup>bc</sup>	31 <sup>b</sup>	0,4 <sup>a</sup>	59 <sup>c</sup>	42 <sup>bc</sup>

<sup>a, b, c</sup> Saman rivin tulokset, joilla ei ole yhteistä kirjainta, eroavat merkittävästi 5 % riskitasolla.

Taulukko 3.6. Lannoituksen jälkeisen niiton kuiva-ainesato (t/ha), sadon typpi-pitoisuus (g/kg), typpisato (kg/ha), levityksen jälkeen ammoniakkinahaihtunut typpi (kg/ha) ja lannoitetyypin hyväksikäyttö (%) keskimäärin lannoitustavoittain ja koevuosittain sekä Jokioisten kaikkien niittojen typpisadoista laskettu lannoitus-aineiden liukoisen ja kokonaistypen kokonaishyväksikäyttöaste (%). H = haja-levitys, L = letkulevitys, S = sijoitus.

	Käsitlemätön			Ilmastettu			Separoitu			Väki-lannoite	Koevuosi		
	H	L	S	H	L	S	H	L	S		-95	-96	-97
<i>Ruukki</i>													
Sato	4,1	4,6	4,1	4,0	1)	1)	4,2	1)	1)	4,4	4,1 <sup>a</sup>	4,7 <sup>b</sup>	4,0 <sup>a</sup>
N-pit.	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	24 <sup>b</sup>	20 <sup>a</sup>	1)	1)	21 <sup>a</sup>	1)	1)	22 <sup>ab</sup>	16 <sup>a</sup>	24 <sup>b</sup>	23 <sup>b</sup>
N-sato	23 <sup>ab</sup>	30 <sup>ab</sup>	37 <sup>b</sup>	19 <sup>a</sup>	1)	1)	25 <sup>ab</sup>	1)	1)	34 <sup>ab</sup>	33	30	31
Haih. N	46	32	0,7 <sup>2)</sup>	60	1)	1)	43	1)	1)	3)	52 <sup>4)</sup>	38 <sup>4)</sup>	45 <sup>4)</sup>
Hyv.k.	22 <sup>a</sup>	31 <sup>ab</sup>	36 <sup>ab</sup>	21 <sup>a</sup>	1)	1)	26 <sup>a</sup>	1)	1)	42 <sup>b</sup>	37 <sup>a</sup>	31 <sup>a</sup>	21 <sup>b</sup>
<i>Jokioinen</i>													
Sato	2,8	2,7	2,6	2,8	2,8	2,8	2,9	3,0	2,6	3,5	1,5	3,9	3,1
N-pit.	16	16	20	16	17	21	17	17	20	19	19	16	19
N-sato	20	18	24	19	21	28	23	26	25	38	22	28	26
Haih. N <sup>5)</sup>	28	24	0,02	42	3)	3)	31	3)	3)	3)	48 <sup>4)</sup>	15 <sup>4)</sup>	6)
Hyv.k.	25	22	29	23	27	33	28	32	32	48	25	35	29
Kokonaishyväksikäyttöaste													
Liuk. N	31	29	40	33	33	52	37	40	41	50			
Kok. N	17	16	23	17	17	28	21	24	24	50			

<sup>a, b</sup> Saman rivin tulokset, joilla ei ole yhteistä kirjainta, eroavat merkitsevästi 5 % riskitasolla.

<sup>1)</sup> Koejäsen ei sisällynyt koejärjestelyyn

<sup>4)</sup> Pintalevitysten keskiarvo

<sup>2)</sup> Vuosien 1996 ja -97 keskiarvo

<sup>5)</sup> Vuosien 1995 ja -96 keskiarvo

<sup>3)</sup> Ei mitattu

<sup>6)</sup> Sade häiritsi mittauksia

Ruukissa nurmen lannoitustapa ei vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi satomäärään (taulukko 3.6). Koejäsenten väliset satoerot olivat suurimmillaan ensimmäisenä koevuonna, jolloin suurimman sadon tuottaneen letkulevityksen ja pienimmän sadon tuottaneen ilmastuksen välinen satoero oli yli 1000 kg/ha. Kuivuuden rasittamat kasvustot olivat kuitenkin niin epätasaisia, että mainittu satoero ei ollut tuolloinkaan tilastollisesti merkitsevä. Jokioisilla lietalan molemmat prosessointikäsittelety antoivat ensimmäisenä koevuonna käsitlemätöntä lantaa suuremmat sadot, mutta vain ilmastetun ja käsitlemättömän ero oli merkitsevä. Sijoitus puolestaan antoi tuolloin muita levitystekniikoita pienemmän sadon, mihin lienee vaikuttanut kuivuus ja lannan epätasaisen leviämisen aiheuttanut myöhempiä vuosia suurempi vannasväli (0,47 cm). Lietalan prosessointi ei vaikuttanut keskimmäisen koevuoden satoihin, mutta viimeisenä vuonna ilmastetun lannan sato oli käsitlemätöntä lantaa pienempi, ja separoidul-

la lannalla saatu sato näiden välillä. Todennäköinen syy tähän oli heti käsittelemättömän lannan levityksen jälkeen tullut 7 mm sadekuuro, joka tehosti käsittelemättömän lannan lannoitusvaikutusta enemmän kuin aiemmin samana päivänä levitettyjen ilmastetun ja separoidun lannan. Sijoitusvyvyyden lisääminen Jokioisilla lisäsi satoa hiukan, mutta satoero oli tilastollisesti merkitsevä vain vuonna 1996.

Ensimmäisen koevuoden kuivuus näytti Ruukissa vaikuttavan sadon määrän sijasta enemmän sen koostumukseen, sillä ensimmäisen vuoden nurmikasvustojen raakavalkuaispitoisuus (typpipitoisuus) jäi selvästi myöhempiä vuosia pienemmäksi (taulukko 3.6). Lietelannan sijoitus lisäsi kasvuston raakavalkuaispitoisuutta kaikkina koevuosina molemmilla koepaikoilla. Jokioisten kasvustojen raakavalkuaispitoisuus oli säännönmukaisesti kaikilla lannoitustavoilla matalampi kuin Ruukissa. Ero johtui ilmeisesti pääosin koekenttien erilaisesta maalajista ja lannassa nurmelle levitetyn liukoisen typen suuremmasta määrästä Ruukissa.

Lannoituksella saatu typpisadon määrä laskettiin niin, että koejäsenten näennäisestä typpisadosta vähennettiin lannoittamattoman koejäsenen typpisato. Lannoitetypen näennäinen hyväksikäyttöaste laskettiin jakamalla lannoituksella saatu typpisato lannoitukseen käytetyllä liukoisen typen määrällä. Lannoittamattomien ruutujen typpisato oli Ruukissa koevuosittain keskimäärin 35, 84 ja 71 kg/ha ja Jokioisilla 7, 32 ja 36 kg/ha. Koevuosien välinen ero johtunee ensimmäisen vuoden kuivasta säästä ja Ruukissa myös siitä, että ensimmäisenä vuonna koe sijaitsi hietamaalla, mutta kahtena viimeisenä vuonna saraturvemaalla. Koevuosien poikkeuksellisen lämpimät säät ilmeisesti lisäsivät turvemaasta mineralisoitunutta typpimäärää.

Levityksen jälkeen lietalannasta pellolla haihtuneen ammoniakkin määrän ja typen näennäisen hyväksikäyttöasteen keskinäinen riippuvuus ei ollut kovin kiinteä, mikä kaiketi osoitti sen, että nurmisadon määrää ei ensisijaisesti rajoittanut kasvien käytössä olleen typen määrä. Ruukissa, missä haihtuneen ammoniakkin määrä oli selvästi suurempi kuin Jokioisilla, typen hyväksikäyttöaste näytti kuitenkin olevan sitä korkeampi mitä pienemmäksi ammoniakkihävikki jäi. Käsittelemättömän lietalannan hajalevitykseen verrattuna letkulevitys ja sijoitus sekä separointi paransivat hiukan lannan typen näennäistä hyväksikäyttöastetta. Jokioisilla sijoitetun lannan typen näennäinen hyväksikäyttöaste oli muita levitystekniikoita korkeampi kahtena ensimmäisenä koevuotena. Kolmantena vuonna levityksen jälkeinen sade tehosti haja- ja letkulevitettyjen lantojen typen hyväksikäyttöä lukuun ottamatta käsittelemättömän lannan letkulevitystä, joka tehtiin vasta sateen jälkeen. Letkulevitys ei eronnut merkitsevästi hajalevityksestä yhtenäkin koevuonna. Väkilannoitetyppi oli hyväksikäyttöasteen osalta lietalannan liukoista tyyppiä parempi sekä Ruukissa että Jokioisilla lietalannan prosessoinnista ja levitystekniikasta riippumatta.

Jokioisilla kolmantena vuonna lietalannoituksen täydennykseksi annettu starttityppi (väkilannoitetyppiä 50 kg/ha) nosti satoa noin 1000 kg/ha (33 %),

kohotti sadon valkuaispitoisuutta noin prosenttiyksiköllä ja tehosti lietalannoituksen liukoisen typen näennäistä hyväksikäyttöastetta noin 9 prosenttiyksiköllä. Starttilannoitus kohotti myös kasvustojen kivennäispitoisuutta. Lietelannassa ja starttilannoitteessa toiselle sadolle annetun liukoisen typen kokonaismäärä oli keskimäärin 124 kg/ha.

Osa lietalannan tpestä tulee hitaasti kasvien käyttöön, jolloin typen hyväksikäytön määrittäminen edellyttää myös lannoituksen jälkivaikutuksen mittauksen. Ruukissa tätä vaikeuttivat koepaikan vaihtuminen ensimmäisen vuoden jälkeen ja toisen vuoden jälkeiset talvituhot. Jokioisilla jälkivaikutusta arvioitiin lannoitusta seuraavan vuoden ensimmäisen sadon perusteella. Ensimmäisenä koevuonna sijoittamalla lannoitettujen ruutujen kuiva-ainesato oli 6 %, typpisato 13 % ja sadon raakavalkuaispitoisuus 7 % suurempi kuin muilla levitystekniikoilla. Sijoitusruutujen jälkivaikutussato oli suurempi kuin 120 kg/ha tyypeä saaneiden väkilannoitusruutujen. Vastaavaa jälkivaikutusta ei kuitenkaan todettu enää kolmannen vuoden keväsadossa. Kasvukauden molemmat sadot yhteenlaskien ilmastetun lietalannan käyttö lisäsi kuiva-ainesatoa tutkimuksen aikana noin 3 % ja separoidun noin 4 % käsittelemättömään lantaan verrattuna. Levitystekniikoiden vaikutus kuiva-ainesadon määrään jäi vielä vähäisemmäksi, mutta lannan sijoitus lisäsi kuiva-ainesadon raakavalkuaispitoisuutta niin, että sijoittamalla saadun typpisadon määrä ja typen näennäinen hyväksikäyttöaste olivat korkeammat kuin haja- tai letkulevityksellä. Hajalevitykseen verrattuna typpisato nousi 9 % ja lannan liukoisen typen hyväksikäyttöaste 33 %. Korkein hyväksikäyttöaste saatiin ilmastetun lietalannan sijoittamisella.

Jokioisten koekentältä kokeen lopussa otettujen maanäytteiden liukoisen typen pitoisuudet olivat alhaiset lietalannassa ruuduille tulleen typen määrään nähden (taulukko 3.7). Lietelannan käyttö nurmen lannoituksessa ei näytä lisää-

*Taulukko 3.7. Maan ammonium- ja nitraattityppi (kg/ha) muokkauskerroksessa (0-30 cm) ja jankossa (30-60 cm) Jokioisilla 29.9.1997.*

		Käsittelemätön		Ilmastettu Hajalev.	Separoitu Hajalev.	Väkilann. N 80 kg/ha	Lannoitus- tamaton
		Hajalev.	Sijoitus				
0-30 cm	NH <sub>4</sub> -N	11,2	11,2	12,6	10,9	8,7	10,4
	NO <sub>3</sub> -N	2,3	2,1	2,8	3,3	2,5	1,7
	Yhteensä	13,5	13,3	15,4	14,2	11,2	12,1
30-60 cm	NH <sub>4</sub> -N	1,7	1,8	1,8	1,9	1,8	1,5
	NO <sub>3</sub> -N	0,2	0,1	0,4	0,4	0,2	0,2
	Yhteensä	1,9	1,9	2,2	2,3	2,0	1,7

vän nitraatin huuhtoutumisriskiä, koska lanta nosti pintamaan liukoisen typen määrää vain hiukan.

### *Nurmikasvuston ja siitä korjatun säilörehun koostumus ja laatu*

Lietelannoitettujen rehujen kivennäispitoisuus (=tuhkapitoisuus) oli molemmilla koepaikoilla keskimäärin korkeampi kuin väkilannoitetun rehun (taulukko 3.8). Ero johtui kaikesti siitä, että lietelannoitetut kasvustot saivat selvästi enemmän ravinteita. Rehujen kivennäispitoisuus oli ravinteiden pienemmästä käyttömäärästä huolimatta korkeampi Jokioisilla, mikä johtui koepaikkojen erilaisesta maalajista. Maalajin vaikutus näkyi selvästi rehujen kalium- ja natriumpitoisuuksissa. Jokioisten savimaalla lietelannoitusten suuret kaliummäärät eivät lisänneet lainkaan nurmikasvuston kaliumpitoisuutta. Ruukissa turvemaalla lietelannoitus sen sijaan kohotti selvästi kasvuston kaliumpitoisuutta. Samoin rehujen natriumpitoisuuksien ero selittyi koepaikkojen maalajieron perusteella. Lietelannoitusten myötä lisääntynyt kaliumlannoitus ja kasvuston kaliumpitoisuus laskivat rehujen natriumpitoisuutta Ruukissa. Lietelannoitettujen kasvustojen fosforipitoisuus oli molemmilla koepaikoilla lievästi korkeampi kuin väkilannoitetun kasvuston.

Lietelannan sijoitus kohotti selvästi ja ilmastetun lannan käyttö laski kasvuston ja säilörehun raakavalkuaispitoisuutta Ruukissa (taulukko 3.9). Lannoitustapa ei vaikuttanut muutoin kasvuston ja vastaavan säilörehun koostumukseen.

*Taulukko 3.8. Kasvuston keskimääräinen tuhka-, fosfori-, kalium- ja natriumpitoisuus (g/kg kuiva-ainetta) lannoitustavoittain ja koevuosittain. H = hajalevitys, L = letkulevitys, S = sijoitus.*

	Käsittelemätön			Ilmastettu			Separoitu			Väki- lannoite	Koevuosi		
	H	L	S	H	L	S	H	L	S		-95	-96	-97
<i>Ruukki</i>													
Tu.	75	74	81	74	1)	1)	71	1)	1)	61	62	79	77
P	3,00	2,94	2,82	2,87	1)	1)	2,82	1)	1)	2,75	2)	2,88	2,84
K	28,5 <sup>a</sup>	29,4 <sup>a</sup>	29,6 <sup>a</sup>	27,8 <sup>a</sup>	1)	1)	27,6 <sup>a</sup>	1)	1)	20,2 <sup>b</sup>	2)	29,0 <sup>a</sup>	25,4 <sup>b</sup>
Na	0,25 <sup>a</sup>	0,26 <sup>a</sup>	0,23 <sup>a</sup>	0,32 <sup>ab</sup>	1)	1)	0,29 <sup>a</sup>	1)	1)	0,48 <sup>b</sup>	2)	0,35 <sup>a</sup>	0,25 <sup>b</sup>
<i>Jokioinen</i>													
Tu.	108	108	107	105	108	105	107	110	108	104	2)	103	112
P	3,08	3,13	3,15	3,02	3,15	3,11	3,03	3,09	3,19	3,01	2)	2,89	3,30
K	28,5	28,3	30,7	27,5	29,1	30,5	29,5	29,8	31,8	31,0	2)	29,6	29,7
Na	0,08	0,09	0,09	0,10	0,09	0,09	0,11	0,11	0,12	0,10	2)	0,08	0,12

<sup>a, b</sup> Saman rivin tulokset, joilla ei ole yhteistä kirjainta, eroavat merkitsevästi 5 % riskitasolla.

<sup>1)</sup> Koejäsen ei sisällynyt koejärjestelyyn

<sup>2)</sup> Ei mitattu

Taulukko 3.9. Kasvuston ja nurmisäilörehun keskimääräinen kuiva-aine-, raaka-  
valkuais- ja raakakuitupitoisuus sekä sulavuus (in vitro) Ruukissa lannoitusta-  
voittain ja koevuosittain.

	Käsittelmätön			Ilmas- tettu	Sepa- roitu	Väki- lanta	Koevuodet		
	Haja	Letku	Sijoit.				-95	-96	-97
<i>Kasvusto</i>									
Kuiva-aine, g/kg	245 <sup>ab</sup>	250 <sup>ab</sup>	236 <sup>a</sup>	254 <sup>ab</sup>	251 <sup>ab</sup>	263 <sup>b</sup>	287 <sup>a</sup>	202 <sup>a</sup>	262 <sup>a</sup>
Kuiva-aineessa									
R.valk., g/kg	127 <sup>ab</sup>	126 <sup>ab</sup>	151 <sup>c</sup>	123 <sup>a</sup>	129 <sup>ab</sup>	139 <sup>b</sup>	100 <sup>a</sup>	152 <sup>b</sup>	146 <sup>b</sup>
R.kuitu, g/kg	284	288	286	292	291	288	269 <sup>a</sup>	307 <sup>b</sup>	287 <sup>c</sup>
D-arvo, %	66	66	66	66	65	66			
<i>Nurmisäilörehu</i>									
Kuiva-aine, g/kg	302 <sup>ab</sup>	296 <sup>a</sup>	285 <sup>a</sup>	301 <sup>ab</sup>	288 <sup>a</sup>	320 <sup>b</sup>	269 <sup>a</sup>	307 <sup>b</sup>	287 <sup>c</sup>
Kuiva-aineessa									
R.valk, g/kg	135 <sup>a</sup>	136 <sup>a</sup>	159 <sup>b</sup>	135 <sup>a</sup>	145 <sup>ab</sup>	152 <sup>b</sup>	101 <sup>a</sup>	171 <sup>b</sup>	159 <sup>c</sup>
R.kuitu, g/kg	281	284	274	282	283	281	276 <sup>a</sup>	291 <sup>b</sup>	277 <sup>a</sup>
D-arvo,%	67 <sup>a</sup>	67 <sup>a</sup>	66 <sup>b</sup>	67 <sup>a</sup>	67 <sup>a</sup>	67 <sup>a</sup>	69 <sup>a</sup>	67 <sup>b</sup>	64 <sup>c</sup>

<sup>a, b, c</sup> Saman rivin tulokset, joilla ei ole yhteistä kirjainta, eroavat merkitsevästi 5 % riskitasolla.

tai sulavuuteen. Ensimmäisen koevuoden kasvustot olivat kuivuuden takia kemialliselta koostumukseltaan epänormaaleja. Niiden kuiva-ainepitoisuus oli poikkeuksellisen korkea ja ne sisälsivät samanaikaisesti niukasti sekä raakavalkuaista että raakakuitua. Vaikka kasvustot korjattiin välittömästi niittomurskauksen jälkeen pyöröpaaleihin, rehujen kuiva-ainepitoisuus oli kasvuston kuivuuden takia suhteellisen korkea. Nurmen lannoitustapa näytti vaikuttavan säilörehun kuiva-ainepitoisuuteen niin, että lietalannoitettujen kasvustojen ja niistä korjattujen säilörehujen kuiva-ainepitoisuus jäi keskimäärin hivenen pienemmäksi kuin väkilannoitetun rehun. Tämä voi johtua siitä, että lietalannan tyyppi vaikuttaa väkilannoitetyypä hitaammin, jolloin korjuuhetkellä lietalannoitetut kasvustot olivat varhaisemmassa kasvuvaiheessa.

Varastoitujen rehujen raakavalkuaispitoisuus oli korkeampi ja raakakuitupitoisuus alempi kuin kasvustojen. Kasvusto- ja rehunäytteiden kemiallisen koostumuksen vertailua vaikeuttaa se, että niiden koostumus analysoitiin eri menetelmillä. Saattaa olla, että rehujen varastoinnin aikana niiden koostumuksessa tapahtuneet muutokset johtuivat lähinnä edellä mainitusta syystä.

Ensimmäisenä koevuonna säilöttyjen rehujen pH-arvot olivat keskimäärin korkeimpia ja viimeisenä vuonna säilöttyjen matalimpia (taulukko 3.10). Erot johtuivat siitä, että ensimmäisen koevuoden rehujen korkeampi kuiva-ainepitoisuus rajoitti voimakkaammin rehujen käymistä. Nurmen lannoitustapa ei vaikuttanut merkittävästi yksittäisenä koevuonna tai trendinomaisesti tutkimuksen aikana säilörehujen pH-arvoihin, jotka olivat rehun säilyvyyden kannalta riittävän matalia. Lietalannoitettujen rehujen voimakkaampi käyminen kulutti enemmän

Taulukko 3.10. Koerehujen säilönnällinen ja hygieeninen laatu sekä rehujen maittavuus Ruukissa.

	Käsittelemätön			Ilmas- tettu	Sepa- roitu	Väki- lannoite	Koevuodet		
	Haja	Letku	Sijoit.				-95	-96	-97
pH	4,12	4,25	4,27	4,13	4,31	4,25	4,47 <sup>a</sup>	4,23 <sup>b</sup>	3,98 <sup>c</sup>
Kuiva-aineessa, g/kg									
Sokerit	85 <sup>a</sup>	84 <sup>a</sup>	91 <sup>ab</sup>	87 <sup>a</sup>	81 <sup>a</sup>	111 <sup>b</sup>	87	93	-
Maitohappo	45	41	47	44	41	39	27 <sup>a</sup>	43 <sup>b</sup>	56 <sup>c</sup>
Etikkahappo	7	8	7	6	8	5	7 <sup>a</sup>	4 <sup>b</sup>	9 <sup>c</sup>
Liukoinen N, % kok. N:stä	46	48	46	45	46	47	48	50	51
Ammoniakki+amiinit, % liuk.N:stä	19	23	23	18	23	23	29	23	13
Voihappoitiöt, log CFU kpl/g	3,43	3,00	3,03	3,32	2,77	1,72	2,61 <sup>a</sup>	2,03 <sup>a</sup>	3,43 <sup>b</sup>
Maittavuus, kg ka/pv									
Ohra	1,50	1,52	1,51	1,51	1,51	1,51	0,80	1,80	1,85
Säilörehu	4,73	4,68	4,86	4,89	4,56	4,71	4,71	4,57	4,94

<sup>a, b, c</sup> Saman rivin tulokset, joilla ei ole yhteistä kirjainta, eroavat merkitsevästi 5 % riskitasolla.

sokereita kuin väkilannoitetun rehun käyminen. Lietelannoitetuissa rehuissa varastoinnin jälkeen jäljellä ollut sokerimäärä oli kuitenkin vielä riittävä estämään rehujen mahdollisen jälkikäymisten aiheuttaman laaturiskin.

Lietelannoitetut rehut sisälsivät keskimäärin runsaammin maito- ja etikkahappoa kuin väkilannoitettu rehu. Koerehujen etikkahappopitoisuus oli rehujen titraukseen perustuvan analysointitavan vuoksi tavanomaista merkittävämpi rehun säilönnällisen laadun mittari, koska rehuista titraamalla analysoitu etikkahappopitoisuus sisälsi samalla myös rehun muut haihtuvat rasvahapot, eli propioni- ja voihamon. Rehujen mahdollinen voihamonkäyminen näkyi rehuanalyysituloksissa siten kohonneena etikkahappopitoisuutena. Koska rehujen etikkahappopitoisuus ei juuri vaihdellut, voidaan päätellä, että erot rehujen voihamonkäymisen voimakkuudessa jäivät vähäisiksi. Koska koerehujen raakavalkuaisesta vain verrattain pieni osuus hajosi ammoniakiksi saakka, voidaan lisäksi olettaa, että voihamonkäymisen määrä kaikissa koerehuissa jäi suhteellisen vähäiseksi.

Lietelannoitetut rehut sisälsivät voihamonbakteereiden itiöitä keskimäärin enemmän kuin väkilannoitettu rehu, mutta ero ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä. Molemmat hajalevitystä edistyneemmät lietteen levitystavat vähensivät hiukan säilörehun voihamonpitoisuutta. Lietteen prosessointitavoista separointi vähensi selvästi ilmastusta tehokkaammin säilörehun voihamonpitoisuutta. Koerehujen voihamonpitoisuus täytti hyvälaatuisen säilörehun laatu-kriteerit kahtena ensimmäisenä koevuonna, jos hyvälaatuinen säilörehu saa si-



sältä voihappoitiöitä enintään 1000 kpl/g (Spörndly 1991). Samoin lähes kaikkien kolmantena koevuonna säilöttyjen rehupaalien laatu täytti hygieeniseltä laadultaan hyvän säilörehun laatuvaatimukset, mutta muutamista yksittäisistä paa-leista löytyneet suuret voihappoitiöpitoisuudet kohottivat rehujen voihappoitiöpitoisuuden keskimäärin hyvälaatuista rehua heikommaksi. Rehujen voihappoitiöpitoisuuden hajonta koko tutkimuksen ajan oli tosin niin suuri, että koekäsittelyjen välille syntyneet tuntuvatkaan erot eivät muodostuneet tilastollisesti merkitseviksi.

Säilörehunurmen eri lannoitustavat eivät vaikuttaneet vastaavan säilörehun maittavuuteen. Tulos oli odotettu, koska lannoitustavat eivät vaikuttaneet kovin poikkeavasti myöskään säilörehujen kemialliseen koostumukseen tai säilönnälliseen laatuun.

#### **3.1.1.4. Tulosten tarkastelu**

Säilörehunurmen ensimmäisen niiton jälkeinen lannoitustapa ja lietalannan prosessointi eivät oleellisesti vaikuttaneet toisen niiton kuiva-ainesadon määrään. Vuosittaiset satovaihtelut johtuivat säätekijöistä. Ruukissa kokeen siirtäminen hietamaalta saraturvemaalle vähensi entisestään koejäsenten välisiä satoeroja. Typpisatoihin ja lietalannan tynen hyväksikäyttöön koekäsittelyt vaikuttivat selvästi. Käsittelemättömän lietalannan tynen hyväksikäyttöasteet hajalevitystä, letkulevitystä ja sijoitusta käytettäessä olivat Ruukissa 52 %, 74 % ja 86 % ja Jokioisilla 52 %, 46 % ja 60 % väkilannoitetyn hyväksikäyttöasteesta. Sijoituksen paremmuus perustui kasvuston muita korkeampaan typpipitoisuuteen. Letkulevityksen hajalevitystä parempi tulos Ruukissa puolestaan johtui suuremmasta kuiva-ainesadosta. Ruukin tulokset vastaavat hyvin Kempin (1989) tuloksia, joiden mukaan hajalevittimellä lannoitettujen nurmikasvustojen tynen hyväksikäyttöaste oli keskimäärin 53 % ja sijoittamalla lannoitettujen 82 % väkilannoitetyn hyväksikäyttöasteesta. Sijoitetun lannan tynen parempi hyväksikäyttö perustui hänenkin tutkimuksessaan kasvuston korkeampaan typpipitoisuuteen.

Lietelannan sijoittaminen maahan hidastaa nurmen kasvun käynnistymistä (Kempainen 1989, Rees et al. 1993). Sijoittamalla lannoitetun kasvuston korkeampi typpipitoisuus olisi siten voinut aiheutua siitä, että kasvusto oli niittohetkellä kehitysasteeltaan nuorempi kuin muissa käsittelyissä. Viipymän aiheuttama mahdollinen kehitysaste-ero oli kuitenkin niin pieni, ettei se näkynyt kasvuston muita parempana sulavuutena.

Lietelannan sijoittaminen esti ammoniakkin haihtumisen lähes kokonaan, lisäksi typpisatoa ja tehosti lannan tynen hyväksikäyttöä, vaikka lanta sijoitettiin vain 8 cm syvyyteen. Aiemmissakin tutkimuksissa vastaavan sijoitusyvytyden on todettu lähes täysin estävän ammoniakkin haihtumisen (Frost 1994, Misselbrook et al. 1996). Suomessa lietalannan levitysmäärät ovat suhteellisen suuria, koska

levitys voidaan tehdä nurmelle käytännössä vain kerran kasvukauden aikana. Levitysmäärää voidaan lisätä tihentämällä sijoituslaitteen vannasväliä ja kasvatamalla sijoitusvyvyttä, mutta nämä toimenpiteet lisäävät mekaanisia kasvustovaurioita (Hall ja Ryden 1987). Lietelannan sijoittaminen maahan voi vaurioittaa kasvien juuria myös kemiallisesti (Tunney ja Molley 1986), ja lannan orgaanisten yhdisteiden hajoaminen voi aiheuttaa juurille haitallista hapenpuutetta (McAllister 1977, Prins ja Snijders 1987). Mahdolliset kemialliset kasvustovauriot jäivät Ruukin ja Jokioisten kokeissa kuitenkin niin vähäisiksi, ettei niitä voitu havaita kasvuston ulkonäön perusteella. Mekaanisia kasvustovaurioita sijoitus aiheutti varsinkin turvemaalla, jossa tavanomaista tiheimmästä 30 cm vannasvälistä johtuen sijoituslaite pyrki siirtämään vantaiden väliin jääneen maakais-taleen paikaltaan. Mekaaniset kasvustovauriot saattoivat aiheuttaa sen, että sijoitus ei juurikaan lisännyt nurmisadon määrää, vaikka se vähensi ratkaisevasti ammo-niakkin haihtumista. Haihtumiselta säästyneen typen aiheuttamaa sadonlisäystä pienensi erityisesti Ruukissa todennäköisesti myös maasta mineralisoitunut suuri typpimäärä.

Ammoniakkin haihtumista estämällä sijoitus vähensi nurmen lietalannoituksen aiheuttamaa välitöntä ympäristökuormitusta. Lannoitusta seuraavassa niitossa sijoittamalla saatu typpisadon lisäys lannoittamattomaan kasvustoon verrattuna sisälsi kuitenkin vain noin kolmasosan sijoitetun lannan liukoisesta tyypestä, ja jälkivaikutus levitystä seuraavan vuoden ensimmäisen niiton typpisadossa oli keskimäärin vain joitakin kiloja hehtaaria kohti. Typen hyväksikäyttöä ovat voineet vähentää typen sitoutuminen maan orgaaniseen ainekseen sekä nitrifikaatiossa ja denitrifikaatiossa syntynyt hävikki, jotka vähentävät kaikkien maahan lisättyjen lannoitteiden typen käyttökelpoisuutta. Paulin et al. (1993) inkubointikokeissa ja Rubækin et al. (1996) kentäkokeessa nitrifikaatiossa ja denitrifikaatiossa haihtui suurimmillaankin vain 2 % lannan ammoniumtypestä, mutta Thompsonin et al. (1987) kentäkokeessa keväällä sijoitetun naudun lietalannan ammoniumtypestä 16 % menetettiin kesän aikana denitrifikaation kautta. Typpipäästöjen osalta näyttää siis siltä, että lannan sijoittaminen vähentää ammoniakkipäästöjä huomattavasti, mutta mahdollisesti lisää nitrifikaatiossa ja denitrifikaatiossa syntyviä typpioksiduulipäästöjä jonkin verran.

Lietelannan käytöllä oli vain vähäinen vaikutus Jokioisilla mitattuun maan liukoisen typen määrään. Nitraatin huuhtoutumisriski ei ilmeisesti kasvanut kokeen aikana, jolloin koekenttä oli koko ajan nurmena. Nurmen kyntäminen voi kuitenkin lisätä nitraattihuuhtoutumia, koska kyntö nopeuttaa orgaanisen aineksen hajoamista ja orgaaniseen ainekseen kertyneen typen vapautumista liukoiseen muotoon varsinkin apilapitoisilla nurmilla. Jos kyntö tehdään aikaisin syksyllä, maahan voi kertyä merkittävä määrä liukoista tyypeä, joka on alttiina huuhtoutumiselle syksyn sateissa (Francis et al. 1992). Nurmen kyntö olisikin tehtävä mahdollisimman myöhään syksyllä, jotta ennen talvea tapahtuva orgaanisen aineksen hajoaminen jäisi vähäiseksi.

Lietelannan letkulevitys tuotti keskimäärin suurimman sadon. Satoero ei lietelannan muihin levitystapoihin verrattuna ollut kuitenkaan tilastollisesti merkitsevä. Samaan tulokseen on päädytty myös muissa vastaavissa tutkimuksissa (Rodhe et al. 1988, Morken 1992, Elmqvist 1996). Letkulevityksellä saatu sadonlisä aiheutui mahdollisesti siitä, että letkulevitys vähensi ammoniakkin haihtumista hajalevitykseen verrattuna, mutta ei aiheuttanut kasvustovaurioita. Ammoniakin haihtumista ehkäisevä vaikutus perustuu siihen, että letkulevitys vähentää levitetyn lannan pinta-alaa. Lisäksi levitysvanan sisäosaan jäävä ammoniakki ei ole altis haihtumiselle (Frost 1994). Letkulevityksellä on voitu hajalevitykseen verrattuna vähentää ammoniakkin haihtumista noin 40 % (Frost 1994). Letkulevitetyn lannan ravinteet jakautuivat myös todennäköisesti hajalevitystä tasaisemmin levittimen koko työlevydelle, mutta pienemmässä mittakaavassa tarkasteltuna keskittyivät lantanauhoihin. Thyselius (1986) totesi, että nurmelle letkulevitetyn lietelannan tyyppikäyttö on yleensä tehokkaampaa kuin hajalevitetyn. Letkulevittimen letkujen välisen etäisyyden tulee kuitenkin olla alle 50 cm.

Lietelantalaji ei tutkimuksessa vaikuttanut oleellisesti nurmisadon määrään. Lietelannan ilmastus näytti kuitenkin mieluummin vähentävän ja separointi puolestaan lisäävän nurmisatoa. Muutosten suunta oli odotettu. Ilmastetun lietelannan pienempi sato johtui todennäköisesti siitä, että sen typpilannoitusvaikutusta vähensi Ruukissa muita lantoja pienempi tyyppien levitysmäärä ja molemmilla koepaikoilla ilmastetun lannan suurin ammoniakkihävikki. Aiemmissä kokeissa ilmastuksen on kuitenkin myös havaittu lisäävän satoa. Syynä voi olla ilmastuksen aiheuttama lannan orgaanisten yhdisteiden hajoamisen nopeutuminen maassa (Tveitnes ja Håland 1989). Ilmastus saattaa myös hajottaa lannassa olevia kasvien juurille haitallisia kemiallisia yhdisteitä. Lisäksi lietelannan muuttuminen juoksevammaksi edistää lannan imeytymistä maahan. Ilmeisesti ilmastetun lietelannan käyttö kuitenkin yleensä vähentää nurmisadon määrää, sillä Vetterin et al. (1987) tekemässä laajassa yhteenvedossa tutkimuksista, joissa verrattiin keskenään ilmastetun ja käsittelemättömän lietelannan käyttöä nurmen lannoituksessa; ilmastettu liete tuotti suuremman nurmisadon vain 14 tutkimuksessa, kun yhteenvedossa oli mukana kaikkiaan 34 lannoituskoetta.

Lietelannan separoinnin satoa lisäävä vaikutus perustuu välillisesti lannan orgaanisen aineksen määrän vähentymiseen, mikä tekee lannasta juoksevampaa. Kasvustovauriot ja ammoniakkin haihtumisriski pienenevät (Vetter et al. 1987), koska lannan tarttuminen kasvustoon vähenee ja imeytyminen maahan nopeutuu (Frost et al. 1990). Morkenin (1992) tutkimuksessa nurmen pinnalle levitetystä ilmastetusta lietelannasta haihtui yli kaksi kertaa suurempi typpimäärä kuin separoidusta lannasta. Samaan tulokseen päätyivät myös Long ja Gracey (1990) tekemässään tutkimuksessa. Yhtenevästi saamiemme tulosten kanssa lietelannan separointi lisäsi myös heidän tutkimuksessaan nurmisadon määrää, mutta ero käsittelemättömällä lietelannalla saatuun satoon ei ollut tilastollisesti mer-

kitsevä. Orgaaniseen ainekseen sitoutuneen typen väheneminen separoinnissa selittää sitä, että separoidun lannan nestefraktio oli typen hyväksikäyttöasteen osalta paras lantalaji, kun lannat haja- tai letkulevitettiin. Nestefraktiosta pois jäänyt typpi on kiintoaineessa, jonka käytöstä riippuu, miten hyvin lannan typpi kokonaisuudessaan tulee käytetyksi.

Starttilannoitus eli lietelannan täydentäminen väkilannoitetyypellä lisäsi satoa ja nosti typpilannoituksen hyväksikäyttöastetta tuntuvasti, vaikka lannoitetyypen kokonaisuus nousi. Tämä johtuu siitä, että väkilannoitetyypen hyväksikäyttöaste on korkeampi kuin lietelannan typen. Käytännössä väkilannoite yleensä korvaa osan lietelannan tyypestä, jolloin myös lannan pienempi käyttömäärä voi osaltaan tehostaa typen hyväksikäyttöä. Lietelannan typen täydentäminen väkilannoitetyypellä voi olla tarpeen myös siksi, että lietelannan fosforipitoisuus rajoittaa levitysmäärää ympäristötuen ehtoja noudatettaessa.

Kaikki lietelannoitustavat kohottivat väkilannoitukseen verrattuna kasvuston kivennäispitoisuutta, mikä todennäköisesti johtui lietelannoitettujen kasvustojen runsaammasta lannoituksesta. Rehujen ruokinnallisen laadun kannalta oleellisinta oli lietelannoitettujen kasvustojen kaliumpitoisuuden nousu. Runsaasti kasvien kaliumtarpeen ylittävästä lannoituksesta huolimatta kaliumpitoisuus ei kuitenkaan kohonnut haitallisen korkeaksi.

Tuoreen säilörehun säilyminen perustuu rehun hapettomassa tilassa tapahtuvaan käymiseen. Rehun esikuivaus vähentää käymisen suhteellista merkitystä rehun säilönnässä, koska esikuivatun rehun säilyvyys perustuu osaltaan rehun kohonneeseen kuiva-ainepitoisuuteen. Pyöröpaaleissa säilötty rehu tulisi rehun säilönnällisen laadun turvaamiseksi aina esikuivata ennen säilöntää, koska rehun käyminen paalissa jää rehupaalin pienemmän tiheyden takia vähäisemmäksi kuin kiinteässä siilossa varastoidun rehun (McDonald et al. 1991). Rehujen pilaantumisriskiä yritettiin lisätä korjaamalla koerehut ilman esikuivausta, mutta siinä ei kuitenkaan täysin onnistuttu, koska kasvustot olivat melko kuivia jo ennen niittoa.

Säilörehunurmen lietelannoitus ei vaikuttanut erityisen haitallisesti säilörehun säilönnälliseen laatuun. Vastaavaan tulokseen ovat päätyneet mm. Hahasyn et al. (1993), Rammer et al. (1994 ja 1996), Anderson ja Christie (1995) ja O'Kiely et al. (1997).

Lietelannan levittäminen kasvustoon lisää voihappobakteereiden itiöiden pitoisuutta kasvustossa lähinnä tilapäisesti (Östling ja Lindgren 1991), eikä säilörehuasteella oleva nurmik kasvusto yleensä enää sisällä runsaasti voihappoitiöitä (Pedersen ja Guttormsen 1975, Seale et al. 1986, Östling ja Lindgren 1991, Davies et al. 1996). Koska tässä tutkimuksessa lietelanta levitettiin lisäksi kasvuston sijasta sängelle, voidaan perustellusti olettaa säilörehuista löytyneiden voihappoitiöiden olleen peräisin joko peltomaasta tai pellon pinnalla olleista lantajäämistä. Väkilannoitetusta säilörehuista löytyneet voihappoitiöt edustivat multakontaminaation osuutta. Sen suhteellista osuutta kaikissa rehuissa lisäsi

turvemaasta korjuun yhteydessä irronnut hienojakoinen maa-aines. Turvemaan pölyäminen oli nimittäin poikkeuksellisen runsasta, koska koevuosien loppukeksä oli aina suorastaan helteinen. Lietelannoitettujen rehujen voihappotiöpitaisuutta lisäsivät rehuihin lantajäämien mukana joutuneet voihappotiöt. Maakontaminaatio saattoi lisätä erityisesti sijoittamalla lannoitettujen rehujen voihappotiöpitaisuutta, koska sijoituslaite nosti ajoittain multaa pellon pinnalle.

Nurmen pinnalle lannoituksen yhteydessä jäävän lannan kiintoaineen mikrobipitoisuus ei välttämättä oleellisesti vähene lainkaan lannoituksen ja sadonkorjuun välisenä aikana, vaikka mikrobit ovat tuon ajan alttiina auringon säteilylle ja sateelle (Rammer ja Lingvall 1996). Edellä esitetyn perusteella on ilmeistä, että nurmen pinnalle levitettävän lietteen kiintoaineen vähentäminen pienentää lietalannoituksen aiheuttamaa hygieniariskiä, mikä näkyi myös koetuloksissa niin, että separoidulla lannalla lannoitetuista kasvustoista korjattu säilörehu sisälsi muita vähemmän voihappotiöitä.

Lietelannoitettujen säilörehujen suuri voihappotiöpitaisuuden hajonta osoitti, että lantajäämät siirtyivät rehuihin satunnaisesti lannoitustavasta riippumatta. Rehuun asti pelloilta kulkeutuneet voihappotiöt heikentävät aina rehun hygieenistä laatua, mutta vasta niiden voimakas lisääntyminen rehussa johtaa voihappokäymisen kautta rehun pilaantumiseen. Säilörehuista yleisimmin löytyvät voihappobakteeri-itiöt ovat *Clostridium tyrobutyricum*-lajin itiöitä, joiden saastuttama maito ei sovellu emmentaljuuston raaka-aineeksi. Siten nurmen lietalannoituksesta aiheutuva hygieniariski on suurin, jos säilörehu käytetään lypsylehmien ruokinnassa. Säilörehuun asti päässeitä itiöitä ei voida tuhota rehusta säilöntäteknisin keinoin, vaan rehun säilönnän ensisijainen tehtävä on estää voihappobakteereiden lisääntyminen, sillä lantajäämien sisältämät muut epäpuhtaudet eivät pysty pilamaan säilörehua (Rammer ja Lingvall 1996).

Nurmikasvuston nitraattipitoisuuden ja typpilannoituksen määrän välillä on yleensä positiivinen korrelaatio (Weissbach et al. 1993). Säilörehun nitraattipitoisuuden ja voihappopitoisuuden korrelaatio on puolestaan negatiivinen (Spoelstra 1983), koska säilörehuun muodostuvat nitraatin hajoamistuotteet voivat estää voihappobakteereiden lisääntymisen. Jos säilörehunurmen typpilannoitusmäärä on pieni tai lannoitukseen käytetystä tyypestä hukkaantuu suuri osa, rehun nitraattipitoisuus jää matalaksi ja voihappokäymisen riski kasvaa. Siten ammoniakkin haihtuminen nurmelle levitetystä lietalannasta voi vaikuttaa epäsuorasti kasvuston kemiallisen koostumuksen kautta vastaavan säilörehun säilönnälliseen ja hygieeniseen laatuun. Koerehuista ei määritetty nitraattipitoisuutta, mutta lietalannoitettujen rehujen typpipitoisuuden perusteella voisi olettaa, että sijoittamalla lannoitettu rehu sisälsi muita runsaammin nitraattia. Edellä mainitun rehun säilönnällinen ja hygieeninen laatu eivät kuitenkaan mainittavasti poikenneet muista rehuista. Käytännössä lieneekin niin, että lietalannoitetusta kasvustosta korjatun säilörehun laadun ratkaisee ensisijaisesti korjuu- ja säilöntätöyön huolellisuus.

## Kirjallisuus

- Anderson, R. & Christie, P. 1995. Effect of long-term application of animal slurries to grassland on silage quality assessed in laboratory silos. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 67: 205-213.
- Davies, D.R., Merry, R.J., & Bakewell, E.L. 1996. The effect of timing of slurry application on the microflora of grass, and changes occurring during silage fermentation. *Grass and Forage Science* 51: 42-51.
- Elmqvist, H., Malgeryd, J., Malm, P. & Rammer, C. 1996. Flytgödsel till vall. Ammoniakförluster, avkastning, växtnäringutnyttjande och foderkvalitet. [Slurry application on ley. Ammonia emissions, yield, plant nutrient utilization and fodder quality]. Swedish Institute of Agricultural Engineering. Report 220. Uppsala. 87 s.
- Francis, G.S., Haynes, R.J., Sparling, G.P., Ross, D.J. & Williams, P.H. 1992. Nitrogen mineralization, nitrate leaching and crop growth following cultivation of a temporary leguminous pasture in autumn and winter. *Fertilizer Research* 33: 59-70.
- Frost, J.P., Stevens, R.J., & Laughlin, R.J. 1990. Effect of separation and acidification of cattle slurry on ammonia volatilization and on the efficiency of slurry nitrogen for herbage production. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 115: 49-56.
- Frost, J.P. 1994. Effect of spreading method, application rate and dilution on ammonia volatilization from cattle slurry. *Grass and Forage Science* 49: 391-400.
- Hahasy, T., Carton, O.T., O'Kiely, P. & Lenehan, J.J. 1993. The effect of spreading disinfected cattle slurry on the dry matter yield and ensilability of grass for silage. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 32: 98.
- Hall, J.E. & Ryden, J.C. 1987. Current UK research into ammonia losses from sludges and slurries. In: Meer van der, H.G. et al. (eds.). *Animal manure on grassland and fodder crops. Proceedings of an international symposium of the European grassland federation, Wageningen.* pp. 180-192.
- Kemppainen, E. 1989. Nutrient content and fertilizer value of livestock manure with special reference to cow manure. *Annales Agriculturae Fenniae* 28: 163-284.
- Leinonen, P. 1993. Lietelannan ilmastus ja käyttö nurmen lannoitteena. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 472. Helsinki. 70 s.
- Long, F.N.J. & Gracey, H.I. 1990. Effect of fertilizer nitrogen source and cattle slurry on herbage production and nitrogen utilization. *Grass and Forage Science* 45: 431-442.
- Misselbrook, T.H., Laws, J.A. & Pain, B.F. 1996. Surface application and shallow injection of cattle slurry on grassland: nitrogen losses, herbage yields and nitrogen recoveries. *Grass and Forage Science* 51: 270-277.

- McAllister, J. S. V. 1977. Spreading slurry on land. *Soil Science* 123: 338-343.
- McDonald, P., Henderson, A.R. & Heron, S.J.E. 1991. *Biochemistry of silage*. Marlow, Chalcombe Publications.
- Morken, J. 1992. Ammoniaktap etter tilføring av husdyrgjødsel i eng - Invirkning av tilføringsteknikk og gjødseltype. [Ammonia losses after application of slurry to grassland. The effect of application techniques and type of slurry.] *Norsk lantbruksforskning* 6: 315-329.
- O'Kiely, P., Carton, O.T., Stevens, R.J. & Lenehan, J.J. 1997. First-cut grass and silage composition following the application of acidified slurry to grassland. Abstracts: Agricultural Research Forum. *Irish Journal of Agricultural food research* 36: 1.
- O'Kiely, P., Carton, O.T. & Lenehan, J.J. 1993. Effects of time, method and rate of cattle slurry application to grass grown for first-cut silage. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 32: 100-101.
- Paul, J. W., Beauchamp, E. G. & Zhang, X. 1993. Nitrous and nitric oxide emissions during nitrification and denitrification from manure-amended soil in the laboratory. *Canadian Journal of Soil Science* 73: 539-553.
- Pedersen, T.A. & Guttormsen, D.M. 1975. The microflora on newly cut grass after addition of liquid manure. *Acta Agriculturae Scandinavia* 25: 337-345.
- Prins, W.H. & Snijders, P.M.J. 1987. Negative effects of animal manure due to surface spreading and injection. Animal manure on grassland and fodder crops, fertilizer or waste? Dordrecht. p. 119-135.
- Rammer, C., Östling, C., Lingvall, P. & Lindgren, S. 1994. Ensiling of manured crops - effects on fermentation. *Grass and Forage Science*. 49: 343-351.
- Rammer, C., & Lingvall, P. 1996. Influence of farmyard manure on the quality of grass silage. Proceedings of the 10th International Conference on Silage Research, Dublin, Ireland.
- Rammer, C., Lingvall, P & Salomon, E. 1996. Ensiling of manured crops - Does repeated spreading of slurry increase the hygienic risk?. XI Int. Silage Conf. Sept. 1996. Aberystwyth, Wales, UK.
- Rees, Y.J., Pain, B.F., Phillips, V.R. & Misselbrook, T.H. 1993. The influence of surface and sub-surface application methods for pig slurry on herbage yields and nitrogen recovery. *Grass and Forage Science* 48: 38-44.
- Rodhe, L., Thyselius, L., Steinbeck, S., Rammer, C., Engdahl, L. & Jonsson, A. 1988. Spridning av flytgödsel till vall. [Spreading of slurry to ley ]. Swedish Institute of Agricultural Engineering. Report 93. Uppsala. 66 p.
- Rubæk, G. H., Henriksen, K., Petersen, J., Rasmussen, B. & Sommer, S. G. 1996. Effects of application technique and anaerobic digestion on gaseous nitrogen loss from animal slurry applied to ryegrass (*Lolium perenne*). *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 126: 481-492.

- Seale, D.R., Henderson, A.R., Petterson, K.O & Lowe, J.F. 1986. The effect of addition of sugar and inoculation with two commercial inoculants on the fermentation of lucerne silage in laboratory silos. *Grass and Forage Science* 41: 61-70.
- Spoelstra, S.F. 1983. Inhibition of clostridial growth by nitrate during the early phase of silage fermentation. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 34: 145-152.
- Spörndly, R. 1991. Fodertabeller för idisslare. Sveriges lantbruksuniversitet. Speciella skrifter 44. Uppsala. 86 p.
- Svensson, L. 1994. A new dynamic chamber technique for measuring ammonia emissions from land-spread manure and fertilizers. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B, Soil and Plant Science* 44: 35-46.
- Thompson, R.B, Ryden, J.C. & Lockyer, D.R. 1987. Fate of nitrogen in cattle slurry following surface application or injection to grassland. *Journal of Soil Science* 38: 689-700.
- Thyselius, L. 1986. Spreading of slurry on ley. In: DamKofoed, A. et al. (eds.). *Efficient land use of sludge and manure. Commission of the European Communities. Elsevier Applied Science Publishers.* pp. 117- 123.
- Tunney, H. & Molley, S.P. 1986. Comparison of grass production with soil injected and surface spread cattle slurry. In: *Efficient Land Use of Sludge and Manure.* London. p. 90-98.
- Tveitnes, S. & Håland, Å. 1989. Gjødselverknaden av våtkompostert og ubehandlat blautgjødsel. [The effect of wet composted and untreated cattle slurry on grassland.] *Norsk landbruksforskning* 3: 211-216.
- Viljavuuspalvelu 1997. Viljavuustutkimuksen tulkinta peltoviljelyssä. Viljavuuspalvelu Oy, Mikkeli. 31 s.
- Vetter, H., Steffens, G. & Schröpel, R. 1987. The influence of different processing methods for slurry upon its fertilizer value on grassland. In: *Proceedings of International Symposium of the European Grassland Federation, Wageningen, The Netherlands. Martinius Nijhoff Publishers.* pp.87-102.
- Weissbach, F., Honig, H & Ehrengard, K. 1993. The effect of nitrite in silage fermentation. *Proceedings of the 10th International Conference on Silage Research, Dublin, Ireland.* p. 122-123.
- Östling, C.E. & Lindgren, S.E. 1991. Bacteria in manure and on manured and NPK-fertilised silage crops. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 55: 579-588.
- Östling, C.E. 1993. The role of manure and enterobacteria in silage fermentation. Institutionen för mikrobiologi. Dissertation. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Microbiology. Uppsala Genetikcentrum. Rapport 56.



## **3.1.2. Kevytrakenteisen lietelannan sijoituslaitteen säätöjen optimointi**

Petri Kapuinen

### **3.1.2.1. Johdanto**

Pohjoismaissa kasvukausi on lyhyt ja karjatilojen pelloista vain pieni osa, lähinnä nurmen perustamisvuonna, tulee kasvamaan viljaa ja on siten soveltuvaa perinteiseen nurmen perustamisen yhteydessä tehtävään lannanlevitykseen. Pintalevitystekniikoiden ja kevätlevityksen ongelmien ratkaisuksi on tarjolla lannan sijoittaminen nurmeen ensimmäisen niiton jälkeen. Perinteisessä pohjoismaisessa sijoitustekniikassa on kuitenkin vakavia puutteita. Näiden puutteiden vaikutusten välttämiseksi tämän tutkimuksen kenttäkokeissa käytettiin kansainvälisestä kirjallisuudesta ja omista kenttätesteistä saatujen tietojen perusteella suunniteltua ja rakennettua sijoituslaitetta (Kapuinen 1996).

Tutkimuksen tavoitteena oli kaupallisten sijoituslaitteiden rakenneratkaisujen pohjaksi selvittää kehitetyn sijoituslaitteen paras vannasväli, sijoitusvantaan paras työsyvyys ja sen siiven leveys sekä vantaan vetovastus ja levitettävissä oleva lantamäärä, kun sijoitetaan tyypillistä lypsykarjan lietelantaa kasvavaan nurmeen.

### **3.1.2.2. Aineisto ja menetelmät**

Väkilannoitteen- ja lietelannansijoituskokeet perustettiin 1995 hiesusavella kasvavalle timoteinurmelle Länsi-Uusimaalle Vihtiin. Vuonna 1995 nurmi sai ensimmäiselle sadolle, joka korjattiin mutta ei mitattu, 110 kg/ha typpeä, 22 kg/ha fosforia ja 44 kg/ha kaliumia. Väkilannoitteen sijoituskoekenttään levitettiin toista satoa varten 80 kg/ha typpeä, 22 kg/ha fosforia ja 44 kg/ha kaliumia. Sijoituskoejäsenen väkilannoite ja lietelanta sijoitettiin suunnitellulla sijoituslaitteella. Lietelannan sijoituskokeessa levitetyn lietelannan määrä riippui sijoitusvantaan siiven leveydestä, työsyvyydestä ja sijoitusvantaan välisestä etäisyydestä (taulukko 3.11). Lietelannan kuiva-ainepitoisuus oli 7,50 - 7,55 % ja sen liukoisen typen pitoisuus 1,9-2,1 %. Kummassakin kenttäkokeessa oli lisäksi tyypilannoitusportaat (taulukko 3.12 ja 3.13), jotka lannoitettiin pintaan samalla seoslannoitteella.

Sijoituslaitteen työleveys oli 3,0 m käsittäen koejäsenestä riippuen 6 tai 10 vannasta. Kenttäkokeissa oli mukana yhdeksän erilaista sijoitusvannasta ja kaksi erilaista sijoitusvantaan väliä. Sijoitusvantaan väli oli 0,30 tai 0,50 m. Käytetyt työsyvyydet olivat 60, 80 ja 100 mm. Sijoitusvantaan leveyden suhde

*Taulukko 3.11. Sijoitetut liete- ja liukoisen typen määrät erilaisia vannastyyppejä ja vannasvälejä käytettäessä vuosina 1995 ja 1996.*

Vannastyyppi, vv(m)/ ts(mm)/ vl(mm)	1995		1996	
	Lantamäärä, t/ha	Liukoisen typen määrä, kg/ha	Lantamäärä, t/ha	Liukoi- sen typen määrä, kg/ha
0,3/60/15	24	50	22	43
0,3/60/30	27	56	32	62
0,3/60/60	35	73	28	55
0,3/80/20	30	64	25	49
0,3/80/40	50	106	28	55
0,3/80/80	50	106	41	80
0,3/100/25	35	73	28	54
0,3/100/50	50	106	41	80
0,3/100/100	57	120	53	103
0,5/60/15	21	44	17	32
0,5/60/30	24	50	22	43
0,5/60/60	30	64	25	49
0,5/80/20	24	50	22	43
0,5/80/40	27	56	32	62
0,5/80/80	39	82	36	71
0,5/100/25	30	64	25	49
0,5/100/50	27	56	28	54
0,5/100/100	50	106	41	80

vv = vannasväli, m

ts = työsyvyys, mm

vl = vantaan siiven leveys, mm

työsyvyyteen kussakin näissä työsyvyyksissä oli 0,25, 0,50 tai 1,00. Kerranteita oli neljä. Kullakin vannastyypillä ja -välillä levitettävissä oleva lantamäärä testattiin koekenttien läheisyydessä. Levitysmäärät säädettiin portaittain vastaten traktorin vaihteiden ajonopeuksia. Lantamäärän katsottiin olevan sopiva, kun 15-20 % lannasta jäi pellon pinnalle. Toisen niiton kuiva-ainesato ja sadon kuiva-ainepitoisuus mitattiin.

Toisena koevuotena nurmi lannoitettiin ensimmäistä satoa varten käyttäen ainoastaan 60 kg/ha typpeä, jotta vuoden 1995 käsittelyiden jälkivaikutukset tulivat paremmin esiin. Ensimmäinen kuiva-ainesato ja sadon kuiva-ainepitoisuus mitattiin. Ensimmäisen niiton jälkeen vuoden 1995 käsittelyt toistettiin väkilannoitteen ja lietelannan sijoituskoe kentällä. Lietelannan sijoituskokeessa lantamäärää jouduttiin kuitenkin vähentämään edellisvuotisesta maan suuremman kosteuspitoisuuden takia (taulukko 3.11). Väkilannoitteen sijoituskokeen sijoituskäsittelyt

Taulukko 3.12. Kuiva-ainesadot ja sadon kuiva-ainepitoisuudet lietalannan sijoituskokeessa.

Vannastyyppi, vv(m)/ ts(mm)/ vl(mm)	Toinen niitto				Ensimmäinen niitto (jälkivaikutukset)	
	1995		1996		1996	
	Kuiva- ainesato, kg/ha	Kuiva- ainepi- toisuus, %	Kuiva- ainesato, kg/ha	Kuiva ainepi- toisuus, %	Kuiva- ainesato, kg/ha	Kuiva- ainepi- toisuus, %
0,3/60/15	138	22,3	984	28,0	4151	20,7
0,3/60/30	75	22,7	1474	26,7	3563	18,2
0,3/60/60	119	20,7	1308	27,4	3918	17,9
0,3/80/20	247	22,4	1248	25,2	4594	20,5
0,3/80/40	205	21,1	1657	26,9	4719	20,3
0,3/80/80	295	20,5	1906	26,4	4994	20,6
0,3/100/25	122	19,6	1773	27,4	5105	20,9
0,3/100/50	239	19,0	2143	26,7	5564	21,0
0,3/100/100	213	19,8	2277	24,4	5494	19,3
0,5/60/15	20	25,5	1180	23,2	3815	21,3
0,5/60/30	30	23,9	1400	25,6	3957	20,5
0,5/60/60	43	24,1	1224	25,6	4087	21,5
0,5/80/20	77	22,5	1010	26,3	4607	22,9
0,5/80/40	103	22,2	1437	24,9	3639	17,7
0,5/80/80	126	22,5	1593	26,2	4622	20,2
0,5/100/25	113	21,4	1545	27,8	4449	20,9
0,5/100/50	139	23,3	1649	27,1	5440	23,2
0,5/100/100	162	20,8	2027	26,2	4794	18,8
0 kg N/ha	16	26,6	1239	20,7	4503	23,3
40 kg N/ha	52	29,8	1446	23,4	4470	23,0
80 kg N/ha	312	21,8	1927	26,4	5128	21,7
120 kg N/ha	643	18,5	2519	28,5	5239	21,3

vv = vannasväli, m

ts = työsyvyys, mm

vl = vantaan siiven leveys, mm

ja pinalannoituskäsittely sai 80 kg/ha typpeä, 16 kg/ha fosforia ja 32 kg/ha kaliumia. Samaa lannoiteseosta käytettiin myös lietalannan sijoituskokeen typpi-lannoitusportaissa (taulukko 3.12). Toisen niiton kuiva-ainesadot ja sadon kuiva-ainepitoisuudet mitattiin kuten edellisenäkin vuotena.

Kaikkien yhdeksän kenttäkokeissa käytetyn vannastyypin ja vastaavan teroitettun version vetovastukset mitattiin koekenttien kanssa samalla peltolohkolla. Yksi sijoitusvantaan vannasyksiköistä kytkettiin erityiseen vetorunkoon. Mitat-

*Taulukko 3.13. Kuiva-ainesadot ja sadon kuiva-ainepitoisuudet väkilannoitteen sijoituskokeessa.*

Vannastyyppi, vv(m)/ts(mm) / vl(mm)	Toinen niitto				Ensimmäinen niitto (jälkivaikutukset)	
	1995		1996		1996	
	Kuiva- ainesato, kg/ha	Kuiva- ainepi- toisuus, %	Kuiva- ainesato, kg/ha	Kuiva ainepi- toisuus, %	Kuiva- ainesato, kg/ha	Kuiva- ainepi- toisuus, %
0,3/60/15	454	20,3	2264	27,1	4689	17,5
0,3/60/30	421	19,9	2252	26,7	4870	18,3
0,3/60/60	387	18,6	2115	25,6	5114	19,9
0,3/80/20	450	20,7	2203	24,0	p/t	p/t
0,3/80/40	476	20,0	2532	26,3	4866	18,6
0,3/80/80	368	16,6	2354	26,0	p/t	p/t
0,3/100/25	415	17,1	2403	25,9	5026	17,7
0,3/100/50	377	18,0	2493	28,6	5080	18,3
0,3/100/100	p/t	p/t	2061	25,1	p/t	p/t
0,5/60/15	304	21,0	1815	23,2	4233	17,5
0,5/60/30	334	20,3	1940	24,8	4518	17,8
0,5/60/60	291	20,0	2042	25,3	4573	18,5
0,5/80/20	263	20,6	1848	24,8	4460	18,4
0,5/80/40	289	20,9	1968	25,0	4791	18,7
0,5/80/80	278	21,2	1712	23,7	4580	18,3
0,5/100/25	334	20,0	2086	25,1	4880	18,8
0,5/100/50	226	20,1	1803	23,1	4695	18,0
0,5/100/100	224	20,9	1889	25,5	4960	18,2
0 kg N	58	27,6	1258	22,5	3718	18,3
80 kg N	343	25,3	2091	26,5	4135	18,4

vl = vannasväli, m

ts = työsyvyys, mm

vl = vantaan siiven leveys, mm

p/t = puuttuva tieto

tu vetovoima käsitti leikkurin, vantaan ja tiivistyspyörän vetovastuksen vaakasuoran komponentin. Maan kosteuspitoisuus oli 31,3 %. Ajonopeus oli 4,3 km/h.

### 3.1.2.3. Tulokset

*Toisen niiton sadot vuonna 1995 lietelannan sijoituskokeessa*

Vuoden 1995 toinen sato oli melko pieni. Enimmillään kuiva-ainesato oli vain noin 300 kg/ha (taulukko 3.12). Pienemmällä vannasvälillä saavutettiin suurem-

mat sadot kuin suuremmalla suuremman liukoisen typen määrän takia. Suurin sato saavutettiin, kun vannasväli oli 0,3 m ja työsyvyys sekä vantaan leveys olivat 80 mm. Saavutettu kuiva-ainesato oli kuitenkin vain 16,3 % pienempi toisella vannasvaihtoehdolla, jossa työsyvyys oli myös 80 mm mutta vantaan leveys vain 20 mm, vaikka ensimmäisessä vaihtoehdossa lannan liukoisena typpinä annettu lannoitus oli 106 kg/ha ja jälkimmäisellä kapeammalla vantaalla annettu vain 64 kg/ha. Enemmän kuin 64 kg/ha liukoista tyyppiä lantana toiselle sadolle ei ollut mielekästä. Vannasvälin ollessa 0,5 m ei saavutettu hyväksyttävää satovastetta. Suuri määrä liukoista tyyppiä sijoitettuna suurella vantaalla ja pienellä vannasvälillä johti alhaiseen kuiva-ainepitoisuuteen (taulukko 3.12).

#### *Toisen niiton sadot vuonna 1995 väkilannoitteen sijoituskokeessa*

Väkilannoitteella saavutettiin parempia satoja kuin lietelannalla (taulukot 3.12 ja 3.13), ja kapealla vannasvälillä saavutettiin paremmat sadot kuin suurella. Paras vantaan leveyden suhde sen työsyvyyteen oli 0,5 paitsi työsyvyyden ollessa suurin, 100 mm. Silloin se oli vain 0,25. Väkilannoitteen sijoituskokeessa saavutettiin parhaat sadot vannasvälin ollessa 0,30 m, työsyvyyden 80 mm ja vantaan leveyden 40 mm. Tämä tulos tukee lietelannan sijoituskokeesta saatua tulosta.

Lannoitteen sijoittaminen syvälle johti yleensä pieneen kuiva-ainepitoisuuteen (taulukko 3.13), ja pintaan lannoitetun verranteen kuiva-ainepitoisuus oli korkea. Vannasvälin ollessa 0,30 m vannaskoon kasvaminen alensi sadon kuiva-ainepitoisuutta. Kun lannoite sijoitettiin matalaan tai levitettiin pintaan syvälle sijoittamisen sijasta, nurmi alkoi kasvaa aikaisemmin ja sen tähden myös valmistui aikaisemmin, mikä oli pääsyy näiden koejäsenten satojen suurempaan kuiva-ainepitoisuuteen.

#### *Toisen niiton sadot vuonna 1996 lietelannan sijoituskokeessa*

Toisen niiton kuiva-ainesato ja sen vaste typpilannoitukseen oli selvästi parempi vuonna 1996 kuin 1995 (taulukko 3.12). Sato kasvoi vannaskoon suuretessa ja lietemäärän samalla lisääntyessä. Ainoa poikkeus tästä suuntauksesta oli 0,50 metrin vannasväli ja 60 mm:n työsyvyys. Pääsyy hyvään satovasteeseen oli lannan sijoittaminen lähempänä ensimmäisen niiton ajankohtaa ja paremmat sääolosuhteet kuin vuonna 1995. Sadon kuiva-ainepitoisuus oli keskimäärin 26,2 %.

#### *Toisen niiton sadot vuonna 1996 väkilannoitteen sijoituskokeessa*

0,30 m:n vannasväli tuotti parempia satoja kuin 0,50 m:n vannasvälin (taulukko 3.13). Väkilannoitteen sijoittaminen antoi pintalannoitusta parempia satoja ainoas-

taan pientä vannasväliä käytettäessä. Neljän parhaan sadon antaneet sijoituskäsittelyt antoivat keskimäärin 16,9 % suuremman kuiva-ainesadon kuin vastaavan lannoitemäärän saanut pintalevityskäsittely. Näissä neljässä parhaassa sijoituskäsittelyssä työsyvyyden ollessa 80 mm vantaan siiven leveys oli 40 tai 80 mm ja työsyvyyden ollessa 100 mm vantaan siiven leveys oli 25 tai 50 mm. Vuonna 1996 ravinteiden paras sijoituspaikka oli näin ollen 80-100 mm syvällä 25-50 mm leveässä nauhassa 0,30 metrin välein. Sadon kuiva-ainepitoisuus oli keskimäärin 26,2 %.

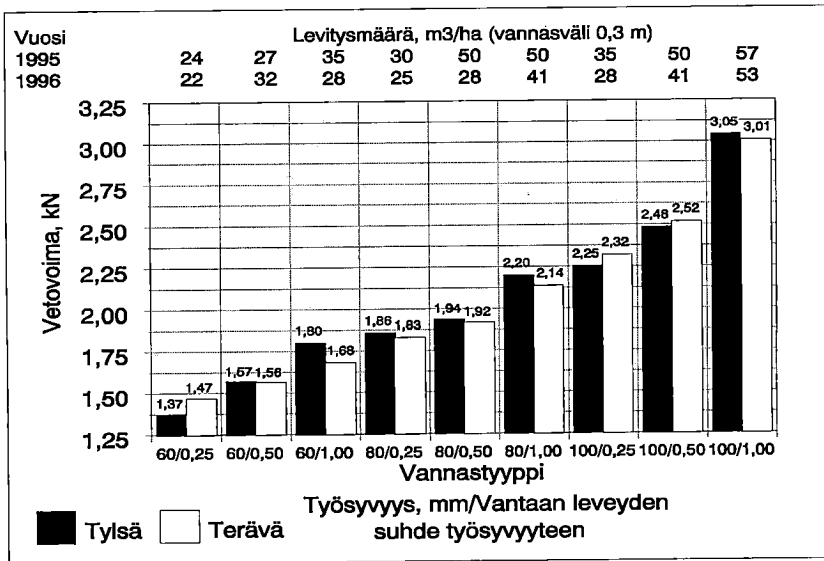
#### *Edellisen vuoden jälkivaikutukset vuoden 1996 lietelannansijoituskokeen ensimmäisessä niitossa*

Työsyvyyden kasvattaminen lisäsi seuraavan vuoden ensimmäistä kuiva-ainesatoa, ja vantaan siiven leveyden suhteessa työleveyteen tuli pienentyä työsyvyyden suurenessa parhaan sadon saavuttamiseksi. Sato oli paras edellisenä vuonna käytettyyn lantamäärän nähden, kun käytetyn sijoitusvantaan työsyvyys oli ollut 80 tai 100 mm paitsi tapausta, jossa vantaan siiven leveys oli 100 mm samalla työsyvyydellä. Sadon kuiva-ainepitoisuus oli keskimäärin 20,3 %.

Pienempi lannoitus kuin 80 kg/ha tyyppiä edellisenä vuonna ensimmäisen niiton jälkeen alensi vuoden 1996 ensimmäistä satoa. Tulosta voidaan tulkita niin, että pienen vantaan käyttö edellisenä vuonna aiheutti sadon alennusta vantaan aiheuttamien vaurioiden lisäksi myös pienen lannoitusmäärän takia.

#### *Edellisen vuoden jälkivaikutukset vuoden 1996 väkilannoitteen sijoituskokeen ensimmäisessä niitossa*

Erilaisten vannasratkaisujen käyttäminen vuoden 1995 ensimmäisen niiton jälkeisessä lannoituksessa ei aiheuttanut vuoden 1996 ensimmäisen niiton kuiva-ainesatoihin merkittäviä eroja (taulukko 3.13). Niinpä erot lietelannan sijoituskokeen kuiva-ainesadoissa johtuivat pääasiassa typpilannoituksen määrän eroista vuoden 1995 ensimmäisen niiton jälkeisessä lannoituksessa. Kuitenkin 0,50 metrin vannasvälin käyttö edellisenä vuonna tuotti pienemmän sadon kuin 0,30 metrin vannasvälin käyttö. 0,50 metrin vannasväliä käytettäessä sadot näyttävät olevan parempia, jos lannoite oli sijoitettu syvälle ja leveäsiipisellä vantaalla. Kaikkien edellisenä vuonna sijoittamalla lannoitettujen käsittelyiden sato oli parempi kuin pintaan lannoitetun. Pintaan lannoitettu käsittely antoi 21 % pienemmän sadon kuin parhaan sadon antanut sijoituslannoituskäsittely. Suurinkaan sijoitusvannas ei vaurioittanut nurmea siinä määrin, että se olisi näkynyt vuoden 1996 ensimmäisen niiton kuiva-ainesadossa. Ensimmäisen sadon kuiva-ainepitoisuus oli keskimäärin 18,2 %.



Kuvio 3.1. Erilaisten vantaiden vetovastukset 4,3 km/h ajonopeudella hiesusavi-  
maassa maan kosteuden ollessa 31,3 % kuivapainosta ja vannastyyppejä vastaavat  
levitysmäärät vuosina 1995 ja 1996.

#### Vantaiden vetovastukset

Kokeessa käytettyjen erilaisten vantaiden vetovastukset ja levitettävissä olevat  
lantamäärät on esitetty kuviossa 3.1. Vantaan terävyydellä ei ollut vaikutusta  
vantaan vetovastukseen. Työsyvyydellä tai vantaan siiven leveydellä suhteessa  
työsyvyyteen ei ollut tässä mielessä merkitystä. Sen sijaan vantaan vetovastus  
kasvoi suhteessa vantaan kokoon. Vantaan vetovastus suhteessa levitettyyn lanta-  
määrään näytti olevan pienempi käytettäessä leveäsiipistä vannasta lähes siivettä-  
män sijasta samassa työsyvyydessä.

#### 3.1.2.4. Tulosten tarkastelu

Tässä tutkimuksessa selvitettiin nurmen lannoitukseen sopivat lietalannan sijoitus-  
määrät ja sijoitukseen käytettävän sijoitusvantaan kokoon sekä muuhun säätöön  
liittyvät parametrit. Tutkimuksen tulos antaa tutkimuksen tavoitteen mukaisesti  
riittävän tietämyksen tarvittavista säätömahdollisuuksista rakennettaessa tutki-  
muksessa käytetyn prototyypin pohjalta suomalaisiin olosuhteisiin sopiva par-  
haan satotuloksen antava lietalannan sijoituslaitteen kaupallinen versio.

Ravinteiden parhaasta sijoituspaikasta ensimmäisen niiton jälkeen saadut  
tulokset olivat käytännössä katsoen samat sekä vuonna 1995 että 1996, vaikka

olosuhteet olivat varsin erilaiset. Tämän vuoksi on kohtuullista väittää, että ravinteiden paras sijoituspaikka on sama sääolosuhteista riippumatta ainakin hiesusavimailla.

Mitatut vetovastukset edustavat suurimpia hiesusavimaalla mitattavia arvoja, koska vannaskulman ollessa 90° vetovastus on suurimmillaan maan kosteuspitoisuuden ollessa noin 30 % kuivapainosta (Stafford 1979). Toisaalta tämä vannaskulman ja maan kosteuspitoisuuden yhdistelmä tuottaa potentiaalisesti pienimmät kasvustovauriot vantaan vetovastuksen ollessa kuitenkin vielä kohtuullinen (Kapuinen 1996). Siten mitatut arvot edustavat vetovastusta sellaisella vantaalla ja sellaisissa olosuhteissa, jotka ovat otollisimmat lannan sijoittamiselle. Jäykällä savimailla vetovastus voisi olla mitattujakin suurempi, koska vetovastuksen suurin osa, maan koheesio, lisääntyy maan savespitoisuuden kasvaessa (McKeys 1985). Käytettyä pienemmällä vannaskulmalla olisi saavutettu selvästi pienempi vetovastus (Stafford 1979), mutta myös selvästi suuremmat kasvustovauriot (Hann ym. 1987). Vantaan vetovastus olisi ollut pienempi myös maan kosteuden ollessa pienempi tai suurempi kuin tässä tutkimuksessa, mutta tällöin myös kasvustovauriot olisivat olleet suuremmat (Stafford 1979, Hall 1986, Godwin ym. 1985).

### 3.1.2.5. Johtopäätökset

Lietelannan sijoitusvantaan tulisi olla mahdollisimman pienikokoinen kasvustovaurioiden minimoimiseksi kuitenkin pääosan lannasta jäädessä maan pinnan alle. Maan pinnalle jäävän lannan osuus voi olla noin 15-20 % levitettävästä lantamäärästä. Näin pienen maan päälle jäävän lantamäärän aiheuttamat ammo-  
niakkiemissiot ovat pienet verrattuna kasvustovaurioiden vähentymiseen, joka saavutetaan pienemmän vantaan käytöllä. Sijoituslaitteen tulee olla säädettävissä, koska sopiva levitysmäärä vaihtelee lannan ravinnepitoisuuden ja levitettäväksi halutun ravinneäärän mukaan.

Lietelanta on sijoitustekniikan käytön kannalta sopivinta silloin, kun sen kuiva-ainepitoisuus ja sen mukana ravinnepitoisuus on niin suuri kuin sijoituslaitteen käyttö sallii, koska tämä antaa mahdollisuuden mahdollisimman pienen sijoitusvantaan käytölle. Tämän takia lietelannan kuiva-ainepitoisuus tulisi säätää rakennussuunnittelun ja eläinten hoidon keinoin sijoitukseen sopivaksi pikeminkin kuin suunnitella sijoituslaite sijoittamaan minkä laatuista lietettä hyvänsä. Sijoitustekniikkaa käyttämällä saavutetaan parhaat satotulokset, kun lietelannan ravinnepitoisuus on riittävä. Muussa tapauksessa tulisi käyttää muita levitysmenetelmiä, joskaan niillä ei saavuteta yhtä hyviä satotuloksia kuin levittämällä sijoitustekniikalla lietettä, jonka kuiva-ainepitoisuus on korkea.

Sijoitusvyöhyden tulisi olla vähintään 80 mm, jotta saavutettaisiin parhaat satotulokset missä hyvänsä sääolosuhteissa. Vantaan siiven leveyden kasvattaminen 100 mm:iin työsyvyyden ollessa myöskin 100 mm voi tuoda esiin nega-



tiivisiä satovaikutuksia, ja sen takia hieman tätä pienemmät vantaat ovat suositeltavimmat. Parhaiten sijoitukseen soveltuvien sijoitusvantaiden työsyvyys on 80 tai 100 mm ja siiven leveys on korkeintaan työsyvyyden suuruinen. Näiden vannastyypin vetovastus optimaalisissa sijoitusolosuhteissa on 1,8-3,0 kN ajonopeuden ollessa 4,3 km/h. Kun vannasväli on sopiva 0,30 m, näitä vannastyyppejä vastaavat levitysmäärät ovat 25-57 m<sup>3</sup>/ha vannastyypistä ja jonkin verran maan kosteuspitoisuudesta riippuen. Tyypillistä suomalaista lypsykarjan lietelantaa käytettäessä liukoisen typen levitysmääräksi tulee 49-120 kg/ha ja fosforin vastaavasti 17,5-34,2 kg/ha. Nämä levitysmäärät sopivat hyvin yhteen suomalaisen maatalouden ympäristötukiohjelman kanssa (MMM 1995, 1996, 1997), jossa kolmelle säilörehusadolle voidaan levittää 100 kg/ha, 100 kg/ha ja 50 kg/ha liukoista typpeä kullekin sadolle tässä järjestyksessä ja keskimäärin 40 kg/ha lannan fosforia fosforitilaltaan tyydyttävään maahan neljän vuoden kuluessa.

Sopiva ajonopeus lantaa sijoitettaessa on 4-5 km/h. Sijoituslaitetta, jossa ei ole taittomekanismia, on hankala kuljettaa yleisillä teillä, jos se on leveämpi kuin 3 metriä. Taittomekanismi puolestaan nostaisi sijoituslaitteen hintaa merkittävästi. Tältä pohjalta sopivin sijoituslaitteen työleveys on 3 metriä käsittäen kymmenen vannasyksikköä, jolloin vetotehontarve on 25-42 kW. Lietevaunun, pumpun ja sijoituslaitteen käyttämiseen tarvittava teho on siten 53-70 kW.

## Kirjallisuus

- Godwin, R.J., Warner, N.L. & Hall, J.E. 1985. Soil injection of liquid wastes. Agricultural waste utilization and management. Proceedings of 5<sup>th</sup> International Symposium on Agricultural Wastes: 63-72.
- Hall, J.E. 1986. Soil injection research in the UK. Commission of the European Communities. Efficient land use of sludge and manure. p. 78-89. Great Yarmouth.
- Hann, M.J., Warner, N.L. & Godwin R.J. 1987. Slurry injector design and operational practices for minimising soil surface disturbance and crop damages. ASEA Paper 1610.
- Kapuinen, P. 1996. Lannan levitys kasvustoon. Osa 1: Lietelannan sijoituslaitteen rakenteelliset vaatimukset. Maatalouden tutkimuskeskus. Maatalousteknologian tutkimuslaitos. VAKOLAn tutkimusselostus 72: 1-43 + liite.
- McKeys, E. 1985. Developments in agricultural engineering 7. Soil cutting and tillage. 217 p. Elsevier.
- MMM 1995. Maatalouden ympäristötuen perustuki. Ohjelmakohtaiset tuet. Maa- ja metsätalousministeriö. Maatalouspolitiikan osasto. Yleiskirje 46: 1-11+ liitteet.
- MMM 1996. Maatalouden ympäristötuen perustuki. Maa- ja metsätalousministeriö. Maatalouspolitiikan osasto. Yleiskirje 65: 1-10+ liitteet.

- MMM 1997. Maatalouden ympäristötuen perustuki. Maa- ja metsätalousministeriö. Maatalouspolitiikan osasto. Yleiskirje 85: 1-11+ liitteet.
- Stafford, J.V. 1979. The performance of rigid tine in relation to soil properties and speed. *Journal of Agricultural Engineering Research* 24: 41-56.

### 3.1.3. Lietelannoituksen vaikutus säilörehun hygieniaan

Helvi Heinonen-Tanski, Erkki Joki-Tokola ja Esko Martikainen

#### 3.1.3.1. Johdanto

Lannassa - mukaanlukien lietelanta - on aina suuri joukko eläinten suolistosta peräisin olevaa mikrobistoa, josta osa on eläimille tai ihmisille tauteja aiheuttavia ja osa pilaa rehua tai elintarvikkeita. Eläin- ja ihmispatogeenista tunnettuja ovat mm. erilaiset *Salmonella*-suvun bakteerit ja mm. *Escherichia coli* EHEC-kannat, joiden tiedetään usein levinneen naudannannankin välityksellä (Lanki 1997). Kokonaiskoliformiset ja fekaalikoliformiset bakteerit sekä enterokokit indikoivat melko hyvin näitä bakteereja ja molemmat kolifaagi-ryhmät puolestaan viruksia.

Rehunpilaajina *Clostridium tyrobutyricum* ja muut lähilajit ovat tunnettuja organismeja, joiden tuottama voihappo ja vetykaasu voisivat pilata juustokäymistä, jos niitä olisi raakamaidossa. Rehun ja varsinkin juustoprosessin pilaajina niiden taloudellinen merkitys on erittäin suuri. Näitä bakteereja indikoivat eri klostridit.

Jotta lantaa voitaisiin käyttää turvallisesti lannoitteena, on tunnettava, miten paljon lannan mikrobeista voi joutua rehuun sekä millä maatalousteknologisilla keinoilla rehukontaminaatiota voidaan tarvittaessa välttää. Koska tuoresadon mikrobiologinen laatu vaikuttaa voimakkaasti vastaavan/säilörehun laatuun, on kasvuston hygieniseen laatuun vaikuttavien maanviljelytoimenpiteiden (Östling 1993, Heinonen-Tanski et al. 1998), tutkiminen perusteltua. Tämä työ on tehty, jotta lietelannan eri levitystapojen turvallisuudesta voitaisiin varmistua.

#### 3.1.3.2. Aineisto ja menetelmät

Nurmiheinä kasvatettiin kesänä 1995 ja 1996 Jokioisilla savimaassa. Ruukissa vuoden 1995 koe oli hietamaalla ja vuosien 1996-97 Ruukissa saraturvemaalla. Molemmissa paikoissa kaikkia koejäseniä oli neljä toistoa paitsi Ruukissa 1995, jolloin kokeessa oli vain kolme toistoa. Jokioisilla nurmi oli perustettu vuonna 1994. Ruukissa vuoden 1995 koenurmi oli perustettu vuonna 1992. Vuosien 1996-97 kokeet tehtiin vuonna 1995 perustetulla nurmella. Ruukissa koalue kärsi talven 1996-97 aikana huomattavia jääpoltetuhoja. Lietelannan keskimääräinen levitysmäärä oli 46 tn/ha. Lietelannan levitysmäärä mitoitettiin lannan liukaisen tyyppien pitoisuuden perusteella niin, että kaikkien lannoitusten typpimäärä oli 80 kg N/ha. Lietelanta levitettiin nurmelle ensimmäisen niiton jälkeen joko multain-, letku- tai hajalevittimellä. Levityksissä käytettiin tuoretta käsitte-

lemätöntä, ilmastettua tai separoitua lietelantaa. Koekäsittelyt selostetaan tarkemmin tämän julkaisun kappaleessa 3.1.1.

Ruukkiin perustettiin vielä lisäkoee keväällä 1997 etäälle muista koealoista, jotta voitaisiin varmistua siitä, etteivät bakteerit kulkeudu toisen koeruudun kasvustosta tai maasta toisen ruudun kasvustoon. Samalla saatiin lisämateriaalia, jolla voitiin selvittää paremmin mahdollisia hygieniaoeroja väkilannoitetun ja lietelantaa saaneiden kasvustojen välillä sekä korjuuajan vaikutusta hygieniaan.

Kasvustonäytteistä, joiden lannoitukseen käytettiin väkilannoitetta taikka lietelantaa eri tavoin, tutkittiin kokonaiskoliformit ja voihippoa tuottavat klostridit. Koska tiedettiin toisen sadon olevan laadultaan yleensä heikompi kuin ensimmäinen (Heinonen-Tanski et al. 1998), näytteenotto keskitettiin toiseen satoon.

Kasvustonäytteet otettiin satunnaisesti osanäytteinä eri puolilta ruutuja steriloituilla saksilla suoraan puhtaisiin muovipusseihin. Näytteet otettiin yli 8 cm korkeudelta. Osasta ruudusta otettiin osanäytteet erikseen ruudun ylä- ja alapäästä. Näytteet pakattiin pahvilaatikoihin ja näytepussien väliin pantiin pakastimessa pidettyjä kylmävaraajia. Pahvilaatikot peitettiin vielä sanomalehdillä sekä sisältä että päältä. Näytteet kuljetettiin joko samana tai seuraavana päivänä laboratorioon joko Jyväskylään tai Kuopioon. Viljelyt tehtiin niin nopeasti, että näytteenotosta oli aikaa alle 2 vrk. Ulkoisesti tarkastellen näytteet olivat analysointia varten hyvässä kunnossa ja kylmiä, lukuunottamatta Ruukista 30. 6. 1997 otettuja näytteitä, jotka olivat lämpimiä johtuen osin näytteenottopäivän kuumuudesta sekä nuoren ruohon soluhengityksestä.

Voihippoa tuottavat klostridit määritettiin Kuopiossa maljamenetelmällä Jons-sonin (1990) alustaa käyttäen maljaustekniikalla. Kuumennettu näytteen laimennos sekoitettiin sulaan agariin, joka valettiin maljalle. Maljoja inkuboitiin 37°C:ssa anaerobisesti 7 vrk, paitsi säilörehunäytteiden kohdalla kahden näyte-erän inkubointi jouduttiin keskeyttämään jo kahden päivän kuluttua. Tulos luettiin UV-lampun alla. Menetelmä sallii 0.1 g:n näyte-erän tutkimisen, joten jo 10 kpl bakteeri-itiötä/g tuoretta näytettä voidaan löytää. Määritys tehtiin erikseen joka näytepussista (joka ruudusta taikka näyteruudun kahdesta osanäytteestä) joko kahtena tai kolmena eri punnitukseksi ja sitä seuraavana laimennoksena. Jyväskylässä käytettiin MPN-putkimenetelmää, jossa kuumennettu näyte tai sen laimennos inkuboidaan rasvakerroksen alla 37°C:ssa anaerobisesti 7 vrk. Vuonna 1995 käytettiin 3-3 sarjaa ja vuonna 1996 sarjoja 5-5-5-5 tai 5-5-5-5-5. Käytetty kasvatusliuos oli Bryantin ja Burkeyn resatsuliini-laktaattiliemi. Kaasunmuodostus tulkitaan positiiviseksi reaktioksi. Tulokset laskettiin ns. Thomas'in (1942) kaavalla taikka valmiin taulukon avulla. Muutama näyte tutkittiin molemmilla menetelmillä ja tulosten suuruusluokka oli sama.

Kokonaiskoliformit määritettiin vesi- ja ulostetutkimuksissa käytetyllä Endo-agarilla pintaviljelytekniikalla maljoille, joita inkuboitiin 37° C:ssa 1-2 vrk. Menetelmä sallii 0.01 g:n näyte-erän tutkimisen, joten 100 kpl bakteeria/g tuo-

retta näytettä voidaan löytää. Viljelyt tehtiin samoista laimennossarjoista kuin klostriditkin.

Kasvustonäytteiden ohella myös eri lietalantojen mikrobiologinen laatu tutkittiin määrittämällä niistä DNA- ja RNA-kolifaagit, kokonaiskoliformit, fekaalikoliformit, enterokokit, sulfiittia pelkistävät klostridit sekä voihappoa tuottavat klostridit. Kolifaagimääritykset tehtiin kaksikerrostekniikalla isäntinä *Escherichia coli* ATCC 13706 ja 15597 (Rajala-Mustonen & Heinonen-Tanski 1994). Muut menetelmät olivat kuten edellä tai vesihygieniatutkimusten mukaisia.

Tilastollinen vertailu on tehty parivertailuina logaritmimuunnetuista tuloksista. Kaikkien bakteerien kohdalla laskennassa tuloksen ollessa alle määrittäjärajan laskennallisena tuloksena on käytetty alarajan puolikasta.

### 3.1.3.3. Tulokset

Kaikki seuraavat tulokset on esitetty tuorepainoa kohti.

*Lietelannat:* Ruukin vuoden 1996 lietteistä tutkittiin voihappoitiöt ja tällöin niiden pitoisuus vaihteli välillä  $1,3 \cdot 10^5$  (tuore lietalanta) ja  $2,3 \cdot 10^5$  (ilmastettu ja separoitu lietalanta), joten eroja ei ollut eri lietalantojen klostridipitoisuuksien välillä. Ruukin eri lietalantojen (1997) hygieniatulokset on esitetty taulukossa 3.14. Jokioisten lannoista 1997 on määritetty vain ilmastettu lietalanta. Sen laatu vastasi melko hyvin Ruukin lietalantaa.

Kolifaagien ja itiöttömien bakteerien suhteen ilmastettu lietalanta poikkesi selvästi muista. Reduktiot ovat olleet 90-99%. Separointi sitä vastoin ei olennaisesti hygienisoinut lietalantaa. Klostridien kohdalla eroja ei ole.

*Jokioisten kasvustonäytteet:* Jokioisten tuorerehujen mikrobiologinen laatu oli erittäin hyvä ja lähes kaikki tulokset ovat pieniä. Varsinkin klostridien kohdalla tilanne on tämä. Erot tässä eivät ole lukumäärissä tilastollisesti merkit-

*Taulukko 3.14. Ruukin eri lantanäytteiden 1997 mikrobiologinen laatu. Il = lietalanta. Ilmast. = ilmastettu, separ. = separoitu.*

Mikrobiryhmä kaikki kpl/g	Tuore Il	Ilmast. Il	Separ. neste	Separ. kiinteä
DNA-kolifaagit	$3,2 \cdot 10^5$	$1,2 \cdot 10^3$	$3,4 \cdot 10^5$	$1,8 \cdot 10^5$
RNA-kolifaagit	$2,6 \cdot 10^5$	$2,3 \cdot 10^3$	$3,2 \cdot 10^5$	$1,8 \cdot 10^5$
Kokonaiskoliformit	$2,7 \cdot 10^5$	$9,3 \cdot 10^3$	$7,8 \cdot 10^4$	$2,0 \cdot 10^5$
Fekaalikoliformit	$3,2 \cdot 10^4$	$2,1 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^4$	$2,0 \cdot 10^5$
Enterokokit	$1,5 \cdot 10^5$	$1,0 \cdot 10^4$	$1,1 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^5$
Sulf. pelkistät klostridit	$3,8 \cdot 10^4$	$1,9 \cdot 10^4$	$3,4 \cdot 10^4$	$2,0 \cdot 10^4$
voihappoklostridit	$4,5 \cdot 10^5$	$3,5 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^5$	$7,7 \cdot 10^4$

seviä vaikka vaihtelu olikin pientä, sillä tulokset olivat hyvin lähellä määrityksen alarajaa sekä maljamenetelmällä että putkimenetelmällä. Maljamenetelmällä saadut tulokset vuodelta 1996, jolloin sato korjattiin erittäin aikaisin, ovat taulukossa 3.15.

Koliformeilla suurin yksittäinen tulos (separoitu, matala sijoitus) oli  $8 \cdot 10^4$ , jolloin myös saman ruudun rinnakkaismääritys antoi suhteellisen korkean tuloksen. Muut rinnakkaisruudut antoivat kuitenkin tuloksen "alle määritysrajan".

Koliformeja ei voitu osoittaa lainkaan 27/32 kasvustosta, jotka oli lannoitettu tuoreella lietelannalla, 23/32 ilmastetulla lietelannalla lannoitetusta eikä 24/32 separoidulla lietelannalla lannoitetusta kasvustosta. Tulos "alle määritysrajan" saatiin eri lannoituskäsittelyistä seuraavasti: hajalevitys 20/24, letkulevitys 13/24 ja sijoittaen matalammalle 21/24 tai syvemmälle 20/24. Tässä letkulevityksellä ei ollut yhtään koeruutua, jossa kaikki osanäytteet olisivat jääneet alle määritysrajan, mutta muista käsittelyistä tällaisia oli. Verrattaessa periaatteella on/ei "puhtaisten" ja saastuneiden osuuksia letkulevitys eroaa tilastollisesti merkitsevästi (riski alle 5 % kahden otoksen suhteellisen osuuden testissä; Zar, 1974) muista levitystavoista tuottaen siten useammin koliformeja sisältävää kasvustoa.

*Taulukko 3.15. Jokioisten tuoreiden kasvustonäytteiden 1996 toisen sadon (aikaisin korjatun) geometriset keskiarvot ja sen standardipoikkeaman ala- ja yläraja. ll=lietelanta, ei poikk. = ei poikkeamaa. mat. sij. = matala sijoitus, syv. sij. = syvä sijoitus. Määritykset perustuvat maljausmenetelmään.*

Koeruudun lannoitus- käsittely	Koliformit kpl/g	Klostridit kpl/g
Väkilannoitus	alle 100* (ei poikk.)	14 (5,2-38)
Tuore ll, hajalevitys	alle 100* (ei poikk.)	8,4 (5,3-13)
Tuore ll, letkulevitys	290 (47-1700)	17 (6,8-44)
Tuore ll, mat. sij.	55 (38-94)	8,5 (4,0-18)
Tuore ll, syv. sij.	alle 100* (ei poikk.)	7,1 (3,9-13)
Ilmastettu ll, hajalevitys	290 (47-1900)	17 (5,9-51)
Ilmastettu ll, letkulevitys	74 (41-140)	7,1 (3,9-13)
Ilmastettu ll, mat. sij.	alle 100* (ei poikk.)	7,1 (4,3-12)
Ilmastettu ll, syv. sij.	150 (22-1000)	7,4 (3,7-15)
Separoitu ll, hajalevitys	alle 100* (ei poikk.)	10 (5,5-18)
Separoitu ll, letkulevitys	310 (45-2200)	10 (4,3-23)
Separoitu ll, mat. sij.	290 (14-6300)	13 (4,8-34)
Separoitu ll, syv. sij.	150 (23-950)	10 (5-20)

\*Tuloksen alaraja koliformien kohdalla on 100 ja klostridien kohdalla 10 kpl/g tuoretta kasvustoa.

Klostrideja löytyi vain hyvin vähän ja vain joistakin osanäytteistä eikä koskaan kaikista rinnakkaisruuduista. Eri lannoitustavoille kasvustojen geometriset keskiarvot olivat: tuore, käsittelemätön 9,7, ilmastettu lietalanta 9,0, separoitu lietalanta 10,6 ja väkilannoitettu 14 kpl/g. Klostrideja ei voitu osoittaa lainkaan 16/32 tuoreella lietalannalla lannoitetuista kasvustosta, 19/32 ilmastetulla lietalannalla lannoitetuista kasvustoista, 14/32 separoidulla lietalannalla lannoitetuista kasvustoista eikä 3/8 väkilannoitetusta kasvustoista. Eri levitystavoin klostriditulokset jäi alle määritysrajan hajalevityksessä 8/24, letkulevityksessä 12/24 ja sijoittaen matalammalle 14/24 tai syvemmillä 15/24. Erot eri käsittelytapojen välillä ovat pieniä, joskin ilmastus ja sijoitus antoivat useimmin kasvustoa, jossa klostrideja ei ollut, harvimmalla separointi ja hajalevitys. Kuitenkin suurin yksittäinen tulos 110 kpl/g saatiin ilmastetulla lietalannalla, joka oli hajalevitetty ja toiseksi suurin 100 kpl/g väkilannoituksella. Raja-arvona pidetään usein arvoa 2000 kpl/g, joten siihen nähden kaikki klostridipitoisuudet ovat pieniä ja käytännössä merkityksettä.

Jokioisten vuoden 1995 kasvusto (taulukko 3.16) edusti myös toista sataa, mutta se oli korjattu paljon myöhemmin, kuin vuonna 1996, joten näiden laatua ei suoraan voi verrata.

Erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä, sillä monissa tapauksissa (mm. tuore lietalanta letkulevitys) hajonta oli melko suurta.

*Ruukin kasvustonäytteet:* Ruukin toisissa kasvustosadoissa vuonna 1995 klostridipitoisuuksien geometriset keskiarvot vaihtelivat välillä 79 ja 645 kpl/g. Suurimmat klostridiluvut saatiin väkilannoitetta ja separoitua lietalantaa hajalevityksellä levittäen ja pienin tuoretta lietalantaa hajalevittämällä, jolla koejäsenellä hajonta oli erittäin suurta. Suuri hajonta oli myös tuoretta lietalantaa letkulevittämällä sekä ilmastettua lietalantaa hajalevittämällä. Tulokset vuodelta 1996

*Taulukko 3.16. Jokioisten tuoreiden kasvustonäytteiden 1995 toisen sadon (myöhään korjatun) geometriset keskiarvot. ll=lietalanta.*

Koeruudun lannoitus- käsittely	Klostridit kpl/g
Väkilannoitus	68
Tuore ll, hajalevitys	270
Tuore ll, letkulevitys	110
Tuore ll, sijoitettu.	69
Ilmastettu ll, hajalevitys	180
Ilmastettu ll, letkulevitys	84
Ilmastettu ll, sijoitettu	130
Separoitu ll, hajalevitys	110
Separoitu ll, letkulevitys	310
Separoitu ll, sijoitettu	350

antoivat vuotta 1995 paljon pienempiä klostridilukuja (10-85 kpl/g) eikä tällöinkään merkittäviä eroja havaittu.

Ruukin vuoden 1997 näytteiden tuorehujen tuloksia, jotka on tehty kaikki maljamenetelmällä, on esitetty taulukoissa 3.17, 3.18 ja 3.19 sekä säilörehun taulukossa 3.20. Taulukossa 3.17 on jälkivaikutuskoe, jossa siis lannoitus kuvaa edellisen vuoden lannoitusvaikutusta. Standardipoikkeamien ala- ja ylärajoja ei ole enää esitetty. Kokeessa koliformipitoisuus oli suurin väkilannoitetussa nurmessa, mutta klostridipitoisuus oli taas pienin tässä ruudussa. Separoidulla liete-  
lannalla lannoitetuissa kasvustoissa tilanne oli päinvastainen.

*Taulukko 3.17. Ruukin ensimmäisen tuoreen sadon 1997 mikrobiologinen laatu eri lannoituksen saaneissa 2. vuoden nurmiruuduissa. Lannoitus annettu edellisenä vuonna. Lukumäärän geometrinen keskiarvo (kpl/g). ll = lietalanta.*

Käsittely	Koliformiset bakteerit	Klostridit
Ei lannoitetta	860 <sup>a</sup>	7,4 <sup>ab</sup>
Väkilannoite	9900 <sup>a</sup>	6,8 <sup>a</sup>
Ilmastettu ll hajal.	2800 <sup>a</sup>	8,1 <sup>ab</sup>
Separoitu ll hajal.	92 <sup>b</sup>	11 <sup>b</sup>
Tuore mullattu ll	190 <sup>ab</sup>	9,0 <sup>ab</sup>
Tuore hajalevitetty ll	890 <sup>a</sup>	9,5 <sup>ab</sup>
Tuore letkulevitetty ll	3900 <sup>a</sup>	11 <sup>ab</sup>

<sup>a, b</sup> Saman sarakkeen tulokset, joilla ei ole yhteistä kirjainta, eroavat merkitsevästi 5 % riskitasolla.

*Taulukko 3.18. Ruukin toisen tuoreen sadon 1997 mikrobiologinen laatu eri lannoituksen saaneissa ensimmäisen vuoden nurmiruuduissa. Lukumäärän geometrinen keskiarvo (kpl/g). ll = lietalanta*

Käsittely	Koliformiset bakteerit	Klostridit
Ei lannoitetta	60 000 <sup>a</sup>	8,3 <sup>a</sup>
Väkilannoite	180 000 <sup>ab</sup>	11 <sup>a</sup>
Ilmastettu ll hajal.	32 000 <sup>a</sup>	35 <sup>b</sup>
Separoitu ll hajal.	270 000 <sup>b</sup>	40 <sup>b</sup>
Tuore mullattu ll	260 000 <sup>ab</sup>	11 <sup>a</sup>
Tuore hajalevitetty ll	290 000 <sup>b</sup>	27 <sup>b</sup>
Tuore letkulevitetty ll	330 000 <sup>b</sup>	13 <sup>a</sup>

<sup>a, b</sup> Saman sarakkeen tulokset, joilla ei ole yhteistä kirjainta, eroavat merkitsevästi 5 % riskitasolla.



*Taulukko 3.19. Ruukin erilleen perustetun ensikertaisen heinänurmen toisen nurmisadon vuoden 1997 mikrobiologinen laatu eri lannoituksen saaneissa ruuduissa. Näytteet otettu 1 viikko ennen normaalia sadonkorjuuta, normaaliin aikaan (samaan aikaan kuin taulukon 3.18 sato) sekä viikko normaalin sadonkorjuuajan jälkeen. Lukumäärän geometrinen keskiarvo (kpl/g). ll = lietelanta. Tilastollinen vertailu on tehty ajankohdittain.*

Käsittely	Koliformiset bakteerit	Klostridit
<u>Näyte 1 viikko ennen korjuuta</u>		
Väkilannoite	2 700 <sup>a</sup>	14
Tuore mullattu ll	44 000 <sup>ab</sup>	29
Tuore hajalevitetty ll	15 000 <sup>ab</sup>	22
<u>Näyte korjuuajaksi</u>		
Väkilannoite	450 000	14
Tuore mullattu ll	260 000	12
Tuore hajalevitetty ll	440 000	27
<u>Näyte 1 viikko korjuuajan jälkeen</u>		
Väkilannoite	530 000 <sup>ab</sup>	22
Tuore mullattu ll	570 000 <sup>ab</sup>	22
Tuore hajalevitetty ll	200 000 <sup>a</sup>	26

<sup>a, b</sup> Saman sarakkeen tulokset, joilla ei ole yhteistä kirjainta, eroavat merkitsevästi 5 % riskitasolla.

Vuoden 1997 toisten satojen tulokset ovat taulukoissa 3.18 ja 3.19. Ilmastetun lietelannan ja lannoittamattoman koejäsenen kohdalla koliformien pitoisuudet olivat pienimmät, mutta kaiken kaikkiaan pitoisuudet olivat varsin suuria. Klostridipitoisuudet olivat taas suurimmat kaikissa hajalevitysruduissa riippumatta lietteen käsittelystä ja ne erosivat muista tilastollisesti merkittävästi.

Molemmissa bakteeriryhmissä näkyi pitoisuuksien nousua, kun korjuuta viivytettiin, vaikka korjuusäät olivat erinomaiset eikä syyskesään usein liittyvä kosteus juuri haitannut. Laadullisesti paras sato olisi ollut ensimmäisen näytteenoton aikaan. Koliformien pitoisuuksissa on tilastollisia eroja, joilla ensimmäisellä kerralla voisi olla merkitystä myös käytännön viljelyssä. Viimeisellä kerralla kasvuston koliformipitoisuudet ovat kaikki suhteellisen korkeita, joten tilastollisella erolla ei tässä ole käytännössä merkitystä.

*Säilörehunäytteet Ruukin toisista sadoista:* Säilörehunäytteet vuosilta 1996 ja 1997 analysoitiin jo marraskuussa. Vuoden 1996 sadot olivat klostridilukua tarkastellen laadultaan erittäin hyviä. Tässä kuitenkin väkilannoitetta saanut ruutu tuotti säilörehun, jossa klostridiluku oli pieni. Kaikki tulokset olivat hyvin lähellä määrityksen alarajaa (väliltä 10-25 kpl/g) eikä tilastollisesti merkittäviä eroja ollut. Eroilla ei ollut myöskään merkitystä käytännössä.

*Taulukko 3.20. Ruukin toisesta sadosta 1997 tehdyn säilörehun mikrobiologinen laatu eri lannoituksen saaneissa 1 vuoden nurmiruuduissa. Geometriset keskiarvot (kpl/g). ll = lietelanta.*

Käsittely	Koliformiset bakteerit	Klostridit
Väkilannoite	kaikki alle määritysrajan	16 <sup>a</sup>
Ilmastettu ll hajal.	110	2100 <sup>b</sup>
Separoitu ll hajal.	79	620 <sup>b</sup>
Tuore mullattu ll	70	840 <sup>b**</sup>
Tuore hajalevitetty ll	99	2600 <sup>b</sup>
Tuore letkulevitetty ll	670	860 <sup>b**</sup>

\*\* Yksi osanäyte luettu jo 2 päivän kuluttua.

<sup>a, b</sup> Saman sarakkeen tulokset, joilla ei ole yhteistä kirjainta, eroavat merkitsevästi 5 % riskitasolla.

Vuoden 1997 näytteistä kahden osanäytteen tulos (4 rinnakkaisruutua, joista jokainen tutkittiin vielä kolmena erillisenä osanäytteenä) perustuu vain kahden päivän inkubointiin, sillä näissä molemmissa tapauksissa happoa oli jo tuolloin syntynyt niin, että syntyvä kaasu olisi pian rikkonut agarin ja tehnyt lukemisen mahdottomaksi. Kyseessä olivat näytteet, jotka edustivat multauskäsittelyä ja letkulevitystä.

Tässä koliformien kohdalla tilastollisesti merkitseviä eroja ei ole, sillä letkulevitystä käyttäen sisäinen vaihtelu oli harvinaisen suuri, alarajan ollessa 0.6 ja ylärajan 120 000 kpl/g. Väkilannoitekoejäsenen ohella kaikissa muissakin koejäsenissä oli osanäytteitä, joissa koliformipitoisuus oli alle määritysrajan. Klostrideissa erot olivat väkilannoitekoejäsenen ja eri lantakäsittelyiden välillä olivat tilastollisesti merkitseviä, mutta eri lantakäsittelyiden välillä ei enää ollut eroja. Tässä \*\*-merkittyjen tulosten yksi osanäyte on voinut saada liian pienen arvon; tämä koskenee erityisesti tuoretta letkulevitettyä lietelantaa saaneesta kasvustosta tehtyä säilörehua, samaa koejäsentä siis, jossa myös koliformien kohdalla oli suuri hajonta.

Aistinvaraisesti tarkastellen mikään säilörehu ei ollut pilaantunut ja mullikarja hyväksyi kaikki rehut hyvin vaikka kokonaisklostridiluvut olivatkin melko suuria. Klostridit lienevät olleet itiömuodossa.

### 3.1.3.4. Tulosten tarkastelu

Jos ensimmäisten satojen kasvustoista säilörehu tehtäisiin huolella, olisi syytä uskoa, että näistä kasvustoista olisi saatu kunnollista säilörehua. Klostriditarkastelussa lietelantalannoitus ei vaikuttanut väkilantaan verrattuna riskialttiimmalta ensimmäisessä Ruukin sadossa 1997 eikä liioin Jokioisten sadoissa 1996, joka

korjattiin hyvin aikaisin, mutta missä lietalanta oli levitetty juuri tälle sadolle. *Lietelantaa voi tämän kokeen perusteella käyttää ensimmäiselle sadolle ja aikaisin korjattavalle kasvustolle.* Tämä on tullut esille aikaisemminkin (Heinonen-Tanski et al. 1998). Levitystä ensimmäiselle sadolle voi rajoittaa peltojen kantavuus ja muut kevätyöt. Edellisen vuoden lietalantalevityksestä ei voitu havaita mitään epäedullista vaikutusta.

Ruukin toisessa sadossa vuonna 1997 lietalannan käyttö klostrideilla tutkien vaikuttaisi jossain määrin riskialttiilta, joten tämän teossa on oltava erityisen huolellinen. Toinen sato, ja varsinkin myöhään taikka myöhästyneenä korjattuna, oli mikrobiologiselta laadultaan muutenkin selvästi ensimmäistä huonompi, mikä on aika tavallista, sillä esimerkiksi auringonvalon teho on tässä vaiheessa pienempi. Epävarmuus tehtävän säilörehun laadusta ilmenee myös klostridien suhteellisen isoina standardipoikkeamina koejäsenissä (tuloksia ei esitetty), jotka olivat saaneet lietalantaa. Suuressa rehuerässä saattaa täten olla kohtia, joissa suuri määrä klostrideja muhii odottaen otollisia olosuhteita. Ensimmäisestä sadosta lisääntyneet koliformitkin saattavat enteillä säilörehun laadullista epävarmuutta, sillä koliformit kuuluvat rehupilaantumisprosessin avaajiin (Östling 1993).

Säilörehussa koliformimäärät olivat pieniä paitsi yhdessä letkulevityksestä tehdyssä osanäytteessä yhdessä ruudussa. Happamuus lienee tuhonnut ne prosessin alussa. Klostridimäärät eri lietalanta-annoksen saaneista nurmista tehdyissä säilörehuissa olivat suhteellisen korkeita, mutta vain vuonna 1997. Koejäsenissä ilmastettu hajalevitetty ja tuore hajalevitetty jopa raja-arvo, 2 000 kpl/g, ylittyi, jälkimmäisen kohdalla ylitys lienee ollut varsin selvä ja kahden jäsenen kohdalla, mullattu ja letkulevitetty, tulos lienee liian pieni. Tämä on päinvastoin kuin mitä aikaisemmin on havaittu (Heinonen-Tanski et al. 1998), joskaan kaikki klostridit, jotka tässä käytetyssä Jonssonin menetelmässä (1990) tulevat esille, eivät ole kaikkein pelätyintä *Clostridium tyrobutyricumia* (Langó ja Heinonen-Tanski 1994). Lisäksi "epäedullinen" maalaji, pölyävä turvemaa, ja korjuutapa, pyöröpaalaus, lienevät myös vaikuttaneet heikentävästi rehun laatuun.

Lietelannan hygienisointi- ja levitysmenetelmien kehittelytarve on edelleen suuri. Tehokkaampi ilmastus olisi mahdollinen, joskin tässä lietalannan ilmastuksessa saatiin melko hyvä tulos itiöttömien mikrobien suhteen. Ilmastus korkeammassa lämpötilassa on tuhonnut jonkin verran myös itiöllisiä klostrideja (Heinonen-Tanski, Rahikainen & Leinonen, 1998), joten tämä olisi voinut tässäkin olla avuksi. Samoin yhdistelmät ilmastus + multaus erityisesti matalalle (kuten tämän työn Jokioisten sato 1996) tai ilmastus + letkulevitys, joiden aikaisemmin on todettu (Heinonen-Tanski et al. 1998) turvanneen toisestakin sadosta tehdyn säilörehun hyvän laadun, olisivat tässäkin voineet tuoda toivotun tuloksen. Ratkaisu merkitsisi kuitenkin suurempia investointeja. Letkulevitys käytettäessä tuoretta lietalantaa antoi yksinään usein (mm. vuoden 1995 sekä Jokioisten että Ruukin tuoresadot ja vuoden 1997 Ruukin säilörehu) suhteellisen suurta hajon-

taa rehun klostridilukuihin tilanteissa, joissa nämä lukumäärät olivat jo muutenkin melko korkeita.

*Vaikka ilmastuksella saatu lietelannan parantunut hygienia ei tässä heijastunut sadon laatuun, sillä lienee merkitystä levitystyöntekijän työhygieniaa sekä peltojen ympäristössä asuvien ihmisten terveyteen. Lannan hygienisointitapana separoinnilla ei ollut vaikutusta, joten sitä ei kannata tämän tutkimuksen mukaan suositella.*

Rehu on korjattava riittävän aikaisin, sillä rehun sulavuuden ohella myös kasvuston mikrobiologinen laatu kärsii ränsistymisen myötä. Lisäkoee, joka tehtiin toisen sadon kohdalla, saattaa viitata siihen, että Ruukin toinen sato korjattiin jonkin verran liian myöhään, sillä lisäkoeeessa mikrobipitoisuudet lisääntyivät melko runsaasti loppuvaiheessa. Tämä sato tehtiin viikkoa liian myöhään myös, jos optimikorjuuajankohta määritetään rehun optimaalisen tuotanto-vaikutuksen perusteella. Tätä voisi tukea myös se, että ilman lannoitusta saatiin mikrobiologiselta laadultaan paras tuorerehusato (taulukot 3.17 ja 3.18), joka oli oletettavasti vähemmän lakoontunut ja hitaammin kehittynyt. Vertaamalla taulukkojen 3.18 ja 3.19 tuloksia ei voida olettaa, että väkilannoiteruudun klostridit olisivat olleet peräisin viereisistä lietelantaruuduista, vaan pienet taustapitoisuudet johtuvat pikemminkin tuulen ja koekentillä elävien eläinten tms. aiheuttamasta maan pölyn joutumisesta kasvillisuuteen. Pölyävä kevyt maa lie-neekin suhteellisen suuri klostridien levittäjä kuivana kesänä Ruukin saraturve-maissa. Ruukissa rehujen klostridimäärät pyrkivät olemaan tästä syystä muutenkin korkeampia kuin Jokioisilla.

## Kirjallisuus

- Heinonen-Tanski, H., Leinonen, P., Niskanen, E.M., Mielonen, M.M., Räsänen, H., Valta, T., Rinne, K. & Joki-Tokola, E. 1998. Aeration Improves the Hygiene of Cattle Slurry and the Quality of Grass Forage and Silage. Käsikirjoitus Acta Agric, Scand. Sect. B. Soil and Plant Science.
- Heinonen-Tanski, H., Rahikainen, H. & Leinonen, P. 1998. Lietelannan jatkuvatoiminen ilmastus toimii korkeassakin lämpötilassa. Käsikirjoitus valmis-teilla.
- Jonsson, A. 1990. Enumeration and confirmation of *C. tyrobutyricum* in silages using neutral red, d-cycloserine and lactate dehydrogenase activity. J. Dairy Science 73: 719-725.
- Langó, Zs. & Heinonen-Tanski, H. 1995. Occurrence of *Clostridium tyrobutyricum* in Cattle Slurry and Fresh Forage Grasses. Bioresource Technology 53:189-191.

- Lanki, E. 1997. Enterohemorragisten *Escherichia coli* (EHEC)-bakteerien ekologia ja säilyminen ympäristössä. Kirjallisuuskatsaus. Kuopion yliopiston ympäristötieteiden laitosten monistesarja 29/1997.
- Rajala-Mustonen, R. & Heinonen-Tanski, H. 1994. Sensitivity of host strains and host range of coliphages isolated from Finnish and Nicaraguan wastewaters. *Wat. Res.* 28:1811-1815.
- Thomas Jr, H. A. 1942. Bacterial densities from fermentation tube tests. *J. Am. Wat. Wks Ass.* 34:572-576.
- Zar, J.H. 1974. *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall, Englewood, N.J.
- Östling, C. 1993. The role of manure and enterobacteria in silage fermentation. Sveriges Lantbruksuniversitet. Doctoral dissertation summary 56: 1-33.

### **3.1.4. Nurmeen levitetyn lietelannan pintavalunta**

Jaana Uusi-Kämpä, Risto Tanni, Kaarina Grék ja Ari Seppänen

#### **3.1.4.1. Tavoite**

Kokeen tarkoituksena oli selvittää: (1) ovatko fosfori- ja typpipäästöt pintavalumavedessä naudan lietelannalla lannoitetulta nurmelta suuremmat kuin mineraalilannoituksen saaneelta nurmelta sekä (2) vähentääkö lietteen sijoittaminen ravinne- ja mikrobimääriä pintavalumavedessä verrattuna lietteen hajalevitykseen.

#### **3.1.4.2. Aineisto ja menetelmät**

Timotei-nurminata -nurmi sai typpilannoituksen keväällä. Kesäkuun lopulla nurmi korjattiin pois. Niiton jälkeen naudan lietelantaa tai mineraalilannoitetta levitettiin ruudun keskelle 3 metriä leveälle ja 50 metriä pitkälle kaistalle. Valumakeräimen ja lannoitetun nurmen väliin jäi 10 metrin lannoittamaton suojakaista. Kolmella koeruudulla lanta levitettiin nurmen pintaan hajalevityksenä ja kolmella ruudulla maahan sijoittamalla. Mineraalilannoite annettiin kahdelle nurmi-ruudulle pintalevityksenä rivilannoittimella.

Kokeen aikana kaikki kahdeksan koeruutua saivat tyypeä 80 kg/ha joko lietteestä tai mineraalilannoitteesta. Sen sijaan fosforimäärissä oli eroa. Mineraalilannoitteen mukana fosforia tuli 16-22 kg ja lietelannan mukana kasveille käyttökelpoista fosforia tuli 25-28 kg hehtaarille kumpanakin koevuotena. Lietelannan fosforista oletettiin 75 % olevan kasveille käyttökelpoisessa muodossa.

Pintavalumavedet kerättiin jokaiselta koeruudulta kolme metriä leveällä keräimellä ja johdettiin muovisäiliöön (1,5 m<sup>3</sup>). Valumaveden määrän mittaaminen ja vesinäytteidenotto tehtiin säiliöiden tyhjennyksen yhteydessä. Näytteistä määritettiin ortofosfaattifosfori, totaalifosfori, nitraattityppi, ammoniumtyppi ja totaalityppi. Myös lämpökestoisten fekaalisten koliformien määriä mitattiin heinä- ja elokuussa 1997. Koalueelta otettiin myös maa- ja kasvinäytteitä, joista määritettiin typpi- ja fosforipitoisuudet.

#### **3.1.4.3. Tulokset**

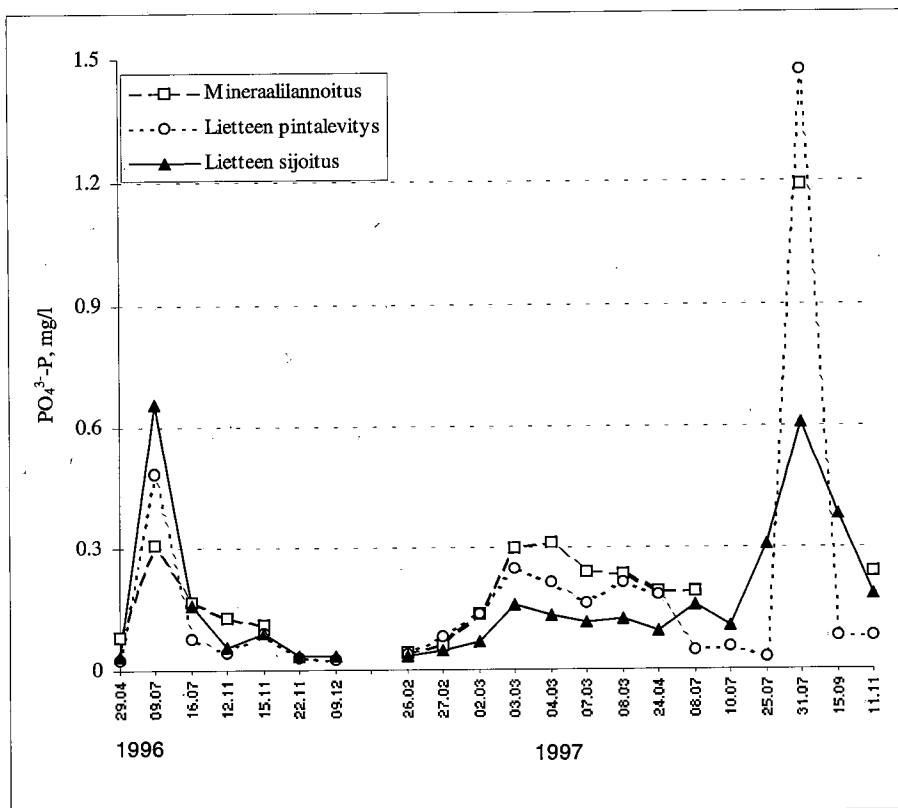
Pintavaluma vaihteli ruuduittain. Suurin osa valunnasta tuli keväällä (50-80 mm). Kasvukaudella maa läpäisi hyvin vettä, joten pintavalunta oli vähäistä: 10 mm kesällä 1996 ja 3-4 mm kesällä 1997. Syksyllä 1996 pintavalunta vaihteli 2-15 mm ruuduittain.

Liuenneen fosforin konsentraatio pintavalumavedessä nousi heti lietteen tai mineraalilannoitteen levityksen jälkeen (kuvio 3.2).

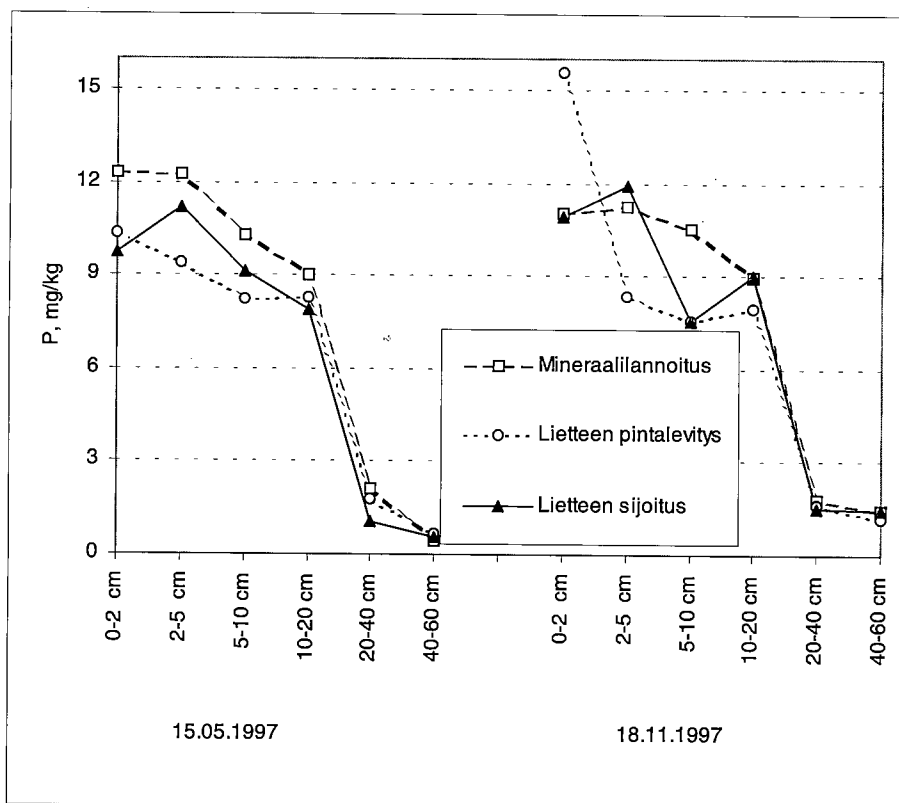
Pintavalumaveden nitraatti- ja ammoniumtyypen pitoisuudet olivat matalia. Keväällä 1996 ennen lietteen levitystä nitraattityypen pitoisuus vaihteli 0,2-7,0 mg/l. Liettelannan levityskokeen aikana nitraattityypipitoisuudet olivat yleensä alle 1,0 mg/l.

Lämpökestoisten fekaalisten koliformien pitoisuus pintavalumavedessä oli korkein (5500 kpl/100 ml) ruuduilla, joihin liete sijoitettiin. Pienin bakteeripitoisuus (1500 kpl/100 ml) oli ruuduilla, joilla lietelanta levitettiin maan pintaan.

Maan pintakerroksen viljavuusfosforiluku kohosi ruuduilla, joilla lietelanta tai mineraalilannoite levitettiin maan pintaan (kuvio 3.3). Pintamaan korkea viljavuusluku osaltaan selitti liukoisien fosforin pitoisuuksia pintavalumavesissä. Maan liukoisien tyypen määrät 60 cm:n maakerroksessa olivat pieniä (8-9 kg/ha) lokakuussa 1996. Marraskuussa 1997 tyypen määrissä löytyi jo eroja eri käsitte-



Kuvio 3.2. Liuenneen fosforin ( $PO_4\text{-P}$ ) pitoisuudet (mg/l) pintavalumavesissä keväällä 1996 - syksyllä 1997.



Kuvio 3.3. Maan viljavuusfosforiluvut (mg/kg) eri maakerroksissa keväällä ja syksyllä 1997.

lyjen välillä. Tyyppä oli eniten lietelannan sijoitusruuduilla (28 kg/ha), seuraavaksi eniten lietteen pintalevitysruuduilla (20 kg/ha) ja vähiten mineraalilannoituksen saaneilla ruuduilla (9 kg/ha).

#### 3.1.4.4. Johtopäätökset

Kahden koevuoden tuloksista voidaan tehdä joitakin oletuksia, mutta koetta tulisi jatkaa vielä. Erityisesti pintavalumaveden bakteerimääriä tulisi selvittää tarkemmin.

Kokeessa kerättiin vain pintavalumavesiä. Sulasta maasta pintavaluma oli vähäistä. Ilmeisesti suurin osa valunnasta kulkeutui salaojavenenä. Salaojaveden määrää ja ravinnepitoisuuksia ei mitattu.

Pintavalumavedessä nitraatti- ja ammoniumtyypen pitoisuudet eivät olleet korkeita millään koekäsittelyllä. Tyyppä saattoi kuitenkin huuhtoutua melko paljon



salaajaveteen lietalannalla lannoitetusta nurmesta syksyllä 1997, koska liukoisien typen määrät maassa olivat lietalannalla lannoitetulla nurmella 10-20 kg/ha korkeampia verrattuna mineralilannoituksen saaneeseen nurmeen.

Liuenneen fosforin pitoisuudet olivat korkeita pintavalumavedessä heti lietalannan tai mineraalilannoitteen levityksen jälkeen. Kesällä 1996 korkeimmat liuenneen fosforin pitoisuudet olivat ruuduilla, joilla lietalanta oli sijoitettu. Syynä tähän oli ilmeisesti lietalannan levityksessä ilmenneet ongelmat. Traktorin sammussa lietettä valui yhteen paikkaan, josta sitä huuhtoutui pintavalumaveden mukana. Kesällä 1997 suurimmat pitoisuudet olivat ruuduilla, joilla lietalanta tai mineraalilannoite levitettiin maan pintaan.

Fosforin huuhtoutumisen osalta lietteen sijoittaminen näytti olevan hieman parempi vaihtoehto kuin hajalevitys. Sen sijaan alustavien mittaustulosten mukaan lietteen sijoittaminen saattoi olla huonompi vaihtoehto lietteen mukana tulleiden bakteerien huuhtoutumisen vähentäjänä. Mahdollisesti ulosteperäistä saastumista indikoivat kolibakteerit säilyivät maassa paremmin kuin maan pinnalla, jossa auringon ultraviolettisäteily ja kuivuminen vähensivät niiden lukumäärää.

Kokeen aikana huomattiin myös, että lietalanta tulee levittää mahdollisimman tasaisesti pellolle. Erityisesti ojiin ja vesistöihin viettävillä rinnemailla levitys on tehtävä huolella. Lantaa levitettäessä on vältettävä suuren lantamäärän levittämistä yhteen paikkaan, josta lannan fosforia voi lähteä liikkeelle valumaveden mukana. Lisäksi lantaa levitettäessä on muistettava jättää riittävän leveä suojakaista pellon reunaan, jotta pintavalunnan mukana vesistöön kulkeutuvien ravinteiden ja mikrobien määrää voitaisiin vähentää.

## 3.2. Puolikiinteän lannan varastointi

Tuija Alakomi

### 3.2.1. Johdanto

Tavoitteena oli selvittää kylmien navetoiden lannanpoistomenetelmien toimivuutta, lannan koostumusta, lantavarastojen riittävyttä sekä jaloittelutarhojen materiaaleja ja pintavesien ohjausta. Edellä lueteltujen asioiden perusteella on mahdollista luoda ratkaisumalleja kylmien navetoiden lannanpoistomenetelmiksi, jaloittelutarhoiksi ja lantavarastoiksi. Ratkaisumallien pohjalta voidaan myöhemmin mahdollisten lisätutkimusten avulla laatia Suomeen sopivat rakenteiden mitoitus- ja suunnitteluohjeet. Selvitys antaa myös alustavaa tietoa kylmien navetoiden ja niihin liittyvien ulkotarhojen ympäristökuormituksesta.

Vuosien 1995 - 1996 aikana käytiin kahdeksalla tilalla. Kaksi tilaa oli Nilsiässä sekä yksi tila Kemiössä, Vihdissä, Kuivaniemellä, Pietarsaaren mlk:ssa, Riistavedellä ja Punkaharjulla.

Tiloilla arvioitiin kohteet silmämääräisesti, varsinkin lannan koostumus ja kasassapysyvyys (lantakulma), sekä ympäristöolosuhteet, kuten lanta- ja pintavesien valumat. Tilakohtaisesti täytettiin viljelijän kanssa kyselylomake.

*Käytetyt laskenta-arvot:*

- Kuiviketurve 150 kg/m<sup>3</sup> kotimaisen kuiviketurpeen mittaustulosten mukaisesti
- Suurpaalien kuiva-aine noin 250 kg/kpl
- Pienpaalien kuiva-aine noin 9 kg/kpl

### 3.2.2. Kyselylomakkeissa ja katselmuksissa havaitut asiat

#### 3.2.2.1 Rehut ja kuivikkeet

Rehu- ja kuivikemäärät on esitetty kg/eläin/päivä. Korsirehujen sekä säilörehujen määrät ovat kaikkien tilojen osalta isäntien arvioita, ei tarkasti punnittuja määriä. Päivittäiset väkirehuannokset ovat tiloilla 3 ja 4 tarkkoja, koska tiloilla oli väkirehuautomaattiruokinta. Muiden tilojen osalta väkirehuannokset on joko punnittu vaa'alla tai vain arvioitu.

Kuivikkeena käytetyn oljen määrät ovat isäntien arvioita, eivät tarkkoja lukuja. Kuiviketurpeen kulutus sen sijaan on laskettu suoraan tilalle ostetusta turvemäärästä.

Tilalla 2 on kuivikkeena käytetty ainoastaan olkea. Tilalla 5 on käytetty vain turvetta kuivikkeena. Kaikilla muilla tiloilla on kuivikkeena käytetty oljen ja turpeen sekoitusta. Sekoitussuhde selviää taulukosta 3.21 sarakkeesta kuivikkeet. Suhde on ilmoitettu prosentteina. Prosentit on esitetty sulkeissa järjestyksessä turve/olki.

*Taulukko 3.21. Eläinten rehu- ja lantamäärät.*

Tila nro	Korsirehu kg/el/pv	Säilörehu märkä kg/el/pv	Säilörehu esikuivattu kg/el/pv	Väkirehu kg/el/pv	Kuivikkeet kg/el/pv	Keski-Tuotos Kg	Lantalan koko m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	Lanta-kulma	Virtsasäiliö m <sup>3</sup>
1	3	40	-	9	1,9 (80/20)	6300	274/411	45	50
2	6,5	23,5	-	10	4,0 olki (0/100)	5900	patterisissa	45	-
3	-	-	40	7	4,2 (90/10)	8500	k 600/900 ls - /600	45	-
4	7,8	-	19	3	4,5 (90/10)	6000	tp 116/174	-	6
5	6	40	-	6	1,4 turve (100/0)	7011	276/663 ls -	45	-
6	2	-	40	15	4,3 (70/30)	7300	240/288	45	30
7	-	-	23	1,9	7,2 (30/70)	(lihak.)	k90/225 tp300/396	-	-
8	-	-	n. 40	12,1	1,2 (60/40)	7800	.203/203	45	80
<b>ka</b>	<b>5,06</b>	<b>34,5</b>	<b>32,4</b>	<b>8,0</b>	<b>3,6</b>	<b>6973</b>			

k = katettu      tp = täytepohja      ls = lietesäiliö

### 3.2.2.2. Lantalat ja lannanpoisto

Tilojen lantalat olivat asianmukaisessa kunnossa lukuunottamatta tiloja 2 ja 4, joissa lantaloita ei oltu vielä rakennettu. Lantaloihin ja täytepohjille mahtui vähintään 8 kk:n lannat, vain tilalla 3 oli 12 kk:n lantavarasto. Tiloilla 3 ja 7 oli lantala katettu.

Viljelijöiden mielestä lantalan kattaminen tulee niin kalliiksi, että sitä ei ensimmäiseksi lähdetä toteuttamaan. Tilalla 1 lantalan seinärakenteissa oli valmius rakentaa myöhemmin lantalaan katto, jos se katsotaan tarpeelliseksi.

Lantaloissa lantakasat olivat hyvin koossapysyviä. Lantakulma kaikissa oli vähintään 45 astetta. Pitkinä sadekausina lantakasat leviävät jonkin verran. Lantaloissa, joita ei ole katettu tai joissa ei ole virtsan ja sadevesien keräilykaivoja,

voidaan sadekausien jälkeen lisätä lantalaan kuiviketta ja näin imeyttää siihen kertyneitä nesteitä.

### *Tila 1*

32-paikkaisen kylmän makuuparsipihaton lantakäytävältä lanta poistetaan traktorin etukauhalla 1 - 2 viikon välein suoraan makuuhallin päädyssä olevaan lantalaan. Vanhasta lämpimästä navetasta, jossa sijaitsevat 1 x 3 ohikulkulypsyasema, kokoomatila lypsyyn tuleville lehmille, vasikoiden ja nuorten eläinten ryhmäkarsinat sekä kaksi hoito- ja poikimiskarsinaa, lanta poistetaan raappakuljettimella kerran vuorokaudessa. Kuljetin purkaa lannan samaan lantalaan, johon kylmäpihatonkin lanta tyhjennetään. Raappalinjan pohjalla on virtsan erotus. Virtsa menee 50 m<sup>3</sup> suuruiseen vanhaan virtsakaivoon. Lypsyasemalle hyvin harvoin tuleva yksittäinen lantakasa poistetaan lapiolla raappakuljettimelle. Eläintilat kuivitetaan 1 - 2 kertaa viikossa.

Lantalan pohjalaatan koko on 19,3 m x 14,2 m = 274 m<sup>2</sup>. Lantalan seinämäkorkeus on 1,5 m. Lantalan pohja sijaitsee 50 cm alempana kuin edessä oleva kuormauslaatta ja eläinten jaloittelutarha. Lanta levitetään itsepurkavalla peräkärillä vilja-alalle ja uudistettavalle nurmelle.

### *Tila 2*

Lanta poistetaan kylmän makuuparsipihaton makuuparsiosan lantakäytävältä ja ryhmäkarsinoista traktorin perälevyllä kaksi kertaa viikossa, lantakäytävältä ja karsinoista kerran kuussa suoraan ulos pellolle patteriin. Lypsyasemalle tuleva lanta korjataan pois lapiolla. Tilalle ei ole vielä rakennettu lantala. Kylmäpihatoissa sijaitsevat saman katon alla 1 x 3 läpikulkulypsyasema, ryhmäkarsinat vasikoille ja nuorille eläimille, kolme hoito- ja poikimiskarsinaa sekä 18 makuupartta.

Eläintilat kuivitetaan 1 - 2 kertaa viikossa. Lanta levitetään pelloille kasatuista lantapattereista traktorin takalanalla heinämaille.

### *Tila 3*

70-paikkaisen kylmän makuuparsipihaton lantakäytävältä lanta poistetaan traktorin etukauhalla kerran vuorokaudessa navetan päädyssä sijaitsevaan katettuun lantalaan. Erillisessä lämpimässä rakennuksessa sijaitsevat 2 x 3 ohikulkulypsyasema, pieni kokoomatila lypsyyn tuleville lehmille, kaksi hoito- ja poikimiskarsinaa sekä kaksi vasikoiden ryhmäkarsinaa. Ryhmä-, hoito- ja poikimiskarsinoista lanta poistetaan traktorin etukauhalla tarvittaessa. Lannat menevät samaan lantalaan kuin pihatosta. Lypsyasemalta ja sisällä olevasta kokoomatilasta lanta poistuu ritilälattian kautta lantakanavaan, josta se kulkee vapaasti valuen tilan vanhaan lietesäiliöön. Eläintiloja kuivitetaan viikoittain.

Katetun lantalan pohjan ala on 600 m<sup>2</sup> ja lantalan seinämäkorkeus on 1,2 - 1,8 m. Lantalan pohja on 50 - 100 cm alempana kuin kuormauslaatta ja

jaloittelutarha. Vanhan lietesäiliön tilavuus on 600 m<sup>3</sup>. Kuiva lanta levitetään purkavalla peräkärryllä ja lietelanta lietevaunulla. Lannat levitetään vilja-alalle.

#### *Tila 4*

Navetta on lypsylehmien täytepohjapihatto, jossa täytepohjalla ovat lypsylehmät ja hiehot. Täytepohja ei ollut lähtenyt palamaan toivotulla tavalla. Kuivikkeena oli käytetty turvetta ja olkea suhteessa 90/10 (taulukko 3.21).

Tilakäynti ajoittui juuri täytepohjan tyhjennyspäiväksi. Täytepohja tyhjenettiin traktorin etukuormaimella. Lanta oli liisterimäistä tiivistä massaa. Täytepohjan leikkauspinnasta oli selvästi nähtävissä, että lanta ei ole palanut missään vaiheessa. Täytepohja tyhjenetään kerran vuodessa. Täytepohjan ala on 16,5 m x 7 m = 116 m<sup>2</sup>, ja syvyys on 1,5 m. Ruokintapöydän ja täytepohjan välissä on lantakäytävä, josta lanta poistetaan tarvittaessa traktorin perälevyillä ulos navetan päädyssä olevalle lantalan kuormauslaatalle. Kuormauslaatta on 200 m<sup>2</sup>. Tilalla ei vielä ollut lantala, joka on suunniteltu kuormauslaatan jatkoksi.

Pihatto on rakennettu kiinni vanhan navetan päätyyn vanhan osan jatkoksi. Vanhassa navetassa on 8 partta, jossa eläimet lypsetään, 4 partta sairasparsina ja nuorille eläimille kaksi ryhmäkarsinaa. Vanhasta navetasta lanta poistetaan kolaamalla lannat pihaton lantakäytävälle. Vanhassa osassa on myös lantakourujen pohjalla virtsanerotus. Virtsa johdetaan vanhaan 6 m<sup>3</sup> virtsasäiliöön. Virtsasäiliö tyhjenetään talvella kerran ja kesällä kaksi kertaa.

Eläintiloja kuivitetaan päivittäin. Lanta levitetään yleisperävaunulla vilja-alalle ja uudistettavalle heinämaalle.

#### *Tila 5*

Tilalla on kylmä makuuparsipihatto 45 lypsylehmälle ja hieholle. Lantakäytävät puhdistettiin joka toinen päivä 15.9. - 15.5. välisenä aikana. Muuna aikana eläimet ovat laitumella. Lantakäytävät puhdistetaan traktorin peräkauhalla tai etukuormaimella rakennuksen sivulla olevaan avolantalaan, jonne lanta ajetaan pihaton päätyovien kautta. Kylmä osa on vanhan navetan päädyssä jatkeena. Vanhasta navetasta lanta poistuu vanhaan lietesäiliöön, jonka tilavuus ei ole tiedossa. Vanhassa osassa sijaitsevat kaksi hoito- ja poikimiskarsinaa, ryhmäkarsina nuorille eläimille, viisi yksilökarsinaa vasikoille sekä vanhat parret lypsyä varten. Eläintiloja kuivitetaan joka toinen päivä.

Lantalan pohjan ala on 23 m x 12 m = 276 m<sup>2</sup> ja lantalan seinämäkorkeus on 2,4 m. Lantalan pohja on 50 cm alempana kuin kuormauslaatta. Kuiva lanta levitetään purkavalla perävaunulla uudistettavalle heinämaalle ja vilja-alalle samoin kuin lietelanta, jonka levittää naapuri.

#### *Tila 6*

Tilalla on kylmä makuuparsipihatto 40 lypsylehmälle ja hieholle. Lantakäytävät puhdistetaan traktorin takalanalla kaksi kertaa viikossa pihaton päädyssä ole-

vaan lantalaan. Lantalan yhteydessä on  $30 \text{ m}^3$  virtsasäiliö, johon kertyvä neste on etupäässä sadevesiä. Virtsasäiliö tyhjennetään kerran vuodessa. Makuuparsipihatossa on 1 x 4 kalanruotolypsyasema. Lypsyasemalta huuhdellaan mahdolliset lannat viemäriin. Pihaton yhteydessä on osa vanhaa navettaa, jossa on kaksi sairaspartta, yksi hoito- ja poikimiskarsina sekä yksi ryhmäkarsina vasikoille. Vanhan osan eläintiloista lanta siirretään pihatton lantakäytävälle pihatton osan lannanpoiston yhteydessä. Eläintiloja kuivutetaan kaksi kertaa viikossa.

Lantalan pohjan ala on  $15 \text{ m} \times 16 \text{ m} = 240 \text{ m}^2$ , seinämäkorkeus 1,2 m. Lantalan pohjan syvin kohta on 60 cm alempana kuin pihatton lantakäytävä. Lanta levitetään purkavalla peräkärriyllä heinämaalle ja vilja-alalle.

### *Tila 7*

Tilalla on kylmä täytepohjapihatto emolehmille ja mulleille. Täytepohjan ala on  $300 \text{ m}^2$  ja pohjan paksuus 1,2 m. Täytepohjan osuus tyhjennetään kolme kertaa vuodessa. Lantakäytävä, koko  $5 \text{ m} \times 32,5 \text{ m} = 163 \text{ m}^2$ , puhdistetaan kaksi kertaa viikossa rakennuksen päädyssä olevaan katettuun lantalaan. Täytepohja tyhjennetään pellolle patteriin kompostoitumaan. Lantalaan kertyvä lanta ajetaan myös peltokompostiin. Lanta oli kompostoitava ennen levitystä, koska tilalla oli salmonella. Pihatto kuivutetaan joka päivä.

Lantalan koko on  $9 \text{ m} \times 10 \text{ m} = 90 \text{ m}^2$  ja seinämän korkeus 2,5 m. Lantalan pohjalaatta on 20 cm kovera keskeltä ja 35 cm alempana kuin pihatton lantakäytävä. Seossuhde täytepohjalla oli 30 % turvetta ja 70 % olkea. Isännän mukaan pohja saatiin kyseisellä seossuhteella palamaan. Lämpötilamittauksia ei tehty, joilla olisi voitu todeta pohjan palaminen. Lantalassa lanta oli hyvin koossapysyvää ja kuivaa. Lanta levitetään syksyllä kompostoinnin jälkeen purkavalla peräkärriyllä viljan sängelle, joka kynnetään myöhemmin.

### *Tila 8*

Tilalla on kylmä makuuparsipihatto 40 lypsylehmälle ja hieholle. Lanta poistetaan lantakäytäviltä traktorin etukuormaimella tai traktorin lantatalikolla säästä riippuen. Puhdistusväli vaihtelee 4 päivästä 4 viikkoon riippuen säätilasta. Vanhan navetan peruskorjaus oli kesken. Vanhaan osaan tulevat hoito- ja poikimäkarsinat sekä ryhmäkarsinat. 1 x 3 ohikulkulypsyasema on sijoitettu pihatton yhteyteen. Lypsyasemalle tuleva lanta huuhdellaan viemäriin. Viemäristä vedet johdetaan kaivon kautta imeytyskenttään. Kaivo ja imeytyskenttä olivat vielä tekemättä, joten vedet menivät maastoon. Eläintiloja kuivutetaan yhtä usein kuin lantakin poistetaan.

Lantalan koko on  $13,5 \text{ m} \times 15 \text{ m} = 203 \text{ m}^2$  ja seinämäkorkeus on 1m. Lantalan pohja on 60 cm alempana kuin kuormauslaatta. Keskellä lantalan pohjaa on kouru, jonka päällä on ritilä. Kourusta virtsa ja sadevedet johdetaan  $80 \text{ m}^3$  virtsasäiliöön. Suunnitelmissa on rakentaa toinen samankokoinen lantala

myöhemmin. Lannanlevityksen hoitaa urakoitsija. Lanta levitetään perustettavalle nurmelle.

### 3.2.2.3. Jaloittelutarhat

Tiloilla 1 ja 3 jaloittelutarhat ovat betonipohjaisia. Lisäksi tilalla 3 jaloittelutarha on katettu. Molemmissa tarhoissa lanta ja virtsavedet ohjataan lantalaan jaloittelutarhan betonilaatan kallistuksilla. Jaloittelutarhat sijaitsevat lantalan välittömässä läheisyydessä siten, että jaloittelutarha jatkuu lantalan kuormauslaataksi.

Tarhoja puhdistetaan tarvittaessa työntämällä lannat lantalaan. Tilan 3 jaloittelutarhan sadevedet ohjataan sadevesijärjestelmän kautta vanhaan lietesäiliöön. Tilan 1 jaloittelutarhaan satavat sadevedet valuvat lantalaan. Jaloittelutarhaa reunustavien rakennusten kattovedet ohjattiin sadevesijärjestelmän kautta maastoon.

Tilalla 2 jaloittelutarhan pohja oli kovitettu murskesoralla, jolla estettiin tarhan pinnan rikkoutuminen ja liettyminen. Tarhaa puhdistetaan tarvittaessa, lanta työnnetään pellolle lantapatteriin. Kaikki jätevedet pääsevät kuitenkin valumaan ympäristöön.

Tiloilla 4 ja 6 jaloittelualueena on aidattu pellon osa, joka oli pahoin rikkoutunut ja pehmennyt upottavaksi liejuksi. Jätevedet valuvat ympäröivään maastoon, eikä tarhoja puhdisteta mitenkään.

Tilalla 5 jaloittelutarhana on pihaton vieressä hiekkakenttä, josta tarvittaessa lannat työnnetään lantalaan. Pihatton kattovedet valuvat jaloittelutarhaan. Jätevedet pääsevät valumaan ympäröivään maastoon. Tiloilla 7 ja 8 ei ole jaloittelutarhoja.

Maapohjaiset jaloittelutarhat eivät kestä, vaan rikkoutuvat ja liejuuntuvat, joten jaloittelutarhat tulee aina pinnoittaa betoni-, maabetoni- tai asfalttipinnoitteella. Pinnoitetusta tarhasta myös jätevesien valumat ympäristöön pystytään hallitsemaan. Tarhan voi tehdä myös hyvin tiivistetyn salaojitetun sorapatjan päälle kuorikkeesta. Kuorikerroksen tulee olla vähintään 200 mm paksu ja kuoriketta on lisättävä pehmenneisiin kohtiin.

Jaloittelutarhan, joka sijaitsee esim. ruokintakatoksen yhteydessä, tulee olla kovitettu hyvin kulutusta kestäväällä ja helposti puhdistettavalla materiaalilla, esim. betonilla tai vastaavalla. Ruokintapaikoilla tarha joutuu niin kovaan käyttöön, että siinä ei kuorikepohja ole tarpeeksi kantava. Muissa osissa tarhaa kuorikepohja on hyvin hoidettuna toimiva tarhan pohja. Kuorike on erittäin edullinen materiaali ja se on helppo uusida ja hävittää lannan mukana peltoon.

Jaloittelutarhojen pohja- eli perustamistyöt tulee tehdä huolellisesti ja jaloittelutarhat on salaojitettava hyvin riippumatta siitä mikä pintarakenne on. Kattovesiä ei saa laskea jaloittelutarhoihin, vaan ne tulee johtaa sadevesijärjestelmien kautta maastoon. Tarhojen kallistukset on huolella suunniteltava siten, että puhdistusvaiheessakin valumat ohjautuvat lantalaan tai keräilykaivoon.

#### **3.2.2.4. Pesuvedet**

Pesuvesien määrän selvittäminen oli erittäin vaikeaa, koska tiloilla ei ole vesimittareita tai jos on, niin ne ilmoittavat tilalle tulevan puhtaan veden, jossa lukemassa on tilan kaikki talousvesi.

Viljelijät olivat haluttomia arvioimaan navetan pesuvesien määrää. Kyselemisen jälkeen saadut arviot olivat epämääräisiä ja hajonta erittäin suuri 30 - 1000 litraa/päivä.

Tilan navetan pesuvesien määrästä saa jonkinlaisen kuvan laitetoimittajien ilmoittamien vesimäärien perusteella. Lypsykoneen pesuun menee 150 - 200 litraa/pesukerta eli 300 - 400 litraa/päivä. Maitosäiliön pesuun kuluu 200 litraa/joka toinen päivä. Tankin ja lypsykoneen pesusta yhteensä tulee jätevesiä 400 - 500 litraa/päivä.

Tilan lypsy- ja puhtausrutiineista riippuu, paljonko vettä käytetään lypsyn aikana utareiden puhdistukseen ja minkä verran suihkutellaan eläimiä ja paljonko puhdistetaan lypsyaseman lattioista lantaa viemäriin. Lisäksi maituhuoneen puhdistukseen ja astioiden pesuun kuluu vettä jonkin verran. Näihin pesuihin voidaan arvioida kuluvan vettä 100 - 200 litraa/päivä, joten navetan pesuvesiä tulee kaikkiaan päivässä 500 - 700 litraa. Pesuvesien määrä voi olla huomattavastikin suurempi, jos tilalla käytetään runsaasti vettä lattioiden ja eläinten pesuun.

Tiloilla 1 ja 4 pesuvedet oli johdettu virtsasäiliöön. Tilojen 2 ja 8 pesuvedet menevät kaivon kautta maastoon. Lisäksi tilalle 8 on suunniteltu laaja imeytyskenttä pesuvesille, mutta se oli vielä rakentamatta. Tilat 3 ja 5 johtavat pesuvedensä lietesäiliöön. Tilan 6 navetan pesuvedet menevät samaan kaivoon kuin asuinrakennuksen pesuvedet. Kaivo joudutaan tyhjentämään useita kertoja vuodessa. Tilan 7 emolehmä- ja mullipihatossa ei tule pesuvesiä.

#### **3.2.2.5. Lannan käsiteltävyys**

Ennen tilakäyntien aloittamista oletettiin, että tiloilla olisi käytetty hyvin vähän kuivikkeita, jolloin lantalaan tuleva lanta olisi ollut löysää ja huonosti kasassa pysyvää. Tilakäynneillä havaittiin, että tiloilla käytettiin runsaasti kuivikkeita eläintilojen kuivittamiseen, jolloin lanta oli kiinteää ja pysyi lantalassa hyvin kasassa. Lantakasojen lantakulma oli vähintään 45 astetta. Myös lantaloihin lisättiin kuivikkeita, jotta sinne kertyneet sadevedet saatiin imeytettyä ja lantakasat pysymään koossa. Lantaloissa lanta oli helposti käsiteltävää ja voitiin levittää peltoon purkavalla perävaunulla.



### 3.3. Kuivalannan käyttötiete

Ilkka Sipilä

#### 3.3.1. Tavoite

Tutkimuksen tavoitteena oli tutkia kuivalannan ja puolikiinteän lannan fysikaalisia, kemiallisia ja mikrobiologisia ominaisuuksia ja määrittää ne ominaisuudet, jotka edellyttävät muuttamista, jotta lantaa voidaan käyttää kasvinviljelyn vaatimusten mukaisesti. Tämän arvioinnin perusteella kuivalannan fysikaalisten ominaisuuksien ja ravinnepitoisuuksien variaatio ja niiden muuttuminen lannan käsittelyketjussa on eräs keskeisistä peruslähtökohdista kuivalannan käytössä.

#### 3.3.2. Taustaa

Kuivalannan lannan järkevän käyttötieteen toteuttamisessa lannan homogeenisuus on keskeistä. Heterogeenisuus vaikuttaa levitykseen ja sen laatuun käytännössä kahdella tavalla. Toisaalta lannan fysikaalinen heterogeenisuus näyttää tekevän kasvien kannalta tasaisen massan levityksen ja jopa levitinlaitteiden täsmällisen testauksen mahdottomaksi (Malgeryd et al. 1993). Toisaalta lannan ravinnesisällön heterogeenisuus voi johtaa erittäin epätasaiseen ravinteiden levitystasaisuuteen.

Jordbrukstekniska Institutet (JTI) kehitti tällä hetkellä käytössä olevaa kuivalannan levittimien levitystasaisuuden mittaamenetelmää huomattavasti tarkempaa vaihtoehtoa. Kehitetty järjestelmä olisi huomioinut mitta-astioiden eli kasvu paikan välisen vaihtelun täysimääräisesti, kuten tapahtuu lietelannan levittimien testauksessa. Menetelmän kokeilu osoitti kuitenkin materiaalin heterogeenisuudesta johtuvan levityksen tasaisuuden vaihtelun niin suureksi, että menetelmästä luovuttiin perusteluna levitystasaisuusmäärityksen huono toistettavuus. (Malgeryd et al. 1993).

Kuivalannan heterogeenisuus on aihealueen aikaisemmissa tutkimuksissa todettu ongelmalliseksi. Tämä on ilmennyt mm. toteamuksissa edustavan näytteen ottamisen vaikeudesta (Malgeryd ja Wetterberg 1991, Steineck et al. 1991). Edustavan näytteen saaminen on keskeinen kysymys, mikäli pyritään selvittämään koko lantavaraston keskimääräinen ravinnepitoisuus, mutta levityksen yhteydessä ei sitä vastoin ole välttämättä mahdollista kuormata edustavaa näytettä vastaavaa homogeenista kuormaa. Useamman osanäytteen välinen hajonta ei aina olekaan annostuksen määrittämistä vaikeuttavaa epävarmuutta vaan levityksen lopputuloksessa eli eri kasvien käyttöön tulevassa ravinnemäärässä ilmenevää todellista vaihtelua. Lopullinen ravinnemäärä määräytyy siis levitys-

työn epätasaisen massajakauman ja lannan ravinnepitoisuun vaihtelun tulona. Tarkasteltavalle pinta-alayksikölle tuleva ravinnemäärä, joka lannoitusvaikutuksen ja ympäristökuormituksen kannalta on ainakin lyhyellä tähtäyksellä keskeistä, saadaan massan ja sen ravinnepitoisuuden tulona

$$\text{ravinnemäärä} = \text{massa} * \text{ravinnepitoisuus}$$

Ravinnemäärän vaihtelua kuvaava hajonta voidaan määritellä vastaavasti edellisten tekijöissä tapahtuvan vaihtelun avulla

$$S_{\text{ravinnemäärä}} = (\bar{X}_{\text{massa}} * \bar{X}_{\text{rav.pitoisuus}}) * \sqrt{\frac{S_{\text{massa}}^2}{\bar{X}_{\text{massa}}^2} + \frac{S_{\text{rav.pitoisuus}}^2}{\bar{X}_{\text{rav.pitoisuus}}^2}}$$

Edellä olevasta yhtälöstä voidaan nähdä, että lopputuloksen vaihtelu painottuu suuremman variaatiolähteen mukaan. Kuivalannanlevittimien koetustulosten mukaan parhaimmilla saatavissa olevilla levittimillä voidaan saavuttaa työlevyydellä levitystasaisuus, jonka variaatiokerroin on 15-20 %. Lannan ravinnepitoisuuden vaihtelusta lantavarastossa on äärimmäisen vähän tietoa. Steineckin et al. (1989) esittämässä esimerkkitapauksessa lantavarastosta otettujen kuuden näytteen liukoisen tyypin pitoisuuksien variaatiokerroin oli yli 70 %. Mikäli kuormuksen ja levityksen yhteydessä ei tapahdu merkittävää sekoittumista, esimerkkitapauksessa lopullinen ravinnejakauman epätasaisuus määräytyy siis jokseenkin pelkästään ravinnepitoisuuksien vaihtelun perusteella eikä panostaminen lannan massan tasaiseen jakautumisen saavuttamiseen ole mielekästä. Varsinaiseen levitystekniikkaan panostaminen tulee kannattavaksi vasta, kun ravinnepitoisuuksissa oleva vaihtelu on itse asiassa selvästi pienempää kuin massan jakautumisessa.

Oleelliseksi kysymyksiä nouseekin, kuinka suurta ravinnepitoisuuksien vaihtelu erityyppisissä kuivalannan ja puolikuivan lannan varastoissa on, paljonko kuormaus ja itse levitin tasaavat tätä vaihtelua, kuinka merkittävä homogenisointitarve on, millaisia teknisiä mahdollisuuksia lantavaraston homogenisointiin on.

### 3.3.3. Menetelmät

Tutkimuksessa keskityttiin fysikaalisten ominaisuuksien ja ravinnepitoisuuksien variaation kokeelliseen selvittämiseen ja lannan käsittelymenetelmien vaikutusten arviointiin. Kokeissa määritettiin kuivalantanäytteiden tilavuuspaino, kosteus, tuhkapitoisuus, kokonaisfosforipitoisuus ja vuonna 1997 lisäksi kokonaistypipitoisuus ja hiilipitoisuus ja lanta-aumojen lämpötilojen kehittyminen.

Tilavuuspaino määritettiin täyttämällä 9,6 litran sanko lannalla, pudottamalla sanko viisi kertaa tukevalle alustalle noin 30 cm:n korkeudelta, täyttämällä sanko ja punnitsemalla se. Vuoden 1997 aumauskokeissa aumojen sisään sijoitettujen harsopussien tilavuuspaino laskettiin pussien massan ja tilavuusmääritysten avulla. Näytteiden kosteus määritettiin kuivaamalla ne 105 °C lämpötilassa. Näytteiden kuiva-aineen tuhkapitoisuus määritettiin kuivatuista ja jauhetuista näytteistä polttamalla ne 560 °C lämpötilassa viisi tuntia. Kokonaisfosforipitoisuus määritettiin uuttamalla fosfori tuhkatuista näytteistä väkevällä suolahapolla ja mittaamalla uutoksen fosforipitoisuus kolorimetrisesti molybdeenisinimenetelmällä. Näytteiden kokonaistyyppi ja hiilipitoisuusdet määritettiin pakastetuista ja jäätyneinä jauhetuista näytteistä LECO CNS-1000 hiili, rikki ja typpianalysaattorilla. Analysaattori polttaa punnitsemansa näytteen hiilen CO<sub>2</sub>:ksi, jonka määrä mitataan infrapunakennolla. Typpi poltetaan N<sub>2</sub>:ksi ja NO<sub>x</sub>:ksi, jotka pelkistetään N<sub>2</sub>:ksi, jonka määrä mitataan lämmönjohtavuuskennolla. Lantaumojen lämpötilat mitattiin harsopusseihin sijoitettujen T-tyypin termoelementtien ja termoparien mittaamiseen soveltuvan Datataker 50 tiedonkeruulaitteen avulla.

### 3.3.4. Tutkimusaineisto ja tulokset

Kuivalannan variaation tutkiminen tehtiin Viikissä, jossa oli mahdollisuus selvittää lannankäsittelyn eri vaiheita lannan varastoon siirrosta lopulliseen levitykseen asti. Vuonna 1996 tutkittiin kuivalannan ominaisuuksia varastoissa, kuivikelannan homogenisointia, auma- ja kompostoinnin vaikutuksia variaatioon sekä kuormauksen ja levityksen jälkeistä variaatiota pellolla. Vuonna 1997 kenttäkokeet keskittyivät aumavarastoinnin ja levityksen jälkeisen variaation selvittämiseen.

#### *Kuivikelannan ominaisuudet ja variaatio varastossa*

Kuivikelannan ominaisuuksia ja variaatiota tutkittiin Viikin tutkimus- ja koe-tilan navetan lantavarastosta, pelloille patteriin ajatetusta lannasta ja komposti-aumoista. Navetan lantavarastosta otettiin näytteitä eri kohdista ja eri syvyyksiltä kahtena ajankohtana. Tämän lisäksi otettiin näytteet lannan välivarastona toimineesta peltopatterista marraskuussa ennen patterin levittämistä. Analyyseissä määritettiin näytteiden kuiva-ainepitoisuus, tilavuuspaino ja kokonaisfosforipitoisuus, toisella näytteenotokerralla vain kuiva-aine- ja tilavuuspaino. Analyysituloksien avulla voitiin laskea lannan sisältämä fosforimäärä tilavuusyksikköä kohti. Tilavuusyksikköä kohti laskettu ravinnemäärä on lannan lannoituskäyttöä ajatellen keskeinen suure, sillä nykyiset levittimet toimivat tilavuusannosteluperiaatteella. Lannanlevittimen lopullinen levitystasaisuus (ravinnemäärän vaihtelu tarkasteltavaa pinta-alayksikköä kohti) määräytyy levitettävän materiaalin

ravinnepitoisuuden keskiarvon ja vaihtelun sekä levitettävän massamäärän keskiarvon ja sen vaihtelun perusteella kuten edellä on todettu.

Tilavuusyksikköä kohden lasketun fosforimäärän variaatiokerroin oli tammikuussa otetuissa näytteissä noin 34 %. Huhtikuussa otetuista näytteistä ei fosforia määritetty. Näytteiden kuiva-aineen ja tilavuuspainon variaatio oli kuitenkin tammikuista suurempaa, ja koska fosfori on pääosin lannan kuiva-aineessa, voidaan variaation huhtikuussa olettaa olevan tammikuistakin suurempaa (taulukko 3.22).

Marraskuussa -96 pellolla olleesta lantapatterista otettujen näytteiden kuiva-aineen variaatio oli hyvin pientä (taulukko 3.23). Tämä johtunee loka-marraskuun runsaista sateista, jotka kastelivat patterit läpikotaisin. Tämä näkyi myös patterin alta valuvina suodosvesinä. Fosforipitoisuuksien variaatiokerroin vaihteli eri näytteenotto profiilien sisällä 20 ja 30 prosenttien välillä tuoretta lantakuutiota kohti laskettuna. Fosforimäärät eri profiileissa vaihtelivat voimakkaasti. Kahdessa profiilissa tuoretta lantakiloa kohti laskettu fosforimäärä oli keskimäärin 1,2 g, joka on hieman alhaisempi kuin esimerkiksi Kemppaisen (1989) laajassa aineistossa (1,6 g P/kg). Yhdessä profiilissa keskimääräinen pitoisuus oli kuitenkin yli kaksinkertainen, 2,6 g P/kg, joka sekään ei ole poikkeuksellisen korkea arvo Kemppaisen aineiston hajonnat huomioon ottaen. Yhden profiilin suuresta poikkeamasta johtuen koko patterin fosforipitoisuuden arvioitu variaatiokerroin nousee noin 50 prosenttiin, tuoretta lantakuutiota kohden laskettuna.

Heinäkuussa 1997 otettiin näytteet marraskuussa 1996, tammikuussa 1997 ja huhtikuussa 1997 Viikin koetilalle tehdyistä lantapattereista. Kustakin patterista otettiin kolme poikkileikkausta, joista kustakin otettiin näyte 0-20 cm syvyydes-

*Taulukko 3.22. Viikin lantavaraston analyysituloksia tammikuussa ja huhtikuussa 1996.*

	syvyys cm	ka-pit., %	tilav.p., kg/m <sup>3</sup>	P, g/kg ka	P, g/kg	P, g/m <sup>3</sup>
19.1.1996	0	17,1	567	6,8	1,2	657,6
	40	18,9	667	7,4	1,4	948,2
	100	18,9	637	8,2	1,6	1014,5
	kaikki	18,3	623	7,5	1,4	873,4
VK, %		7,3	10,9	17,1	23,7	33,8
10.4.1996	0	18,5	647			
	30	20,3	553			
	70	17,5	650			
	kaikki	18,8	617			
VK, %		11,6	19,2			

Taulukko 3.23. Viikin lantapatterin analyysituloksia marraskuussa 1996.

Näyte	Syvyys	ka-pit. %	tilav.paino kg/m <sup>3</sup>	kg ka/m <sup>3</sup>	P g/kg ka	P g/kg	P g/m <sup>3</sup>
A1	reuna 0	17,0	825	140	19,52	3,32	2741
A2	reuna 0	17,1	875	150	12,10	2,07	1814
A3	keski 0	22,3	605	135	13,65	3,05	1845
A4	keski 40	16,8	800	134	14,32	2,40	1919
A5	pohja	16,8	890	150	13,66	2,30	2044
keskiarvo		18,0	799	142	14,7	2,6	2073
VK, %		13,5	14,3	5,4	19,4	20,2	18,5
B1	reuna 0	18,6	590	110	4,88	0,91	536
B2	reuna 0	18,2	875	159	6,95	1,27	1108
B3	keski 0	22,3	625	140	6,69	1,49	934
B4	keski 40	18,6	810	150	7,11	1,32	1070
B5	pohja	19,9	665	132	4,83	0,96	638
keskiarvo		19,5	713	138	6,1	1,2	857
VK, %		8,7	17,3	13,7	18,7	20,9	30,0
C1	reuna 0	19,3	690	133	5,02	0,97	669
C2	reuna 0	19,9	720	143	6,33	1,26	907
C3	keski 0	15,8	865	137	7,64	1,21	1045
C4	keski 40	18,8	885	166	7,23	1,36	1203
C5	pohja	20,3	650	132	6,37	1,29	840
keskiarvo		18,8	762	142	6,5	1,2	933
VK, %		9,4	14,0	9,9	15,5	12,3	21,7
Koko patteri							
keskiarvo		18,8	758	141	9	2	1288
VK, %		10,4	14,8	9,5	48,7	45,7	49,4

tä sekä keskeltä (huippu) että patterin reunaosasta (reuna, pinta), keskeltä patteria korkeuden puolivälistä (keskusta) sekä patterin pohjalta (pohja), yhteensä neljä näytettä poikkileikkausta kohden. Tulokset on esitetty taulukoissa 3.24 ja 3.25.

Toisistaan poikkeavista perustamisajankohdista huolimatta aumojen ominaisuuksissa ei ole merkitseviä eroavuuksia tilavuuspainoja ja tuhkapitoisuuksia lukuunottamatta. Tilavuusannosteluun perustuvia levitystä ajatellen oleelliset suureet eli ravinnemäärät tilavuusyksikköä kohti eivät eri aumoissa poikkea toisistaan. Taulukossa 3.25 on tarkasteltu edellä esitettyjen aumojen mittaus-tuloksia yhdessä näytteenottoaikoittain aumojen eri osien välisten erojen määrittämiseksi. Aumat olivat varsin märkiä, joten mikrobiologinen hajotustoi-

Taulukko 3.24. Eri ajankohtina tehtyjen karjanlantapattereiden ominaisuudet heinäkuussa 1997.

		Marraskuu -96	Tammikuu -97	Huhtikuu -97	P-arvo
Kuiva-ainepitoisuus	%	22,9	18,9	25,6	
	VK, %	16,0	11,3	26,2	
Tilavuuspaino	kg/m <sup>3</sup>	715 <sup>a</sup>	771 <sup>a</sup>	606 <sup>b</sup>	0,004
	VK, %	14,0	11,3	20,2	
Tuhkapitoisuus	% ka:sta	25,0 <sup>b</sup>	16,2 <sup>a</sup>	18,3 <sup>a</sup>	0,001
	VK %	25,5	26,7	21,9	
Kokonaistyyppi	g N/kg	4,9	4,6	6,5	0,115
	VK, %	19,7	36,5	39	
	g N/kg ka	21,4	23,6	24,9	0,115
	VK, %	17,6	26,7	13,9	
	g N/m <sup>3</sup>	3457	3497	3693	0,737
	VK, %	20,4	26,6	16,4	
Kokonaisfosfori	g P/kg ka	7,1	8,6	8,2	0,210
	VK, %	20,2	29,5	24	
	g P/m <sup>3</sup>	1136	1225	1220	0,756
	VK, %	18,4	30,9	26,6	
C/N suhde		19,3	20,3	18,2	0,278
	VK, %	14,5	17,3	13,7	

<sup>a, b</sup> Saman rivin tulokset, joilla ei ole yhteistä kirjainta, eroavat merkitsevästi 5 % riskitasolla.

minta keskittyy auman pintaosiin, joka näkyy suurempina kuiva-aine- ja tuhkapitoisuuksina. Kokonaistyyppipitoisuuksissa aumojen eri osien välillä ole eroja, mutta fosforipitoisuudet ovat nousseet merkitsevästi aumojen pintaosissa hajoamisesta johtuen.

Viikin koetilalle perustettiin heinäkuussa 1996 kaksi lanta-aumaa, joiden kummankin pohjapinta-ala oli 2,5 x 10 m<sup>2</sup> ja korkeus 1,1 - 1,3 m. Toisen auman raaka-aineena käytettiin kompostoitumatonta, peltopatterissa ollutta lantaa, johon lisättiin olkea. Massan tuorepaino oli yhteensä 10 660 kg, josta 3 160 kg kuiva-ainetta (taulukko 3.26). Toinen auma tehtiin kompostoidusta massasta, jota käytettiin yhteensä 9 075 kg josta kuiva-ainetta 2 290 kg. Molemmat raaka-aineet sekoitettiin apevaunulla, jolloin aumauksen lähtökohtana oli homogeeninen materiaali, jossa esimerkiksi kuiva-ainepitoisuuden variaatiokerroin oli alle 4 %.

Taulukko 3.25. Karjanlantapattereiden eri osien ominaisuudet.

		Keskusta	Huippu	Pohja	Reuna, pinta	P-arvo
Kuiva-ainepitoisuus	%	21,1	24,8	21,1	22,4	0,286
	VK, %	6,0	24,0	8,4	34,7	
Kokonaistyyppi	g N/kg	4,9	6,0	5,6	4,7	0,152
	VK, %	9,5	42,2	21,7	54,8	
	g N/kg ka	23,2 <sup>ab</sup>	23,3 <sup>ab</sup>	26,5 <sup>b</sup>	20,2 <sup>a</sup>	0,040
	VK, %	8,8	20,0	21,3	17,4	
	g N/m <sup>3</sup>	3595	3511	3991	3068	0,07
	VK, %	9,4	19,8	21,6	20,7	
Kokonaisfosfori	g P/kg ka	6,5 <sup>a</sup>	9,3 <sup>b</sup>	5,8 <sup>a</sup>	9,8 <sup>b</sup>	0,000
	VK, %	17,6	12,3	11,2	15,9	
	g P/m <sup>3</sup>	1010 <sup>b</sup>	1391 <sup>a</sup>	884 <sup>b</sup>	1455 <sup>a</sup>	0,000
	VK, %	16,7	11,2	17,7	15,1	
C/N suhde		19,6	19,0	17,7	20,9	0,153
	VK, %	6,7	18,1	14,7	15,4	

<sup>a, b</sup> Saman rivin tulokset, joilla ei ole yhteistä kirjainta, eroavat merkitsevästi 5 % riskitasolla.

Välittömästi perustamisen jälkeen puolet kummastakin aumasta peitettiin huokoisella polypropyleenihuovalla.

Aumat purettiin runsaan kolmen kuukauden jälkeen, jossa vaiheessa kustakin neljästä koejäsenestä otettiin neljä näytettä kolmesta poikkileikkausprofiilista; kolme näytettä pinnasta 0-15 cm syvyydeltä, joista kaksi auman reunoilta ja yksi auman korkeimmalta kohdalta sekä yksi näyte auman ytimeistä.

Odotusten mukaan aumoissa oli tapahtunut kerrostumista (taulukko 3.27), joka oli huovalla katetuissa aumoissa kattamattomia voimakkaampaa. Tämä johtuu huovan aikaansaamasta osittaisesta sateensuojasta, joka on ohjannut syksyn runsaita sadevesiä aumojen ulkopuolelle. Peitetyt aumat ovat keskimäärin 13-14 prosenttiyksikköä peittämättömiä aumoja kuivempia. Erityisesti peitettyjen aumojen pintaosat olivat peittämättömiä kuivempia, ydinosaisten kuiva-ainepitoisuus oli kaikissa aumoissa 25-28 %.

Kompostoidusta massasta tehty auma sisälsi purkuvaiheessa marraskuun alussa 2 700 kg kuiva-ainetta, eli runsaan kolmen kuukauden aikana kuiva-ainehävikki oli 15 %. Tuoreesta lannasta tehdyn auman kuiva-ainesisältö oli purkuvaiheessa 1 500 kg ja kuiva-ainehävikki siten 35 %.

Taulukko 3.26. Aumakompostien raaka-aineiden ominaisuudet ja niiden vaihtelu.

	ka-pit., %	tilav.p., kg/m <sup>3</sup>	kg ka/m <sup>3</sup>	P, g/kg ka	P, g/kg	P, g/m <sup>3</sup>
Kompostimassa						
keskiarvo	29,7	675	200	5,1	1,5	1031
VK, %	3,2	1,5	3,4	3,7	6,2	5,5
Tuoremassa						
keskiarvo	25,2	490	123	6,9	1,7	853
VK, %	3,9	5,2	5,1	8,6	9,7	7,5

Taulukko 3.27. Lanta-aumojen ominaisuudet purkuvaiheessa 1996.

	ka-pit., %	tilav.p., kg/m <sup>3</sup>	kg ka/m <sup>3</sup>	P, g/kg ka	P, g/kg	P, g/m <sup>3</sup>
Kompostimassa, avoin						
keskiarvo	31,2	620	191	6,5	2,0	1244
VK, %	10,9	23,5	12,7	8,9	15,5	9,0
peitetty						
keskiarvo	44,8	455	184	6,8	3,1	1234
VK, %	28,6	42,2	12,6	10,8	30,8	8,0
Tuoremassa, avoin						
keskiarvo	29,2	437	124	9,6	2,8	1208
VK, %	15,2	31,5	24,0	18,0	24,0	34,6
peitetty						
keskiarvo	42,5	378	131	10,1	4,3	1327
VK, %	40,6	55,4	20,1	10,1	37,5	21,9

Heinäkuussa 1997 Viikin tutkimus- ja opetustilalle perustettiin 25 metriä pitkä auma, jonka korkeus oli 1,5 m ja leveys noin 3 m. Auma tehtiin tutkimus-tilan lantalasta olevasta lannasta, joka homogenisoitiin ennen aumaamista ajamalla se lannanlevittimen läpi. Kokeen tavoitteena oli selvittää kuivikelannan kerrostumista aumaamisaikana, vertailla aerobisten ja anaerobisten olosuhteiden ja kattamisen vaikutusta kerrostumiseen sekä selvittää aumoja purettaessa kuormauksen ja levityksen vaikutusta massan homogeenisuuteen ja ravinteiden levityksen tasaisuuteen



Auma jaettiin pituus suunnassa viiteen osaan:

- kattamaton
- peitetty huokoisella polypropyleenihuovalla
- peitetty muovikalvolla, päällä tiivistysmaa
- tiivistetty
- tiivistetty, peitetty muovikalvolla, päällä tiivistysmaa

Aumojen tekemiseen käytettiin lantakouralla varustettua kourakuormainta. Tiivistäminen tehtiin useammassa vaiheessa betonikuutiolla (pohja-ala n. 0,5x0, m, massa n. 400 kg), joka kuorakuormainen avulla pudotettiin 20-30 cm:n korkeudelta massan päälle. Perustamisvaiheessa kustakin koejäsenestä otettiin kolme näyttötä kolmena kerranteena 20-30 cm:n syvyydeltä yksi reunasta, yksi huipusta sekä yksi pohjalta. Noin 1,5 kg näytemassaa suljettiin harsopussiin, johon asennettiin lämpötila-anturi. Pussi sijoitettiin takaisin em. paikoille. Perustamisvaiheen tulokset on esitetty taulukossa 3.28.

Taulukossa esitettyjen parametrien mukaan aumat eivät perustamisvaiheessa poikenneet tilantollisesti merkittävästi toisistaan ja aumojen sisäinen vaihtelu oli varsin pientä variaatiokertoimien ollessa yleensä noin 10 %. Tiivistettyjen aumojen tilavuuspaino ja tilavuuspainoon perustuvat suureet ( $\text{gN/m}^3$  ja  $\text{gP/m}^3$ ) olivat tiivistymättömiä korkeampia. Auman osien välinen tarkastelu (huippu-pohja-reuna) ei osoittanut myöskään tilastollisesti merkitseviä eroavuuksia. Poikkeuksen oli kuiva-ainepitoisuus, joka aumojen alaosissa oli runsaat 28 %, mutta huipussa 25,3 %. Aumojen perustamisen loppuvaiheessa käytetty lanta on siis ollut hieman kosteampaa kuin alkuvaiheessa.

Auman lämpötilan kehittymistä seurattiin koko varastoinnin ajan. Tulokset on esitetty kuviossa 3.3.

Aumojen perustamiseen käytetty lanta sekoitettiin yleisperävaunulla runsas vuorokausi ennen käyttöä ja se alkoi välittömästi kompostoitua ja kehittää lämpöä. Sekoitettua lantaa aumaan siirrettäessä se olikin hyvin lämmintä, joka näkyy lämpötilamittausten korkeana lähtöpisteenä. Kattamattomissa aumanosissa hajotustoiminta jatkui ja lämpötilat pysyivät noin 60 vrk yli 40 °C:ssa. Tällöin ensimmäiset merkittävät sateet alkoivat jäähdyttää kattamattomia aumoja. Auman tiivistäminen huononsi selvästi auman ilmanvaihtoa, mutta tiivistäminen ei kuitenkaan kyennyt estämään auman lämpiämistä. Muovilla ja muovin painona olleella maakerroksella katetut aumanosat alkoivat jäähtyä välittömästi, joka kertoo hapensaannin estymisestä.

Aumojen analyysitulokset purkamisvaiheessa marraskuussa 1997 on esitetty taulukossa 3.29 ja taulukkoon 3.30 on laskettu aumassa olleiden harsopussien massoissa, tuhkapitoisuudessa, typpimäärässä ja fosforimäärässä tapahtuneet alkuperäismäärään suhteutetut muutokset.

Aumanosien kerrostuminen näkyy analyysituloksien variaatiokertoimien kasvuna. Selvimmin tämä näkyy kuiva-ainepitoisuuksissa, mutta myös tilavuusyk-

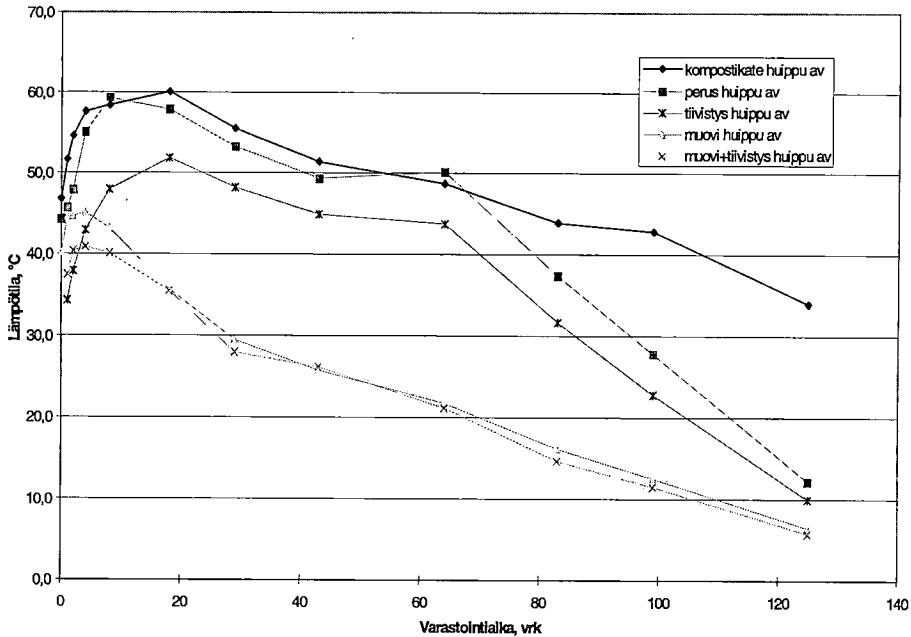
Taulukko 3.28. Karjanlanta-aumojen ominaisuudet perustamisvaiheessa heinäkuussa 1997.

		Huopakate	Avoin auma	Muovi-kate	Muovikate tiivistetty	Tiivistetty	P-arvo
Kuiva-ainepitoisuus	%	28,4	28,4	27,7	26,2	26,8	0,216
	VK, %	11,1	11,5	9,8	4,4	2,9	-
Tilavuuspaino	kg/m <sup>3</sup>	536 <sup>a</sup>	543 <sup>a</sup>	555 <sup>a</sup>	680 <sup>b</sup>	688 <sup>b</sup>	0,000
	VK, %	15,6	12,8	13,3	4,1	4,7	-
Tuhkapitoisuus	% ka:sta	18,8	21,0	20,2	19,4	20,9	0,464
	VK, %	9,9	22,7	13,9	16,5	11,3	-
Kokonaistyyppi	g N/kg	5,7	5,7	5,6	5,4	5,6	0,711
	VK, %	9,8	10,5	8,0	6,5	10,0	-
	g N/kg ka	20,1	20,1	20,1	20,5	20,8	0,960
	VK, %	6,5	12,4	3,2	4,4	10,9	-
	g N/m <sup>3</sup>	3010 <sup>a</sup>	3042 <sup>a</sup>	3069 <sup>a</sup>	3648 <sup>b</sup>	3837 <sup>b</sup>	0,000
	VK, %	7,7	8,9	8,2	7,2	9,9	-
Kokonaisfosfori	g P/kg ka	6,0	5,6	5,5	5,9	6,1	0,082
	VK, %	7,3	11,2	10,5	9,6	8,6	-
	g P/m <sup>3</sup>	904 <sup>a</sup>	852 <sup>a</sup>	833 <sup>a</sup>	1059 <sup>b</sup>	1120 <sup>b</sup>	0,000
	VK, %	11,0	12,9	14,4	10,6	10,2	-
C/N-suhde		21,3	22,3	22,6	22,6	21,5	0,165
	VK, %	5,1	8,4	4,0	6,4	5,8	

<sup>a, b</sup> Saman rivin tulokset, joilla ei ole yhteistä kirjainta, eroavat merkitsevästi 5 % riskitasolla.

sikköä kohden lasketuissa ravinnemäärissä. Variaatiokertoimet ovat nousseet lähtötilanteen 10 % suuruusluokasta noin kaksinkertaisiksi. Kattamattomassa ja tiivistämättömässä aumanosassa variaation kasvu on ollut suurinta.

Noin kolmen kuukauden aumausaikana kuiva-ainemäärissä on tapahtunut vähentymistä, tiivistämättömissä ja kattamattomissa aumanosissa eniten. Vastavasti tuhkapitoisuuksien voidaan havaita kasvaneen. C/N-suhteet osoittavat myös selkeästi kompostoitumisen edenneen voimakkaimmin huopakatteisessa aumanosassa. Kokonaistyyppimäärä on vähentynyt kattamattomissa aumanosissa mutta häviöt ovat vain noin 10 %. Katettujen aumanosien tyyppimäärämuutokset ovat hyvin pieniä. Pienet positiiviset arvot selittynevät ravinteiden huuhtoutumisella



Kuvio 3.3. Karjanlanta-aumojen lämpötilojen kehittyminen varastointiaikana.

pintaosista syvemmälle, jossa pussit sijaitsivat. Sama ilmiö on havaittavissa fosforimäärissä.

### Lannan homogenisointi

Lannan ja oljen sekoittamista kokeiltiin kolmella erilaisella menetelmällä

- pyöröpaalien purku paalinrepijällä kaksiosaisella, horisontaalinen ruuvikelalevitimellä varustettuun yleisperävaunuun ja purku kasaan.
- pyöröpaalien purku paalinrepijällä tarkkuussilppuriin, josta neliosaisella vertikaalisella iskukelalevittimellä varustettuun yleisperävaunuun ja purku kasaan.
- apevaunu, jossa leikkaavilla terillä varustetut sekoitusruuvit rikkovat ensin pyöröpaalin ja lannan lisäyksen jälkeen sekoittavat massan.

Oljen ja lannan sekoittaminen horisontaalisilla ruuvikeloilla varustetulla yleisperävaunulla ei onnistunut visuaalisesti arvioituna toivotulla tavalla. Kasasta otetut näytteet vahvistavat tämän (taulukko 3.31).

Seuraavassa vaiheessa sekoittumista tehostettiin tarkkuussilppuamalla käytetty olki ja ottamalla käyttöön yleisperävaunu, jonka levitinosa koostuu vertikaalisista iskukeloista. Yleisperävaunun kuormaus tehtiin myös kerroksittain, lantakerros-olkikerros-lantakerros jne. Sekoittumista voidaan tässäkin tapauksessa arvioida

Taulukko 3.29. Karjanlanta-aumojen ominaisuudet purkamisvaiheessa marras-  
kuussa 1997.

		Huopakate	Avoin	Muovi-	Muovikate	Tiivistetty	P-arvo
		auma	auma	kate	tiivistetty		
Kuiva-ainepitoisuus	%	39,0 <sup>a</sup>	28,9 <sup>a</sup>	25,3 <sup>b</sup>	25,4 <sup>b</sup>	25,5 <sup>b</sup>	0,002
	VK, %	38,9	30,4	13,4	5,1	15,0	-
Tilavuuspaino	kg/m <sup>3</sup>	520 <sup>a</sup>	663 <sup>ab</sup>	675 <sup>ab</sup>	733 <sup>b</sup>	777 <sup>b</sup>	0,000
	VK, %	35,2	22,7	16,0	8,2	15,1	-
Tuhkapitoisuus	% ka:sta	28,7 <sup>a</sup>	30,4 <sup>a</sup>	22,7 <sup>b</sup>	24,3 <sup>b</sup>	28,9 <sup>a</sup>	0,000
	VK %	11,2	15,6	10,5	14,9	11,7	-
Kokonaistyyppi	g N/kg	10,8 <sup>a</sup>	6,7 <sup>ab</sup>	5,8 <sup>b</sup>	5,9 <sup>b</sup>	5,8 <sup>b</sup>	0,001
	VK, %	36,1	35,5	10,1	9,2	28,0	-
	g N/kg ka	28,0 <sup>a</sup>	23,2 <sup>b</sup>	23,1 <sup>b</sup>	23,1 <sup>b</sup>	22,6 <sup>b</sup>	0,002
	VK, %	14,7	18,9	12,4	9,5	17,6	-
	g N/m <sup>3</sup>	5018	4328	3909	4303	4380	0,145
	VK, %	22,0	36,5	20,0	14,0	17,5	-
Kokonaisfosfori	g P/kg ka	9,5 <sup>a</sup>	8,4 <sup>ab</sup>	6,9 <sup>b</sup>	7,1 <sup>b</sup>	8,3 <sup>a</sup>	0,000
	VK, %	17,6	19,2	14,9	8,2	10,6	-
	g P/m <sup>3</sup>	1706 <sup>ab</sup>	1549 <sup>ab</sup>	1167 <sup>a</sup>	1324 <sup>a</sup>	1611 <sup>b</sup>	0,001
	VK, %	24,7	31,4	20,4	15,9	7,0	-
C/N-suhde		14,4 <sup>a</sup>	17,4 <sup>b</sup>	19,5 <sup>b</sup>	19,3 <sup>b</sup>	19,0 <sup>b</sup>	0,000
	VK, %	15,5	20,8	13,3	10,1	17,2	

a, b Saman rivin tulokset, joilla ei ole yhteistä kirjainta, eroavat merkitsevästi 5 % riskitasolla.

Taulukko 3.30. Karjanlanta-aumojen ominaisuuksissa varastoinnin aikana ta-  
phtuneet muutokset.

		Huopakate	Avoin	Muovikate	Muovikate	Tiivistetty	P-arvo
		auma	auma		tiivistetty		
Kuiva-ainemäärä	%:a	-27 <sup>a</sup>	-22 <sup>a</sup>	-13 <sup>b</sup>	-11 <sup>b</sup>	-14 <sup>b</sup>	0,000
Tuhkapitoisuus	%:a	+57 <sup>a</sup>	+50 <sup>ab</sup>	+16 <sup>d</sup>	+24 <sup>cd</sup>	+37 <sup>bc</sup>	0,001
Kokonaistyyppi	%:a	+4,4 <sup>a</sup>	-8,7 <sup>bc</sup>	+1,4 <sup>ab</sup>	+4,2 <sup>a</sup>	-12,9 <sup>c</sup>	0,010
Kokonaisfosfori	%:a	+13,4	+23,8	+8,5	+6,4	+12,1	0,748
C/N-suhde	%:a	-33,4 <sup>a</sup>	-21,6 <sup>ab</sup>	-14,9 <sup>bc</sup>	-16,5 <sup>bc</sup>	-5,3 <sup>c</sup>	0,005

a, b, c, d Saman rivin tulokset, joilla ei ole yhteistä kirjainta, eroavat merkitsevästi 5 % riskitasolla.

Taulukko 3.31. Lannan ja oljen sekoittaminen.

Menetelmä	ka-pit., %	tilav.p., kg/m <sup>3</sup>	P g/kg
Horisontaalinen ruuvikelalevitin			
keskiarvo	32,4	268	1,30
VK%	19,2	26	48
Vertikaalinen iskukelalevitin			
keskiarvo	21,2	477	-
VK%	3,0	5,0	-
Apevaunu (suluissa vaihteluväli)			
keskiarvo	27 (21-44)	519 (385-886)	1,0 (0,7-1,3)
VK%	1,8 (0,1-4,6)	3,2 (0,0-5,8)	4,6 (1,7-12,2)

kuiva-ainepitoisuuden variaation perusteella. Tulosten mukaan tarkkuussilputulla oljella ja vertikaalisilla levitinkeloilla saavutettiin selvästi parempi tulos kuin pyöröpaalinpurkajan pitkähköllä silpulla ja horisontaalisilla levitinkeloilla.

Kolmantena sekoitusmenetelmänä tutkittiin leikkaavilla sekoitinruuveilla varustettua ape-vaunua. Edellisissäkin homogenisointimenetelmissä käytettyjen kriteerien mukaan apevaunulla saavutettiin erittäin tasalaatuisia lantaeriä variaatio-kertoimien ollessa keskimäärin vain muutamia prosentteja ja suurimmillaankin vain noin 12 %.

Näiden kokeiden lisäksi lannan homogenisointumista voitiin arvioida vuoden 1997 lanta-aumaa perustettaessa, jolloin ennen aumaan ajoa kuivikelanta sekoitettiin vertikaalisella iskukelalevittimellä varustetulla yleisperävaunulla. Tulokset on esitetty edellä taulukossa 3.28. Niiden mukaan tilavuuspainoja ja siihen liittyviä parametreja lukuunottamatta kojäsenet eivät poikenneet toisistaan ja variaatiokertoimet olivat pääosin alle 10 prosenttia.

#### *Variaatio levityksen jälkeen*

Tätä lannankäytön keskeisen päämäärän eli ravinteiden levityksen tasaisuutta sekä kuormauksen ja levityksen yhteydessä mahdollisesti tapahtuvaa sekoittumista selvitettiin mittaamalla erilaisista kuivalantavarastoista levitettyjen lantojen levitystä. Lantaa levitettiin:

- suoraan Viikin koetilan lantalasta (taulukko 3.32)
- pellolla olleesta lantapatterista (taulukko 3.33)
- perustetuista lanta-aumoista (taulukot 3.34 ja 3.35)

Levitystasaisuuden arviointi suoritettiin asettamalla levityskaistan keskilinjalle, pituussuunnassa sen keskimmäisille neljänneksille, kymmenen keräilyastiaa. As-

tioihin kertynyt lanta punnittiin ja siitä otettiin näytteet kuiva-aine- ja ravinnepitoisuuden määrittystä varten.

Suoraan lantalasta kuormatun lannan levityskokeessa fosforiannoksen variaatio on muista kokeista poiketen lanta-annoksen variaatiota korkeampi. Tämä johtuu fosforipitoisuuksien suuresta vaihtelusta. Muissa kokeissa lanta on kuormattu aumoista, joiden pienen poikkileikkauksen johdosta jo kuormausvaiheessa kuhunkin kauhalliseen päätyy lantaa auman eri osista. Suuresta lantalasta kuormattaessa kauhalliset saattavat sisältää pelkästään pinta tai pohjaosia, jolloin levityksen jälkeinen variaatio kasvaa.

Kaikissa levityskokeissa annosmäärät vaihtelivat koejäsenittäin paljon. Tämä kuvastaa hyvin materiaalin vaihtelun vaikutusta levittimen toimintaan. Levitystasaisuus oli pääosin huono. Satunnaisten kokkareiden aiheuttaman epätasaisuus-

*Taulukko 3.32. Suoraan lantalasta kuormatun lannan levitystasaisuus vertikaalisilla iskukeloilla varustetulla yleisperävaunulla.*

Näyte	ka-pit., %	annos t/ha	P, g/kg ka	P, g/kg	P, kg/ha
1	30,1	34	3,78	1,14	39
2	26,4	68	4,89	1,29	88
3	31,6	49	3,40	1,07	53
4	26,6	58	7,21	1,92	110
5	27,9	41	4,58	1,28	52
6	30,1	48	4,12	1,24	59
7	26,3	52	4,75	1,25	64
8	16,5	51	5,06	0,83	42
9	29,7	82	5,24	1,56	128
10	26,9	58	4,39	1,18	69
keskiarvo	27,2	54	4,7	1,3	70,5
VK, %	15,5	25,2	21,9	22,7	41,8

*Taulukko 3.33. Pellolla olleesta patterista kuormatun lannan levitystasaisuus vertikaalisilla iskukeloilla varustetulla yleisperävaunulla.*

Kuorma	ka-pit., %	annos t/ha	P, g/kg ka	P, g/kg	P, kg/ha
1 keskiarvo	16,4	74	13,5	2,2	162
1 VK, %	2,3	23,5	6,3	7,7	24,2
2 keskiarvo	18,1	72,2	13,0	2,3	171
2 VK, %	5,1	43,8	9,1	8,8	50,6
3 keskiarvo	31,7	22	9,7	3,1	66,0
3 VK, %	11,3	57,0	3,3	9,8	52,0

Taulukko 3.34. Lanta-aumojen levitystasaisuudet horisontaalisilla ruuvikeloilla varustetulla yleisperävaunulla 1996.

Kompostiauma	ka-pit., %	annos t/ha	P, g/kg ka	P, g/kg	P, kg/ha
Kompostorimassa, avoin					
keskiarvot	26,6	35,6	6,4	1,7	60
VK, %	4,6	45,3	5,0	5,6	44,7
Kompostorimassa, peitetty					
keskiarvot	33,3	20	6,4	2,1	41
VK, %	10,5	24,0	1,9	11,8	20,5
Tuoremassa, avoin					
keskiarvot	23,3	28,9	9,4	2,2	61
VK, %	8,6	85,1	4,4	5,5	81,5
Tuoremassa, peitetty					
keskiarvot	31,7	21,8	9,7	3,1	66
VK, %	11,3	57,0	3,3	9,8	52

Taulukko 3.35. Lanta-aumojen levitystasaisuudet 1997.

		Huopakate	Avoin	Muovikate	Muovikate	Tiivistetty	P-arvo
			auma		tiivistetty		
Annos	t/ha	133	49	35	24	105	0,000
	VK, %	43,0	24,7	40,0	49,0	35,7	-
Ka-pitoisuus	%:a	34,6 <sup>a</sup>	27,0 <sup>b</sup>	25,6 <sup>bc</sup>	25,0 <sup>c</sup>	26,8 <sup>b</sup>	0,000
	VK, %	5,8	4,8	2,3	3,8	3,9	-
Kokonaistyyppi	g N/kg	7,8 <sup>a</sup>	5,9 <sup>b</sup>	5,5 <sup>c</sup>	5,2 <sup>d</sup>	5,4 <sup>cd</sup>	0,000
	VK, %	4,8	4,1	7,7	6,3	6,6	-
	kg/ha	1040	290	190	130	570	0,000
	VK, %	41,8	27,4	37,9	51,0	34,4	-
Kokonaisfosfori	g P/kg ka	8,6 <sup>a</sup>	9,4 <sup>b</sup>	7,4 <sup>c</sup>	7,3 <sup>c</sup>	8,6 <sup>a</sup>	0,000
	VK, %	6,2	7,5	3,8	7,0	2,4	-
	kg/ha	401	125	66	44	240	0,000
	VK, %	41,8	27,6	36,7	52,5	34,3	-

<sup>a, b, c, d</sup> Saman rivin tulokset, joilla ei ole yhteistä kirjainta, eroavat merkitsevästi 5 % riskitasolla.

den voisi olettaa olevan suurinta pienillä annosmäärillä, mutta tulokset osoittavat, ettei annostuksella ole juurikaan vaikutusta. Kuiva-aine- ja ravinnepitoisuudet vastaavat hyvin vastaavien aumojen purkuvaiheen analyysyjä. Variaatiokertoimet sitä vastoin ovat oleellisesti pienempiä kuin aumojen variaatio, joka kertoo kuormauksen ja levityksen pitoisuuksia tasaavasta vaikutuksesta.

### **3.3.5. Tulosten tarkastelu**

Kuivikelannan hyväksikäytön kannalta keskeisiä tekijöitä ovat ravinnemäärän hallinta, ravinteiden levitystasaisuus ja levitysaika. Tässä tutkimuksessa keskityttiin kuivalannan ravinteiden levitystasaisuuteen, joka määräytyy levittimen massanjako-ominaisuuksien ja massan ravinnepitoisuuksien mukaan.

Lannan fysikaalisia ominaisuuksia kuvattiin tilavuuspainolla ja kuiva-ainepitoisuudella, joita on käytetty lannan karakterisointia koskevassa standardiehdotuksessa (CEN 1993). Lantaerien sisäisen variaation selvittämiseksi määritystilavuus oli noin 10 litraa, joten tulokset eivät ole suoraan vertailukelpoisia standardiehdotuksen noin 1 kuutiometrin määritystilavuuden kanssa.

Naudan kuivalanta on fosfori- ja kalilannoite, joista fosfori on lannoitusta koskevan säännösten ja ympäristön kannalta selvästi merkittävämpi. Analysoitavaksi ravinteeksi valittiin ensi vaiheessa fosfori. Vuonna 1997 näytteistä määritettiin myös kokonaistyyppi. Naudan kuivalannan kokonaistypestä yleensä vain noin neljännes on vaikutukseltaan väkilannoitetyypeen verrattavaa, joten analyysituloksien perusteella ei voida suoraan arvioida esimerkiksi levityksen typpilannoituksen tasaisuutta (Kempainen 1989).

Levitystasaisuudet määritettiin levityskaistan pituussuunnassa levittimen keskilinjalta. Tulokset eivät siten sisällä rinnakkaisten levityskaistojen limittäinajoa, joka toisaalta voi tasoittaa ravinnepitoisuuden vaihtelua mutta esimerkiksi optimaalista poikkeava työleveys ja ajovirheet puolestaan kasvattavat massajakauman variaatiota.

### **3.3.6. Johtopäätökset**

Kuivalanta on epästabiili, varsin helposti hajoavia orgaanisia aineksia sisältävä seos. Hajoamisnopeus riippuu mm. lämpötilasta, kaasunvaihdosta, kosteudesta, orgaanisen aineksen ominaisuuksista ja massan ravinnesuhteista. Tämä johtaa lantavaraston kerrostumiseen, jolloin ravinnepitoisuudet varaston eri osissa poikkeavat toisistaan. Typpi- ja fosforipitoisuuksien variaatiokertoimet voivat nousta 30-40 %:iin.

Kuivalannan varastoinnin aikaisia muutoksia voidaan rajoittaa säilyttämällä lantaa mahdollisimman tiiviissä kasassa, mutta lantavaraston kattaminen esimerkiksi muovikalvolla on tiivistämistä tehokkaampi menetelmä. Kattaminen rajoittaa rajoittaa myös ammoniakkin haihtumista ja estää sadevesien imeytymisen



lantaan. Muovilla katettujen, noin 25 % kuiva-ainetta sisältäneiden aumanosien pohjissa ei heinäkuusta marraskuuhun tapahtuneen varastoinnin jälkeen havaittu tapahtuneen suodosvesien valumista. Kuivalannan varastointia muovikalvolla tai vastaavalla peitetyssä peltopatterissa voidaan tämän tutkimuksen tulosten perusteella pitää lannankäsittelyn ja ympäristön kannalta käyttökelpoisena menetelmänä.

Lanta-aumojen suuri variaatio ei kuitenkaan näkynyt levityskokeiden analyysituloksissa. Kuormaus ja levitys tasoittavat merkittävästi varaston heterogeenisuutta mikäli kuormaan tulee kaikkia varaston osia. Esimerkiksi fosforipitoisuuden variaatio oli levityksessä yleensä alle 10 %. Kuormauksen ja levityksen merkittävä homogenisointivaikutus perustui ilmeisesti sekä varaston muotoon että käytettyyn levittimeen. Kuivalantaa kuormattaessa tulisi jokaiseen kauhalliseen saada sekä varaston pinta- että sisäosia. Patteria purettaessa tämä tapahtuu melkein väistämättömästi, mutta laajassa lantavarastossa asiaan olisi kiinnitettävä huomiota. Suuri kuormakorkeus, joka edellyttää vertikaalisia levitinkeloja, johtaa siihen, että kuorman jokainen poikkileikkausprofiili sisältää useita kauhallisia, jolloin yksittäisten kauhallisten välinen vaihtelu tasoittuu.

Levityskokeissa typpi- ja fosforilannoituksen tasaisuus oli huono variaatiokerrotoimien ollessa useimmiten selvästi yli 30 %. Huono tulos johtui ennenkaikkea levittimen huonoista massajako-ominaisuuksista. Levitystasaisuudessa lienee kuitenkin hyvin vaikea päästä mineraalilannoitteilla saavutettavalle tasolle. Lähinnä epätasaisen levityksen aiheuttamiin sadonmenetyksiin perustuen ei typpilannoitteiden levityksen variaatiokerroin saisi ylittää 10 % eikä vastaavasti kalija fosforilannoitteiden 25 % (UN/ECE 1984). Tähänastisten tulosten mukaan ei kuivalannan levityksessä edellä mainittua vaatimusta pystytty saavuttamaan. Ruotsalaisessa testissä, jossa mitattiin samasta kuormasta 12 poikittaisen levitystasaisuuden mittasarjaa ja joista laskettiin erilaisten neljän sarjan yhdistelmien perusteella variaatiokerroin, vaihtelivat tulokset välillä 22-45 % (Malgeryd et al. 1993). Standardiehdotuksessa karjanlannan karakterisoinniseksi ja kuivalannanlevittimen testaamiseksi levitystasaisuutta kuvaavasta variaatiokertoimesta luovuttiin ja vaatimukseksi asetettiin, ettei annos saa poiketa 70 %:a enempää keskimääräisestä (CEN 1994a, CEN 1994b). Ehdotuksen jatkokäsittelyssä on kuitenkin palattu variaatiokertoimeen, jonka on oltava alle 30 % (CEN 1997).

Kuivalanta sisältää liukoiseen fosforiin nähden niukasti liukoista tyyppiä, jolloin tasaisena mineraalilannoituksena annettava lisätyppi tasoittaa lannoitusta. Huono levitystasaisuus onkin suurin ongelma niillä kotieläintiloilla, joilla peltojen fosforilannoitus tapahtuu pääosin tai pelkästään kuivalannalla. Tämän tutkimuksen kokeissa esimerkiksi keskimääräisen fosforiannoksen ollessa varastolannoituksessa kohtuullinen 60 kg/ha olivat vaihtelurajat 17 kg:sta 155 kg/ha. Hellqvistin (1986) referoimat tulokset viittaavatkin karjanlantalannoituksen jottavan maan fosfori- ja kaliumpitoisuuksien suureen variaatioon. Vaihtelu ei

voine olla johtamatta myös huuhtoumariskin kasvamiseen erityisesti huonosti fosforia pidättävillä mailla.

Ratkaisuvaihtoehtoja voidaan esittää useampia, joiden käyttökelpoisuus ja taloudelliset edellytykset ovat hyvin tilakohtaisia. Näitä ovat siirtyminen lietalantajärjestelmään, kuivalannanlevittimien kehittäminen tai kuivalannan ominaisuuksien muuttaminen. Ruotsissa on kuivalannan muuttaminen lietalannaksi todettu teknisesti mahdolliseksi (Karlsson ja Svensson 1993). Lannan varastointi ja jatkokäsittely lietalantana merkitsee pienempiä varastotappioita, yhden koneketjun levitysjärjestelmää ja ennenkaikkea mahdollisuutta hallitumpaan levitystulokseen. Kuivikelannan polttaminen on vaihtoehto, jota on käytetty Englannissa ja USA:ssa (CADDET 1992, Haukkasalo 1997, Clanton 1997). Menetelmä vähentää kuivalannan varastointiin ja levitykseen liittyviä ongelmia mutta sen käyttökelpoisuutta voivat rajoittaa ravinnemenetykset, polton päästöt sekä kustannukset. Erityisesti uusia tai peruskorjattavien tuotantorakennusten kohdalla vaihtoehtona on siirtyminen lietalantajärjestelmään. Kuivalannan fysikaalinen homogenisointi joko levittimessä tai erillisenä työvaiheena parantaisi itse levitinlaitteen toimintaedellytyksiä ja em. tehtäväksi jäisi levitettävän materiaalin tasainen jakaminen.

## **Kirjallisuus**

- CADDET 1992. Poultry litter as a boiler fuel. CADDET-Result 98. 4 p.
- CEN 1993. Proposal for: Manure spreaders and slurry tankers- Specifications for the environmental safety - Part 5: Methods for determining the physical properties of solid and liquid manure. CEN/TC 144/WG3/AHG 3 N12: 1-11.
- CEN 1994a. Proposal for: Manure spreaders and slurry tankers- Specifications for the environmental safety - Part 1: Manure spreaders - Requirements. CEN/TC 144/WG3/AH 3 N13: 1-7.
- CEN 1994b. Proposal for: Manure spreaders and slurry tankers- Specifications for the environmental safety - Part 3: Manure spreaders - Test methods. CEN/TC 144/WG3/AH 3 N15: 1-19. CEN/TC 144/WG3/AH 3 N12: 1-11.
- CEN 1997. Manure spreaders - Specifications for environmental preservation - Requirements and test methods. Draft prEn 13080:1997. 22 p.
- Clanton, C.J. 1997. Alternative waste management systems. Saatavilla: <http://www.bae.umn.edu/extens/manure/wasteman.html>
- Haukkasalo, A. 1997. Britit tekevät sähköä kanankakasta. Tekniikka & talous.
- Hellqvist, K. 1986. Investeringutrymme för bättre teknik vid spridning av stallgödsel. Jordbrukstekniska institutet. Rapport 81: 1-49, 5 bilagor.
- Karlsson, S. & Svensson, L. Konvertering av fast och kletgödsel till flytgödsel. JTI - rapport 157: 1-50.

- Kemppainen, E. 1989. Nutrient content and fertilizer value of livestock manure with special reference to cow manure. *Annales Agriculturae Fenniae*, Vol. 28: 163-284.
- Malgeryd, J. & Wetterberg, C. 1991. Metod för teknikvärdering: utrustning för stallgödselspridning. Karaktärisering av stallgödsel. Provningsutrustning och provningsmetoder för spridare. JTI - rapport 132: 1-82. 5 bilagor.
- Malgeryd, J., Wetterberg, C. & Rohde, L. 1993. Stallgödselns fysikaliska egenskaper, -mätmetoder, -betydelse vid provning av gödselspridare. JTI-rapport 166: 1-75. 5 bilagor.
- Steineck, S., Djurberg, L. & Ericsson, J. 1991. Stallgödsel. SLU. Speciella skrifter 43:1-91.
- UN/ECE 1984. The improvement of machinery for chemical fertilizer application with the aim of achieving a more even spread over agricultural land. United Nations. Economic Commission for Europe. AGRI/MECH report 103:1-27.

## 3.4. Karjanlannan käytön kannattavuus

Kaisu Haataja

### 3.4.1. Tavoitteet

Karjanlantatutkimusohjelman taloudellisen osahankkeen tavoitteena oli selvittää karjanlannan käyttöön liittyviä tilatason kysymyksiä eri tuotantovaihtoehdoissa. Tutkimusongelma täsmennettiin seuraavasti:

- Mitkä tekijät vaikuttavat eri tuotantojärjestelmissä lannankäsittelyn kustannuksiin ja mikä on näiden kustannuserien merkittävyys?
- Miten lannasta aiheutuvia ravinnehävikkejä voidaan vähentää taloudellisesti järkevällä tavalla erityisesti lannan levitysvaiheessa?

#### *Toteutus*

Karjanlannan käsittelyä tutkittiin neljässä eri tuotantovaihtoehdossa, joita kutsuttiin 1. nykyinen tuotanto operatiivisesti toteutettuna, 2. luomutila, 3. intensiivisesti toimiva tila ja 4. low cost-tila. Eri vaihtoehtoja tarkasteltiin eri tilakokoluokissa nauta- ja sikataloutta kuvaavilla tilamalleilla (taulukko 3.36). Tilamallit on käsitelty tilakuvauksien ja laskelmien osalta tätä kirjoitusta yksityiskohtaisemmin Haatajan julkaisussa (1998).

Skenaariovaihtoehtojen välillä suurimmat erot olivat tuotantorakennuksissa ja tästä johtuen eri lannankäsittelymenetelmissä, lannanlevityskalustovalinnoissa, peltoalassa suhteessa eläinmäärään sekä tilakoossa. Maidontuotantovaihtoehdois-

*Taulukko 3.36. Tutkimuksen skenaariovaihtoehdot tuotantosuunnittain.*

SKENAARIO- VAIHTOEHTO	TUOTANTOSUUNTA <i>ja lannankäsittelymenetelmä</i>			
	Nykystrategia	maidontuotanto <i>kuivalanta/liete</i>	naudanlihan- tuotanto <i>lietelanta</i>	sianlihantuotanto <i>lietelanta</i>
Luomu-malli	maidontuotanto <i>kuivalanta/liete</i>			
Intensiivinen kotieläintila	maidontuotanto <i>lietelanta</i>		sianlihantuotanto <i>lietelanta</i>	
Low cost -malli		emolehmätuotanto <i>osakuivike- pohjaratkaisu</i>		

sa nykyisessä tilamallissa lähtökohtana oli tilan rehuomavaraisuus. Intensiivisissä malleissa eläintiheys oli ympäristötuen ehdot juuri täyttävä ja peltoala oli pelkääntään nurmella. Luomutilalla tuotanto rakennettiin noudattaen luonnonmukaisen kotieläintuotannon tuotantoehdoja. Naudanlihantuotantomalleissa vaihtoehtoisesti tuotantorakennuksena oli lämmin pihatto lietalantamenetelmällä tai eristämätön tuotantorakennus, jossa lannankäsittelyyn käytettiin kuivikepohjaa. Sianlihantuotantovaihtoehdot erosivat eniten toisistaan eläintiheyden ja tilakokoluokkien suhteen.

Työssä käytettävät tilamallit perustuivat Maatalouden taloudellisessa tutkimuslaitoksessa laadittuihin eri tuotteiden tuotantokustannuksien seurantaan kehitettyjen tilamallien kustannusrakenteeseen (Ala-Mantila 1992). Tilamalleja käytettiin tutkimuksessa työväliseinä arvioitaessa lannankäsittelyn kustannuksia ja toteutettavuutta tilakokonaisuuden ja tuotantosuunnan näkökulmasta.

Lannankäsittelyn suorina kustannuksina tilamalleissa määritettiin ensin rakennuksista ja koneista aiheutuvat hankintamenot ja korko-, poisto-, kunnossapitokustannukset sekä vakuutusmaksut. Poistokustannus laskettiin rakennuksille, koneille ja kalustolle tasapoistona kunkin omaisuusosan jälleenhankinta-arvosta. Talousrakennusten taloudellisena käyttöikäinä käytettiin 25 vuotta. Koneiden ja laitteiden taloudellinen poistoaika vaihteli 10-14 vuoteen. Korjaus- ja kunnossapitokustannuksina tilamalleissa käytettiin rakennuksilla 1 % ja koneilla 3 % jälleenhankinta-arvosta. Vakuutusmaksuiksi arvioitiin 0,2 % jälleenhankinta-arvosta. Korkokustannus laskettiin omaisuuden nykyarvolle, joka oli tilamalleissa puolet jälleenhankinta-arvosta. Korkokantana laskelmissa oli 6 %. Viljelijäperheen työn hintana käytettiin malleissa 40,10 markkaa/tunti ja palkkatyölle 66,50 markkaa/tunti.

Eläinten lantamäärät ja lantavarastojen tilavuudet määritettiin MMM:n minimivarastointiohjevaatimusta vastaavasti (MMM 1996d). Lantavarastojen rakennuskustannukset laskettiin MMM:n (1996c) ohjekustannusten perusteella. Lannankäsittelyn koneiden ja laitteiden hintatietoja kysyttiin koneiden valmistajilta ja myyjiltä. Kaikki hinnat on laskelmissa ilmoitettu ilman arvonlisäveroa.

Karjanlannan ravinnepitoisuuksina käytettiin Viljavuuspalvelun (1996) vuoden 1995 keskimääräisiä lanta-analyysien tuloksia. Lannan ravinnemäärien laskemisessa otettiin huomioon tyypestä liukoinen tyyppi ja fosforista kasveille käyttökelpoisena osuutena ympäristötuen ehtoissa käytetty 75 % kokonaisfosforista.

Lannankäsittelyn epäsuorina kustannuksina tarkasteltiin ajallisuuskustannuksen ja maan tiivistymisestä aiheutuvan kustannuksen merkitystä. Ajallisuuskustannuksella tarkoitetaan peltoviljelyssä kustannuserää, joka muodostuu sato tappioiden tai satotason alenemisen aiheuttamista tulonmenetyksistä epäoptimaalisen ajankohdan vuoksi. Ruotsissa tehtyjen tutkimusten mukaan ajallisuusvaikutus oli kevätiljoilla 42 kg/(ha x päivä) ja lisäksi lannan levitys viivytti kylvöjä kolmasosalla kylvöalasta (Brundin ja Rodhe 1990). Ajallisuuskustannus laskettiin kaavan 1 avulla:

$$(1) \quad K_{ajall} = (1/3) * L * a * T$$

jossa  $K_{ajall}$  = ajallisuuskustannus kok. (mk)  
L = ajallisuusvaikutus (mk / (ha x pvä))  
a = kevätiljapinta-ala (ha)  
T = lannanlevityksen vaatima aika (pvä)

Kylvön oikeaan ajoittamiseen on erityisesti savi- ja hiesumailta kiinnitettävä huomiota. Maan kuivuminen voi keväällä tapahtua hyvin nopeasti, jolloin sopivaa kylvöaikaa riittää vaikeimmilla maalajeilla vain parin päivän verran. Näiden tilanteiden arvioimiseksi käytettiin suomalaisten kylvöaikakokeitten tuloksia.

Maan toimiva rakenne on edellytys, kun tavoitteena on pienentää peltoviljelyn kustannuksia, ympäristöhaittoja ja satovaihteluja. Maan tiivistymisriski on suuri, kun kostealla pellolla ajetaan paljon ja/tai painavilla kuormilla. Lannan levityksessä maan tiivistymistä tapahtuu usein keväällä ja syksyllä, jolloin maa on märkää. Maan tiivistymisvaikutusten kustannuksia tilamalleissa arvioitiin maan tiivistymiskenttäkoetuloksia lähtökohtana käyttäen (mm. Alakukku 1997) alentamalla satotasoa 2-5 prosenttia ja korvaamalla satotappiot ostoviljalla.

Tilamalleissa viljelykasvien lannoitus suunniteltiin ympäristötuen lannoitustasojen mukaan (MMM 1996b). Jos ja kun ravinnehävikkejä aiheutuu lannan levitysvaiheessa ja levityksen jälkeen esimerkiksi runsaiden sateiden takia, ei lisäravinteita voida enää levittää peltoon, jos on jo käytetty ympäristötuen ehtojen mukaiset lannoituksen maksimimäärät. Käytännössä viljelijällä on siten käytettävissään ravinnekiintiö, jonka ravinnekilot kannattaa käyttää ravinnetappiot minimoiden taloudellisten rajoitteiden puitteissa.

### 3.4.2. Tilamallitarkastelu

Tässä kirjoituksessa on kuivailtu yleisesti nykyisten maidontuotantotilojen, luomumaitotilojen ja emolehmätilojen lannankäsittelyssä tilamallitarkastelussa keskeisesti esille tulleita näkökohtia. Intensiivisiä maitotiloja ja sikatiloja käydään numeerisesti hieman yksityiskohtaisemmin läpi. Tilamalleilla tarkasteltiin myös lannankäsittelyinvestointien kannattavuutta.

#### 3.4.2.1. Maidontuotantotilat

##### *Nykyinen tuotanto operatiivisesti toteutettuna*

Nykyisten maidontuotantotilojen lannankäsittelyä tarkasteltiin sekä kuivalantavirtsanerotus- että lietelantajärjestelmän kannalta. Lietelantamenetelmä oli kuivalantamenetelmää edullisempi, kun otettiin huomioon erot lantojen varastoinnissa, levityskalustoissa, työnmenekeissä sekä kuivalannan, virtsan ja lietelannan eri

ravinnepitoisuudet. Kuivalannan hyväksikäyttöä lannoitteena heikentää se, että lannan määrästä ja kuormien koosta ei ole aina selvää käsitystä. Kuivalannan hyväksikäyttöä vaikeuttaa kuitenkin erityisesti kuivalannan ravinnesisällön heterogeenisuus ja levitystasaisuuden vaihtelu.

Kun karja ruokittiin tilamalleissa kotoisilla rehuilla, jolloin peltoala määräytyi eläinten ruokintanormien ja viljelykasvien satotasojen perusteella, ei karjanlanta tullut pinta-alaa kohden liikaa. Tarvittavat lisäravinteet, lähinnä typpi, täydennettiin ostolannoitteina. Tiloilla lanta pyrittiin levittämään nurmen uudistus- ja rehuvilja-aloille. Tällöin toteutettiin meijeriteollisuuden suosimia turvallisen vaihtoehdon kriteerejä, jolloin minimoidaan klostiridipitoisuusriskiä. Rehun huono hygieeninen laatu vaikuttaa edelleen juuston valmistusprosesseihin.

Lantavarastojen tilavuustarpeeseen vaikuttavat syntyvä lannan määrä, varastointiajan pituus ja pesu- ja sadevesien mukaan pääsy. Vuodessa maito- ja lypsylaitteiden pesuvesiä tulee yleensä noin 100-200 m<sup>3</sup>/vuosi (Ympäristöministeriö 1997). Jätevedet ovat toisaalta kasvattamassa lantavarastojen varastointitilavuustarvetta, mutta huolimattomasti käsiteltynä fosforipitoiset pesuaineet kuormittavat vesistöjä. Kahdella kolmesta karjatilasta on maatilojen ympäristöhoito-ohjelmien perusteella ongelmana liian pienet lannan varastointitilat (Maa-seutukeskusten Liitto 1997). Ratkaisuvaihtoehtoja on etsitty lisärakentamisen ja patterivarastoinnin lisäksi mm. yhteislantavarastoista, varastotilan vuokrauksesta ja turpeeseen imeyttämisestä.

### *Luomumaidontuotantotilat*

Luomutuotannossa vuonna 1997 oli 120 lypsykarjatilaa ja samanaikaisesti siirtymävaiheessa oli 525 maitotilaa (Kivinen ja Alasimi 1997). Tavanomaiseen tuotantoon verrattuna luomutilalla aiheutuu lisäkustannuksia, kun kaikki lanta on kompostoitava ennen lannoitteeksi käyttöä. Kuivalanta voidaan kompostoida aumassa tai rumpukompostorissa. Kuivikemäärät lannan kompostoitumiseksi ovat yleensä huomattavasti suurempia kuin mitä eläinten puhtaanapitoon tarvitaan. Lietelanta kompostoidaan ilmastamalla tai sekoittamalla liete turpeeseen ja kompostoimalla kuivalannan tapaan. Virtsa tulisi seisottaa, kompostoida tai ilmastaa ennen käyttöä. Tilamallissa kylmäpihatosta saatava (puoli)kiinteä lanta kiinteytettiin kuivikkeilla ja kompostoitiin kuivalantana. Puolikiinteässä lannassa on liikaa kuiva-ainetta, jotta se voitaisiin ilmastaa lietelannan tapaan.

Karjanlannan käsittelyn työnmenekissä tavanomaisen ja luomutilan välillä lietelannan ilmastus ei juuri lisää ihmistyönmenekkiä tavanomaiseen lietteen perussekoitukseen verrattuna. Kuivalantajärjestelmässä lannan aumakompostointityöt lisäävät vähintään yhden lannan kuormaus- ja levityskerran perinteiseen kuivalannan kuormaus-kuljetus-levitys -työketjuun (Klemola 1993). Lannankäsittelytyöt vaativat luomutilalla enemmän suunnittelutyötä etukäteen, jotta lanta ehditään kompostoida ennen levitystä. Kompostoinnissa tyypeä häviää

sekä haihtumalla ilmaan että huuhtoutumalla. Kompostoinnin välttämättömyys onkin herättänyt keskustelua. Luomutilojen lannan kompostointivaatimus on voimassa EU-maista vain Suomessa.

Luomutiloille suositellaan rakennusratkaisuja, joissa eläimet voivat liikkua vapaasti ulko- ja sisätiloissa (Luonnonmukaisen viljelyn liitto 1997). Tarvittavien ulkotarhojen lannankäsittelystä on myös huolehdittava (ks. ohjeet Ympäristöministeriö (1997)). Kompostoitumista vähemmän mitattu ravinnehävikkien lähde on pihattojen jaloittelu- ja ruokinta-alueet sekä ulkona olevat jaloittelualueet. Usein jo rakennusratkaisuilla voidaan paljon vaikuttaa siihen, että pinta- ja pohjavesien pilaantumiselta vältytään.

Eryteisesti luomutilalla hyvän lannankäsittelyketjun merkitys korostuu. Hyvä lantahuolto varastoineen ja sopivine pelto-kotieläinyksikkösuhteineen vaikuttaa rehuntuotantoon ja edelleen maidon tuotantokustannuksiin. Lanta on kotieläinluomutilalla kasvintuotannon tärkeä välivaihe ravinteiden kiertokulussa ja sen vuoksi ravinnehävikit on myös tuotannon näkökulmasta pyrittävä minimoimaan (Källander 1993).

### *Intensiivisesti toimivat maidontuotantotilat*

Intensiivistä maidontuotantoa selvitettiin tilamalleilla, joissa tuotantorakennuksena oli lämmin pihatto ja lanta käsiteltiin lietelantana. Lehmät olivat ympäri-vuotisella säilörehuruokinnalla. Tilalla rehuvilja ostettiin, jolloin peltoala oli pelkästään nurmella. Lietelanta käytettiin kasvavien nurmien lannoitteena, osin niitä perustettaessa.

Karjanlantaa käytettäessä kaliumia tulee usein tarvetta enemmän niin yksittäiselle lannoituskerralle kuin myös koko satokaudelle laskettuna. Liiallinen kaliumi vaikuttaa heikentävästi nurmen kivennäiskoostumukseen eläimen kannalta. Nurmen suuri kaliumpitoisuus yhdessä suuren typpipitoisuuden ja pienen magnesiumpitoisuuden kanssa ovat suurin laidunhalvauksen syy (mm. Heikkilä 1997).

Lietelannan levitettävyyteen ja edelleen kasvien käytettävissä olevien ravinteiden määrään voidaan vaikuttaa lietelannan esikäsitteilyillä ja levitysmenetelmillä (taulukko 3.37). Lietelannan ilmastuksesta eli nestekompostoinnista tilamalleissa laskettiin vuotuiset kustannukset (korke-, poisto-, kunnossapito- ja vakuutus-kustannukset) ja vaikutukset yleiskustannuksien kautta. Kustannusvaikutuksia arvioitiin ensin ilmastinlaitteistolle sekä lisäksi ottamalla huomioon myös sähkönkulutus käyttökustannuksena ja mahdollinen lietelannan typpihävikki, joka korvattiin ostolannoitteilla. Lietekuutiota kohden ilmastuksesta aiheutuva kokonaiskustannus oli 7-9 markkaa/lietekuutio. Se on siten kustannus mm. haitallisten mikrobin vähentämisestä, hajuhaittojen pienemisestä, rikkakasvien siementen hävittämisestä ja tavallaan satovakuutena hygieniasta ja hyvälaatuisesta rehusta.



*Taulukko 3.37. Lietelannan eri esikäsitteilyjen ja levitysmenetelmien kustannusvaikutukset tuotantokustannuksiin intensiivisissä maidontuotantotilamalleissa (mk/tila/v, p/maitolitra ja mk/säilörehuhehtaari).*

	Lehmiä 32			Lehmiä 64			Lehmiä 96		
Maidon tuotanto-									
kustannus mk/tila/v	585404			1046813			1507833		
p/maitolitra	248,4			222,1			213,3		
Säilörehuala	25,3			50,6			75,9		
Lietelantamäärä, m <sup>3</sup> /v	1100			2050			3000		
Muutos tuotanto-	mk/	p/	mk/	mk/	p/	mk/	mk/	p/	mk/
kustannukseen, jos hankitaan:	tila/v	litra	ha	tila/v	litra	ha	tila/v	litra	ha
Ilmastuslaitteet,	1 kpl			1 kpl			2 kpl		
26 200 mk, kestoikä 10 v	4385	1,86	173	4377	0,93	87	8755	1,24	115
+ ilmastuksen sähkön									
kulutus (10 kWh/m <sup>3</sup> )	4489	1,91	178	8464	1,79	167	12447	1,76	165
ed. yhteensä	8874	3,77	351	12841	2,72	254	21202	3,00	280
+ typen hävikit - 10%	870	0,36	34	1635	0,35	32	2406	0,34	31
ed. yhteensä	9744	4,13	385	14476	3,07	286	23608	3,34	311
Separointilaitte									
teho 1-2 m <sup>3</sup> /tunti,									
65 600 mk, kestoikä 12 v	9841	4,18	389	9825	2,08	194	9825	1,39	130
- lietelantalan tilavuus-									
tarve pienenee - 15 %	-1585	-0,68	-62	-2991	-0,63	-59	-4398	-0,62	-58
ed. yhteensä	8256	3,50	327	6834	1,45	135	5427	0,77	72
+ yleisperävaunu									
kiinteälle lannalle									
34 700 mk, kestoikä 12 v	7245	3,08	286	7675	1,63	152	8135	1,15	107
ed. yhteensä	15501	6,58	613	14509	3,08	287	13562	1,92	179
+ kuivalantavarasto									
kiinteälle lannalle	4645	1,97	184	7045	1,49	139	9451	1,33	124
+ kuivalantalan kate	3872	1,64	153	7305	1,55	145	10743	1,52	142
ed. yhteensä	24018	10,19	950	28859	6,12	571	33756	4,77	445
8 vant. multainlaite,									
17 200 mk, kestoikä 12 v	2580	1,09	102	2576	0,55	51	2576	0,36	34
+ työnmenekki									
0,5->1,52 min/m <sup>3</sup>	1276	0,55	50	2400	0,51	48	3615	0,52	48
yhteensä	3856	1,64	152	4999	1,06	99	6191	0,88	82
2 kpl 8-vant. multainta							5152	0,73	68
+ työnmenekki							3615	0,51	48
yhteensä							8767	1,24	116
10-vant. multainlaite,									
25 900 mk, kest.ikä 12 v	3885	1,65	154	3879	0,82	77	3879	0,55	51
+ työnmenekki	1276	0,54	50	2423	0,52	48	3615	0,51	48
yhteensä	5161	2,19	204	6302	1,34	125	7494	1,06	99
2 kpl 10-vant. multainta							7758	1,10	102
+ työnmenekki							3615	0,51	48
yhteensä							11373	1,61	150
12 m.letkulevityslaitteisto									
44 000 mk, kestoikä 12 v	6601	2,80	261	6590	1,40	130	6590	0,93	87
2 kpl ed. letkulevitintä							13179	1,86	174

Separoinnissa lietalannan neste- ja kiinteäosa erotetaan. Lietalannan varastointitarpeen väheneminen pienensi hieman separointilaitteesta aiheutuvia kustannuksia, mutta kiinteän lannan varastotilasta ja levitykseen tarvittavasta yleisperävaunusta aiheutuvat kustannukset on myös otettava huomioon.

Eri levitysmenetelmistä aiheutuvia kustannuksia laskettiin hajalevitykseen verrattuna (pelkkä levitysvaunu), letkulevitykselle (vaunu + letkulevityspuomisto) ja sijoituslevitykselle (vaunu + multainlaite + työnmenekin lisäys).

Pelkkään perussekoitettuun ja hajalevitettyyn lietalantaan verrattuna eri prosessoinnit ja kehittyneemmät levitysmenetelmät aiheuttavat lisäkustannuksia, joiden kattamiseen tarvitaan sitä suuremmat tuotonlisäykset esimerkiksi hehtaaria kohden mitä pienemmälle alalle laitetta käytetään. Hehtaaria kohden laskettu kustannus voidaan lukea siten, että kuinka suuri sadonlisäys (ym. hyödyt) markkoina tulisi vähintään olla, että koneen hankinnasta aiheutuva kustannus tulisi peitettyä.

Ravinnehävikkien vähentämisestä aiheutuvia kustannuksia oli tilamalleilla mahdollista laskea vertaamalla taulukon 3.37 hehtaarikohtaisia multainlaittekustannuksia nurmikenttäkokeiden lietalannan eri levitysmenetelmien ammoniakkin haihtumistuloksiin (Mattila 1997). Sijoituslevityksessä ei kenttäkokeissa haihtunut ammoniakkaa havaittavia määriä. Kun multainlaitteesta aiheutuva hehtaaria kohden jaettu kustannus yhdistettiin lietteen hajalevityksen ammoniakkin haihtumistuloksiin, saatiin tyypin talteensaantikustannus. Ammoniakin haihtumisen vähentämiskustannukset keskimäärin kesinä 1995-1996 Jokioisten savimaalla vaihtelivat multainlaitteen osalta 2-6 markkaa/typpikilo ja työnmenekin lisäys huomioiden 4-7 mk/ N kg. Ruukin turvemaalla kenttäkokeiden mukaan kesiltä 1995-1997 kustannus oli vastaavasti 1-3 mk/ N kg ja 2-5 mk/ N kg. Ostolannoitteissa typpikilo maksoi vuonna 1997 noin neljä markkaa.

Karjanlannan ravinnehävikkeistä aiheutuvia kustannuksia voidaan ostolannoitekustannuksen lisäksi arvioida myös ravinteiden tuotantovaikutusten perusteella eli ravinnehävikkeistä aiheutuvina sadonmenetyksinä. Ravinnehävikkitappiot voivat olla satotappioina (tyypin tuottoarvona) arvioituina huomattavasti suuremmat kuin ostolannoitekustannuksena (typpikilon arvona) laskettuna.

Kun eri skenaariovaihtoehtoja verrattiin keskenään, oli mahdollista tarkastella esimerkkinä 32 lehmän lietalantatiloja keskenään. Lannankäsittelyn vuosikustannukset varastointivaiheesta pellolle olivat edullisimmat nykyisessä vaihtoehdossa (417 mk/ny), seuraavaksi intensiivisellä tilalla (636 mk/ny) ja kalteimmat luomutilalla (709 mk/ny). Intensiivisellä tilalla kustannuksia nykyiseen tilamalliin verrattuna nosti suurempi varastoitava lantamäärä, kun laidunnusta ei käytetty, ulkojaloittelutarhan päällystäminen ja keräilykaivo sekä tehokkaampi sekoitus- ja levityskalusto. Luomutilalla lisäkustannuksia aiheutti lietalannan ilmastus (27 % kustannuksista) ja jaloittelutarhan jätevedenkäsittely.

### 3.4.2.2. Naudanlihantuotantotilat

#### *Low cost -skenaarion tarkastelu emolehmätilamalleilla*

Low cost -naudanlihantuotantomallissa pyrittiin tuotannon kannattavuuteen halvoilla, eristämättömillä tuotantorakennuksilla. Low cost -vaihtoehtoa tutkittiin 20, 30, 40 ja 60 emolehmän tilamalleilla. Emolehmien tehtävä on tuottaa liha-eläimiksi kasvatettavia vasikoita ja hoitaa vasikat vieroitukseen asti.

Sonnien kylmäkasvatus tilamalleissa toteutettiin osakuivikepohjaratkaisulla. Osakuivikepohja tarkoittaa kuivitusjärjestelmää, jossa vain makuualueena toimiva osa karsinasta kuivitetaan. Kuivikepohja tyhjenetään 1-2 kertaa vuodessa ja se voi sisäruokintakauden päätyttyä olla noin metrin paksuinen (Kapuinen 1996). Jäljelle jäävä osa karsinaa toimii lantakäytävänä, josta lanta poistetaan kerran pari viikossa esimerkiksi traktorin etukuormaimella. Emolehmämalleissa sonnit olivat osakuivikepohjalla vieroituksesta teurastukseen eli noin vuoden. Emolehmille ja hiehoille oli talvikaudelle hiekkapohjaiset makuuparret.

Toimivaksi kuivikeseokseksi on osoittautunut kuivikeseos, jossa on 40 paino-% olkea ja 60 paino-% turvetta (Kapuinen 1996). Kuivikepohjalle ei tarvitse erillistä lantalaata, vaan kompostipohja voidaan levittää suoraan pellolle tai antaa tarvittaessa kompostoitua loppuun pellolla aumassa. Kiinteäpohjaiselle ruokinta- ja jaloittelualueelle tuleva lanta poistetaan lantavarastoon kasvattamon läheisyyteen. Emolehmätilalla tulee siten kahdenlaista lantaa, kuivikepohjan sekä jaloittelu- ja ruokinta-alueen lanta.

Kuivikepohjan tuestä osa häviää kompostoitumisen aikana. Lantakäytävän lannassa ravinteet ovat valmista kuivikepohjaa heikommin sitoutuneita, ja ravinhävikkejä syntyy helposti haihtumisen ja huuhtoutumisen kautta. Haihtumishävikkejä voidaan estää poistamalla lanta riittävän lyhyin väliajoin oleskelualueelta ja levittämällä turvetta alueille estämään ammoniakkin haihtumista.

Rakennukset vaikuttavat merkittävästi työnmenekkiin. Hoitotoihin sisältyy paljon rehujen, kuivikkeiden ja lannan siirtelyä. Käytävien olisi oltava niin leveitä, että lannanpoisto kiinteältä lattialta ja kuivikepohjan tyhjennys onnistuvat traktorilla. Vanhoissa tiloissa mataluus ja kantavat väliseinät hankaloittavat traktorin käyttöä. Pyrittäessä tuottamaan halvoissa ja usein vanhoissa tuotantorakennuksissa on rakennuskustannuksissa saatu säästöjä. Vuosittaiset käyttökustannukset voivat sitä vastoin nousta merkittävästi, jos esimerkiksi konetyön käyttö estyy ja työnmenekit näin kasvavat.

Käyttökustannuksia emolehmätilamalleissa muodostui työkustannuksia enemmän ostokuivikkeista, kun sekä tarvittava kuivikeolki että -turve ostettiin. Kuivikemääränä oli vajaa 4 kg olkea ja 6 kg turvetta/päivä/sonni. Kuivikepohja voi siten olla lopulta varsin kallis lannan varastointimuoto.

Koska kuivikepohjaa ei voida levittää nurmikasvustoon, on se sovitettava nurmen perustamis- ja vilja-alalle kevät- tai syyskynnöksen alle. Jos emolehmäti-

loilla ei tarvittaisi olkea, vilja olisi mahdollista korjata myös kokoviljasäilörehuksi. Kokoviljasäilörehu helpottaisi lannan käyttöä, kun se suoja- tai välikasvina lisää lannanlevitysalaa.

### 3.4.2.3. Sianlihantuotantotilat

Nykyisen strategian tilamalleilla tarkasteltiin mm. tilannetta, jossa ohra-ala lannoitettiin pelkästään ostolannoitteella (Y-lannos 2:lla), ja verrattiin tätä tilanteeseen, jossa käytettiin tilan lietelantaa ja puuttuva typpi täydennettiin Suomensalpietarilla. Käytettäessä omaa lietelantaa ostolannoitekustannus pieneni noin 370 markkaa hehtaarilta verrattaessa pelkkään ostolannoitteiden käyttöön. Sian lietekuution arvoksi tuli tällä perusteella 32 markkaa, kun lietettä tilalla koko alalle jaettuna tuli 12 kuutiota hehtaarille. Jos tätä verrattiin lähtökohtaan, jossa peltoalaa oli vähemmän ja eläintiheys oli ympäristötuen ehtojen enimmäismäärän mukainen 1,5 ey/ha, lietteen käyttö korvasi ostolannoitetta noin 490 markkaa hehtaarilta. Laskelmassa lietettä tuli levittää 21 kuutiota hehtaarille, jolloin lietelantakuution arvoksi tuli 23 markkaa. Näin saadut lietelannan ravinnearvot jäivät kattamaan lannan varastoinnista ja levityksestä aiheutuvia kustannuksia. 70-500 sikapaikan tilamalleissa lannankäsittelyn vuotuiset kustannukset varastointivaiheesta pellolle asti vaihtelivat 22-59 markkaa per lietekuutio ja intensiivisillä 500-1500 sikapaikan tilamalleilla 19-22 markkaa (taulukko 3.38).

Jos sianlihantuotantotilalle hankittiin ilmastuslaitteet tai hajalevitystä kehittyneempää levityskalustoa, muodostui vuotta, sianlihakiloa ja viljahehtaaria kohden intensiivisissä tilamalleissa kustannuksia taulukon 3.39 mukaisesti.

*Taulukko 3.38. Lietelannan käsittelystä aiheutuvat vuotuiset kustannukset varastointivaiheesta pellolle intensiivisillä sianlihantuotantotiloilla.*

Sikapaikkoja, kpl	500		1000		1500	
Lietelantaa, m <sup>3</sup> /v	1000		2000		3000	
Vuotuiset kustannukset (poistoaika, v)	mk/v	mk/ liete-m <sup>3</sup>	mk/v	mk/ liete-m <sup>3</sup>	mk/v	mk/ liete-m <sup>3</sup>
Varastointi sis. kate (25 v)	11070	11	20582	10	30094	10
Sekoituslaitteet (10 v)	2252	2	2252	1	2252	1
Levitysvaunu (12 v)	5871	6	5871	3	15405	5
Traktorityö	1625	2	3258	2	4828	2
Ihmistyö	1248	1	2668	1	4012	1
<b>Yhteensä</b>	<b>22067</b>	<b>22</b>	<b>34631</b>	<b>17</b>	<b>56591</b>	<b>19</b>
Lietelannan ravinnearvo	23000	23	46000	23	69000	23
Lietelannan nettoarvo	933	1	11369	6	12409	4

Taulukko 3.39. Lietelannan eri esikäsitteilyjen ja levitysmenetelmien kustannusvai-  
kutukset tuotantokustannuksiin (mk/tila/v, mk/lihakilo ja mk/viljahehtaari) inten-  
siivisillä tilamalleilla.

Sikapaikkoja	500			1000			1500		
Sianlihan tuotantokustannus									
mk/tila/v	1410210			2622246			3797517		
mk/lihakilo	11,75			10,93			10,55		
Vilja-ala, ha	44,34			88,69			133,03		
Lietelantamäärä, m <sup>3</sup> /v	1000			2000			3000		
Lisäys tuotantokustan- nukseen, jos hankitaan:	mk/ tila/v	mk/ kg	mk/ ha	mk/ tila/v	mk/ kg	mk/ ha	mk/ tila/v	mk/ kg	mk/ ha
Ilmastuslaitteet,	1 kpl			1 kpl			2 kpl		
26 200 mk, max poistoaika 10 v	4377	0,04	99	4377	0,02	49	8755	0,03	66
+ ilmastuksen sähkön kulutus (10 kWh/m <sup>3</sup> )	4137	0,04	93	8274	0,04	94	12410	0,03	93
ed. yhteensä	8514	0,08	192	12651	0,06	143	21165	0,06	159
+ typen hävikit - 10%	1251	0,01	28	2502	0,01	28	3810	0,01	28
ed. yhteensä	9765	0,09	220	15153	0,07	171	24975	0,07	187
8 vant. multainlaite,	1 kpl			1 kpl			2 kpl		
17 200 mk, poistoaika 12v	2576	0,02	58	2576	0,01	29	5152	0,02	39
+ työnmenekki									
0,6->1,37 min/m <sup>3</sup>	923	0,01	21	2669	0,01	30	4098	0,01	31
yhteensä	3499	0,03	79	5245	0,02	59	9250	0,03	70
10-vant. multainlaite,	1 kpl			1 kpl			2 kpl		
25 900 mk, poistoaika 12v	3879	0,03	87	3879	0,02	44	7758	0,02	58
+ työnmenekki	923	0,01	21	2669	0,01	30	4098	0,02	31
yhteensä	4802	0,04	108	6548	0,03	74	11856	0,04	89
12 m. letkulevityslaitteisto									
44 000 mk, poistoaika 12 v	6590	0,06	148	6590	0,03	74	6590	0,02	50
2 kpl ed. letkulevitintä							13179	0,04	99
8 m. letkulevityslaitteisto									
21 000 mk, poistoaika 12 v	3145	0,03	71	3145	0,01	35	3145	0,01	24
2 kpl ed. letkulevitintä							6290	0,02	47

Suurilla sikatiloilla kylvökiireet sekä peltojen huono kantavuus keväällä rajoittavat levitysmahdollisuuksia. Esimerkiksi 1500 sikapaikan tilamallissa lannanlevitykseen kului kahdelta ihmiseltä noin 6 työpäivää työnmenekki 8 tuntiseksi työpäiviksi laskettuna. Suurimmilla tiloilla kasvustoon levityksen merkitys tällöin kasvaa.

Lietelannan levitysjanakohtia tilakohtaisesti arvioitaessa voidaan verrata siten ennen kylvöjä ja toisaalta kylvöjen jälkeen tapahtuvia levityksiä ja näille ominaisia kustannuseriä (taulukko 3.40). Kylvöjen jälkeen oraille tapahtuva levitys säästää ajallisuus- ja maan tiivistymiskustannuksia, mutta aiheuttaa toisaalta tallautumistappioita. Satotasojen lasku korvattiin ostoviljalla (75 p/kg).

Kevät- ja syyslevitysjanakohtat vaikuttavat lietelannan typen hyväksikäyttöön. Jos lantamäärä levitettiin puoleksi keväällä ja toinen puoli syksyllä, typen

*Taulukko 3.40. Levitysjanakohtaan liittyvien kustannustekijöiden vaikutus tuotantokustannuksiin (mk/tila/v, mk/lihakilo ja mk/viljahehtaari) intensiivisissä sianlihantuotantotilamalleissa.*

Sikapaikkoja	500			1000			1500		
Sianlihan tuotantokustannus									
mk/tila/v	1410210			2622246			3797517		
mk/lihakilo	11,75			10,93			10,55		
Vilja-ala, ha	44,34			88,69			133,03		
Lietelantamäärä, m <sup>3</sup> /v	1000			2000			3000		
Kustannusvaikutus	mk/tila/v	mk/kg	mk/ha	mk/tila/v	mk/kg	mk/ha	mk/tila/v	mk/kg	mk/ha
Ajallisuuskustannus, jos ajallisuusvaikutus									
42 kg/ha/pv	2380	0,02	54	9710	0,04	109	10862	0,03	82
60 kg/ha/pv	3399	0,03	77	13872	0,06	156	15518	0,05	117
120 kg/ha/pv	6799	0,06	153	27743	0,12	313	31035	0,09	233
Lannanlevityksessä traktoreita, kpl	1			1			2		
Maan tiivistymisvaikutus tai tallautumistappio satotaso 4500 kg/ha									
- 5 %	7483	0,06	169	14966	0,06	169	22449	0,06	169
- 3 %	4490	0,04	101	8980	0,04	101	13469	0,04	101
- 2 %	2993	0,02	68	5986	0,02	68	8980	0,02	68
Lietelannan liukoisen typen hyväksikäyttö									
90 %	1251	0,01	28	2503	0,01	28	3810	0,01	29
75 %	3128	0,03	71	6257	0,03	71	9525	0,03	72
50 %	6257	0,05	141	12513	0,05	141	19050	0,05	143

hyväksikäytöksi arvioitiin 75 %. Vaikutuksia laskettiin korvaamalla hävikit ostotypellä (taulukko 3.40).

Ympäristötukeen sitoutuminen edellyttää lannan sijoittamiseen riittävää peltopinta-alaa. Suurin sallittu sikapaikkamäärä hehtaaria kohden on A- ja B-tukialueilla 11. Intensiivisellä sianlihan tuotantotilalla eläintiheysehdon mukaisesta peltoalamäärästä huolimatta fosforia saattoi hehtaaria kohden tulla liikaa riippuen pellon fosforin viljavuusluokasta, lannan fosforipitoisuudesta ja käytetystä lannoitussuunnitelmasta (ympäristötuen mukainen lannoituksen perustaso vai tarkennettu lannoitus). Jos tilalla oma peltoala ei riitä lannanlevitykseen ympäristötuen ehtojen mukaisesti eläinmäärää vähentämättä, voidaan vuokrata lisämaata tai tehdä lannanlevityssitoumuksia muiden viljelijöiden kanssa. Pellolle levitettävään fosforimäärään voidaan vaikuttaa ruokinnan avulla. Uudet ruokintanormit, rehujen tuotekehitys sekä tuotosvaiheen huomioon ottava ruokinta (nk. vaiheruokinta) ovat alentaneet lannan fosforimääriä (Helander 1997).

#### **3.4.2.4. Lannankäsittelyinvestointien kannattavuus**

Ympäristönsuojeluun liittyvien investointien arviointi poikkeaa hieman tavanomaisten investointien tarkastelunäkökulmasta. Laajemmin tarkasteltuna ympäristökustannukset voidaan luokitella yrityksen näkökulmasta 1) tavanomaisiin kustannuksiin, 2) piilokustannuksiin, 3) vastuukustannuksiin ja 4) imagokustannuksiin. Tavanomaiset kustannukset käsittävät laitteen hankinnasta ja käytöstä aiheutuvat kustannuserät. Valvonta, tuotantoon tarvittavat luvat ja kierrätys, yleensä lainsäädäntö ja normit aiheuttavat piilokustannuksia. Vastuukustannukset voivat realisoitua joskus tulevaisuudessa onnettomuuksien korvauksina tai säädösten rikkomisesta aiheutuvina sakkomaksuina. Imagokustannukset ovat aineettomia kustannuksia, jotka aiheutuvat sidosryhmien käsityksiin ja mielikuviin vaikuttamisesta tai vaikuttamatta jättämisestä (Niskala ja Mätäsaho 1996).

Osa ympäristönsuojeluinvestoinneista voi olla lakisääteisiä, jotka pitää joka tapauksessa toteuttaa tuotantotoimintaa jatkettaessa. Samoin tuotantoehdot voivat vaatia tiettyjä toimenpiteitä, esimerkiksi luomutuotannossa. Maatalouden ympäristönsuojelua koskevien investointien arvioinnissa investoinnin hankintakustannukset ovat laskettavissa, mutta kaikkia pitkän aikavälin hyötyjä ja kustannussäästöjä ei voida tarkasti tai ollenkaan määritellä ja taloudellisesti arvottaa. Investointien edullisuutta laskettaessa määritellään ja lasketaan siten ensin ne kustannus- ja tuottoerät, jotka rahamääräisinä ilmaisevat ympäristöinvestoinnin liiketaloudellisen kannattavuuden. Ne erät, joita ei kyetä esittämään rahamääräisesti, ilmaistaan määrällisesti tai laadullisesti (Niskala ja Mätäsaho 1996).

Investointilaskelmissa kustannuksia vähentävinä erinä otetaan huomioon mahdolliset yhteiskunnalta saatavat tuet. Maatalouden ympäristöinvestointeihin on ollut mahdollista saada investointiavustusta. Kansallista rakennetukea vuonna 1998 (MMM 1997) myönnetään rakennushankkeille ja laitehankinnoille, jotka

taloudellisesti ja tarkoituksenmukaisesti edistävät ympäristönsuojelua. Avustus on 25 % investoinnin kustannuksista.

Eräs lantalan laajennusinvestoinnin kannattavuuteen vaikuttava tekijä on alueen ympäristötuki. Esimerkkitalalla lietelantala laajennettiin 540 kuutiota (noin 68 000 markkaa) ja koko peltoala (25 ha) oli nurmella. Tällöin takaisinmaksuajan menetelmällä lantalainvestointi maksoi itsensä A-alueella 1,1 ja B- ja C-alueella 2,2 vuodessa olettaen 25 %:n avustus ja investoinnin tuottoeriksi vuosittainen ympäristötuki ja syyslevityksen luopumisesta säästyneet typpilannoitekustannukset. Vaihtoehtoisesti investointia voidaan tarkastella nykyarvomenetelmän kannalta. Investoinnin tuotoksi laskettiin viidelle ensimmäiselle vuodelle tilan ympäristötuki ja kustannuksia vähensi 25 %:n investointiavustus. A-alueella lantalalaajennuksen nykyarvo oli 132 200 markkaa ja B- ja C-alueilla 38 800 markkaa. Laskelmissa otettiin peltoalalle maksettava ympäristötuki kokonaisuudessaan lantalainvestoinnin tuotoksi eli muiden ympäristötuen ehtojen täyttämiseksi vaadittavien toimenpiteiden oletettiin olevan kunnossa. Ympäristötuki on kuitenkin korvausta kaikkien ympäristötuen ehtojen täyttämisestä eli yleisesti ympäristönsuojelu- ja maisemanhoitotoimenpiteistä aiheutuvista kustannuksista ja tulonmenetyksistä.

Rakennusinvestointeja suunniteltaessa on huomioitava niiden pysyvyys. Edellisen esimerkkitalan kannattaisi tuotantoa kauemmin jatkettaessa rakentaa asianmukaiset lantavarastot sen sijaan, että imeyttäisi ylimääräisen lietteen turpeeseen tai jäisi puutteellisen lantalan takia ympäristötukiohjelman ulkopuolelle.

Lietelannanlevityskalustoa uusittaessa levitysvaunuratkaisuna voi olla hajatai letkulevitys tai multaimella maahan tapahtuva sijoitus. Investoinnin kustannuseriksi voidaan laitteen hankintakustannuksen lisäksi ottaa huomioon mm. erot työnmenekeissä ja levitystasaisuudessa. Tuottoeriä on mahdollista etsiä mm. satotaseroista. Jokioisten ja Ruukin kentäkokeissa säilörehun kuiva-ainesaadoissa ei ollut suuria eroja haja-, letku- ja sijoituslevityksen välillä. Ravinnehävikkejä aiheutui kuitenkin vähiten levitysvaiheessa sijoituslevitystä käytettäessä (Mattila 1997).

Tilamallitarkastelussa käytetyt vuotuiskestannuserät (mk/tila/v, mk/l, mk/ha) ovat verrattavissa annuiteettimenetelmään, jossa poisto oletetaan vuosittain yhtäsuureksi ja korko lasketaan keskimäärin sijoitetulle pääomalle. Tilamalleissa on mukana lisäksi kustannusvaikutukset yleiskustannuksien kautta. Tilamallien yhteydessä esitettyjä kustannustaulukoita voidaan käyttää investointien arvioinnissa apuna. Taulukkoarvot havainnollistavat sen kuinka paljon kyseisellä tilalla hehtaaria kohden sadon lisäys ym. tuotot tulisi olla, että konehankinnasta aiheutuva kustannus peittyisi (taulukot 3.37 ja 3.39). Esimerkiksi 44 000 markan letkulevittimen kustannusten kattamiseksi maitotilamallissa 76 säilörehuhehtaarille, tuottojen pitäisi nousta vähintään 87 markan verran. Vaihtoehtoisesti säilörehusadon pitäisi nousta noin 420 kiloa (2/3 säilörehupaalia) hehtaarille tai maidolle tulisi saada lisähintaa 0,9 penniä. Ympäristöystävällisestä viljelytek-



niikasta aiheutuvia lisäkustannuksia voidaan havainnollistaa myös ilmoittamalla tuen määrä, jolla katettaisiin k.o. kustannukset.

Kun investointien kannattavuus on tilalla analysoitu ja valittu paras vaihtoehto, on myös investointien taloudellinen toteutettavuus eli vaikutus maksuvalmiuteen selvitettävä. Hyvä maksuvalmius tarkoittaa, että kassavirtojen ylijäämä on positiivinen joka periodilla, jotta kannattava investointi on toteuttamiskelpoinen.

### 3.4.3. Johtopäätökset

Niin hankintakustannuksiltaan kuin myös vuotuis kustannuksiksi laskettuna suurin kustannuserä lannankäsittelyssä varastointivaiheesta pellolle muodostui lannan varastointikustannuksista, toiseksi suurin lannan levityskalustosta ja kolmanneksi suurin levitystyöstä. Lietelantatiloilla lantalan kattaminen aiheutti varastointikustannuksista noin neljänneksen. Lantavarastojen kunnostamis- ja laajentamishankkeet ympäristötuen ehtojen toteuttamiseksi ovat olleet ajankohtaisia monella tilalla. Rakennuskustannuksissa ei ole helposti löydettävissä kustannussäästöjä vaan pikemminkin niistä on tiloille aiheutumassa lisäkustannuksia.

Ajallisuuskustannukset ja maan tiivistymisestä aiheutuvat sadonmenetykset voivat tilakohtaisesti aiheuttaa yhtä suuren kustannuksen kuin jokin edellämaituista suorista kustannuseristä. Ajallisuuskustannuksen muodostumiseen vaikuttavat mm. tilan maalajit. Esimerkiksi savimaan muokkaukseen ja kylvöön on vähemmän aikaa käytettävissä kuin eloperäisten maiden. Tilamallilaskelmissa maan tiivistymisestä aiheutuvat kustannukset satotappioina olivat pienemmillä tiloilla usein suuremmat kuin ajallisuuskustannuksesta aiheutuvat. Vilja-alan kasvaessa ja vaikeita maalajeja viljeltäessä ajallisuuskustannuksen merkitys korostuu. Epäsuorien kustannuserien merkittävyyteen vaikuttaa keskeisesti rehuviljan hinta, joka on laskenut EU-jäsenyyden myötä (mm. Laine 1996).

Varsinkin pienelle tilalle tehokkaan ja ravinnehävikkejä pienentävän lannanlevitystekniikan hankinta voi olla liian suuri investointi. Investointikynnystä on hieman helpottanut maatalouden ympäristöinvestointeihin saatavat investointiavustukset. Maatilatalouden koneiden ja laitteiden yhteiskäyttöä, esimerkiksi lietelannan levityksessä, on myös tuettu avustuksin ja korkotukilainoin. Tehokkaampaa tekniikkaa tilan on mahdollista saada käyttöönsä myös koneurakointia käyttämällä.

Lannanlevitys keväällä vaatii varsinkin suurilla tiloilla merkittävän työmäärän muiden kevättöiden lisäksi. Levitysvaunukokoa ei voida loputtomiin kasvattaa, vaan jossain vaiheessa tarvitaan levitystyöhön lisäkalustoa ja -työvoimaa. Kevätkiireitä helpottaa, jos osa lietelannasta voidaan levittää nurmensängelle tai viljan oraille. Uudemmassa ja tehokkaammassa lannanlevitystekniikasta aiheutuvien kustannusten peittäämiseksi voidaan etsiä tuottoeriä satotekijöiden lisäksi

pienentyneistä ajallisuuskustannuksista ja maan tiivistymisvaikutuksista. Toisaalta pintaan levityksessä on riskinä ravinnehävikit haihtumisen tai runsaiden sateiden myötä.

Lannan typen ja fosforin huuhtoutuminen vesistöihin on todennäköistä, kun lantaa levitetään peltoalaa kohden suuria määriä tai lantaa levitetään epäedullisena ajankohtana. Lannankäsittelyssä voi tulla ongelmia siten myös peltoalan riittävyuden kanssa. Lannan ravinteista fosfori asettaa rajat levitettävälle lantamäärille ympäristötuen ehtojen mukaan lannoitettaessa. Peltoalan riittävyteen vaikuttaa eläintiheyden lisäksi lannoitus suunnitelma, pellon fosforin viljavuusluokka ja lannan fosforipitoisuus. Jos lannanlevitykseen ei ole käytettävissä tarpeeksi peltoalaa, on liian pieni peltoala lannankäsittelyyn liittyvä kustannus. Lannankäsittelyyn liittyy siten kustannuseriä, joista osa on luonteeltaan ns. hallinnollisia kustannuksia eli lainsäädännöstä tai ympäristöohjeistuksista johtuvia.

Tuotantokustannuksia on pyritty pienentämään rakentamalla eristämättömiä tuotantorakennuksia. Eristämättömissä rakennuksissa ei liettelantajärjestelmä Suomen talviolosuhteissa toimi, joten lannankäsittely on järjestetty esimerkiksi kuivikepohjaratkaisuna ja poistamalla lanta lantakäytäviltä viikoittain traktorilla lantalaan. Kuivikekustannus sekä kuivitus- ja lannankäsittelytyöt voivat muodostaa merkittävän vuosittaisen kustannuserän. Edullisimpien rakennuskustannusten edut voivat siten pienentyä suurempien vuosittaisten käyttökustannuksien takia.

Luonnonmukaista maidontuotantoa harjoittavalle tilalle aiheutuu lannankäsittelyssä lisäkustannuksia tavanomaiseen tuotantoon verrattuna lannan kompostoinnista laite-, sähkö-, kuivike- ja lisätyökustannusten kautta sekä ulkoilutarhojen pohjaratkaisujen toteuttamisesta. Niin lannan kompostoinnin toteuttamisella kuin myös ulkotarhojen rakennusratkaisuilla voidaan merkittävästi vaikuttaa ravinnehävikien syntymiseen. Luomutilalla pihatto- ja karsinakasvatus ovat ensisijaiset hyväksytyt navettatyypit. Tulevaisuuden luomumaitotilalla karjanlannankäsittely on lämpimässä pihatossa todennäköisesti järjestetty liettelantamenetelmällä ja kylmissä pihatoissa lanta poistetaan (puoli)kiinteänä, johon lisätään kuivikkeita lannan kompostoimiseksi kuivalantana.

Ympäristöystävällinen lannankäsittely aiheuttaa tilalle kustannuksia, joita ei aina pystytä kattamaan esimerkiksi kohonneina satotasoina. Ravinnehävikien vähentämisen hyödyt näkyvät kuitenkin pidemmällä aikavälillä mm. parantuneena veden ja ilman laatu. Vesi ja ilma ovat luonteeltaan julkishyödykkeitä, joita kuvaa mm. jakamattomuus ja omistusoikeuden erilaisuus yksityisomistukseen verrattuna. Myös salmonella- ja EHEC-tapausten myötä on korostunut hyvän tuotantohygienian tärkeys ja vaikutukset koko ruoantuotantoketjussa. Ympäristöinvestointien pitkän aikavälin yhteiskunnallisten hyötyjen ja kustannusten arvottaminen ei siten ole niin yksiselitteistä kuin ympäristön tilaa parantavien investointien tilakohtaisten hankinta- ja vuotuis-kustannusten laskenta.

## Kirjallisuus

- Alakukku, L. 1997. Long-term soil compaction due to high axle load traffic. Agricultural Research Centre of Finland Institute of Crop and Soil Science. Väitöskirja. Jokioinen. 120 p.
- Ala-Mantila, O. 1992. Tuotantokustannusten seurannan perusteet. Maatalouden taloudellisen tutkimuslaitoksen tiedonantoja 180. Helsinki. 89 s.
- Brundin, S. & Rodhe, L. 1990. Ekonomisk analys av hantering av stallgödsel. Jordbrukstekniska institutet. Teknik för lantbruket nr 25. Uppsala. 11 s.
- Haataja, K. 1998. Karjanlannan käytön kannattavuus. Maatalouden taloudellisen tutkimuslaitoksen tutkimuksia 228. Helsinki. 107 s.
- Heikkilä, T. 1997. Lannoituksen vaikutus nurmirehun laatuun. Tutkimushanketiivistelmä Tuike -MTT:n tutkimusrekisterissä. Saatavilla: <http://www.mtt.fi/triphome/wwwtuike/tuikehaku.html>. Viitattu 5.2.1997
- Helander, E. 1997. Rehun sisältämät tehoaineet - näkyvätkö lannassa? Teoksessa: Vuorinen, A. (toim.). 1997. Lantaseminaari 19.-20.1996. Tiivistelmät. Joensuun yliopisto. Matemaattis-luonnontieteellisen tiedekunnan raporttisarja 37. Joensuu. 99 s.
- Kapuinen, P. 1996. Kylmäkasvattamoiden kuivikepohjien toimivat vaihtoehdot. VAKOLAn tutkimusselostus 74. Vihti. 119 s.
- Klemola, E. 1993. Lannan kompostoinnin työnmenekki. Teho 2, s. 28-30.
- Kivinen, H. & Alasimi, T. 1997. 120 lypsykarjatilaa luomutuotannossa, 525 siirtymässä. Maaseudun Tulevaisuus 2.9.1997.
- Källander, I. 1993. Luonnonmukainen maanviljely. Helsinki. 536 s.
- Laine, A. 1996. Konekapasiteetin mitoitus ja konekustannukset viljan ja nurmirehun tuotannossa. Työtehoseuran julkaisuja 349. Helsinki. 80 s.
- Luonnonmukaisen viljelyn liitto ry. 1997. Luomutilojen ympäristönhoitosuositukset. Mikkeli. 34 s.
- Maaseutukeskusten Liitto 1997. Maatilojen ympäristöhoito-ohjelmat 1995-1996. Helsinki. 15 s.
- Mattila, P. 1997. Ammoniakkimittaukset Jokioisilla ja Ruukissa kesällä 1995, 1996 ja 1997. Työpaperi.
- MMM 1996a. Lannan käytön tehostaminen. Maatalouden ympäristötuen erityisuudet. Helsinki. 4 s.
- MMM 1996b. Maatalouden ympäristötuen perustuki maataloille. Helsinki. 32 s.
- MMM 1996c. Rakennuskustannukset 1996. MRO E2, voimassa 1.3.1996 lukien. Helsinki. 12 s.
- MMM 1996d. Rakentamisohjeet MRO C4. Kotieläinrakennusten ympäristönhuolto. Helsinki. 8 s.
- MMM 1997. Kansallisen rakennetuen ohjaus vuonna 1998. Yleiskirje 30.12.1997.
- Niskala, M. & Mätäsaho, R. Ympäristölaskentatoimi. Ekonomia-sarja. Porvoo. 381 s.

Viljavuuspalvelu Oy 1996. Viljavuuspalvelun yhteenveto lanta-analyysien kokoomaan tuloksista vuodelta 1995. Työpaperi. Mikkeli.

Ympäristöministeriö 1997. Ohje kotieläintalouden ympäristönsuojelusta. Moniste 1.10.1997. Helsinki. 24 s.

## 4. Lannan käsittelymenetelmien vaikutus tilatason teknologisiin järjestelmiin, talouteen sekä ympäristöön

### 4.1. Lannan käsittely osana tilan tuotantotoimintaa

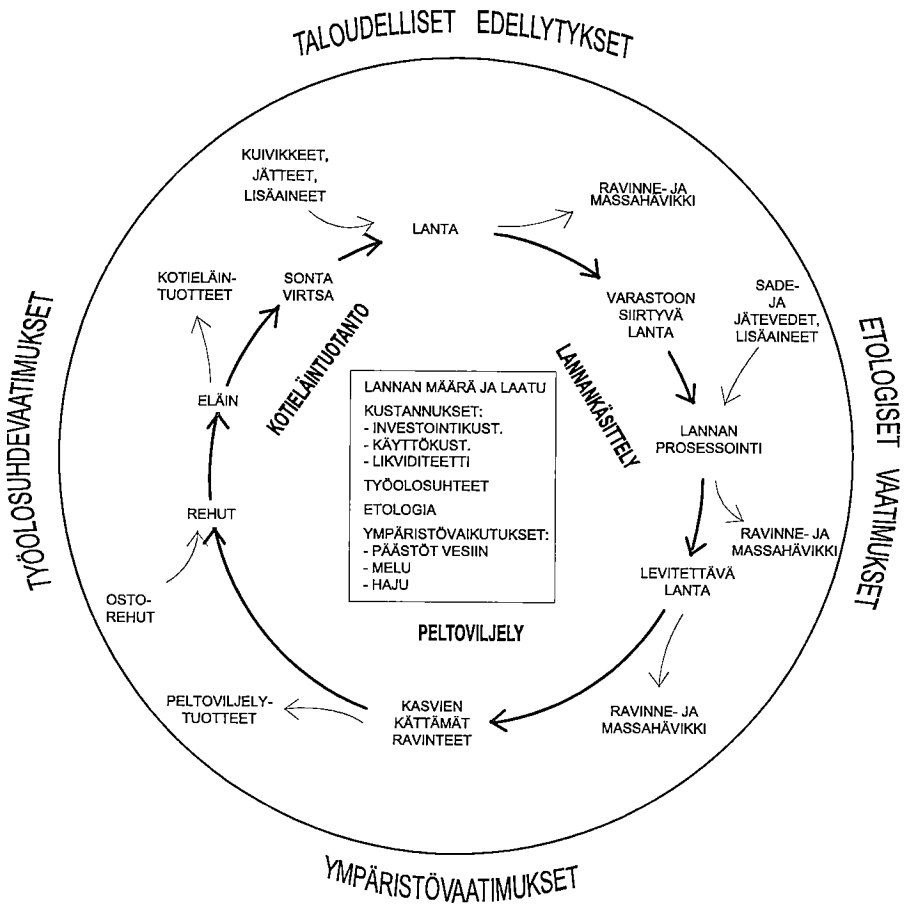
Maataloustuotanto tilatasolla on tuotantotoimintaa, jonka tavoitteena on tuottaa markkinoille kysyntää vastaavia tuotteita. Tuotteista saaduilla korvauksilla on katettava tuotannonnosta aiheutuvat kulut kuten investoinnit, tarvikkeet ja käytetty työvoima. Viljelijän, siis yksittäisen tilan, keskeisiä tavoitteita on käyttää sellaisia tuotantoprosesseja ja ohjata niitä siten, että panoksia käytetään tehokkaasti ja taloudellinen tulos muodostuu mahdollisimman hyväksi.

Maataloustuotanto toimii yhteiskunnan asettamissa puitteissa. Yhteiskunnan ja yksittäisen tilan tavoitteet voivat olla yhdenmukaisia, mutta ne voivat johtaa myös ristiriitaisuuksiin. Kummallakin tasolla on järkevää pyrkiä panostenkäyttöön, jonka hyötysuhde on korkea ja taloudellinen tulos hyvä. Yhteiskunnalla on myös muita tavoitteita kuin tehokkaasti toimiva elintarviketuotanto. Eräs tällainen julkishyödyke on ympäristön tila, josta huolehtiakseen yhteiskunta voi asettaa mm. tuotantotoiminnalle rajoitteita haitallisten ympäristövaikutusten vähentämiseksi. Nämä rajoitteet voivat olla lyhyellä aikavälillä ristiriitaisia taloudellisen tehokkuuden kanssa.

Lannankäsittelyjärjestelmä on monivaiheinen prosessi, jonka toimivassa toteutuksessa on otettava huomioon kotieläintuotannon ohella lannan ravinteet hyödyntävä kasvintuotanto, mutta myös työntekijöiden ja eläinten asettamat vaatimukset, ympäristövaikutukset ja taloudelliset edellytykset. Järjestelmää voidaan pelkistettynä kuvata kuviossa 4.1 esitetyllä ympyrällä, jossa nuolet kuvaavat lannan ja sen ravinteiden liikkumista järjestelmässä, josta aika-akseli on yksinkertaisuuden vuoksi jätetty pois. Todellisuudessa yksittäisen vaiheen, esimerkiksi lannanlevitys ja sen onnistuminen riippuu useimmista ympyrän vaiheista. Eläin, sen rehut ja hoitojärjestelmä vaikuttavat lannan fysikaalisiin ja kemiallisiin ominaisuuksiin. Talteenotto ja varastointijärjestelmät ratkaisevat paljonko levitettäviä ravinteita on ja missä muodossa. Olemassa oleva tai tuleva kasvusto vaikuttavat vielä sekä käytettävään tekniikkaan että kiertoon palaavien ravinteiden määrään.

Koska lannan sisältämien ravinteiden ja orgaanisen aineksen väkilannoitteiden käyttöä korvaava arvo ei yleensä kata kaikkia lannan käsittelystä aiheutuvia suoria ja epäsuoria kustannuksia, on tärkeää tarkastella tilan tuotantojärjestelmää kokonaisuutena ja etsiä kussakin tilanteessa optimaalista ratkaisua.

Karjanlantatutkimuksen tutkimusohjelmassa katsottiin, että lannan käsittelyn tulee perustua kestäväen kehityksen mukaisille periaatteille. Tuotantoprosessit eivät siten saa aiheuttaa haittaa ympäristölle. Ympäristöhoidollisen tavoitetilan lähtökohdana pidettiin karjanlannan käyttöä pääsääntöisesti tilakokonaisuuden



Kuvio 4.1. Karjanlannan, sen ravinteiden ja orgaanisen aineksen periaatteellinen kiertokulku. Lannankäsittelyjärjestelmää rajaavat tekijät on esitetty ympyrän ulkokehällä ja tekijät, joihin käsittelyjärjestelmän vaikutukset kohdistuvat ovat kuvion keskellä.

piteissa sekä tila- ja lohko kohtaista ravinnetasetta, joka ottaa huomioon lannoituksen, maan viljavuuden, viljelykasvin, satotason ja -laadun, maanvuokrauksen ja lannan mahdollisen käytön muuhun hyötykäyttöön.

Lannankäsittelyn kustannukset koostuvat suorista ja epäsuorista investointi- ja käyttökustannuksista sekä vaikeasti määritettävistä ja erityisen vaikeasti hinnoiteltavista ympäristövaikutuksista. Ympäristövaikutukset voidaan jakaa yleisiin ympäristöhaittoihin, joiden vaikutus ei yleensä tilatasolla heijastu tuotantokustannuksiin lyhyellä aikavälillä sekä yritystalouteen kohdistuviin kustannuksiin. Yleiset ympäristöhaitat voivat johtaa esim. ranta-alueiden arvon laskuun tai karjatalousveden laadun heikkenemiseen. Yritystaloudellisia kustannuksia syn-

tyy mm. ravinteiden huuhtoutumisen tai haihtumisen ravinnehäviöistä, maan tiivistymisestä ja rakenteen heikkenemisestä, lannankäsittelyn aiheuttamista kasvinviljelytöiden viivästymisistä (ajallisuuskustannus) sekä huonon levitystasaisuuden aiheuttamista sadon määrä- ja laatutappioista. Nämä kustannukset voivat muodostua hyvin merkittäväksi tekijäksi karjanlannan hyödyntämisessä peltoviljelyssä.

## 4.2. Karjanlannan vaikutukset ympäristöön

Karjanlannan käsittelyn tavoitteena on kierrättää lannan sisältämät ravinteet ja lannan orgaanisen aines niin, että siitä aiheutuu mahdollisimman vähän haittaa ympäristölle kaasumaisina päästöinä tai huuhtoutumina. Tuotannon jatkuvuuden kannalta lannankäsittelyn kustannukset eivät myöskään saa muodostua niin korkeiksi, että tuotannon kannattavuus häviää.

Karjanlannan käsittelyn yhteydessä tapahtuvat huuhtoumat ja suorat päästöt kuormittavat vesistöjä. Vesistöjen kuormitukselle ja sen vähentämiselle on asetettu valtakunnallisia tavoitteita. Valtioneuvoston periaatepäätöksessä vesiensuojelun tavoiteohjelmasta vuoteen 1995 asetettiin tavoitteita merkittävimmille kuormittajille koskien vesistöjen kuormitusta, tilaa ja käyttökelpoisuutta. Sen mukaan esimerkiksi maataloudessa:

- peltoviljelyn fosforikuormitus vähenee noin kolmanneksella vuoden 1987 tasosta
- kiintoainehuuhtoumat, eroosio ja typpikuormitus vähenevät huomattavasti

Kokonaisuutena vesien suojelulle vuoteen 1995 asetetut tavoitteet ovat toteutuneet varsin hyvin (YM 1998a). Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoille ja teollisuudelle asetetut tavoitteet ovat toteutuneet, mutta hajakuormituksen, mukaanlukien maatalouden kuormituksen vähentämistavoitteita ei ole saavutettu. Vuoden 1995 loppuun mennessä fosforilannoitus pienentyi noin kolmanneksen 1980-luvun tasosta (SYKE 1995). Sateiset ja leudot talvet lisäsivät huuhtoumia ja lannoitteiden vähentämisen vaikutukset eivät näkyneet selvästi vesistöissä. Lantaloiden kunnostus toteutui vain 30 %:sti johtuen sekä tilavuusvaatimuksen nousemisesta että avustusvarojen niukkuudesta.

Euroopan yhteisön jäsenyyden yhteydessä Suomessa otettiin käyttöön maatalouden ympäristötukiohjelma. Viljelijät ovat sitoutuneet hyvin kattavasti järjestelmään. Vuonna 1997 ympäristötuen perustukeen oli sitoutunut noin 79 000 viljelijää, joka on 88 % ns. perustukea hakeneista viljelijöistä. Ympäristötuen perustukea hakeneiden viljelijöiden määrä korreloi puolestaan erittäin hyvin tuotannollista toimintaa harjoittavien tilojen eli ns. aktiivitulojen lukumäärän kanssa. Maatilojen peltoalasta laskien ympäristötukeen sitoutuminen on vieläkin kattavampaa, 91 % peltoalasta, jolle on em. perustukea on haettu (MMM 1998). Kotieläinten lannassa tulevien ravinteiden määrä viljeltyä peltohehtaaria

kohti on vuosina 1990-1996 arvioitu olleen noin 20 kg typpeä ja noin 5 kg fosforia. Suurin muutos on tapahtunut myytyjen ravinteiden määrässä, joista typen määrä putosi viljeltyä peltohehtaaria kohti 86 kilogrammaan ja fosforin määrä 12 kilogrammaan (MMM 1997). Ajanjaksolla 1990-1997 typen käyttö on vähentynyt viljeltyä peltohehtaaria kohti 20 % ja fosforin käyttö 53 % (MMM 1998).

Uudessa, valmisteilla olevassa vesiensuojelun tavoiteohjelmassa maataloudesta ja puutarhatuotannosta sisävesiin ja Itämereen joutuvaa fosforin ja typen määrää vähennetään kumpaakin vähintään 50 prosenttia vuosien 1990-1993 arvioidusta keskimääräisestä tasosta vuoteen 2005 mennessä (YM 1998b). Ehdotuksessa pienennetään peltoviljelyn ravinnekuormitusta erityisesti eroosiota vähentävillä ja ravinteiden hyötykäyttöä lisäävillä viljelytekniikoilla ja -käytännöillä. Kotieläintaloudessa otetaan käyttöön ympäristönsuojelullisesti tehokkaita lannan varastointi- ja käsittelyjärjestelmiä, typpikuormitusta vähennetään nitraattien vesiin pääsyn rajoittamista koskevan valtioneuvoston päätöksen mukaisesti ja vuonna 2000 alkavan ympäristötuki-ohjelman ehdot määrittellen vesien suojelun tavoitteita tukeviksi. Tavoitteena on myös varmistaa ettei pohjavesien pilaantumisvaaraa aiheudu. Näille alueille sijoitetaan karjasuojia vain poikkeuksellisesti ja virtsan ja lietelannan levitystä vältetään. Päätösehdotuksen perusteluissa maatalouden aiheuttaman vesistökuormituksen arvioidaan alenevan taulukon 4.1 mukaisesti.

Karjanlannasta vapautuu sen talteenoton, varastoinnin ja levityksen yhteydessä ja sen jälkeen mm. ammoniakkia, metaania ja typenoksideja. Lisäksi lannasta vapautuu hajoamisprosesseissa syntyviä aineita, jotka jo hyvin pieninä pitoisuuksina voivat aiheuttaa hajuongelmia. Typpiyhdisteet kulkeutuvat pitkiäkin matkoja ilmapirtauksien mukana. Ammoniakin kulkeutuminen on huomattavasti typenoksideja vähäisempää. Suomen omien ammoniakkipäästöjen osuus ammoniumtyppilaskeumasta on 30-50 %, nitraattitypen kohdalla osuus on noin viidennes (YM 1990). Suomen kokonaistypilaskeumasta omien ammoniakkipäästöjen osuus on noin 20 %.

Typenoksidipäästöjen merkittävimmät lähteet ovat energiantuotanto ja liikenne, mutta ammoniakkipäästöissä maataloudella on sitä vastoin keskeinen

*Taulukko 4.1. Maatalouden aiheuttaman vesistökuormituksen arvioitu väheneminen vesiensuojelun tavoiteohjelmaehdotuksen perusteluiden mukaan.*

	Peltoviljely		Karjatalous	
	keskim. v. 1990-1993	2005	v. 1993	v. 2005
	t/a	t/a	t/a	t/a
fosfori	3 000	1 500	300	45
typpi	30 000	15 000	2 900	435

Lähde: YM 1998a



merkitys. Vuonna 1986 Suomen ammoniakkipäästöjen arvioitiin olevan noin 43000 tonnia (Pipatti 1990), josta maatalouden osuus oli 88 %. Kokonaisammoniakkipäästöistä naudanlannan arvioidaan aiheuttavan 65 %, sianlannan 11 %, kananlannan 4 % ja väkilannoitteiden käytön 10 %. Typpioksiduulia syntyy peltomaassa varsinkin anaerobisten bakteerien toiminnan tuloksena. Arvoiden mukaan Suomen pelloilta vapautuu noin 10000 tonnia typpioksiduulia vuosittain (Kanninen 1992).

Typen haihtuminen lannasta huonontaa lannan lannoitusvaikutusta. Tämän lisäksi typen haihtuminen lisää ekosysteemeihin kohdistuvaa typpikuormitusta. Ehdotuksessa maaseudun ympäristöohjelmaksi on kotieläintalouden ilmansuojelun tavoitteeksi asetettu ammoniakkin yritys- ja kotieläintalouden päästöjen alentaminen vuoteen 2000 mennessä noin puoleen vuoden 1986 tasosta, mikäli yrityksessä ei ole käytössä paras taloudellisesti käyttökelpoinen ilmansuojelutekniikka (YM 1992). Valmisteilla olevassa ohjeessa kotieläintalouden ympäristönsuojelusta on seitsemänkohtainen luettelo suositeltavasta käytännöstä:

1. Valkuaisen yliaruokinnan vähentämien ja valkuisen hyväksikäytön parantaminen.
2. Virtsan imeyttäminen tehokkaammin kuivikkeisiin, sonnan ja virtsan tehokas ja nopea siirtäminen varastoon ja kotieläinsuojan sisälämpötilan alentaminen, sekä mahdollisesti kotieläinsuojan poistoilman käsittely biosuodattimella.
3. Uusien lietalantasäiliöiden rakentaminen niin, että lannan lämpiäminen on mahdollisimman vähäistä, säiliön pinta-ala minimoidaan ja lantavarastot katetaan tiiviisti.
4. Lanta levitetään multalaitteella tai mullataan viimeistään neljän tunnin sisällä äestämällä tai kyntämällä. Levitys kasvustoon letkupuomistolla tai sijoittamalla.
5. Virtsan tai lietalannan laimentaminen vedellä, kuitenkin muualla kuin varastossa.
6. Lannan levittäminen viileällä ja tyynellä säällä.

Tämän hetkisten kehitysnäkymien valossa lannankäsittelyn haitallisten ympäristövaikutusten minimointi näyttää hyvin keskeiseltä. Siihen pyritään sekä hallinnollisilla päätöksillä että käytössä olevalla tukipolitiikalla. Erilaisten tukien muodostaessa yhä merkittävemmän osan maatalouden tuloista, asettavat tukien säännökset entistä suuremmissa kattavuudessa toimintaraameja maataloustuotannolle.

Tuotannon jatkuminen edellyttää kuitenkin myös taloudellista järkevyyttä eli lannankäsittelyn pitää olla myös kustannustehokasta. Saavutettavien etujen on katettava uusien käsittelymenetelmien kustannukset tai tukipolitiikan pitää suosia/tehdä mahdolliseksi ympäristövaikutuksiltaan hyvien menetelmien käyttö. Tässä yhteydessä lannankäsittelyä ei voi erottaa erilliseksi tulosityksiköksi tai edes pelkästään kotieläintuotannon ja kasvinviljelyn osa-alueeksi vaan vaikutuksia on tarkasteltava koko tilan näkökulmasta. Ympäristö- ja talousvaikutusten ohel-

la toimintaa rajaavat niin eläinten kuin eläinten parissa työskentelevien ihmisten turvallisuus ja viihtyvyys.

Lannankäsittelyjärjestelmää voidaan kuvata letkuna, joka alkaa eläinten tuotamasta sonnasta ja virtsasta tuotantorakennuksessa ja joka johtaa lannan ravinteineen takaisin kiertoon, useimmiten kasvien lannoitteeksi. Ravinnehävikit ovat letkun vuotokohtia, joista ravinteet karkaavat. Yhden vuotokohdan paikkaaminen ei välttämättä johda kokonaisvuotojen vastaavan suuruiseen vähenemiseen, sillä hävikit muualla saattavat kasvaa. Varastoinnin aikaisten typpitappioiden vähentäminen ei siten tuota merkittävää hyötyä, mikäli levityksen yhteydessä suurin osa ammoniakista, myös varastoinnin aikana säästyneestä ammoniakista haihtuu ilmaan. Tuloksellisinta on keskittyä suurimpiin vuotokohtiin, mutta samalla on varmistuttava siitä, ettei seuraavissa vaiheissa ilmene parannuksia tyhjäksi tekeviä häviöitä.

Lannan tehokas hyväksikäyttö ja haitallisten ympäristövaikutusten minimointi ovat samaan suuntaan vaikuttavia näkökulmia. Lannan ravinteiden tehokkaampi hyödyntäminen merkitsee säästöjä korvaavien ravinnemäärien hankinnassa tai korkeampaa satoatasoa tapauksissa, joissa korvaavia ravinteita ei voida käyttää kuten luomutuotannossa.

Lannan ravinteiden tehokasta hyväksikäyttöä tavoiteltaessa voidaan lähteä lopputuotteesta ja sen edeltäville vaiheilleen ja menetelmilleen asettamista vaatimuksista. Lopputuote, johon ketjun muiden osien tulee tähdätä, voidaan määritellä vaiheeksi, jossa kasvi ottaa lannoitusaineiden ravinteet fotosynteesin raaka-aineiksi. Edellä kuvatun vaiheen onnistuminen edellyttää ainakin seuraavien ehtojen toteutumista:

- ravinteita on käytettävissä silloin kun kasvusto pystyy niitä käyttämään
- ravinteita on oikea määrä ja oikeissa suhteissa
- ravinteet ovat oikeassa paikassa eli kasvien käytettävissä
- ravinteet ovat jakautuneet tasaisesti, jolloin kasvuston tuotantopotentiaali voidaan käyttää täysimääräisesti hyväksi

Tämän tavoitetilän toteuttaminen, siis lannanlevitys, ei saa itsessään aiheuttaa kasvustolle vaurioita, jotka huonontavat tavoitteiden toteutumista ja/tai vaarantavat kasvuston laatua. Levitysvaiheessa on siten vältettävä maan tiivistymistä, joka johtaa maan vesi- ja ilmatalouden heikkenemiseen, kasvukyvyn huononemiseen ja infiltraatiokyvyn pienenemisestä johtuvaan eroosioriskin kasvamiseen. Levityksen aikana tulee myös välttää itse kasvuston vaurioittamista esimerkiksi tallaamalla tai juuristoa rikkomalla. Levitetyn lannan jääminen kasvien pinnalle voi heikentää niiden kasvukykyä ja lannan mikrobit saattavat päätyä laiduntavien eläinten suuhun joko suoraan tai korjattavan rehun välityksellä.

Ravinteiden otto edellyttää kasvustoa ja sen aktiivista kasvuvaihetta, joka maassamme ajoittuu kasvukauden alkupuolelle. Viljakasvit lopettavat ravinteiden oton jo heinäkuulla nurmikasvien ja joidenkin erikoiskasvien jatkaessa ravin-

denottoa vielä syyskesälläkin. Ravinteiden varastoiminen maahan esimerkiksi seuraavan kasvukauden tarpeisiin johtaa helposti liukoisten ravinteiden huuhtoutumiseen. Fosfori yleensä pidättyy voimakkaasti maa-ainekseen, mutta eroosion mukana ravinteita voi silloinkin päätyä vesistöihin.

Oikean lannoitusmäärän toteuttaminen edellyttää sekä tietoa lannan ravinnepitoisuuksista ja ravinteiden lannoitusvaikutuksista, ravinnepitoisuuksien tasaisuutta eli lannan homogeenisuutta että mahdollisuutta mitata ja säätää annostusta halutun suuruiseksi. Karjanlannan ravinnesuhteet eivät yleensä vastaa täysin kasvuston vaatimuksia, joten lannoitusta on täydennettävä mineraalilannoitteilla tai muilla ravinnelähteillä tarpeen vaatiessa

Ravinteiden tulee olla kasvien käytössä. Pääosa ravinteidenotosta tapahtuu juuriston avulla maanesteessä liuenneina olevina ioneina. Ravinteiden tulisi siis olla mullattuina tai sijoitettuina kasvuston juuristovyöhykkeeseen, jossa on riittävästi kosteutta. Nurmikasveilla on yleensä tiheä juuristo lähellä maan pintaa, mutta kasvukauden alkupuolen kuivuudesta johtuen lannoitteiden sijoittaminen maahan parantaa niiden hyväksikäyttöä. Erityisen merkittävä tämä vaikutus on kevätiljoilla, joiden ravinteidenottoa rajoittaa vielä kehitymässä oleva juuristo.

Ravinteiden tulee olla tasaisesti jakautuneina niin, että kaikilla kasviyksilöillä on samanlaiset mahdollisuudet tuottaa satoa. Vähenevän lisätuoton laista johtuen keskimääräistä korkeamman lannoituksen saaneet kasvit eivät tuota lisäsatoa, joka korvaisi keskimääräistä alhaisemman lannoituksen saaneiden kasvien sadon pienentymisen. Samanaikaisesti korkeamman lannoituksen saaneiden alueiden huuhtoutumisriski kasvaa. Lannoituksen tasaisuus edellyttää, että levitin tyhjentyy tasaisesti, levitinlaite jakaa lannan tasaisesti sekä pituus- että leveys-suuntaan ja että vierekkäiset ajokerrat ajetaan levitystasaisuuden kannalta optimaalista työlevyettä vastaavasti.

Edellä mainitut vaatimukset ovat käytettävissä olevaan teknikkaan nähden osin ristiriitaisia tai toisiaan poissulkevia erityisesti sopivan levitysjankohdan valinnan suhteen. Näistä vaatimuksista voidaan edelleen johtaa ominaisuuksia, joita toisaalta levitettävältä lannalta sekä käytettävältä levitystekniikalta vaaditaan.

Levitysjankohtaan vaikuttavat viljeltävien kasvilajien ohella maalaji, erityisesti sen kantavuus, sekä ajallisuuskustannus eli muiden töiden viivästymisestä aiheutuvat menetykset. Levitysjankohta puolestaan vaikuttaa lannan multausmahdollisuuksiin, tarvittavaan lannan varastointikapasiteettiin sekä käytettävään levitystekniikkaan. Levitystekniikan tulisi vastata myös kapasiteettitarpeeseen. Käytettävällä tekniikalla tulisi pystyä määrittämään ja säätämään levitettävä annos ja levitystuloksen tulisi olla mahdollisimman tasainen. Maan kantavuus asettaa myös omat rajoitteensa käytettävälle tekniikalle, mm. sallituille akselipainoille ja rengaspaineille. Käytettävissä tai lähitulevaisuudessa käytettävissä olevalla tekniikalla ei kaikenlaisten materiaalien levitys esitettyjen vaatimusten puitteissa ole mahdollista. Erityisesti määrän mittaus- ja säätövaatimus, kuten

myös levitystasaisuusvaatimus rajaavat levitettävän lannan ominaisuuksia, sen olomuotoa ja tasalaatuisuutta. Lannoitusvaikutus tulisi olla myös ennustettavissa mahdollisimman hyvin, jotta pystytään ainakin pyrkimään ravinteiden korkeaan hyväksikäyttöasteeseen.

Helpoimmin homogeenisuus-, mittaus- ja säätö- sekä levitystasaisuusvaatimukset ovat saavutettavissa nestemäisillä lantatyypeillä, joissa myös liukoisten ravinteiden osuus on kiinteitä lantatyyppejä suurempi. Lannan sijoittaminen maahan on nykytekniikalla mahdollista vain nestemäisillä lannoilla.

Levitystekniikan vaatimukset ja edellytykset tulisi ottaa huomioon myös lannan varastoinnissa ja talteenotossa. Lanta koostuu tuotantorakennuksessa syntyvästä sonnasta ja virtsasta, rehujätteistä ja kuivikkeista. Lannan sekaan johdetaan mahdollisesti myös pesuvesiä ja varastoinnin aikana lannan määrää voi kasvattaa vielä lantalaan pääsevät sadevedet. Lannan eri komponenttien käsittelytavasta ja niiden suhteista riippuen lanta voidaan ottaa talteen lietelantana, kuivikelantana tai kuivalantana ja virtsana. Kuivikelannassa virtsa sidotaan kiinteään muotoon riittävällä kuivikemäärällä.

Lannan ominaisuuksia ja olomuotoa voidaan muuttaa prosessoinnilla joko ennen tai jälkeen varastoinnin. Separoinnilla lietelanta erotetaan kahdeksi faasiksi, kiinteäksi osaksi, joka sisältää huomattavan osan lietelannan kiintoaineksesta ja siihen sitoutuneista ravinteista sekä nestemäiseksi osaksi. Lannan kokonaismäärä ei muutu, mutta nestefraktion tilavuuden tarve pienenee ja kiintoaineen väheneminen parantaa sen virtausominaisuuksia. Kiinteä fraktio on riittävän kuivaa varastoitavaksi kasassa ja kompostoituaikseen. Prosessi voidaan toteuttaa myös päinvastoin, jolloin kuivalannasta ja virtsasta sekä mahdollisesti lisättävästä vedestä tehdään murskaamalla ja sekoittamalla homogeeninen seos. Tavoitteena on lannan käsiteltävyyden ja levitettävyyden parantaminen.

Lannan orgaanista ainesta voidaan hajoittaa mikrobiologisesti. Aerobisessa hajottamisessa eli kompostoinnissa prosessi tuottaa lämpöä, jota voidaan hyödyntää massan hygieenisen laadun parantamiseen ja/tai veden haihduttamiseen. Prosessissa voi haihtua myös merkittävä osa tyypeistä ammoniakkinä. Anaerobinen hajotus tapahtuu suljetussa ja lämmitetyssä tilassa, jolloin itse prosessissa ei tapahdu ravinnehävikkejä, samoin muutokset massan määrässä jäävät aerobian prosessia pienemmiksi. Tehokkain lannan hajottamismuoto on sen polttaminen, jossa orgaaninen aine muutetaan lämmöksi pääosan ravinteista jäädessä tuhkaan.

Nestemäisen lannan käsiteltävyyttä ja erityisesti varastointiominaisuuksia voidaan muuttaa sitomalla se kuivikkeisiin. Yleisimmin nesteen sitomiseen on käytetty kuiviketurvettä, jolloin saadaan kuivalannan tapaan varastoitavissa oleva tuote. Kuivikkeeseen lisäyksen myötä varastoitavan ja levitettävän massan määrä kasvaa.

### 4.3. Lannankäsittelyn aiheuttamat kustannukset

Toteuttamiskelpoisen ratkaisun on oltava myös taloudellisesti mahdollinen. Taloudellista lopputulosta voidaan parantaa paitsi tuottoja kasvattamalla myös pienentämällä lannankäsittelystä aiheutuvia kustannuksia. Lannankäsittelyn kustannustekijät voidaan karkeasti jakaa kahteen komponenttiin, käsiteltävän massan määrään ja kunkin käsittelyn yksikkökustannuksiin.

Lannan varastoinnista, käsittelystä ja levityksestä aiheutuu rakennus-, kone- ja työkustannuksia. Tämän lisäksi on otettava huomioon myös lannan talteenottoon ja eläinten elinympäristöön liittyvät kustannustekijät kuten esimerkiksi lannanpoistolaitteet ja kuivitusaineet työkustannuksineen. Lannan käsittelyyn, erityisesti sen levitykseen liittyy epäsuoria kustannuksia, joihin voidaan lukea ravinnehävikeistä johtuva lannan lannoitusarvon heikkeneminen, lannanlevityksestä aiheutuvat muiden töiden viivästymiset eli ns. ajallisuuskustannus sekä levitinlaitteiden aiheuttama haitallinen maan tiivistyminen ja/tai kasvuston tallautuminen, joista viimeksi mainitut aiheuttavat satotappioita. Vaikeammin mitattavia vaikutuksia ovat maan tiivistymisestä johtuva maan infiltraatiokyvyn heikkeneminen, joka johtaa pintavalunten osuuden lisääntymiseen ja eroosioriskin kasvamiseen. Päästöt ilmaan, huuhtoutumien, päästöjen ja eroosion aiheuttama veden laadun heikkeneminen ovat ympäristöhaittoja, joiden taloudellinen vaikutus ilmenee ehkä vasta pitkänkin ajan kuluttua.

Karjanlannan käsittely kotieläintilalla on perustaltaan kierrätysprosessi, jossa eläinten rehujen hyödyntämättä jäänyt osa otetaan talteen, varastoidaan ja käytetään uuden rehusadon raaka-aineeksi. Mutkikkaaksi prosessin tekee se, että lannankäsittely on myös osa kotieläin- ja kasvintuotantoprosesseja. Osa kotieläintuotantoprosessissa merkitsee vuorovaikutusta ainakin tuotantorakennuksen ja sen käytön, työntekijöiden ja eläinten etologisten vaatimusten kanssa. Osa kasvintuotannossa merkitsee puolestaan vuorovaikutusta kasvien vaatimusten ja pellon maaperän kanssa.

Kotieläintilan toiminta koostuu yleensä sekä kotieläintaloudesta että kasvinviljelystä, jotka yhdessä tuottavat tuotannon taloudellisen tuloksen. Tästä johtuen optimaalista ratkaisua etsittäessä onkin tarkasteltava kumpaakin tuotantomuotoa ja pyrittävä löytämään kokonaisuuden kannalta optimaalinen kombinaatio. Kasvintuotannon ja kotieläintuotannon optimointi erillään toisistaan saattaisi johtaa tuotannonalakohtaisesti parempaan tulokseen, mutta yhdistelmänä ei ratkaisu enää olisikaan paras vaihtoehto, jos ylipäättänsä toimiva.

Erilaisia vaihtoehtoja ja ratkaisumalleja etsittäessä on otettava huomioon myös suunnittelun aikajänne. Lyhyellä aikavälillä haitallisten ympäristövaikutusten minimointi ja parhaan taloudellisen tuloksen saavuttaminen on mahdollista vain työtapoja tarkentaen ja nykyistä kalustoa mahdollisimman tehokkaasti hyödyntäen. Aikavälin pidentyessä voidaan muutoksia toteuttaa yhä useammassa tuotannontekijöissä. Muutaman vuoden aikajännteellä tulevat kysymykseen pellon-

käytössä ja viljeltävien kasvien valikoimassa tehtävät muutokset. Olemassa olevan kaluston käyttökelpoisuuden parantaminen lisävarusteilla, kuten lietevaunun levitinpuomistolla tai multausrakenteella, voidaan toteuttaa varsin nopeasti hyödyntäen edelleen jo olemassa olevaa kalustoa.

Lannankäsittelyyn liittyvien koneiden ja laitteiden taloudellinen poistoaika vaihtelee 10 vuodesta 15 vuoteen (Järvenpää ja Peltonen 1995). Koneiden ja laitteiden uusimisen yhteydessä on viimeistään järkevää tarkastella käytössä olevaa lannankäsittelyjärjestelmää ja arvioida taloudellisesti järkeviä mahdollisuuksia parantaa lannan ravinteiden hyväksikäyttöä.

Rakennusten taloudellinen käyttöaika on yleensä mitoitettu 20 tai 25 vuodeksi (Järvenpää ja Peltonen 1995). Lannankäsittelyjärjestelmän ja rakenteiden merkittävä muuttaminen esimerkiksi kuivalannasta lietelantaan tai rakolattiaratkaisusta kuivikepohjaksi on vaihtoehto vain tuotantorakennuksen peruskorjauksen tai uudisrakentamisen yhteydessä.

Pitkäaikaisiin investointeihin liittyy myös huomattava riski. Maatalouden nettotulojen perustuessa suurelta osin tai jopa kokonaan maksettuihin tukiin, on toiminnan kannattavuus riippuvainen poliittisista päätöksistä. Tuotteiden hinnat määräytyvät myös paljolti EU:n tuotantopoliittisen tai maailman maataloustuotekaupan perusteella ja kymmenen vuoden ennusteen tekeminen lienee mahdotonta. Nykyisessä epävarmassa tuotantotilanteessa nämä investointeihin liittyvät riskit on otettava huomioon. Lempiön (1997) laskelmien mukaan investoinnin tuottovaatimusta kasvattava, riskin aiheuttama optioerro on sikalainvestoinneissa 1,42-1,55, lehmäpaikkainvestoinneissa 1,25-1,27 (Lempiö 1997).

## **Kirjallisuus**

- Järvenpää, M. & Peltonen, M. 1995. Maatalouskoneiden kustannuslaskenta ja koneiden hinnoittelu. *Teho* 2: 19-23.
- Kanninen, M. (toim.) 1992. *Muuttuva ilmakedä. Ilmasto, luonto ja ihminen.* Helsinki. 163 s.
- Lempiö, P. 1997. *Farm investments under uncertainty.* Helsinki. 57 p.
- MMM 1997. *Maataloustilastollinen vuosikirja 1997. Maa- ja metsätalous 1997:5.* SVT. Maa- ja metsätalousministeriö. Helsinki. 268 s.
- MMM 1998. *Maatalouden ympäristöohjelma 1995-1999. Seurantaryhmän loppuraportti. Työryhmämuistio 1998:5,* Helsinki. 102 s., 10 liitettä.
- Pipatti, R. 1990. *Ammoniakkipäästöt ja -laskeuma Suomessa.* VTT. Tutkimuksia 711. Espoo. 41s., 3 liites.
- SYKE 1995. *Ehdotus vesiensuojelun tavoitteiksi vuoteen 2005.* Suomen ympäristökeskus 28.12.1995. 172 s.
- YM 1990. *Typpenoksiditoimikunnan mietintö. Komiteamietintö 1990:11.* Ympäristöministeriö. Helsinki. 212 s.

- YM 1992. Ehdotus maaseudun ympäristöohjelmaksi. Työryhmän mietintö 68/1992. Ympäristöministeriö. Helsinki. 47 s.
- YM 1998a. Vesiensuojelun tavoitteet vuoteen 2005. Päätösehdotuksen perustelut 13.1.1998. Ympäristöministeriö. 23 s.
- YM 1998b. Vesiensuojelun tavoitteet vuoteen 2005. Päätösehdotus 13.1.1998. Ympäristöministeriö 13.1.1998. 9 s.

## 5. Tulosten yhteenveto

Tutkimusohjelma koostui neljästä tutkimushankkeesta, joiden tavoitteena oli selvittää, miten karjanlantaa tilatasolla käsitellen voidaan siitä aiheutuvat ympäristöhaitat minimoida ja miten menetellen karjanlannan käyttö on taloudellisesti järkevää. Aihealue on laaja ja tutkimus kohdistettiin "Karjanlantatutkimuksen tutkimusohjelmassa" vuosille 1995-1997 esitettyihin, tärkeimmiksi ja kiireellisimmiksi arvioituihin alueisiin. Tutkimushankkeiden tavoitteet olivat:

1. Kehittää menetelmä, jolla lietelantaa voidaan levittää kasvavaan nurmeen taloudellisesti, hygieenisesti ja ympäristöhaitat minimoiden.
2. Luoda ratkaisumalleja kylmien navetoiden lannanpoistomenetelmiksi, jaloittelutarhoiksi ja lantaloiksi sekä arvioida niiden mitoittamista.
3. Selvittää kuivalannan ja puolikiinteän lannan fysikaalisia, kemiallisia ja mikrobiologisia ominaisuuksia ja määrittää, miten edellä mainittuja lantatyyppejä voidaan käyttää kasvinviljelyn, ympäristön ja hygienian asettamien vaatimusten mukaisesti.
4. Selvittää lannankäsittelyn taloudellisia ja ympäristöllisiä vaikutuksia erilaisissa vaihtoehtoisissa kotieläintuotantomuodoissa.

Tässä kappaleessa esitetään yhteenvedonomaaisesti kuiva- ja lietelannan käsittelymahdollisuuksia yleensä, tämän tutkimuksen yhteydessä käytettyjä menetelmiä (kappaleet 5.1 ja 5.4) sekä tutkimuksen keskeiset tulokset syntetisoiden niitä yli yksittäisten hankkeiden, jotka on esitetty laajemmin tuloksineen edellä kappaleessa kolme. Kappaleessa 5.2 tarkastellaan tässä tutkimuksessa käytettyjä lannankäsittelymenetelmiä niiden ympäristövaikutuksista saatujen tulosten valossa. Kappale 5.3 keskittyy lietelannalla lannoitettujen säilörehunurmien satojen määrällisiin ja laadullisiin tuloksiin. Viimeisessä kappaleessa tarkastellaan lannankäsittelyä erilaisissa vaihtoehtoisissa kotieläintalouden tuotantomenetelmissä.

Tutkimuksen keskeiset tavoitteet saavutettiin. Tutkimuksen tulokset antavat tietoa lietelannan prosessoinnin ja levitystekniikan vaikutuksista ammoniakkin haihtumiseen nurmelle tehdyn levityksen jälkeen, syntyviin pintavaluntoihin, ravinteiden hyväksikäyttöön sekä lietelannan aiheuttamiin huuhtoutumis- ja hygieniariskeihin. Rehun hygieniaongelmiin ei kuitenkaan löydetty yksiselitteistä ratkaisua. Tutkimus osoitti etukäteisarvion kylmien tuotantorakennusten lannankäsittelyn ongelmista vääräksi. Lannan olomuotoa suuremmaksi ongelmaksi ilmenivät pesuvedet ja jaloittelutarhoista kertyvät valumavedet sekä niiden käsittely. Tutkimus antoi myös tietoa kuivalannan fysikaalisten ja kemiallisten ominaisuuksien muuttumisesta varastoinnin aikana sekä lannan kuormauksen ja levityksen vaikutuksista saavutettavaan levitystulokseen. Tilamallien avulla tehty taloudellinen tarkastelu selvitti lannan käsittelystä aiheutuvia kustannuksia eri tuotantovaihtoehdoissa, niiden jakautumista suoriin ja epäsuoriin kustan-



nuksiin sekä lannan hyväksikäytön tehostamiseen tähtäävien toimenpiteiden synnyttämiä kustannuksia. Tulosten perusteella on mahdollista tarkistaa lannankäsittelyn- ja käytön ohjeita, mistä tarkemmin johtopäätösosassa.

## 5.1. Lietelannan käsittely

Karjanlantaa voidaan eri vaiheissa (talteenotossa, siirrossa varastoon, varastossa, kuljetuksessa ja levityksessä) käsitellä joko kiinteänä tai nestemäisenä. Lietelannan osuus lypsylehmien lannasta on otantatietojen perusteella noin 40 % ja lihasikojen lannasta noin 75 % (Ristolainen 1997).

Lietelantajärjestelmässä virtsa ja sonta otetaan karjasuojassa yhdessä talteen ja johdetaan, joko painovoimaisesti lietekanavia myöten valuttamalla tai mekaanisten kuljettimien avulla, lietesäiliöön. Kuivikkeet, erityisesti pitkäkortinen olki, vaikeutavat järjestelmän toimintaa ja niiden käyttö rajoittuukin eläinten hyvinvoinnin edellyttämään minimikäyttöön parsissa. Eläinsuojassa ja esimerkiksi maidonkäsittelytiloissa syntyvät pesuvedet ohjataan useimmissa tapauksissa myös lietekanaviin, mikä lisää varastoitavan lannan määrää.

Lietelantajärjestelmä on tuotantorakennuksessa työnmenekin kannalta edullinen ja hyvin suunniteltuna toimiva ja luotettava lannankäsittelymenetelmä. Lietelantajärjestelmän keskeisimmät ongelmat liittyvät lannan varastointi- ja levitysvaiheeseen:

- suuri varastointikapasiteetin tarve ja sen aiheuttamat kustannukset
- levitykseen soveltuvan pinta-alan puute erityisesti intensiiviseen nurmentuotantoon suuntautuneilla nautakarjatiljoilla
- pintalevityksestä aiheutuvat typen haihtumistappiot
- pintalevityksen jälkeinen ravinteiden huuhtoutumisriski
- nurmelle tehdyn lannanlevityksen aiheuttamat hygieniariskit korjattavalle sadolle

Lietelannan levitykseen soveltuvaa pinta-alaa voidaan tilatasolla lisätä lyhentämällä nurmien kiertoaikaa. Tällöin nurmien uudistusala kasvaa ja levitys voidaan tehdä perinteisesti nurmen perustamisvaiheessa pintaan ja suorittaa multaus keväällä äestämällä tai syksyllä kyntäen. Savespitoisilla maalajeilla kevätlevitystä rajoittaa kuitenkin muokkauskerroksen alla oleva, vielä läpimärkä maa, joka tiivistyy herkästi. Raskas levityskalusto aiheuttaa maahan pitkäaikaisia tiivistymisvaurioita, joiden vaikutus näkyy mm. sadonmenetyksinä ja maan vedenimeytymiskyvyn heikkenemisenä (Alakukku ja Turtola 1997). Huonontunut infiltraatio johtaa puolestaan pintavalunnan lisääntymiseen ja eroosio- ja ravinnehuuhtoumariskin kasvamiseen. Kevätlevityksen työnmenekki ja sen ajoittuminen kiireisimpään kevättyökautteen voi aiheuttaa myös huomattavia viivästyksiä kylvöissä. Puotivilla maalajeilla kylvön myöhästyminen huonontaa orastuvuutta ja pienentää satoa. Syyslevitys ja lannan multaaminen kyntäen ei lisää fosforin huuhtoutumista kevätlevitykseen verrattuna (Uhlen 1978, Turtola ja Kempainen 1998).

Typen käyttäytyminen on sen sijaan vaikeammin arvioitavissa. Maan ollessa vielä lämmin maaperän mikrobisto muuttaa lannan ammoniumtyyppiä nitraattimuotoon, joka on altis huuhtoutumaan valumien mukana.

Lietelannan levitykseen soveltuvaa alaa voidaan nurmitilalla lisätä myös levittämällä lantaa kasvustoon. Pintalevitys voi kuitenkin johtaa merkittäviin ongelmiin. Lannan kosketus maa-ainekseen on huono, joten suurin osa liukoisesta tyypeistä on vaarassa haihtua ammoniakkinä ja ravinteiden lannoitusvaikutus jää kuivissa olosuhteissa heikoksi. Pinnassa olevat ravinteet voivat myös huuhtoutua herkästi pintavaluntojen mukana. Käsittelemätön lanta sisältää runsaasti mikrobeja (bakteereja, viruksia ja alkueläimiä), joista osa on täysin harmittomia, mutta osa voi pilata rehuja ja elintarvikkeita sekä aiheuttaa sairauksia. Pintaan tapahtuvassa lietelannan hajalevityksessä lantaa voi tarttua kasveihin ja lannan mikrobit voivat siten päätyä korjattavaan rehuun. Tässä tutkimuksessa selvitettiin erilaisten levitystekniikkojen vaikutuksia ammoniakkin haihtumiseen levityksen jälkeen ja pintavaluntavesien ravinne- ja mikrobipitoisuuksiin sekä vaikutuksia kasvustojen ja korjatun rehun mikrobiologiseen laatuun (kappaleet 3.1.1 ja 3.1.3).

Nurmikasvustoon tapahtuvan pintalevityksen ongelmia voidaan vähentää myös sijoittamalla lietelanta maan sisään, johon parhaiten soveltuvien sijoitusratkaisujen tuloksia on esitetty kappaleessa 3.1.2. Toinen ratkaisumalli on pyrkiä lietelannan ominaisuuksia muuttamalla vähentämään haitallisia vaikutuksia. Lietelannan juoksevuus ja imeytymisominaisuuksia voidaan parantaa separoinnilla eli poistamalla lietelannasta sen kiintoainesta ja pyrkien näin ammoniakkin haihtumistappioiden vähenemiseen sekä huuhtoutumis- ja kasvuston kontaminaation pienentämiseen. Lietelannan ilmastus on menetelmä, jolla pyritään mm. lietelannan hajuhaittojen vähentämiseen, lannan hygienian parantamiseen ja rikkakasvien siementen tuhoamiseen. Se parantaa myös lietelannan juoksevutusta. Tämän tutkimuksen kenttäkokeissa oli koejäsenenä sekä separoidun lietelannan nestefraktio että ilmastettu lietelanta käsittelemättömän lietelannan ohella.

Lietelannan anaerobilla hajotuksella, mädätyksellä, saavutetaan aerobin hajotuksen kaltaisia vaikutuksia. Orgaanisen aineksen hajotessa liete homogenisoituu ja tulee juoksevammaksi. Lietelannan hygienisoituminen riippuu mm. ilmastuksen tapaan käsittelylämpötilasta (Leinonen 1993). Hajotusprosessi tuottaa metaania ja hiilidioksidia, mutta ilmastuksesta poiketen ei lämpöä. Riittävän hajotusnopeuden saavuttaminen edellyttääkin prosessin lämmittämistä joko mesofiiliselle (20-45 °C) tai termofiiliselle alueelle (45-60 °C). Menetelmä vaatii suurehkoja investointeja laitteistoon, joten sen käyttö on taloudellisesti mahdollista vain suurissa kotieläinyksiköissä tai keskitetyissä laitoksissa, joissa usean tilan liete- lantojen lisäksi voidaan käsitellä esimerkiksi elintarviketeollisuuden jätteitä.

## 5.2. Kuivalannan ja puolikiinteän lannan käsittely

Kiinteään lantaan perustuvissa järjestelmissä eroavuudet virtsan käsittelyssä ja kuivikkeiden käyttömäärissä tuottavat ominaisuuksiltaan erilaista lantaa ja johdavat erilaisiin käsittelyratkaisuihin. Kiinteän lannan käsittelyjärjestelmissä virtsa voidaan pyrkiä erottamaan lantakouruissa mahdollisimman tehokkaasti, jolloin sonnan käsitteleminen kiinteänä edellyttää vain pientä kuivikelisäystä (kuivalantajärjestelmä). Eläinlajista, ruokinnasta ja kuivikkeiden laadusta riippuen tarvittavan kuivikkeen määrä vaihtelee ja on esimerkiksi lypsylehmillä 1-4 kg eläintä ja päivää kohti laskettuna (Kapuinen 1994). Puutteellisesti toimiva virtsanerotus tai hyvin vähäinen kuivikkeiden käyttö tuottaa lantaa, jonka kuiva-ainepitoisuus on noin 15-18 %, ei siis selvästi nestemäistä mutta ei myöskään kiinteää. Syntyvä virtsa voidaan myös sitoa kokonaisuudessaan kuivikkeisiin. Kuivikelantajärjestelmässä, joka voi olla joko perinteinen kuivikepohja tai osakuivikepohja, lanta varastoidaan kuivikepohjassa eikä erillistä lantavarastoa välttämättä tarvita. Kuivikkeita käytetään niin runsaasti, että kuivikepohjalle tuleva virtsa sitoutuu niihin ja lannan kuiva-ainepitoisuus nousee noin 40 %:iin. Korkealla kuiva-ainepitoisuudella pyritään pitämään kuivikepohja niin ilmavana, että lanta palaa, joka vähentää massaa. Lypsylehmillä kuivikkeiden kulutus on perinteisellä kuivikepohjalla noin 22 kg ja osakuivikepohjalla noin 11 kg eläintä ja päivää kohti (Kapuinen 1994).

Kuivalantajärjestelmän merkittävimpiä etuja ovat kuivikkeiden käytön positiiviset vaikutukset eläinten elinympäristöön ja kuivalantajärjestelmän lietelantajärjestelmää yksinkertaisemmat ja edullisemmat rakennusratkaisut. Kuivalantajärjestelmän keskeisiä ongelmia on sen kaksi toisistaan poikkeavaa lantatyyppiä, kiinteä kuivalanta ja nestemäinen virtsa, jotka vaativat erilaiset varastointi- ja levitysmenetelmät, mikä puolestaan lisää kustannuksia. Kuivalantajärjestelmän muita ongelmia ovat varastoinnin aikaiset typen haihtumistappiot ja kuivalannan heterogeenisuus. Viimeksi mainittu ominaisuus vaikeuttaa sekä levitettävän annoksen määrittämistä, halutun annoksen levittämistä että hyvän levitystasaisuuden saavuttamista. Kuivalannan sijoittaminen kasvustoon ei ole mahdollista nykyisin tunnetulla tekniikalla, joten kuivalanta on mullattavissa vain muokkauksen yhteydessä. Kuivikepohjamenetelmässä tarvittava suuri kuivikemäärä voi olla sekä saatavuus- että kustannuskysymys. Kuivikkeiden hankinta ja käsittely tuotantorakennuksessa vaatii myös huomattavan työmäärän.

Kuivalannan käyttömahdollisuuksia ja -ominaisuuksia voidaan muuttaa prosessoinnilla, joita ovat kompostointi joko aumoissa tai kompostointilaitteissa (esim. rummut ja tunnelit), kuivalannan muuttaminen lietelannaksi virtsaa ja/tai vettä lisäämällä sekä kuivalannan polttaminen. Muuttamalla kuivalanta lietelannaksi heti tuotantorakennuksesta poistamisen jälkeen tarvitaan varastoinnissa vain lietelantasäiliö kuivalantalalan ja virtsasäiliön yhdistelmän sijasta. Lietelannaksi muuttamisella voidaan vaikuttaa myönteisesti myös lannan ravinteiden hy-

väksikäyttöön. Varastoinnin aikaiset typpihävikit ovat lietelannalla kuivalantaa pienemmät, ja levityksessä lietelannan levitystekniikkaa käyttäen on mahdollista saavuttaa parempi annostelu- ja levitystarkkuus kuin kuivalannalla (Karlsson ja Svensson 1993). Polttamalla voidaan kuivalannan varastointiin ja levitykseen liittyviä ongelmia pienentää oleellisesti, kuten kokeilut mm. Englannissa osoittavat (CADDET 1992). Kompostoinnissa pyritään varastoitavan ja levitettävän massan vähentämiseen aerobisen hajotustoiminnan avulla, lannan homogenisointiin ja sen hygieenisyyden parantamiseen. Tämän tutkimuksen kuivalannan käsittelytekniikka osassa selvitettiin kuivalannan homogeenisuutta, varastointimuotojen vaikutuksia siihen ja saavutettavia levitystasaisuuksia.

Tutkimuksen toisen hankkeen tavoitteena oli selvittää kylmien navetoiden lannanpoistomenetelmien toimivuutta, lannan koostumusta, lantavarastojen riittävyttä sekä jaloittelutarhojen materiaaleja ja pintavesien ohjausta. Tiloilla oletettiin käytettävän hyvin niukasti kuivikkeita, jolloin varastoitava lanta olisi puolikiinteää ja huonosti kasattavaa. Tilakäynneillä lannan olomuoto ei kuitenkaan osoittautunut ongelmaksi. Lannan käsiteltävyyden helpottamiseksi eläintiloissa käytettiin runsaasti kuivikkeita ja sadevesien imeyttämiseksi myös lantaloihin lisättiin kuivikkeita, jolloin lantaa voitiin käsitellä kuivalantana. Lannan käsiteltävyyden sijasta kylmien navetoiden ongelmakohdiksi osoittautuvat jaloittelutarhat ja pesuvedet, joista aiheutuvia haitallisia ympäristövaikutuksia käsitellään kappaleessa 5.4.

Kuivalanta on epästabiili, helposti hajoavia orgaanisia aineksia sisältävä seos. Varastoinnin aikaisen aerobisen hajotustoiminnan tuloksena osa ammoniumtypestä haihtuu. Tässä tutkimuksessa peittämättömistä naudan kuivikelannasta tehdyistä aumoista hävisi neljässä kuukaudessa noin 10 % kokonaistypestä. Hajotustoiminta johtaa myös lantavaraston kerrostumiseen, jolloin ravinnepitoisuudet varaston eri osissa poikkeavat toisistaan. Tehdyissä kuivalannan aumakokeissa lannan typpi- ja fosforipitoisuuksien variaatiokertoimet nousivat jopa 30-40 %:iin. Suojaamalla aumat joko kompostointihuovalla tai tiiviillä katteella, typpihävikit pienenevät analyysitulosten mukaan merkittävästi. Tiivis kate tai auman tiivistäminen vähensivät myös kerrostumista, mutta kompostointihuovalla ei havaittu merkittävää vaikutusta kerrostumiseen.

Lanta-aumojen suuri variaatio ei kuitenkaan näkynyt levityskokeiden analyysituloksissa. Esimerkiksi fosforipitoisuuden variaatio oli levityksessä yleensä alle 10 %. Kuormauksen ja levityksen merkittävä homogenisointivaikutus perustui ilmeisesti sekä auman kokoon että käytettyyn levittimeen. Aumasta tehtyyn kuormaan tuli lantaa koko auman poikkileikkauksesta pinta- ja ydinosineen. Lisäksi vertikaalisilla levitinkeloilla varustetun levittimen laitojen korkeus oli yksi metri, joten kuorman poikkileikkaus todennäköisesti sisälsi aina auman eri osista pärisin olevaa lantaa.

Levityskokeissa typpi- ja fosforilannoituksen tasaisuus oli huono variaatiokertoimien ollessa useimmiten selvästi yli 30 %. Huono tulos johtui levittimen

huonoista massajako-ominaisuuksista. Tämän tutkimuksen kokeissa esimerkiksi keskimääräisen fosforiannoksen ollessa varastolannoituksessa kohtuullinen, 60 kg/ha, olivat vaihtelurajat 17 kg:sta 155 kg/ha.

### **5.3. Lietelannan levitysmenetelmän ja prosessoinnin vaikutus sadon määrään ja laatuun**

Letkulevitys tuotti keskimäärin suurimman sadon, mutta satoero lietalannan muihin levitystapoihin verrattuna ei ollut kuitenkaan tilastollisesti merkitsevää. Samaan tulokseen on päädytty myös muissa vastaavissa tutkimuksissa (Rodhe et al. 1988, Morken 1992, Elmqvist 1996). Lietelannan sijoitus vähensi ratkaisevasti ammoniakkin haihtumista, mutta ei juurikaan lisännyt nurmisadon määrää. Tämä saattoi johtua sijoituksen aiheuttamista mekaanisista kasvustovaurioista. Letkulevityksellä saavutettu tulos perustuikin mahdollisesti siihen, että letkulevitys vähensi ammoniakkin haihtumista hajalevitykseen verrattuna, mutta ei aiheuttanut kasvustovaurioita.

Lietelannan prosessointi, ilmastus tai separointi, ei vaikuttanut oleellisesti nurmisadon määrään kenttäkokeissa. Lietelannan ilmastus näytti kuitenkin lievästi vähentävän ja separointi lisäävän nurmisatoa. Ilmastetulla lietalannalla on aikaisemmissa kokeissa saatu päinvastaisiakin tuloksia (Tveitnes ja Håland 1989), mutta yleensä ilmastus on vähentänyt nurmisadon määrää. Ilmastettua ja käsittelemätöntä lietalantaa vertailevissa 34 lannoituskokeessa ilmastettu liete tuotti suuremman sadon 14 tutkimuksessa (Vetter et al. 1987). Separointi vähentää lietalannan pintalevityksen aiheuttamia kasvustovaurioita ja ammoniakkin haihtumisriskiä. Long ja Graceyn (1990) tutkimuksessa separointi on myös lisännyt nurmisadon määrää, ei kuitenkaan tilastollisesti merkitsevästi.

Tulosten mukaan lietalannan levittäminen aikaisin korjattavalle toiselle säilörehusadolle ei vaaranna huolellisesti tehdyn säilörehun laatua. Vastaava tulos on saatu aikaisemmissakin tutkimuksissa, kun kasvukauden sää ei ole ollut poikkeuksellisen sateinen (Heinonen-Tanski et al. 1998). Kasvukauden edetessä sadon mikrobiologinen laatu heikkeni, mikä näkyi kasvustonäytteiden klostridipitoisuuksien vaihteluna ja koliformipitoisuuksien kasvuna. Levitetty lietalanta ei ole kuitenkaan ainut mikrobilähde, vaan tuulen ja pellolla elävien eläinten kasvustoon nostama pöly lienee merkittävä klostridien levittäjä ainakin kuivissa olosuhteissa. Tämä näkyi kenttäkokeissa väkilannoitettujen koejäsenten pieninä "taustapitoisuuksina".

Tutkituista lietalannan levitysmenetelmistä (hajalevitys, letkulevitys ja sijoitus) ei mikään osoittautunut selkeästi toisista poikkeavaksi rehun hygienian kannalta. Tilanteissa, joissa klostridipitoisuudet olivat jo muutenkin korkeita, tuoreen lietalannan letkulevitys johti usein rehun klostridipitoisuuksien suureen hajontaan, mikä kuvastaa suurta epävarmuutta. Ruukissa separoidulla lannalla lannoitetuista kasvustoista korjattu säilörehu sisälsi muita vähemmän voihappo-

itiöitä, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Lietelannan ilmastus paransi lietteen hygieniää, mutta vaikutukset eivät heijastuneet rehun laatuun.

Lietelannan levitys ei huonontanut rehun säilönnällistä laatua. Säilörehujen suuri klostridipitoisuuksien hajonta osoitti, että lantajäämät siirtyivät rehuun satunnaisesti lietteen levitystekniikasta riippumatta. Pintaan jääneen lannan mikrobipitoisuus ei välttämättä oleellisesti vähene lannoituksen ja sadonkorjuun välisenä aikana (Rammer ja Lingvall 1996). Onkin ilmeistä, että lantakontaminaation aiheuttama hygieniariski pienenee pinnalle levitettävän liotelannan kiintoaineen vähenemisen myötä. Tähän viittaa myös separoidulla lannalla lannoitettujen säilörehun muita pienempi voihappotiömäärä. Sijoitetuissa koejäsenissä maakontaminaatiota saattoi lisätä sijoituslaitteen ajoittain pintaan nosta-  
ma multa.

#### 5.4. Ympäristövaikutukset

Tutkimustulosten mukaan liotelannan sijoittaminen pienensi liotelannan levityksen välitöntä ympäristökuormitusta estämällä ammoniakkin haihtumisen lähes kokonaan. Käsittelemättömän liotelannan typen laskennalliset hyväksikäyttöasteet olivat hajalevityksessä 52 %, letkulevityksessä 46-74 % ja sijoitusta käytettäessä 60-80 % väkilannoitetyypen hyväksikäyttöasteesta. Tulokset vastaavat varsin hyvin Kempvaisen (1989) tuloksia, joissa hajalevitetyyn liotelannan typen hyväksikäyttöaste oli keskimäärin 53 % ja sijoitetun liotelannan vastaavasti 82 % väkilannoitetyypen hyväksikäyttöasteesta. Sijoitetun lannan typen hyväksikäyttö oli tehokkainta, mutta nurmisadossa korjattu typpimäärä ei kuitenkaan kasvanut yhtä paljon kuin ammoniumtypen haihtuminen ammoniakkinä väheni. Osa säästyneestä tyypestä on todennäköisesti menetetty muunlaisina typpipäästöinä (esimerkiksi typpikaasuna sekä typpioksiduulina ja muina kaasumaisina typen oksideina) ja osa on sitoutunut maan orgaaniseen ainekseen. Osa haihtuneesta ammoniakista on voinut laskeutua maahan kasteen ja sateen mukana.

Tämän tutkimuksen mukaan parhaiten liotelannan sijoitukseen soveltuvat vantaat, joiden työsyvyys on 8 tai 10 cm ja siiven leveys korkeintaan työsyvyyden suuruinen. Vannasvälin ollessa 30 cm voidaan hehtaarille sijoittaa 25-57 m<sup>3</sup> lietettä. Lietelannan sijoitus voi vaurioittaa juuristoa sekä mekaanisesti että kemiallisesti. Tehdyissä kenttäkokeissa havaittiin vain mekaanisia vaurioita ja niitä selkeimmin turvemaalla, jolla kapeasta vannasvälistä (30 cm) johtuen sijoituslaite pyrki siirtämään vantaisten välistä maakaistaletta.

Lietelannan letkulevitys pienensi ammoniakkin haihtumisnopeutta levityspäivänä lähes puoleen hajalevitetyyn lannan haihtumisnopeudesta. Ilmeisesti edellisestä johtuen letkulevityksellä haihtuneen ammoniakkin kokonaismäärä oli aina hieman hajalevitettyä pienempi vaikka levitystä seuraavina päivinä ei eroja ammoniakkin haihtumisnopeudessa enää todettu. Letkulevityksen ammoniakkin haihtumista ehkäisevä vaikutus perustuu hajalevitystä pienempään levitetyn lan-

nan pinta-alaan. Lisäksi levitysvanan sisäosaan jäävä ammoniumtyppi ei ole altis haihtumiselle (Frost 1994). Letkulevityksellä onkin ammoniakkin haihtumista voitu vähentää hajalevitykseen verrattuna noin 40 % (Frost et al. 1990).

Lietelannan ilmastuksella tai separoinnilla ei havaittu tilastollisesti merkittävää vaikutusta ammoniakkin haihtumiseen hajalevityksen jälkeen. Suurin ammoniakkin haihdunta mitattiin sekä Jokioisten että Ruukin koekentällä ilmastetulla lietelannalla. Separointi puolestaan hidasti ammoniakkin haihtumista toisen ja kolmannen vuoden kokeissa. Lietelannan separointi pienentää lannan kuiva-ainepitoisuutta, mikä tekee siitä juoksevampaa ja helpommin maahan imeytyvää. Tässä tutkimuksessa kuiva-ainepitoisuus laski noin 7 %:sta 4-5 %:iin. Imeytymisen parantuessa myös ammoniakkin haihtumisriski pienenee (Vetter et al. 1987, Frost et al. 1990). Sekä Morken (1992) että Long ja Gracey (1990) ovat tutkimuksissaan vastaavasti todenneet ilmastetusta nurmen pintaan levitetystä lietelannasta haihtuvan yli kaksi kertaa suuremman typpimäärän kuin separoidusta lannasta. Typen hyväksikäyttöasteella mitaten separoidun lietelannan nestefraktio oli tämän tutkimuksen kenttäkokeissa paras lantalaji, mutta lietelannan typen hyväksikäytössä on otettava huomioon myös kiinteän fraktion sisältämä typpi ja sen hyväksikäyttö.

Lannoituksen vaikutuksia nurmelta tapahtuviin pintavaluntoihin selvittäneessä kokeessa koealueen keskikaltevuus oli 2,6 prosenttia. Jokaisen koeruodun alareunaan jätettiin 10 metrin levyinen suojakaista estämään pintavalumia sekä ravinne- ja mikrobihuuhtoumia vesistöön. Suurin osa koealueen valunnasta tapahtui keväällä, ja sulasta maasta pintavaluma oli vähäistä. Pintavalumaveden nitraatti- ja ammoniumtyppipitoisuudet olivat alhaisia niin pintaan mineraalilannoituksen kuin hajalevitetyn tai sijoitetun lietelannoituksenkin saaneissa koejäsenissä. Liuenneen fosforin pitoisuudet olivat korkeita heti lietelannan tai mineraalilannoitteen levityksen jälkeen. Kenttäkokeissa havaittiin tasaisen levitystuloksen tärkeys. Erityisen huolellinen tulisi olla päistealueilla, jotta levityksen aloitus tai lopetusvaiheessa ei synny lantakasaumia, joista ravinteet voivat pintavalunnan mukana huuhtoutua.

Lietelannan hygienialla voi olla vaikutuksia myös pintavaluntavesien laatuun. Alustavien mittaustulosten mukaan lietteen sijoittaminen saattaa olla hajalevitystä huonompi vaihtoehto bakteerien huuhtoutumisen kannalta. Ulosteperäistä saastumista indikoivat kolibakteerit säilyvät paremmin maan sisällä kuin maan pinnalla, jossa auringon ultraviolettisäteily ja kuivuminen uhkaavat niitä.

Kylmien tuotantorakennusten merkittävimmiksi ympäristöongelmiksi osoittautuivat jaloittelutarhojen pohjien kestävyys ja syntyvien pesuvesien käsittely. Pinnoittamattomien jaloittelutarhojen jätevesien valumaa ei pystytä hallitsemaan vaan ne valuvat ympäröivään maastoon. Maapohjainen jaloittelutarha ei myöskään kestä eläinten liikkumista, vaan tarhan pinta rikkoutuu ja liejuuntuneen tarhan puhdistaminen vaikeutuu. Lypsykarjanavetoissa syntyy päivittäin pesu-

vesiä huomattava määrä, 500-700 litraa. Syntyvä vesimäärä vastaa 8-10 lypsy-lehmän päivittäistä ulostemäärää. Tutkituilla tiloilla pesuvedet ohjattiin yleensä joko virtsa- tai lietesäiliöön. Yhdelle tilalle oli suunniteltu laaja imeytyskenttä pesuvesille, mutta se oli vielä rakentamatta.

Kuivalannan varastoinnin suorat ympäristövaikutukset syntyvät aerobisen hajotustoiminnan tuottaman ammoniakkin haihtumisesta ja ympäristöön pääsevästä valumavesistä patterivarastoinnissa. Tässä tutkimuksessa kattamattomista nautan kuivikelannasta tehdyistä aumoista hävisi neljässä kuukaudessa noin 10 % kokonaistypestä. Aumojen suojaus kompostointihuovalla tai tiiviillä katteella pienensi typpihävikkiä huomattavasti. Tiivis kate estää myös sadevesien imeytymisen lantapatteriin ja vähentää suodosvesien syntymistä.

## 5.5. Kustannustehokkuus

Karjanlantatutkimusohjelman taloudellisen osahankkeen tavoitteena oli selvittää karjanlannan käyttöön liittyviä tilatason kysymyksiä eri tuotantovaihtoehtoissa. Tutkimuksessa tilatason kustannukset jaettiin suoriin ja epäsuoriin kustannuksiin, joista viimeksi mainituista tarkasteltiin töiden viivästymisestä aiheutuvia ajallisuuskustannuksia ja maan haitallisesta tiivistymisestä aiheutuvia sadonmenetyksiä. Ravinteiden huuhtoutumisesta ja haihtumisesta aiheutuvia yhteiskunnallisia ympäristökustannuksia ei tässä työssä ole laskettu.

Karjanlannan taloudelliseen käyttöön liittyviä kysymyksiä selvitettiin työssä tilamallien avulla. Tilamallit ovat työväline, joiden avulla on mahdollista arvioida ja vertailla eri tuotantosuunnissa ja eri tilakokoluokissa lannan varastointikysymyksiä, levityskalustokustannuksia, työnmenekkejä ja tilan peltoalalle tulevia ravinnemääriä. Mallien avulla on myös mahdollista laskea muutoksia tuotantokustannuksiin, jos jotain tekijää muutetaan. On kuitenkin muistettava, että mallit ovat mekaanisia ja esimerkiksi työnkäytön ajallista jakautumista ja työn vaihtoehtoiskustannusta ei malleissa pystytä ottamaan huomioon muutoin kuin laskemalla lannanlevityksessä viljanviljelylle aiheutuvia ajallisuuskustannuksia. Tämä on otettava huomioon, jos eri lannankäsittelymenetelmillä voidaan tasoittaa kevään työhuippuja ja jakaa työnkäyttöä kiirekausien ulkopuolella.

Malleissa on tuloina otettu huomioon lannan sisältämien ravinteiden arvo. Maitotiloilla kuivalannan ravinteiden arvoksi saatiin 25 mk/m<sup>3</sup>, virtsan ja liete-lannan 19 mk/m<sup>3</sup>. Sian liete-lannan ravinteiden arvo oli 25 mk/m<sup>3</sup>.

Suorista kustannuksista, niin hankintakustannuksiltaan kuin myös vuotuis-kustannuksiksi laskettuna, lannan varastointikustannukset olivat suurin kustannus-erä (45-65 %) lannankäsittelyä varastointivaiheesta pellolle tarkasteltaessa. Vuotuis-kustannuksiin on luettu lantavarastojen ja levittimien kohdalla niistä aiheu-tuvat korko-, poisto-, kunnossapito- ja vakuutuskustannukset. Toiseksi suurin erä muodostui lannan levityskalustosta (30-50 %) ja kolmanneksi suurin itse



levitystyöstä. Epäsuorista kustannuksista ajallisuuskustannukset ja maan tiivistymisestä aiheutuvat sadonmenetykset voivat tilakohtaisesti aiheuttaa yhtä suuren kustannuksen kuin jokin edellämainituista suorista kustannuseristä. Näiden kustannusten muodostumiseen vaikuttavat mm. tilan maalajit ja viljelyala.

Tilamalleilla tarkasteltiin maidontuotantoa nykyisessä tuotantomuodossa, luomumaidontuotannossa ja intensiivisessä maidontuotannossa. Edellä mainittuja skenaariovaihtoehtoja oli mahdollista vertailla keskenään tarkasteltaessa 32 lehmän lietelantatiloja. Lannankäsittelyn vuosikustannukset varastointivaiheesta pellolle olivat edullisimmat nykyisessä vaihtoehdossa (417 mk/ny), seuraavaksi intensiivisellä tilalla (636 mk/ny) ja kalleimmat luomutilalla (709 mk/ny). Intensiivisellä tilalla kustannuksia nykyiseen tilamalliin verrattuna nosti suurempi varastoitava lantamäärä, koska eläimiä ei laidunnettu, ulkojaloittelutarhan päällystäminen ja keräilykaivo sekä tehokkaampi sekoitus- ja levityskalusto. Luomutilalla lisäkustannuksia aiheutti lietelannan ilmastus (27 % kustannuksista) ja jaloittelutarhan jätevedenkäsittely.

Lietelannan ilmastuksen vuotuiset kustannukset, sisältäen käyttökustannukset, laskettiin intensiivisellä maidontuotantotilalla. Käyttökustannukset muodostuivat ilmastimen sähkönkulutuksesta ja typpihävikin korvauksesta aiheutuvat kustannukset. Lietekuutiota kohden ilmastuksesta aiheutuva kokonaiskustannus oli 7-9 markkaa tilakoosta riippuen. Se on kustannus mm. haitallisten mikrobien vähentämisestä, hajuhaittojen pienemisestä, rikkakasvien siementen hävittämisestä. Separoinnin kustannukset olivat vastaavasti 11-22 markkaa lietekuutiota kohti. Lietelannan varastointitarpeen väheneminen pienensi hieman separointilaitteesta aiheutuvia kustannuksia, mutta kiinteän lannan varastotilasta ja levitykseen tarvittavasta yleisperävaunusta aiheutui puolestaan lisäkustannuksia.

Intensiivinen maitotila -skenaariovaihtoehdossa laskettiin myös letkulevityksestä ja lietelannan sijoittamisesta aiheutuvat lisäkustannukset hajalevitykseen verrattuna. Multainlaitteen ja lisääntyneen työnmenekin lisäkustannus oli 3-5 mk ja letkulevityksen lisäkustannus 3-6 mk lietekuutiota kohti. Esimerkiksi 44 000 markan letkulevittimen kustannusten kattamiseksi 76 säilörehuhehtaarin maitotilamallissa, tuottojen pitäisi nousta vähintään 87 markkaa hehtaaria kohti. Toisin sanoen säilörehusadon pitäisi nousta noin 420 kiloa hehtaaria kohti tai maidolle tulisi saada lisähintaa 0,9 penniä litralta.

Tuotantokustannuksia on pyritty pienentämään rakentamalla eristämättömiä tuotantorakennuksia. Eristämättömissä rakennuksissa ei lietelantajärjestelmä Suomen talviolosuhteissa toimi, joten lannankäsittely on järjestetty esimerkiksi kuivikepohjaratkaisuna ja poistamalla lanta lantakäytäviltä viikoittain traktorilla lantalaan. Kuivikekustannus sekä kuivitus- ja lannankäsittelytyöt muodostavat merkittävän vuosittaisen kustannuserän. Tilamallitarkastelussa suuremmat vuosittaiset käyttökustannukset peittivätkin edullisimpien rakennuskustannusten hyödyt.

## Kirjallisuus

- Alakukku, L. & Turtola, E. 1997. Lannan syyslevitys mullaten on varteenotettava vaihtoehto. *Maaseudun Tulevaisuus* 83: 2.
- CADDET 1992. Poultry litter as a boiler fuel. *CADDET-Result* 98. 4 p.
- Elmqvist, H., Malgeryd, J., Malm, P. & Rammer, C. 1996. Flytgödsel till vall. Ammoniakförluster, avkastning, växtnäringutnyttjande och foderkvalitet. [Slurry application on ley. Ammonia emissions, yield, plant nutrient utilization and fodder quality]. Swedish Institute of Agricultural Engineering. Report 220. Uppsala. 87 s.
- Frost, J.P. 1994. Effect of spreading method, application rate and dilution on ammonia volatilization from cattle slurry. *Grass and Forage Science* 49: 391-400.
- Frost, J.P., Stevens, R.J. & Laughlin, R.J. 1990. Effect of separation and acidification of cattle slurry on ammonia volatilization and on the efficiency of slurry nitrogen for herbage production. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 115: 49-56.
- Heinonen-Tanski, H., Leinonen, P., Niskanen, E.M., Mielonen, M.M., Räsänen, H., Valta, T., Rinne, K. & Joki-Tokola, E. 1998. Aeration Improves the Hygiene of Cattle Slurry and the Quality of Grass Forage and Silage. *Käsi-kirjoitus Acta Agric, Scand. Sect. B. Soil and Plant Science*.
- Kapuinen, P. 1994. Lannankäsittelyn taloudellisuuden ja lannan ravinteiden hyväksikäytön parantaminen. *Vakolan tutkimuselostus* 68. Vihti. 90 s., 3 liites.
- Karlsson, S. & Svensson, L. 1993. Konvertering av fast- och kletgödsel till flytgödsel. *JTI-rapport* 157. Ultuna. 50 s.
- Kemppainen, E. 1989. Nutrient content and fertilizer value of livestock manure with special reference to cow manure. *Annales Agriculturae Fenniae* 28: 163-284.
- Leinonen, P. 1993. Lietelannan ilmastus ja käyttö nurmen lannoitteena. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 472. Helsinki. 70 s.
- Long, F.N.J. & Gracey, H.I. 1990. Effect of fertilizer nitrogen source and cattle slurry on herbage production and nitrogen utilization. *Grass and Forage Science* 45: 431-442.
- Morken, J. 1992. Ammoniakktaut etter tilføring av husdyrgjødsel i eng - Invirkning av tilførings-teknikk og gjødseltype. [Ammonia losses after application of slurry to grassland. The effect of application techniques and type of slurry.] *Norsk lantbruksforskning* 6: 315-329.
- Rammer, C. & Lingvall, P. 1996. Influence of farmyard manure on the quality of grass silage. *Proceedings of the 10th International Conference on Silage Research*. Dublin, Ireland.
- Ristolainen, R. 1997. Karjanlannan käyttö -96. *Elintarviketieto*. 16 s.

- Rodhe, L., Thyselius, L., Steinbeck, S., Rammer, C., Engdahl, L. & Jonsson, A. 1988. Spridning av flytgödsel till vall. [Spreading of slurry to ley]. Swedish Institute of Agricultural Engineering. Report 93. Uppsala. 66 p.
- Turtola, E. & Kemppainen, E. 1998. Lietelannan pintalevitys - riski vesistöille. *Leipä leveämmäksi* 1: 14-16.
- Tveitnes, S. & Håland, Å. 1989. Gjødseleverknaden av våtkompostert og ubehandla blautgjødse. [The effect of wet composted and untreated cattle slurry on grassland.] *Norsk landbruksforskning* 3: 211-216.
- Uhlen, G. 1978. Nutrient leaching and surface runoff in field lysimeters on a cultivated soil. *Meldinger fra Norges Landbrukshøgskole*. Vol. 57, Nr. 28:1-23.
- Vetter, H., Steffens, G. & Schröpel, R. 1987. The influence of different processing methods for slurry upon its fertilizer value on grassland. In: *Proceedings of International Symposium of the European Grassland Federation*, Wageningen, The Netherlands. Martinus Nijhoff Publishers. pp. 87-102.

## 6. Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset

Karjanlannan ja sen käytön keskeiset ongelmat liittyvät haitallisten ympäristövaikutusten minimointiin, ravinteiden hyväksikäyttöön, rehun laatuun ja lannankäytön kustannuksiin. Yksittäisten tekijöiden vaikutukset voivat olla eri alueilla ristikkäisiä, mutta jonkin ongelma-alueen ratkaiseminen voi samalla parantaa myös toisen tilaa. Esimerkiksi lietelannan separoinnilla on positiivisia vaikutuksia sekä ympäristön että rehun laadun kannalta. Separointi parantaa lietteen tunkeutumista maahan ja vähentää siten ammoniakkin haihtumisriskiä samalla, kun kasvuston tahroutuminen ja hygieeninen kontaminaatoriski pienenee. Toisaalta ympäristövaikutusten tai hygieniariskien minimointi separoimalla johtaa lannan käsittelykustannusten kasvuun. Parantunut ravinteiden hyväksikäyttö ja lannoituskustannusten säästö ei riitäkään kattamaan syntyneitä lisäkustannuksia. Tutkimuksen taloudellinen tarkastelu perustuu tilamalleihin, joiden laadinnassa on käytetty keskimääräisiä arvoja. Käytännössä eri vaihtoehtojen arviointi on tehtävä tilakohtaisesti ottaen tapauskohtaisesti huomioon mm. maatilan ympäristö, peltojen maalajit, viljeltävät kasvit, kotieläintuotannon muoto ja tilan muu tuotantorakenne.

### 6.1. Ympäristövaikutusten minimointi

Lannan ravinteet voivat vaikuttaa ympäristöön joko ilmaan tai vesiin tapahtuvien päästöjen kautta. Päästöjä voi syntyä jo karjasuojassa ja sen jälkeen varastoinnin, eri käsittelyjen ja levityksen yhteydessä sekä vielä levityksen jälkeen. *Lannan lannoitusvaikutuksen kannalta ei ole merkitystä, missä vaiheessa hävikit tapahtuvat. Ympäristön kannalta vuotokohdan sijainnilla voi sitä vastoin olla vaikutusta.*

Kuivalannan varastoinnin aikana lannassa tapahtuu aerobista hajotustoimintaa, jonka tuloksena osa ammoniumtyyppistä haihtuu. Auman suojaaminen joko kompostointihuovalla tai tiiviillä katteella pienentää typpihävikkiä merkittävästi. Tiivis kate estää myös sadevesien tunkeutumisen aumaan, jolloin riski ravinteiden huuhtoutumisesta suodosvesien mukana vähenee oleellisesti. *Tutkimuksen tulosten perusteella kuivalannan varastointia muovikalvolla tai vastaavalla peitetyssä aumassa voidaan pitää käyttökelpoisena menetelmänä.* Kaasunvaihtoa rajoittavien katteiden käyttö on hankalaa varsinaisessa lantalassa. Lantalan varustaminen seinillä ja katolla pienentää kuitenkin tuulen ja auringonpaisteen vaikutusta vähentäen ravinteiden hävikkiä.

Tuotantorakennuksissa ja ulkona sijaitsevat ruokinta- ja jaloittelualueet voivat olla merkittävä pistekuormituksen lähde. Tämän tutkimuksen mukaan maapohjaisia alueita ei pystytä puhdistamaan, joten ne liejuuntuvat ja jätevedet valuvat ympäristöön. *Jaloittelutarhat tulisi aina pinnoittaa betoni-, maabetoni-*

*tai asfalttipinnoitteella, jolloin myös myös jätevesien valumat ympäristöön pystytään hallitsemaan. Tarhan voi tehdä myös hyvin tiivistetyn sorapatjan päälle kuorikkeesta. Kuorikepohjan kantavuus ei kuitenkaan riitä kovassa käytössä, kuten esimerkiksi ruokintakatokessa, jonka yhteydessä sijaitsevan tarhan tulee olla kovapohjainen ja helposti puhdistettava. Muissa osissa kuorikepohja on hyvin hoidettuna toimiva ja edullinen pohjaratkaisu.*

Jaloittelutarhojen perustamistyöt tulee tehdä huolellisesti ja tarhat on salaojittettava hyvin käytettävästä pintarakenteesta riippumatta. *Kattovesiä ei saa laskea jaloittelutarhoihin, vaan ne on johdettava sadevesisijjestelmän kautta maastoon. Tarhojen kallistukset on suunniteltava siten, että puhdistusvaiheessakin valumat ohjautuvat lantalaan tai keräilykaivoon.*

Lietelannan sijoittaminen nurmeen estää ammoniakkin haihtumisen lähes kokonaan, tehostaa lannan typen hyväksikäyttöä ja lisää typpisatoa. Nurmisadossa korjattu typpimäärä ei kuitenkaan kasvanut yhtä paljon kuin ammoniumtypen haihtuminen ammoniakkinä väheni. Osa säästyneestä tpestä on todennäköisesti menetetty muunlaisina typpipäästöinä (esimerkiksi typpikaasuna sekä typpioksiduulina ja muina kaasumaisina typen oksideina) ja osa haihtumatta jääneestä tpestä on sitoutunut maahan. *Sijoittamalla säästyneen lietelannan ammoniumtypen käyttäytyminen maassa edellyttäisi jatkossa tarkempaa, mahdollisesti merkityllä tyypellä tehtävää selvitystä.*

Sijoituslaitteen aiheuttamat mekaaniset kasvustovauriot saattoivat myös alen-  
taa nurmisadon määrää. Kokeissa käytettiin tavanomaista pienempää 30 cm vannasväliä, jolloin turvemaalla vantaiden välinen maakaistale pyrki repeytymään irti. Kevyillä maalajeilla saattaakin olla tarpeen käyttää em. suurempaa vannasväliä, joka tosin edellyttää joko suuremman vantaan käyttämistä tai sijoitussyvyyden lisäämistä vastaavan lietemäärän sijoittamiseksi. *Sijoitustekniikkaa olisi kehitettävä edelleen paremmin myös turvemaille soveltuvaksi. Mekaanisten kasvustovaurioiden minimoimiseksi on pyrittävä käyttämään mahdollisimman pientä sijoitusvannasta. Tämä edellyttää tilalla syntyvän ja varastoitavan lietemäärän minimoimisesta. Sijoitettavan massan määrää voidaan pienentää estämällä ylimääräisten pesu- ja sadevesien pääsy lietelantalaan. Lietelannan talteenotossa ja varastoinnissa tulisi aina pyrkiä niin korkeaan lannan kuiva-ainepitoisuuteen kuin sijoituslaitteen toiminta sallii.*

*Suoritettujen mittausten mukaan ammoniakkin haihtumisen estäjinä lietelannan letkulevitys tai hajalevityksessä separoidun fraktion käyttö olivat selvästi sijoitusta huonompia menetelmiä. Molemmat menetelmät kuitenkin hidastivat ammoniakkin haihtumista levityspäivänä. Letkulevityksellä on mahdollista päästä hajalevitystä tasaisemman levitystuloksen ohella hajalevitystä pienempiin ammoniakkin haihtumistappioihin, mikäli levitystä seuraa sade tai levityslohko sadetaan, jolloin ravinteet huuhtoutuvat maan sisään.*

Väärin tehty lietelannan levitys voi aiheuttaa haitallisia ympäristövaikutuksia ravinteiden huuhtoutuessa pintavaluntojen mukana vesistöön. Tulosten mukaan

lietteen sijoittaminen vähentää fosforin huuhtoutumista. Tällöinkin on huolehdittava, ettei päästeissä levitystä aloitettaessa tai lopetettaessa lietettä jää kasaumiksi pintaan.

Lannan ravinteiden hyväksikäytön kannalta kasvukauden alku on paras levitysjankkohta. Savespitoisilla maalajeilla pellon huono kantavuus ja tiivistymisherkkyys rajoittavat kuitenkin kevätlevitystä. Maan tiivistymisellä on haitallisia ympäristövaikutuksia. Tiivistyminen voi lisätä ravinnehävikkejä heikentämällä kasvien ravinteiden ottoa sekä lisäämällä veden pintavirtausta ja samalla maan ainekseen sitoutuneen fosforin kulkeutumista vesistöihin. *Olosuhteissa, joissa maan kantavuus on huono, voidaan maan tiivistymisriskiä pienentää käyttämällä syöttöletkumenetelmää.* Järjestelmässä levitintraktori vetää perässään taipuisaa letkua, jota myöten liete pumpataan levittimelle joko suoraan lietevarastosta tai pellon laidalla olevasta lietteensiirtovaunusta Parhaiten järjestelmä soveltuu tiloille, joiden pellot sijaitsevat lähellä lietelantavarastoa.

## 6.2. Rehun laatu

Karjatalouteen keskittyneillä tiloilla nurmialan osuus on suuri. Perinteinen lannanlevitys muokkaustoimenpiteiden yhteydessä on mahdollista vain nurmen perustamisen yhteydessä, joten tällä tavalla lannanlevitykseen käytettävissä oleva pinta-ala on pieni. Lannan levittäminen kasvavaan nurmeen on ollut harvinaista, koska lannan on pelätty heikentävän säilörehun säilönnällistä ja hygieenistä laatua.

Lanta voi sisältää useita patogeenisiä, tauteja aiheuttavia mikrobeja. Näihin kuuluu sekä viruksia, alkueläimiä (esim. *Cryptosporidium*), että bakteereita (esim. *Salmonella*, *Yersinia*, *Listeria*, EHEC, *Mycobacterium*). Monet näistä säilyvät hyvin maassa tai vesissä ja voivat levitä myös vesien tai rehujen välityksellä. Osa lannan mukana levinneistä mikrobeista aiheuttaa ruokamyrkytyksiä tuottamiensa toksisten aineiden tähden. Osa mikrobeista on kiusallisia, sillä ne voivat pilata rehuja sekä elintarvikkeita tuottamiensa happojen, vedyn, amiinien, hiilidioksidin tms. avulla. Tähän ryhmään kuuluvat mm. *Clostridium*. Edellä selostetut mikrobit säilyvät yleensä kylmässä maassamme paremmin kuin mitä lämpimässä ilmastossa olisi mahdollista.

*Lietelantaa voi käyttää aikaisin korjattavalle toiselle sadolle.* Tulosten mukaan lietelannan levittäminen aikaisin korjattavalle toiselle säilörehusadolle ei vaaranna huolellisesti tehdyn säilörehun laatua. Kasvukauden edetessä sadon mikrobiologinen laatu heikkenee, mikä näkyi kasvustonäytteiden klostridipitoisuuksien vaihteluna ja koliformipitoisuuksien kasvuna. Levitetty lietelanta ei ole kuitenkaan ainut mikrobilähde, vaan tuulen ja pellolla elävien eläinten kasvustoon nostama pöly lienee merkittävä klostridien levittäjä ainakin kuivissa olosuhteissa.

*Lietelannan levitys letkulevittimellä tai sijoittaen pientää hygienisiä riskejä.* Letkulevittimellä tai sijoituslaitteella, jotka ohjaavat lietelannan hajalevitystä hallitummin maahan, ei saavutettu kuitenkaan selkeästi parempaa tulosta. Säilörehujen suuri klostridipitoisuuksien hajonta osoitti, että lantajäämiä siirtyy rehuun satunnaisesti lietteen levitystekniikasta riippumatta. Maakontaminaation välttämiseksi pellon pintaan ei saisi lietelannan sijoituksen jälkeen jäädä multaa, joka voi päätyä rehuun.

*Jotta kotieläintuotantomme ei rikastaisi lannan haitallisia mikrobeja eikä niitä leviäisi ympäristöön, lannan hygieniasta on huolehdittava ennen sen hyötykäyttöä.* Hygienian varmistaminen on erityisen tärkeää lannankäsittelyyn liittyvän yhteistyön sekä tapahtuneen infektion yhteydessä. Tilanteissa, joissa lannan varastoinnissa, prosessoinnissa tai levityksessä laitteita tai lantaa siirretään tilalta toiselle, on kontaminaatoriski pyrittävä minimoimaan niin levitysalojen ja viljeltävien kasvien valinnalla kuin itse töiden järjestelyillä. Oman tilan ulkopuolelta peräisin oleva lanta on turvallisinta käyttää muiden kuin rehuksi korjattavien nurmikasvien lannoitukseen. Lannan siirron ja levityksen ajoreitit tulisi suunnitella niin, etteivät ne leikkaa ruokinnan tai muun navettatyöskentelyn käyttämiä kulkureittejä, jolloin vältetään ajoreitille mahdollisesti pudonneen lannan kulkeutuminen tuotantotiloihin. Kuljetus- ja levityskaluston pesu tilalta toiselle siirryttäessä pientää myös kontaminaatoriskiä, joskin kaluston luotettava hygienisointi on hyvin vaikeaa. Yhteisvarastojen lannan hygienian säännöllinen seuraaminen ei ole merkittävä menoerä mahdollisen kontaminaation aiheuttamiin kustannuksiin nähden. Kriittisimpien mikrobien (esim. Salmonella) analysointi voidaan tehdä keväällä ennen levityskauden alkamista lannan ravinnepitoisuuden analysoinnin yhteydessä.

*Lietelannan hygienisointi- ja levitysmenetelmien kehittelytarve on edelleen suuri.* Ilmastus korkeammassa lämpötilassa sekä prosessointi ja levitysmenetelmien yhdistelmät ilmastus + multaus ja ilmastus + letkulevitys voinevat parantaa sadon hygieniää. Ne edellyttävät kuitenkin investointeja sekä ilmastusprosessiin että levityslaitteisiin, jolloin kustannukset nousevat korkeiksi. Kustannuksia voidaan toisaalta pientää tilojen välistä yhteistyötä tai urakointia hyödyntäen.

### **6.3. Kustannustehokkuus**

Karjanlannan taloudelliseen käyttöön liittyviä kysymyksiä selvitettiin tutkimuksessa tilamallien avulla. Malleissa on tuloina otettu huomioon lannan sisältämien ravinteiden arvo. Kustannuksina malleissa otettiin huomioon lannan varastoinnista ja käsittelystä aiheutuvat suorat kustannukset ja epäsuorista kustannuksista kasvinviljelytöiden siirtymisestä aiheutuvat ajallisuuskustannukset sekä maan tiivistymisestä tai kasvuston tallautumisesta aiheutuvat sadonmenetykset. Lan-

nan epätasaisesta levityksestä aiheutuvia sadonmenetyksiä ei laskelmissa ole otettu huomioon.

### *Lannan varastointi*

Lannan varastoinnista ja levityksestä aiheutuvista suorista kustannuksista suurin osa muodostuu varastointikustannuksista. Toiseksi suurin kustannustekijä on levityskalusto ja kolmanneksi suurin levitystyö. Kustannussäästöihin varastoinnissa voidaan pyrkiä joko varastoitavaa volyyymiä pienentämällä, varastointiaikaa lyhentämällä tai ottamalla käyttöön halvempia varastointimuotoja. Käytännössä on kuitenkin tapahtumassa päinvastoin eli ympäristönhoito-ohjelmien mukaan noin kahdella kolmasosalla karjatiloiosta lantalat ovat alimitoitettuja ja edellyttävät siten laajennuksia.

*Varastoitavaa lantamäärää voidaan pienentää vähentämällä lantaan sonnan ja virtsan lisäksi päätyviä ainesosia, kuten kuivikkeita, pesu- ja sadevesiä.* Lypsykarjatiloiilla syntyvät pesuvedet voidaan esimerkiksi ohjata maasuodattimeen lietesäiliöön sijasta. Pesuvesien määrä, 100-140 m<sup>3</sup> vuodessa, on merkittävä tekijä 15-20 lehmän tiloilla, mutta suuremmissa karjoissa pesuvesien suhteellinen osuus on luonnollisesti alhaisempi. Korkea eläincohtainen tuotos puolestaan pienentää lannan määrää tuoteyksikköä kohti. Ruokinnallisilla tekijöillä voidaan myös vaikuttaa sekä lannan määrään että ravinnepitoisuuksiin.

*Varastointitilan tarvetta voidaan pienentää varastointiaikaa lyhentämällä eli levittämällä osa lannasta keväällä, osa kesällä ja tarvittaessa osa syksyllä.* Lannan syyslevitys tulisikin säilyttää yhtenä menetelmänä erityisesti sellaisina kasvukausina, jolloin levitys keväällä tai kevätkesällä ei olosuhteiden takia ole mahdollista tai levityksestä aiheutuva maan tiivistyminen tai kasvuston vaurioituminen on huomattavaa. Tilamallien perusteella näyttää taloudellisesti kannattavammalta levittää osa lannasta syksyllä kuin laajentaa lantavarastoa 12 kuukauden tarvetta vastaavaksi tilanteessa, jossa 8 kuukauden varastointikapasiteetti ei riitä. Nykyisen tietämyksen mukaan lannan levitys myöhään syksyllä ja sen pikainen multaus näyttää tarjoavan uuden vaihtoehdon. Multaus suojaa ravinteita haihtumiselta ja pintavalunnoilta. Myös nitrifikaatio on hidasta jäähtyneessä maassa, jolloin typen huuhtoutumisriski pienenee. *Olisikin selvittävä, millä edellytyksillä karjanlantaa voidaan levittää syksyllä ilman haitallisia ympäristövaikutuksia.*

Joissakin tapauksissa lannan polttaminen saattaa tarjota myös mahdollisuuden lannankäsittelyongelmien ratkaisemiseen. Polttamalla voidaan vähentää oleellisesti varastointitilan tarvetta, parantaa varastoitavuutta sekä tuotteen homogeenisuutta ja levitettävyyttä. Samalla lannan ravinteiden siirtäminen tilalta toiselle helpottuu ja ammoniakkin haihtuminen vähenee. Lanta on kuitenkin kosteana materiaalina vaikea poltettava ja parhaiten se onnistuneekin suurissa laitoksissa, joissa on myös pieniä yksiköjä paremmat edellytykset hallita poltosta aiheutu-



via päästöjä (hiilivedyt, typpipäästöt, hiukkaset). Kuljetuskustannukset eivät kuitenkaan saa nousta suuriksi. Pidemmällä tähtäyksellä lannan polttaminen voi johtaa myös maan orgaanisen aineksen vähenemiseen kun sen lisäksi lannan mukana loppuu. *Lannan polttoa ei voi vielä suositella käytäntöön, mutta sen käyttöedellytykset ja -mahdollisuudet tulisi selvittää.*

*Luonnonmukaista maidontuotantoa harjoittavalle tilalle aiheutuu lannankäsittelyssä lisäkustannuksia tavanomaiseen tuotantoon verrattuna lannan kompostoinnista laite-, sähkö-, kuivike- ja lisätyökustannusten kautta sekä ulkoilutarhojen pohjaratkaisujen toteuttamisesta.* Niin lannan kompostoinnin toteuttamistavalla kuin myös ulkotarhojen rakennusratkaisuilla voidaan merkittävästi vaikuttaa ravinnehävikkien vähentämiseen. Tulevaisuuden luomumaitotilalla karjanlannankäsittely on lämpimässä pihatossa todennäköisesti järjestetty lietelantamenetelmällä ja kylmissä pihatoissa lanta poistetaan (puoli)kiinteänä, johon lisätään kuivikkeita lannan kompostoimiseksi kuivalantana. Luomutilojen lannan kompostointivaatimus on voimassa EU-maista vain Suomessa. *Olisikin selvitettävä, onko lannan kompostointi luomutuotannossa välttämätöntä.*

### *Lannan levitys*

*Levitykseen liittyvät epäsuorat kustannukset, ajallisuuskustannus ja maan tiivistymisestä tai kasvuston tallautumisesta aiheutuvat sadonmenetykset, voivat tilakohtaisesti muodostaa yhtä suuren kustannuserän kuin lannan varastointi tai levityslaitteet.* Esimerkiksi savimailla muokkaukseen ja kylvöön on käytettävissä vähemmän aikaa kuin eloperäisillä mailla. Tilamallilaskelmissa maan tiivistymisestä aiheutuvat kustannukset satotappioiden olivat pienemmillä tiloilla usein suuremmat kuin ajallisuuskustannuksesta aiheutuvat. Vilja-alan kasvaessa ja vaikeita maalajeja viljeltäessä ajallisuuskustannuksen merkitys korostuu. Tilamallilaskelmissa ei ole otettu huomioon lannanlevityksen epätasaisuutta, joka sekä pienentää sadon määrän että voi johtaa ravinteiden huuhtoutumiseen ylisuuren annoksen saaneilta alueilta. Epäsuorien kustannuserien merkittävyyteen vaikuttaa keskeisesti rehuviljan hinta, joka on laskenut EU-jäsenyyden myötä.

*Keväinen lannanlevitys aiheuttaa varsinkin suurilla tiloilla keskellä kevättöitä kriittisen työhuipun.* Levitysvaunun kokoa ei voida kasvattaa loputtomiin, vaan jossain vaiheessa tarvitaan levitystyöhön lisäkalustoa ja -työvoimaa. Kevätkiireitä helpottaa, jos osa lietelannasta voidaan levittää nurmensängelle tai viljan oraille. Uudemmasta ja tehokkaammasta lannanlevitystekniikasta aiheutuvien kustannusten peittämiseksi voidaan etsiä tuottoeräiä satotekijöiden lisäksi pienentyneistä ajallisuuskustannuksista ja maan tiivistymisvaikutuksista. Toisaalta pintaan levityksessä ovat riskinä ravinnehävikit haihtumisen ja runsaiden sateiden aiheuttaman huuhtoutumisen myötä.

Lietelannan nettoarvo oli esimerkiksi maidontuotantotiloilla positiivinen yli 32 lypsylehmän tiloilla. Varastossa olevan lannan sisältämien ravinteiden arvo

pystyi siis kattamaan lannan varastoinnista, käsittelystä ja levityksestä aiheutuvat suorat kustannukset. Lannan ravinteiden lannoitusvaikutus ei kuitenkaan vastaa mineraalilannoitteiden vaikutusta eikä levitystasaisuudessa saavuteta mineraalilannoituksen tasoa. Tilamallitarkastelussa lannan nettoarvo muodostui negatiiviseksi myös yli 32 lypsylehmän tiloilla, mikäli kevätiljan satotaso laskee tilakoosta riippuen 2-4 prosenttia kylvöjen myöhästymisen tai maan tiivistymisen seurauksena.

Varsinkin pienelle tilalle tehokkaan ja ravinnehävikkejä pienentävän lannan-levitystekniikan hankinta voi olla liian kallis. Investointikynnystä on hieman helpottanut maatalouden ympäristöinvestointeihin saatavat investointiavustukset. Maatilatalouden koneiden ja laitteiden yhteiskäyttöä, esimerkiksi lietelannan levityksessä, on myös tuettu avustuksin ja korkotukilainoin. Tehokkaampaa tekniikkaa tilan on mahdollista saada käyttöönsä myös koneurakointia käyttämällä. *Yhteistyöllä tai urakoinnilla saavutettavat säästöt ovat merkittäviä erityisesti pienemmissä tuotantoyksiköissä mutta yhteistyöhön osallistuvien tilojen on riskien minimoimiseksi seurattava maatilalan hygieniää säännöllisillä analyyseillä. Lannan yhteiskäyttöä tukevia toimenpiteitä tulisi selvittää ja niitä pitäisi entisestään vahvistaa.*

Kuiva- ja lietelantamenetelmien kustannusvaikutuksia voidaan vertailla nykyisen strategian mukaisilla maidontuotantotiloilla ja luomumaidontuotantotiloilla. Ensinmainitussa 16 lehmän lietelantajärjestelmään perustuvassa tilamallisissa maidontuotantokustannus oli noin 4 % kuivalantajärjestelmää edullisempi. Merkittävin tekijä on kuivalantajärjestelmän suuri työmenekki, erityisesti lannanpoistossa ja kuivituksessa. Työmenekkiä lisää myös oljen korjuutyö. Lannan levityksessä työmenekin kasvu on muihin vaiheisiin nähden vähäinen. Luomumaidontuotannossa 16 lehmän yksikkökoossa lietelantajärjestelmä oli tuotantokustannukseltaan kolme prosenttia edullisempi. Suuremmissa yksiköissä vertailtiin 32 lehmän lämmintä ja kylmää pihattoa luomutuotannossa. Edullisempien rakennuskustannuksien hyöty peittyi suurempiin työkustannuksiin ja lietelantajärjestelmässä tuotantokustannukset jäivät vajaan prosentin kuivikelantajärjestelmää edullisemmiksi.

Kuivalantajärjestelmällä ei ole maidontuotannossa saavutettavissa merkittäviä kustannussäästöjä. Myöskään ympäristölliset tekijät eivät puolla kuivalantaa, sillä kuivalannan levityksessä on vaikeaa saavuttaa annostelutarkkuutta ja levitystasaisuutta, joka väkilannoitteiden tai lietelannan levittimillä on mahdollista. Kuivalannan sijoittamiseen kasvavaan nurmeen ei myöskään ole tällä hetkellä teknistä ratkaisua. Sen sijaan etologiset tekijät saattavat puoltaa kuivalantajärjestelmää, jossa voidaan käyttää runsaasti kuivikkeita ja joissa eläimille on mahdollisuus järjestää hyvä tuotantoympäristö.

Nykyisissä epävarmoissa tuotanto-olosuhteissa tulisi ottaa huomioon myös investointien pitkään vaikutusaikaan liittyvät riskit. Tuotanto- ja varastorakennuksiin, erityisesti esimerkiksi lietelantasäiliöihin tehdyille investoinneille on

vaikeaa löytää tuottavaa käyttöä tuotannon loppuessa. Tuotannon jatkumisen ollessa epävarmaa voikin olla perusteltua valita ratkaisuja/menetelmiä, jotka ovat realisoitavissa esimerkiksi myymällä tuotannon loppuessa ennen suunniteltua ajankohtaa. *Lietelantajärjestelmän edellyttämien lisärakenteiden käyttöaika on noin kaksinkertainen lannanpoistokoneisiin verrattuna, jolloin lyhyt suunnittelujakso suosii investointikustannuksiltaan halvempia, mutta yleensä myös kestoältään lyhyempiä ratkaisuja.*

Lannankäsittelyssä voi tulla ongelmia myös peltoalan riittävyyden kanssa. Lannan ravinteista fosfori asettaa rajat levitettävälle lantamäärille ympäristötuen ehtojen mukaan lannoitettaessa. Peltoalan riittävyyteen vaikuttaa eläintiheyden lisäksi lannoitus suunnitelma, pellon fosforin viljavuusluokka ja lannan fosforipitoisuus. Jos lannanlevitykseen ei ole käytettävissä tarpeeksi peltoalaa, on liian pieni peltoala lannankäsittelyyn liittyvä kustannus. *Lannankäsittelyyn liittyvät kustannuseriä, joista osa on luonteeltaan ns. hallinnollisia kustannuksia eli lainsäädännöstä tai ympäristöohjeistuksista johtuvia ja joita tulisi tarkastella kriittisesti kustannus-hyöty näkökulmasta.*

Maatalouden nykyisessä ja nähtävissä olevassa taloudellisessa tilanteessa ei tuotantokustannusten kasvattaminen ole mahdollista. Onkin entistä tärkeämpää keskittyä menetelmiin, joiden tuottamat hyödyt suhteessa panostukseen ovat suurimmat. Kustannusten nousun ehkäisemiseksi pitäisi kuitenkin välttää menetelmiä, jotka lisäävät lantamääriä. Volyymilisäys kasvattaa lannan varastointi- ja käsittelykustannuksia. Samalla myös epäsuorat kustannukset, ajallisuuskustannus ja maan tiivistymisestä aiheutuvat kustannukset lisääntyvät. Olisikin suositava menetelmiä, joita käyttäen levitysaikojen voidaan lisätä ja siten pienentää tarvittavaa varastointikapasiteettia. Hyödyntämällä lannan levitykseen ajankohtia, jolloin maan kantavuus riittää, voidaan varastoinnissa saavutettavien säästöjen ohella välttää maan rakenteen vaurioitumista ja siitä aiheutuvia kustannuksia. Lietelannalla levitysaikojen laajentaminen sekä kasvavaan nurmeen että viljanoraille tarjoaa mahdollisuuksia kustannussäästöihin ja ympäristön kuormituksen pienentämiseen.

Ympäristöystävällinen lannankäsittely aiheuttaa tilalle kustannuksia, joita ei aina pystytä kattamaan esimerkiksi kohonneina satotasoina. Ravinnehävikkien vähentämisen hyödyt näkyvät kuitenkin pidemmällä aikavälillä mm. parantuneena veden ja ilman laatu. Vesi ja ilma ovat luonteeltaan julkishyödykkeitä, joita kuvaa mm. jakamattomuus ja omistusoikeuden erilaisuus yksityisomistukseen verrattuna. Salmonella- ja EHEC-tapausten myötä on myös korostunut hyvän tuotantohygienian tärkeys ja sen vaikutus koko ruoantuotantoketjussa. Ympäristöinvestointien pitkän aikavälin hyötyjen ja kustannusten arvottaminen ei siten ole niin yksiselitteistä kuin esimerkiksi koneiden hankinta- ja vuotuis-kustannusten laskenta.

Tilakohtaisessa suunnittelussa ja kehittämisessä lannankäsittelyä on tarkasteltava kokonaisuutena ja osana tilan tuotantotoimintaa eikä pyrittävä optimoi-

maan sen yksittäisiä osasia. Tarkastelu on kohdistettava koko ketjuun, alkaen lannan talteenotosta tuotantorakennuksessa ja loppuen kasvien ravinteiden ottoon, ottaen koko ajan huomioon syntyvät haitalliset ympäristövaikutukset, hygieniset tekijät ja kustannusvaikutukset.

**Maatalouden taloudellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja**  
**Publications of the Agricultural Economics Research Institute**

- No 76 Kettunen, L. Suomen maatalous 1994. 62 s. Helsinki 1995.
- No 76a Kettunen, L. Finnish agriculture in 1994. 63 p. Helsinki 1995.
- No 77 Maatalous tienhaarassa. Agriculture at the Crossroads. Lauri Kettusen 60-vuotisjuhlajulkaisu. Lauri Kettunen's Jubilee Publication. 179 s. Helsinki 1995.
- No 78 Tutkimuksia Suomen maatalouden kannattavuudesta. Tilivuodet 1991-1993. Summary: Investigations of the profitability of agriculture in Finland business years 1991-1993. 167 s. Helsinki 1995.
- No 79 Kettunen, L. Suomen maatalous 1995. 60 s. Helsinki 1996.
- No 79a Kettunen, L. Finnish agriculture in 1995. 61 p. Helsinki 1996.
- No 80 Marttila, J. The effect of oligopolistic competition on economic welfare in the Finnish food manufacturing. 163 p. Helsinki 1996.
- No 81 Kettunen, L. (ed.). First Experiences of Finland in the CAP. 157 p. Helsinki 1996.
- Kettunen, L. Adjustment of the Finnish Agriculture in 1995. p. 7-25.
- Hokkanen, M., Kettunen, L. & Marttila, J. Changes in Foreign Trade in the First Year in the EU. p. 27-42.
- Aaltonen, S. Adjustment of the Finnish Food Industry. p. 43-56.
- Heikkilä, T. & Myhrman, R. Food Sector Facing Changes and Challenges. p. 57-68.
- Ryhänen, M. & Sipiläinen, T. Economic Analysis of Finnish Farm Enterprises in the Changing Operational Environment. p. 69-81.
- Siikamäki, J. Finnish Agri-environmental Programme in Practice - Participation and Farm-level Impacts in 1995. p. 83-98.
- Lehtimäki, S. & Lasssheikki, K. Finnish Horticulture within the EU. p. 99-110.
- Keränen, R. Integration and Regional Development Policy; Food-chain in Finland. p. 111-121.
- Niemi, J. & Linjakumpu, H. Regional Structural Development of Finnish Agriculture until 2005. p. 123-141.
- Kola, J. From the CAP to a RAP. p. 143-157.
- No 82 Kettunen, L. Suomen maatalous 1996. 64 s. Helsinki 1997.
- No 82a Kettunen, L. Finnish agriculture in 1996. 64 p. Helsinki 1997.
- No 82b Kettunen, L. Finlands lantbruk 1996. 64 s. Helsinki 1997.
- No 83 Miettinen, A., Koikkalainen, K., Vehkasalo, V. & Sumelius, J. Luomu-Suomi? Maatalouden tuotantovaihtoehtojen ympäristötaloudelliset vaikutukset -projektin loppuraportti. 124 s. Helsinki 1997.
- No 84 Pietola, K. A Generalized Model of Investment with an Application to Finnish Hog Farms. 113 p. Helsinki 1997.
- No 85 Kallio, P. Export Subsidies in an Imperfectly Competitive Market When Market Share Matters: The Case of International Wheat Trade. 178 p. Helsinki 1998.
- No 86 Kallio, P., Knuuttila, M., Linjakumpu, H., Marttila, J. & Vehkasalo, V. Suomen maatalous 1997. 64 s. Helsinki 1998.
- No 86a Kallio, P., Knuuttila, M., Linjakumpu, H., Marttila, J. & Vehkasalo, V. Finnish Agriculture in 1997. 64 p. Helsinki 1998.



MAATALOUDEN  
TALOUDELLINEN  
TUTKIMUSLAITOS

ISBN 951-687-018-X  
ISSN 0788-5393