

# MTT RAPORTTI 21

## Lannan kestävä hyödyntäminen

**Sari Luostarinen, Johanna Logrén,  
Juha Grönroos, Heikki Lehtonen, Teija Paavola,  
Katri Rankinen, Jukka Rintala, Tapio Salo,  
Kari Ylivainio, Markku Järvenpää (toim.)**



---

## **Lannan kestävä hyödyntäminen**

---

### **HYÖTYLANTA-tutkimusohjelman loppuraportti**

**Sari Luostarinen, Johanna Logrén, Juha Grönroos, Heikki Lehtonen,  
Teija Paavola, Katri Rankinen, Jukka Rintala, Tapio Salo, Kari  
Ylivainio, Markku Järvenpää (toimittajat)**

**ISBN:** 978-952-487-322-2 (verkkojulkaisu)

**ISBN:** 978-952-487-321-5 (painettu julkaisu)

**ISSN** 1798-6419

**www-osoite:**

[www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti21.pdf](http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti21.pdf)

**Copyright:** MTT

**Kirjoittajat:**

Sari Luostarinen, Johanna Logrén, Juha Grönroos, Heikki Lehtonen, Teija Paavola, Katri Rankinen, Jukka Rintala, Tapio Salo, Kari Ylivainio, Markku Järvenpää (toimittajat)

**Julkaisija ja kustantaja:**

MTT, 31600 Jokioinen

**Julkaisuvuosi:** 2011

**Kannen kuva:** Katri Rankinen SYKE

---

# Lannan kestävä hyödyntäminen

---

Sari Luostarinen, Johanna Logrén, Juha Grönroos, Heikki Lehtonen, Teija Paavola, Katri Rankinen, Jukka Rintala, Tapio Salo, Kari Ylivainio, Markku Järvenpää (toimittajat)

MTT Teknologiatutkimus, Vakolantie 55, 03400 Vihti, markku.jarvenpaa@mtt.fi

## Tiivistelmä

HYÖTYLANTA-tutkimusohjelmassa tuotettiin työkaluja lannan ja muiden eloperäisten jätteiden ja sivutuotteiden hallintaan, erityisesti niiden sisältämien ravinteiden kierrättämiseksi ja energiasisällön hyödyntämiseksi taloudellisesti ja ympäristöllisesti kestäväällä tavalla. Hankkeessa tutkittiin mahdollisuuksia lantaravinteiden tehokkaampaan käyttöön, lannan ja muiden eloperäisten materiaalien prosessointivaihtoehtoja sekä eri teknologioiden soveltamisen taloudellisia vaikutuksia. Lisäksi arvioitiin eri lannankäsittelyvaihtoehtojen elinkaariset ympäristövaikutukset ja vaihtoehtojen kokonaiskestävyys.

Lannan ravinnesisältöön ja ravinteiden liukoisuuteen voidaan vaikuttaa jo eläinten ruokintavaiheessa säätämällä rehuannoksen fosforin ja typen määrää ja laatua (eläimen tuotantovaiheen mukainen ruokinta sioilla ja siipikarjalla) ja parantamalla rehun fosforin hyväksikäyttöä fytaasientsyymillä. Lannan prosessointi vaikuttaa ravinteiden käyttökelpoisuuteen kasveille. Orgaanisista lannoitevalmisteista nestemäiset ja lantapohjaiset jakeet ovat typpipitoisuudeltaan korkeimpia ja kuivajakeet yleensä matalimpia, erityisesti kasveille käyttökelpoisen typen osalta. Lannan jakeistamisella tai rakeistuksella voidaan nostaa kuivajakeen fosforipitoisuutta, mutta samalla typpipitoisuus alenee ja haitallisten metallien pitoisuudet nousevat.

Keskeinen ongelma lannan hyödyntämisessä on erityisesti lietalannan korkea fosforipitoisuus fosforilannoitustarpeeseen nähden. Ongelman ratkaisu edellyttää jakeistusteknologioiden käyttöä etenkin tiloilla, joilla lantaa syntyy monin verroin suhteessa fosforilannoitustarpeeseen. Kiintoaineen ja sen sisältämän fosforin erottaminen lietalannasta säästää levityskustannuksia ja helpottaa typpipitoisen nestejakeen hyödyntämistä tilan lähipelloilla. Tulosten mukaan heikommankin fosforinerotustehon tekniikka saattaa olla tiloille taloudellisesti kannattava vaihtoehto. Yksittäisten kotieläintilojen mahdollisuudet investoida lannankäsittelyteknologioihin ovat vähäiset, mutta jo 2–3 suuren tilan yhteisinvestoinnit voivat olla kannattavia. Tehokkaamman lannan käytön vuosihyödyt voivat olla maataloudelle noin 10 miljoonan euron luokkaa. Epäorgaanisen lannoitefosforin vähentämispotentiaali on jopa 30–50 %, jos lannan fosfori voidaan alueellisesti kohdentaa sen tarvetta vastaavasti. Jakeistaminen sopii hyvin yhteen sijoituslevityksen kanssa sekä biokaasutuotannon kanssa. Lannankäsittelyvaihtoehtojen taloudelliset vaikutukset osoittautuivat pieniksi suhteessa tilojen liikevaihtoon ja maatalouden kokonaistuotantoon.

Hankkeessa tehdyn ympäristövaikutusten arvioinnin perusteella biomateriaalien käsittelyn ja hyötykäytön ympäristövaikutukset johtuvat eri vaikutusluokissa 75–90 % lannasta esimerkkialueena toimineessa Satakunnassa. Päästökijöistä selvästi merkittävin on rehevöitymistä, happamoitumista ja hiukkaspäästöjä aiheuttava ammoniakki, jonka päästöjä vähentämällä myös kokonaisympäristövaikutuksia voidaan vähentää eniten. Ilmastonmuutosvaikutus osoittautui hyvin pieneksi, joten lannan kuljetus huomattavasti nykyistä kauemmas on perusteltua, mikäli sillä saavutetaan hyötyä esimerkiksi vesiensuojelun kannalta.

Tutkimuksen suositusten mukaan lantavarastot tulisi kattaa ja suosia lannan sijoituslevitystä typpihävikin minimoimiseksi. Ympäristönäkökulmasta lannan ja lannoitevalmisteiden syyslevitystä ilman kasvuston perustamista tulisi välttää, erityisesti vesistöjen lähellä. Lannan fosforinkäyttöpoikkeuksista tulisi asteittain luopua ja uusien ympäristölupien perustua poikkeuksettomiin fosforinkäyttömääriin. Lannan jakeistusmenetelmien käyttöönottoa tulisi suosia erityisesti alueilla, joilla kotieläintiheys on suuri. Ravinteiden ja energian yhteistuotannon tehostamiseksi prosessien hyötysuhteita tulisi parantaa ja päästöjä vähentää kaikissa tuotannon vaiheissa.

---

*Asiasanat: lanta, orgaaniset lannoitteet, ravinteet, LCA, jakeistus, biokaasu*

---

---

# Sustainable utilisation of manure

---

Sari Luostarinen, Johanna Logrén, Juha Grönroos, Heikki Lehtonen, Teija Paavola, Katri Rankinen, Jukka Rintala, Tapio Salo, Kari Ylivainio, Markku Järvenpää (editors)

MTT Agrifood Research Finland, Technology Research, Vakolantie 55, FI-03400 Vihti, FINLAND  
markku.jarvenpaa@mtt.fi

## Abstract

In Finland, agriculture accounts for 60% of total phosphorus and 52% of nitrogen load to waterbodies as generated by human activity. The Finnish animal husbandry produces annually approximately 20 million tonnes of manure. In addition, around 840,000 tonnes of sewage sludge is generated each year. Finnish farms are small on a European scale, but the unit size of animal husbandry is growing. Regional concentration of animal husbandry and the increasing size of production units are also causing regional and local concentration of manure. The need to exploit the nutrients and energy contained in manure more efficiently has grown simultaneously with regional environmental hazards from manure, such as nutrient runoff, eutrophication and undesirable odours. Moreover, integrated processing with other organic materials offers the possibility of managing and exploiting their nutrient and energy content and relieving the burden on the environment.

A study requested by Finland's Ministry of Agriculture and Forestry ("Research programme to discover reuse options for manure and other organic wastes and by-products, HYÖTYLANTA") offered tools for managing manure and other organic materials in order to recycle their nutritional content and exploit their energy content in a financially and environmentally sustainable manner. The research programme was divided thematically into four sections, as follows:

1. Developing the use of manure as fertiliser, and efficient use of nutrients
2. Processing manure and other organic wastes and by-products
3. Assessment of the economic impact of manure use at the farm and regional level
4. Life cycle analysis of the environmental impact of manure processing, and assessment of the overall sustainability of alternative treatments

The research was coordinated by MTT Agrifood Research Finland, and other participating organisations were Finnish Environment Institute (SYKE), Department of Agricultural Sciences at University of Helsinki, Työtehoseura, and the Association of ProAgria Centres.

### **Developing the use of manure as fertiliser, and efficient use of nutrients**

In order to identify ways for developing manure use as fertiliser, the following matters were studied: i) the effect of animal feeding and manure processing on the solubility and amount of phosphorus in manure; ii) optimisation of phosphorus at farm level; iii) the possibilities for minimising harmful effects of phosphorus surface application, and iv) the impact of organic nitrogen from manure and processed products.

The nutrient content of manure and solubility of nutrients can be affected already in animal feeding by adjusting the amount and quality of phosphorus and nitrogen in feed (e.g. phytase additive and feeding of animals according to their stage of growth with pigs and poultry). The amount of phosphorus in feeding has been measured in a new Finnish study (MTT 2010). In practice, there is no need for mineral phosphorus when feeding dairy cows. When mixing feeds, the phosphorus content of the basic feed should also be taken into account, so that several phosphorus-rich raw ingredients are not unnecessarily added to the mix. The proportion of water-soluble phosphorus in total phosphorus increases when the phosphorus density of feed is lowered by reducing the use of inorganic phosphate. Replacement of phosphate with phytase may slightly increase the proportion of water-soluble phosphorus in manure, which causes a reduction in the use of inorganic phosphate fertiliser. The proportion of water-soluble phosphorus decreases when the ratio of calcium to phosphorus rises. The Ca:P -ratio of pig feed normally varies between 1.1–1.6:1. The phosphorus in pig manure

is more easily soluble in water when grain-based by-product feeds are used in comparison to grain-based feed. However, increasing the fibre-density of barley protein feed by subjecting part of the grain's fibre fraction to distillation reduces the solubility of manure phosphorus. The effect of reducing phosphorus fertiliser on the phosphorus density of grains is not known with any accuracy, but it is not profitable to keep the phosphorous density of kernels high through fertilisation, rather optimisation is most effective using phosphate and/or phytase additives.

Nutrient solubility may change as a result of manure processing. The solubility of nitrogen and other nutrients generally increases during processing. On the other hand, when treating several raw materials together, changes in nutrient solubility may be different, as indicated by decreased proportion of water-soluble phosphorus in relation to total phosphorus when co-digesting liquid cow manure and grass silage. The phosphorus content of pelletised organic fertiliser product (produced from digested pig manure and industrial by-products) was 2-3% at maximum (0.3-1% when fresh) and the proportion of water-soluble phosphorus in total phosphorus was as low as under 1%. The phosphorus content of organic soil improver is important if the field requires phosphorus fertilisation. Mechanical separation or pelletising may be used to increase phosphorus content, but at the same time nitrogen concentration decreases and the concentration of hazardous metals may rise.

The nitrogen fertiliser effect of manure is affected by its ammonium nitrogen content, ammonia evaporation and runoff risks elevated by autumn application. The limitations on total nitrogen use (N 170 kg/ha) and the strategy in phosphorus fertilisation affect the amount of manure-based products used and the applicability of nitrogen fertiliser. The nitrogen fertiliser impact of horse manure depended on bedding material: peat produced a fertiliser effect in line with soluble nitrogen content, whereas sawdust consumed both the soluble nitrogen in horse manure and the soluble nitrogen in the soil as it decomposed.

The release of organic nitrogen from manure is slow and occurs as a function of soil temperature and humidity, which does not necessarily correspond to the nitrogen requirements of crops. The impact of organic nitrogen is only observed following the annual application, and in plants that absorb nitrogen over their entire growth cycle. The nitrogen proportions of manure-based organic fertiliser products vary considerably according to raw materials and processing technology. The liquid organic fertiliser products contain more nitrogen, while the dry products generally contain less nitrogen.

The reuse of nutrients and organic material in agriculture is the only sustainable solution. The cadmium limit in several organic fertiliser products (Cd 1.5 g/ha/a) can reduce the amounts applicable and limit use on the same field plots at four-year intervals (max 6 g Cd/ha per four years). The volumes of recycled materials in Finland are significant in relation to their possibilities for field application. The soluble nitrogen in a product does not necessarily cover the cost of application, but on field plots requiring phosphorus and as reused phosphorus their use is beneficial.

### **Processing of manure and other organic wastes and by-products**

The use of manure as fertiliser is weakened by the unfavourable N:P ratio of manure, the properties and relatively low concentrations of nutrients, and greater difficulty of application than with mineral fertilisers. The basic problem with exploiting manure nutrients is the low nitrogen concentration in relation to phosphorus. Processing may relieve some of these challenges via production of more feasible organic fertiliser products. Processing may also affect the nutrient and greenhouse gas emissions from use and storage of manure and other organic wastes. In addition, manure energy potential can be exploited, or it can be used to promote the use of arable land as a carbon sink or reservoir.

The present study examined manure processing technologies and technology chains applied on three different scales, which were farm scale, farm cooperative scale and centralised scale (co-treatment of manure and other organic wastes). Cattle and pig farms were used as example farms, with a standard farm producing 3,000 t/a of manure. Of the technologies, special attention was paid to manure separation into solid and liquid fractions and to biogas process.

The ability of mechanical separation methods to separate solids and nutrients varies considerably, as do their investment costs. By using a decanter centrifuge or a screw press, a higher solid density

is achieved than with a sieve separator, whereas the decanter centrifuge is best able to separate phosphorus. The cost of investing in the equipment with the best separation capacity is considerable, increasing the difficulty of making profitable investments in farm cooperatives. Technology with weaker phosphorus separation may be more financially viable in Finnish conditions, especially on cattle farms.

Exploiting the energy potential of manure is possible with the help of e.g. biogas technology. A biogas plant produces a gross annual energy yield of 320-330 MWh/a from the liquid manure of one standard-sized farm. The addition of grass silage (300 t/a) together with manure doubles the gross energy production of a standard farm, and the nutrients in the digestate meet the fertilisation needs of plants. A shared biogas plant of five farms (farm cooperative) can use the liquid manure of one farm as such, and the separated solid fraction of the four other farms (screw decanter). Further separation of the digestate produces an extremely phosphorus-rich solid fraction and a liquid fraction with little phosphorus. If solely dry fractions were to be digested, the feed must be diluted, and a considerable amount of methane potential is lost.

The centralised treatment of manure (10 farms + 30,000 tonnes of other biomaterial) in a biogas plant results in the production of a classified organic fertiliser product. In this case, the application surface area required must take into account total nitrogen, soluble nitrogen and water-soluble phosphorus according to official analysis made or, in plants digesting sewage sludge, 40% of total phosphorus (cf. 85% of total phosphorus in manure installations). Centralised biogas plants may also use several different post-processing techniques to produce targeted fertiliser products. The energy used at the plant and the nutrient content and ratios of the end-products are fundamentally affected by the raw materials. From the perspective of nutrient use of crops, nitrogen content and solubility of the end-products are of key importance.

The effective and economical operation for biogas plants as a rule requires efficient use of the biogas energy content (CHP, transport fuel) as well as the use of manure and other organic materials, such as plant biomass. Maximising the environmental benefits of processing requires minimisation of emissions in each process of the technology chain. The development of processing technologies for fertiliser products should also be examined in terms of market needs. The production of targeted fertiliser products for the market, and their removal to regions in need of fertilising requires financial incentives for the development of processing technologies and their implementation on all scales.

### **Assessment of the economic impact of manure use at the farm and regional level**

The productisation of manure will have an impact on the conditions and competitiveness of animal husbandry. Over the long term, changes in the structure of animal husbandry may in turn have broader effects on regional economies. Growth in the size of animal farms will increase the amount of manure per farm and per hectare, but the processing technologies may enable transportation of manure nutrients over broader area, which would enhance the ability of animal farms to increase the number of animals without increasing field area.

The research on economy estimated how production arrangements aimed at manure and other organic materials (e.g. separation of phosphorus from manure, production of biogas) affect the conditions and profitability of animal farms and in turn affect the structural development of agriculture, regional economies and employment. An examination of changes in the agricultural sector made use of the DREMFIA model developed at MTT, and the regional economic examination relied on the input-output model. In addition, several calculation tools were developed based on farm models, and they can be used to compare the profitability of different manure treatment and fertilisation alternatives.

Separating liquid manure into phosphorus-rich solid fraction facilitates field application of the nitrogen-rich liquid fraction as such with improved absorption in the soil and reduced hygiene risk of manure microbes remaining on crops. Liquid fraction can be applied in larger quantities per hectare than raw manure due to its lower phosphorus content as regulated by environmental subsidies. In the best case, the need for nitrogen fertilisation can be met completely with manure nitrogen. At the same time, the transportation needs of manure can be decreased to less than half. Injection of liquid

manure and/or liquid fraction of manure into soil also improves nitrogen exploitation and the profitability of separation, promoting the circulation of manure nutrients within farms.

Separation of solids and phosphorus from manure offers – at least in principle – the possibility of recycling phosphorus, providing both a cost-effective procedure for transporting and applying the separated solid fraction on fields requiring phosphorus fertilisation is identified. The results show that high separation efficiency is not always the most important factor – particularly in areas dominated by dairy cows and cattle. A sufficient proportion of the excess phosphorus from animal dense areas can be separated using devices with medium or even weak separation efficiency, if it can be gathered and applied on fields requiring phosphorus at moderate expense.

The study indicates that it may not pay to invest in manure separation devices on individual farms in Finland at the moment, but joint investments of 2-3 larger farms could be profitable. In order for investments to pay for themselves in the form of cost savings, the key thing is identifying a suitable distribution of labour and achieving sufficiently widespread activity. The study estimated that the annual benefits of more efficient manure use could be in the area of 10 million euros in the Finnish agriculture. The potential for reducing mineral phosphorus is as much as 30-50% if the phosphorus in manure can be targeted according to need.

Processing which enhances manure use should be promoted first and foremost on larger farms and in regions of intense animal husbandry. Effective use of separation devices should be pursued in animal-dense regions using e.g. contracting and machinery rings. The important thing is to identify operating modes with which farms can together pursue profitable recycling of manure nutrients and share capital costs and risks. Particular effort should be made to ensure the overall benefit of crop farms receiving manure nutrients – not only the price of manure nutrients, but also the practical approach and distribution of labour should be competitive with respect to inorganic mineral fertilisers. There should also be certainty about the nutritional concentrations of manure to be applied on fields.

### **Life cycle analysis of the environmental impact of manure processing, and assessment of the overall sustainability of alternative treatments**

Life cycle assessment (LCA) was used to study the effects of alternative manure management and processing on the environment. In addition, the overall sustainability (economic and social sustainability, environmental, health and safety aspects) of alternative biomaterials (residues from crop production and food production, sewage sludge) was assessed with the help of a so-called value tree analysis.

Manure has a considerable environmental impact, since large masses, relatively significant nutrient content and multi-stage treatment are all typical of it. The majority of the environmental effects resulting from the treatment and utilisation of the biomaterials studied are caused precisely by manure. The formation of the overall environmental effects is in turn primarily affected by evaporating ammonia, because it causes eutrophication of soil and water environment, acidification, and the formation of particulates. By reducing ammonia emissions, the overall environmental effects of manure can also be further reduced.

Annually, nitrogen runoff into waterbodies from manure application is a bigger problem in Finland than phosphorus runoff. The problem of excess phosphorus is a result of the high level of fertilisation in previous years and decades, which elevated the concentration of easily soluble phosphorus in field soil. Manure nitrogen is especially prone to wash away with autumn application at the end of the growing season. By optimising the use of manure as fertiliser, the risk of runoff can be minimised. At the same time, the use of mineral fertilisers, and with it the nutrient runoff caused by fertilisers and the emissions generated during manufacture of fertilisers, can be reduced.

In animal housing, nitrogen loss can be reduced for example by removing manure more frequently, quickly separating urine into a separate urine container, and cooling manure channels. Emissions during storage are reduced by tightly covering manure stores. Gaseous nitrogen losses that occur during and after application on fields can be reduced most effectively by favouring the injection of manure, or if manure is applied on surface, it should be e.g. ploughed into soil as quickly as possible.



In the overall environmental impact of processing and reuse of biomaterials, the significance to climate change was shown to be very moderate. The reason for this was that the overall impact of methane and dinitrogen oxide released from manure and other biomaterials and of carbon dioxide emissions was small in relation to the overall regional or national climate impact. Also, transportation of manure across farther distances than now is justified if it allows other environmental benefits.

In Finland's current environmental subsidy system for agriculture, phosphorus and nitrogen from cattle manure are not entirely taken into account when calculating the amount of fertiliser that complies with conditions. 85 per cent of manure's soluble phosphorus is taken into account, and in autumn application 75 per cent of nitrogen. As a result of the present evaluations, spring and summer application of manure should be favoured and the application methods are to be developed in order to give up autumn application altogether. If manure is applied in autumn, the principle should be that due to environmental reasons 100% of nitrogen is taken into account during the following year. Moreover, usability of manure phosphorus is to be increased to 100% as the renouncement of exceptions to manure phosphorus would lead to reduction in phosphorus levels in field soils. Fertilisation with manure should always be based on the phosphorus condition of the field, even if it means longer transportation routes for manure. In connection, manure separation is also recommended to minimise transportation needs.

---

*Index words: manure, organic fertilizers, nutrients, LCA, fractionation, biogas*

---

---

## Sisällys

---

1	Lannan lannoituskäytön kehittäminen ja ravinteiden tehokas käyttö .....	17
1.1	Ravinnetarkastelun tausta ja tavoitteet .....	17
1.2	Lantafosforin käytön tilatason optimointi .....	18
1.2.1	Lantafosforin määrä .....	18
1.2.2	Lantafosforin liukoisuus .....	18
1.2.3	Tilamallit .....	26
1.2.4	Tilakohtainen ravinteiden käytön tarkastelu .....	27
1.3	Fosforin pintalevityksestä aiheutuvien haittojen pienentäminen .....	29
1.3.1	Pintalevityksen riskinarviointi .....	29
1.3.2	Teknologian vaikutus .....	29
1.4	Lannan ja lannoitevalmisteiden orgaanisen typen vaikutusten arviointi .....	31
1.4.1	Lannan orgaanisen typen tutkimusmenetelmät .....	31
1.4.2	Lannoitevalmisteiden orgaanisen typen tutkimusmenetelmät .....	31
1.4.3	Orgaanisen typen vapautumiskokeiden tulokset .....	32
1.5	Yhteenveto ja suositukset .....	36
2	Lannan ja muiden eloperäisten materiaalien prosessointi .....	41
2.1	Prosessointitarkastelun tausta ja tavoitteet .....	41
2.2	Teknologiaskenaariot .....	41
2.2.1	Tausta ja lähtöoletukset .....	41
2.2.2	Tilakohtainen prosessointi .....	44
2.3	Tilojen yhteinen prosessointi .....	47
2.4	Keskitetty käsittely .....	48
2.5	Hevosen, broilerin ja turkiseläinten lannan käsittely .....	50
2.6	Johtopäätökset ja suositukset .....	50
3	Lannan tehokkaamman hyödyntämisen taloudelliset ja rakenteelliset vaikutukset tila- ja aluetasolla .....	55
3.1	Taloustarkastelun tausta ja tavoitteet .....	55
3.2	Maatalouden rakenteen, eläinten lukumäärien ja lannankäsittelyn nykytila ja kehitys perusskenaariossa .....	57
3.2.1	Perusskenaarion oletukset .....	57
3.2.2	DREMFIA-sektorimallin toimintaperiaatteet .....	58
3.2.3	Perusskenaarion pääpiirteet .....	60
3.2.4	Lannankäsittely perusskenaariossa .....	60
3.3	Teknologia- ja laajuusskenaariot .....	62
3.4	Taloudelliset vaikutukset tilatasolla .....	65
3.5	Lietelannan jakeistamisen vaikutus lihasikapaikan enimmäishintaan .....	72
3.6	Taloudelliset vaikutukset sektoritasolla: Tehostuvan lannankäytön vaikutukset kotieläintuotantoon ja rakennekehitykseen .....	75
3.7	Toiminnalliset laajuusarviot ja alueelliset vaikutukset .....	77
3.7.1	Aluetaloudellisten vaikutusten muodostuminen .....	77
3.7.2	Jakeistamis- ja biokaasuinvestointien laajuus suuralueittain .....	78
3.7.3	Yhdistetty maatalon, maatalouden ja aluetason laskeminen - esimerkkitapauksena Satakunta .....	81
3.8	Johtopäätökset ja suositukset .....	84
4	Lannankäsittelyn elinkaariset ympäristövaikutukset ja käsittelyvaihtoehtojen kokonaiskestävyyden arviointi OSA 1: Elinkaariset ympäristövaikutukset .....	88

4.1	Vaikutusarvioinnin tausta ja tavoitteet .....	88
4.2	Elinkaariarviointi ja sen soveltaminen HYÖTYLANTA-hankkeessa.....	88
4.2.1	Elinkaariarvioinnin tavoitteet ja soveltamiskohde .....	89
4.2.2	Yleiset laskentaperiaatteet.....	90
4.2.3	Ympäristövaikutusten arviointi.....	91
4.3	Eloperäisten jätteiden ja sivutuotteiden määrät ja käsittelyketjut Satakunnan alueella...	92
4.3.1	Nykytilanne.....	92
4.3.2	Skenaariot.....	93
4.4	Pääasialliset tietolähteet ja laskentaperusteet .....	94
4.4.1	Ravinnekuormitus vesiin.....	94
4.4.2	Lannan tyyppien pitkäaikaisen käytön jälkivaikutuksen arviointi .....	96
4.4.3	Ilmaan kohdistuvat päästöt.....	97
4.5	Tulokset ja tulosten tarkastelu .....	97
4.5.1	Ravinnekuormitusarviot.....	97
4.5.2	Nykytilanteen ympäristövaikutukset.....	100
4.5.3	Skenaarioiden ympäristövaikutukset verrattuna nykytilaan.....	104
4.6	Johtopäätökset ja suositukset.....	107
5	Lannankäsittelyn elinkaariset ympäristövaikutukset ja käsittelyvaihtoehtojen kokonaiskestävyyden arviointi OSA 2: Biomateriaalien käsittelyvaihtoehtojen kokonaiskestävyyden arviointi.....	112
5.1	Kokonaiskestävyyсарvioinnin tausta ja tavoitteet.....	112
5.2	Käytetyn arviointimenetelmän kuvaus ja soveltamiskohde .....	112
5.3	Tulokset.....	113
5.3.1	Arviointikriteerien asiantuntijapainot.....	113
5.3.2	Arviointikriteereitä vastaavat indikaattoriarvot.....	114
5.4	Kokonaiskestävyyсарviointituloksen laskenta.....	115
5.5	Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset .....	116
6	Tutkimusohjelman yhteenveto ja johtopäätökset.....	118
	Liite 1. Lantojen keskimääräiset ominaisuudet Suomessa .....	124
	Liite 2. Testatut lannat ja lannoitevalmisteet.....	125
	Liite 3. Kokeissa käytettyjen materiaalien pitoisuuksia ja pitoisuuksien vaikutuksia levitysmääriin.....	126
	Liite 4. Teknologia skenaarioiden tiedot tyyppitiloilla .....	127
	Liite 5. Tyyppien ja fosforin hinnat epäorgaanisissa lannoitteissa 2005-2010. ....	136
	Liite 6. Tyyppitilan määritykset .....	138
	Liite 7. DREMFIA-mallin tuloskaavioita.....	139
	Liite 8. Esimerkkilaskelmat 5 tilan (sianlanta ja naudanolanta) yhteislaitoksen tuotoista ja kustannuksista .....	149
	Liite 9. Elinkaariarvioinnin mukaisessa ympäristövaikutusten arvioinnissa käytetyt karakterisointikertoimet ja vaikutusluokkakohtaiset normalisointitekijät ja painokertoimet..	155
	Liite 10. Satakunnan elinkaari mallinnuksessa käytetyt lannankäsittelytiedot .....	157
	Liite 11. Satakunnan biomateriaalien käsittelyn kokonaiskestävyyden arvioinnissa tärkeiksi havaitut arviointikriteerit.....	158
	Liite 12. Satakunnan biomateriaalien käsittelyvaihtoehtojen kokonaiskestävyyden arvioinnissa huomioitujen turvallisuus- ja viihtyisyyden näkökohtien arviointi .....	161

---

## Kirjoittajien tiedot

---

Alakukku, Laura, professori, Helsingin Yliopisto, Maataloustieteiden laitos, [laura.alakukku@helsinki.fi](mailto:laura.alakukku@helsinki.fi)  
Alasuutari, Sakari, tutkija, TTS tutkimus (Työtehoseura), [sakari.alasuutari@tts.fi](mailto:sakari.alasuutari@tts.fi)  
Esala, Martti, professori, MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus) Kasvintuotannon tutkimus, [martti.esala@mtt.fi](mailto:martti.esala@mtt.fi)  
Grönroos, Juha, erikoistutkija, Suomen ympäristökeskus (SYKE), Kulutuksen ja tuotannon keskus/Ympäristötehokkuusyksikkö, [juha.gronroos@ymparisto.fi](mailto:juha.gronroos@ymparisto.fi)  
Huttunen, Heidi, projektitutkija, Helsingin Yliopisto, Maataloustieteiden laitos, [heidi.huttunen@helsinki.fi](mailto:heidi.huttunen@helsinki.fi)  
Järvenpää, Markku, teknologiatutkimuksen johtaja, MTT Teknologiatutkimus, [markku.jarvenpaa@mtt.fi](mailto:markku.jarvenpaa@mtt.fi)  
Kahiluoto, Helena, erikoistutkija, MTT Kasvintuotannon tutkimus, [helena.kahiluoto@mtt.fi](mailto:helena.kahiluoto@mtt.fi)  
Kapuinen, Petri, vanhempi tutkija, MTT Kasvintuotannon tutkimus, [petri.kapuinen@mtt.fi](mailto:petri.kapuinen@mtt.fi)  
Katajajuuri, Juha-Matti, vanhempi tutkija, MTT Elintarviketutkimus, [juha-matti.katajajuuri@mtt.fi](mailto:juha-matti.katajajuuri@mtt.fi)  
Koikkalainen, Kauko, tutkija, MTT Talous- ja yhteiskuntatieteellinen tutkimus, [kauko.koikkalainen@mtt.fi](mailto:kauko.koikkalainen@mtt.fi)  
Knuuttila, Marja, vanhempi tutkija, MTT Talous- ja yhteiskuntatieteellinen tutkimus, [marja.knuuttila@mtt.fi](mailto:marja.knuuttila@mtt.fi)  
Kuisma, Miia, tutkija, MTT Kasvintuotannon tutkimus, [miia.kuisma@mtt.fi](mailto:miia.kuisma@mtt.fi)  
Lehtonen, Heikki, erikoistutkija, MTT Talous- ja yhteiskuntatieteellinen tutkimus, [heikki.lehtonen@mtt.fi](mailto:heikki.lehtonen@mtt.fi)  
Leppälä, Jarkko, projektitutkija, MTT Talous- ja yhteiskuntatieteellinen tutkimus, [jarkko.leppala@mtt.fi](mailto:jarkko.leppala@mtt.fi)  
Leskinen, Pekka, tutkimusprofessori, Suomen ympäristökeskus (SYKE), Kulutuksen ja tuotannon keskus/Ympäristötehokkuusyksikkö, [pekka.leskinen@ymparisto.fi](mailto:pekka.leskinen@ymparisto.fi)  
Luostarinen, Sari, erikoistutkija, MTT Kasvintuotannon tutkimus, [sari.luostarinen@mtt.fi](mailto:sari.luostarinen@mtt.fi)  
Mikkola, Hannu, tutkija, MTT Kasvintuotannon tutkimus, [hannu.j.mikkola@mtt.fi](mailto:hannu.j.mikkola@mtt.fi)  
Myllymaa, Tuuli, tutkimusinsinööri, Suomen ympäristökeskus (SYKE), Kulutuksen ja tuotannon keskus/Jäteasiainyksikkö, [tuuli.myllymaa@ymparisto.fi](mailto:tuuli.myllymaa@ymparisto.fi)  
Niemi, Jarkko, erikoistutkija, MTT Talous- ja yhteiskuntatieteellinen tutkimus, [jarkko.niemi@mtt.fi](mailto:jarkko.niemi@mtt.fi)  
Nousiainen, Jouni, tutkija, MTT Elintarviketutkimus, [jouni.nousiainen@mtt.fi](mailto:jouni.nousiainen@mtt.fi)  
Paavola, Teija, vanhempi tutkija, MTT Kotieläintuotannon tutkimus, [teija.paavola@mtt.fi](mailto:teija.paavola@mtt.fi)  
Palva, Reetta, tutkija, TTS tutkimus (Työtehoseura), [reetta.palva@tts.fi](mailto:reetta.palva@tts.fi)  
Partanen, Kirsi, tutkija, MTT Kotieläintuotannon tutkimus, [kirsi.partanen@mtt.fi](mailto:kirsi.partanen@mtt.fi)  
Peltonen, Sari, palveluryhmäpäällikkö, ProAgria Keskusten Liitto, [sari.peltonen@proagria.fi](mailto:sari.peltonen@proagria.fi)  
Rankinen, Katri, vanhempi tutkija, Suomen ympäristökeskus (SYKE), Vesikeskus/Malliyksikkö, [katri.rankinen@ymparisto.fi](mailto:katri.rankinen@ymparisto.fi)  
Rinne, Marketta, professori, MTT Kotieläintuotannon tutkimus, [marketta.rinne@mtt.fi](mailto:marketta.rinne@mtt.fi)  
Rintala, Jukka, professori, MTT Kotieläintuotannon tutkimus, [jukka.rintala@mtt.fi](mailto:jukka.rintala@mtt.fi)  
Salo, Tapio, erikoistutkija, MTT Kasvintuotannon tutkimus, [tapio.salo@mtt.fi](mailto:tapio.salo@mtt.fi)  
Sipilä, Ilkka, tutkija, MTT Kotieläintuotannon tutkimus, [ilkka.sipila@mtt.fi](mailto:ilkka.sipila@mtt.fi)  
Valaja, Jarmo, erikoistutkija, MTT Kotieläintuotannon tutkimus, [jarmo.valaja@mtt.fi](mailto:jarmo.valaja@mtt.fi)  
Ylivainio, Kari, vanhempi tutkija, MTT Kasvintuotannon tutkimus, [kari.ylivainio@mtt.fi](mailto:kari.ylivainio@mtt.fi)  
Toimitus: Sari Luostarinen, Johanna Logrén, Juha Grönroos, Heikki Lehtonen, Teija Paavola, Katri Rankinen, Jukka Rintala, Tapio Salo, Kari Ylivainio, Markku Järvenpää

---

## Sanasto

---

Biokaasuprosessi/-käsittely	Eloperäisen materiaalin mikrobiologinen hajottaminen hapettomissa olosuhteissa (mädätys)
Biomateriaali	Eloperäiset sivutuotteet ja jätteet maataloudesta, teollisuudesta tai yhdyskunnista, ml. lanta
Epäorgaaninen lannoite	Lannoitevalmistelain määrittelemä tyyppinimiryhmä, joka ei saa sisältää eläin- tai kasvipärisiä orgaanisia ravinteita
Fytiinihappo	Fosforiyhdiste, johon kasvit varastoivat ottamaansa fosforia
Fytaasi	Ensyymi, joka pystyy hajottamaan kasvien pääasiallisena fosforivaratona esiintyvän fytiinihapon
Jakeistaminen	Nestemäisen ja kiinteän aineen erottaminen, separointi
Kompostointi	Eloperäisen materiaalin mikrobiologinen hajottaminen hapellisissa olosuhteissa
Kuivajae	Jakeistamisesta saatu kiinteä aines
Kuivalanta	Lantaa, jossa virtsa on erotettu virtsakourun avulla virtsasäiliöön
Kuivikelanta	Lantaa, jossa kaikki virtsa on imeytynyt kuivikkeeseen
Käsittelyjäännös	Biokaasuprosessista poistettu, käsitelty materiaali
Lannoite	Aine tai valmiste, jonka avulla edistetään kasvien kasvua tai parannetaan sadon laatua ja jonka vaikutus perustuu kasvinravinteisiin taikka muihin kasveille, ihmisille tai eläimille hyödyllisiin aineisiin
Lannoitevalmiste	Lannoitevalmistelaisissa määritellyt lannoitteet, kalkitusaineet, maanparannusaineet, kasvualustat, mikrobivalmisteet sekä lannoitevalmisteena sellaisenaan käytettävät sivutuotteet
Lanta	Sontaa ja/tai virtsaa, jossa on mukana kuiviketta (olki, kutterinlastu, turve) ja/tai vettä
Lietelanta	Lantaa, jossa sonta ja kaikki virtsa ovat sekoittuneena juoksevaan muotoon
Maanparannusaine	Lannoitevalmistelain määrittelemä tyyppinimiryhmä, johon kuuluvia aineita lisätään maahan ensisijaisesti sen fysikaalisten ominaisuuksien ylläpitämiseksi ja parantamiseksi tai lisäämään maan biologista toimintaa
Nestejae	Jakeistamisesta saatu nestemäinen aines
Orgaaninen lannoite	Lannoitevalmistelain määrittelemä tyyppinimiryhmä, johon kuuluvat eläin- ja/tai kasvipäriset lannoitteet
Orgaaninen lannoitevalmiste	Eloperäinen lannoitevalmiste, esim. orgaaninen lannoite tai maanparannusaine
Rakeistus	Jakeistetun kuivajakeen jatkoprosessointi kuivaan ja rakeiseen muotoon
Ravinnetuote	Muussa kuin lannoitekäytössä, esim. teollisuuden prosesseissa hyödynnettävä orgaanisista materiaaleista jalostettu ravinne
Sonta	Eläimen kiinteä uloste ilman virtsaa (linnuilla sonta ja virtsa erittyvät yhdessä ja eritettä kutsutaan ulosteeksi)
Vaiheruokinta	Vaiheruokinnassa eläimelle annettava rehu vastaa jokaisessa tuotosvaiheessa koostumukseltaan ja määrältään eläimen sen hetkistä tarvetta

---

## Lainsäädäntö

---

Valtioneuvoston päätös puhdistamolietteen käytöstä maanviljelyksessä (282/1994)	Päätös, jonka tavoitteena on säännellä puhdistamolietteen käyttöä maanviljelyksessä siten, että lietteen haitalliset vaikutukset ympäristöön ja terveyteen voidaan estää edistämällä samalla lietteen asianmukaista käyttöä.
Maatalouden ympäristötuki	Maatalouden ohjauskeino, jolla säädelään mm. typpi- ja fosforilannoitusta sekä karjanlannan levitystä.
Lannoitevalmistelaki (539/2006, 1498/2009, 340/2010)	Laki, jonka tavoitteena on edistää hyvälaatuisten, turvallisten ja kasvinuotantoon sopivien lannoitevalmisteiden tarjontaa, sellaisiksi soveltuviin sivutuotteiden hyötykäyttöä sekä riittävien tietojen antamista lannoitevalmisteista niiden ostajille ja käyttäjille kasvinuotannon sekä elintarvikkeiden ja ympäristön laadun turvaamiseksi.
Nitraattiasetus (931/2000)	Valtioneuvoston asetus maataloudesta peräisin olevan nitraatin vesiin pääsyn rajoittamisesta.
Sivutuoteasetus (1374/2004)	Asetus eläintautien leviämisen estämisestä tiettyjen eläimistä saatavien sivutuotteiden välityksellä.

---

## Alkusanat

---

Maa- ja metsätalousministeriö tilasi Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskukselta ja yhteistyötahoilta (Suomen ympäristökeskus, Helsingin yliopisto, Työtehoseura ja ProAgria Keskusten Liitto) 6.5.2008 HYÖTYLANTA-tutkimusohjelman, jonka tavoitteena oli tuottaa työkaluja lannan ja muiden eloperäisten materiaalien hallintaan. Pää tavoite oli kehittää keinoja, joiden avulla lannan ja muiden eloperäisten materiaalien ravinteet saadaan kierrätetyksi ja energiasisältö tehokkaasti hyödynnetyksi ilman haitallisia vaikutuksia ihmisiin ja ympäristöön.

Tutkijaryhmän tueksi Maa- ja metsätalousministeriö kutsui ohjausryhmän, jonka jäseninä olivat: Tarja Haaranen (Ympäristöministeriö, puheenjohtaja), Marjatta Kemppainen-Mäkelä (Maa- ja metsätalousministeriö), Tiina Malm (Maa- ja metsätalousministeriö), Antero Nikander (Maa- ja metsätalousministeriö), Veli-Pekka Reskola (Maa- ja metsätalousministeriö, varapuheenjohtaja), Pirjo Salminen (Maa- ja metsätalousministeriö), Ari Seppänen (Ympäristöministeriö), Markku Alm (Varsinais-Suomen ELY-keskus), Arja Vuorinen (Elintarviketurvallisuusvirasto) sekä Johanna Ikävalko (Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliitto ry).

Nyt käsillä oleva raportti on tutkimusohjelman loppuraportti. Sen kirjoittamiseen on osallistunut yhteensä 31 tutkijaa. Loppuraportin kokonaisuuden ovat toimittaneet: Johanna Logrén (MTT), Sari Luostarinen (MTT), Juha Grönroos (SYKE), Heikki Lehtonen (MTT), Teija Paavola (MTT), Katri Rankinen (SYKE), Jukka Rintala (MTT), Tapio Salo (MTT), Kari Ylivainio (MTT) sekä Markku Järvenpää (MTT). Toimittajakunnasta Sari Luostarinen (virkavapaalla 9.2.2009–21.12.2010) ja Johanna Logrén ovat kokoavina voimina huolehtineet tutkimusohjelman operatiivisesta koordinaatiosta. Toimituskunnan muut jäsenet ovat vastanneet omasta tutkimusosiostaan, sen raportoinnin kokoamisesta sekä hankkeen johtopäätösten laatimisesta.

Toivon, että tutkimusohjelman tulokset auttavat viljelijöitä hyödyntämään lannan ja biomateriaalien ravinteet ja energian entistä tarkemmin ja ympäristöystävällisemmin, ja että hallinto saa tuloksista tukea toimille, jotka edistävät parhaiden käytäntöjen käyttöönottoa. Esitän parhaat kiitokset hankkeen rahoittajalle, ohjausryhmälle ja tutkimusryhmälle hyvästä ja rakentavasta yhteistyöstä!

Vihdissä 31.12.2010

Markku Järvenpää

Tutkimusohjelman koordinaattori

---

## Johdanto

---

Suomen maatalous keskittyy alueellisesti ja kotieläintuotannon yksikkökoot kasvavat, minkä vuoksi myös lanta keskittyy tietyille alueille. Tarve tehostaa lannan sisältämien ravinteiden ja energian hyötykäyttöä on kasvanut samalla, kun lannan ympäristöhaitat, erityisesti ravinteiden huuhtoutuminen, vesistöjen rehevöityminen ja haju ovat paikallisesti ja alueellisesti lisääntyneet.

Myös yhdyskuntien ja teollisuuden biomateriaalien, eli eloperäisten jätteiden ja sivutuotteiden käsittelyä on kehitettävä ympäristöhaittojen vähentämiseksi ja raaka-aineiden hyödyntämisen tehostamiseksi. Paineet uusiutuvan energian tuotantoon ja biomateriaalien ravinteiden hyödyntämiseen kasvavat fossiilisten raaka-aineiden huetessa ja ilmastotavoitteiden kiristyessä. Integroitu biomateriaalien käsittely tarjoaa mahdollisuuden hallita ja hyödyntää niiden ravinne- ja energiasisältöjä sekä samalla vähentää ympäristökuormitusta. Toisaalta haasteena on varmistaa, ettei tämä hyödyntäminen aiheuta riskejä ihmisten ja ympäristön terveydelle.

HYÖTYLANTA-tutkimusohjelmassa on tuotettu työkaluja lannan ja muiden eloperäisten materiaalien hallintaan. Pää tavoite on ollut kehittää keinoja, joiden avulla lannan ja muiden eloperäisten materiaalien ravinteet saadaan kierrätetyksi ja energiasisältö tehokkaasti hyödynnetyksi ilman haitallisia vaikutuksia ihmisiin ja ympäristöön. Tutkimusohjelma on jaettu temaattisesti neljään osioon seuraavasti:

1. Lannan lannoituskäytön kehittäminen ja ravinteiden tehokas käyttö
2. Lannan ja muiden eloperäisten jätteiden ja sivutuotteiden prosessointi
3. Lannankäytön tila- ja aluetason taloudellisten vaikutusten arviointi
4. Lannankäsittelyn elinkaariset ympäristövaikutukset ja käsittelyvaihtoehtojen kokonaiskestävyyden arviointi

Lanta on arvokas orgaaninen lannoite ja maanparannusaine, jonka tehokas hyödyntäminen vähentää epäorgaanisten lannoitteiden tarvetta. Lannan tehokas hyödyntäminen edellyttää kuitenkin lannan ominaisuuksien hyvää tuntemusta (Liite 1). Lannan ominaisuuksiin lannoitteena (mm. ravinnesisältö ja ravinteiden liukoisuus) voidaan myös vaikuttaa mm. eläinten ravinnon sisältämän fosforin ja typen määrää ja laatua säätelemällä. Lannan typpilannoitusvaikutus taas on riippuvainen erityisesti lannan ammoniumtyppipitoisuudesta, ammoniakkin haihtumisesta sekä syksyllä levitetyn lannan typpihuuhtoumista. Tutkimusohjelman ensimmäisessä osiossa (Luku 1) on paneuduttu *lannan lannoituskäytön kehittämiseen* ja tutkittu erityisesti fosforin käytön tilatason optimointia, mahdollisuuksia pienentää fosforin pintalevityksen haittoja sekä arvioitu lannan ja eloperäisistä materiaaleista prosessoitujen tuotteiden orgaanisen typen vaikutuksia. Laboratorio- ja kenttäkokeiden lisäksi on tehty tilakohtaista ravinteiden käytön tarkastelua ja tuotettu niiden pohjalta fosforikiertoa optimoivia tilamalleja. Sonnan ja virtsan typpi-, fosfori- sekä energiasisällön arvioimiseen on kehitetty laskentamalleja eri tuotantoeläimille.

Väkilannoitteisiin nähden lannan käyttöä lannoitteena heikentävät lannan kasveille epäedullinen N:P-suhde, ravinteiden ominaisuudet ja niiden suhteelliset alhaiset pitoisuudet sekä epäorgaanisia lannoitteita hankalampi levitettävyyys. Perusongelma lantaravinteiden hyväksikäytössä on lannan pieni typpipitoisuus suhteessa fosforipitoisuuteen. Lannan käytettävyyteen lannoitteena voidaan kuitenkin vaikuttaa lantaa prosessoimalla, jolloin siitä saadaan paremmin peltolannoitukseen soveltuvia tuotteita. Prosessoinnilla voidaan vaikuttaa myös lannan ja eloperäisten jätteiden varastoinnin ja käytön aiheuttamiin ravinne- ja kasvihuonekaasupäästöihin. Lisäksi lannan ja muiden biomateriaalien energiapotentiaalia voidaan hyödyntää ja niillä voidaan edesauttaa peltomaan käyttöä hiilineluna tai -varastona. Tutkimusohjelman toisessa osiossa (Luku 2) esitellään erityisesti *lannan ja myös muiden biohajoavien materiaalien käsittelyyn soveltuvia teknologioita* ja niiden mahdollisuuksia ravinnevirtojen hallinnassa ja energiantuotannossa. Teknologioita ja teknologiaketjuja on arvioitu kolmella eri tasolla: tilakohtaiset ratkaisut, usean tilan yhteiset ratkaisut sekä lannan ja muiden materiaalien keskitetty prosessointi.

Lannan tuotteistamisella on vaikutuksia kotieläintalouden toimintaedellytyksiin ja kilpailukykyyn. Pitkällä tähtäimellä kotieläintalouden rakenteen muutoksilla voi puolestaan olla laajempia alueta-



loudellisia vaikutuksia. Kotieläintuotannon yksikkökoon kasvu lisää lannan määrä tilalla, jolloin myös peltoalaa tarvitaan enemmän. Lannan prosessointitekniikat voivat kuitenkin mahdollistaa lannan tai siitä valmistettavien tuotteiden kuljettamisen kannattavasti aikaisempaa pitempiä matkoja ja alueille, joilla ravinteita tarvitaan. Tutkimusohjelman kolmannessa osiossa (Luku 3) on arvioitu, miten lantaan ja muihin eloperäisiin materiaaleihin kohdistuvat tuotantojärjestelyt (esim. fosforin erottaminen lannasta, biokaasun tuotanto) *vaikuttavat kotieläintilojen toimintaedellytyksiin ja kannattavuuteen ja edelleen maatalouden rakennekehitykseen*, aluetalouksiin ja työllisyyteen. Maataloussektorin muutoksien tarkastelussa on hyödynnetty DREMFIA-mallia ja aluetaloudellisissa tarkasteluissa panos-tuotosmallia. Lisäksi talousosiossa on kehitetty useiden tilamallien pohjalta laskentatyökalu, jolla erilaisten lannankäsittely- ja lannoitusvaihtoehtojen kannattavuutta voidaan vertailla.

Lannan ravinnekäytön, soveltuvien teknologioiden ja taloudellisen kannattavuuden lisäksi lannankäsittelyä on tärkeää tarkastella sen ympäristövaikutusten näkökulmasta. Maataloudelle asetetut vesien- ja ilmansuojelutavoitteet edellyttävät lannan lannoituskäytön tehostamista viljelyssä. Lannan energiapotentiaali taas liittyy maataloudelle asetettujen ilmasto- ja energiapoliittisten tavoitteiden täyttämiseen. Tutkimusohjelman neljännessä osiossa (Luku 4) on selvitetty elinkaariarviointimenetelmää (LCA) käyttämällä, *mitä vaikutuksia lannan ja muiden eloperäisten materiaalien käsittelyvaihtoehdoilla ja käsittelyn muutoksilla on ympäristöön*. Paitsi suoria vaikutuksia, elinkaariarvioinnilla on tutkittu myös erilaisia epäsuoria ja seurannaisvaikutuksia sekä lannan tehokkaamman käytön tuomia ympäristöhyötyjä. Lisäksi on arvioitu vaihtoehtoisten biomateriaalien toteutuskokonaisuuksien kokonaiskestävyyttä (taloudellinen ja sosiaalinen kestävyys, ympäristö-, terveys- ja turvallisuusnäkökohdat) ns. arvopuuanalyysin avulla. Esimerkkialueena on ollut Satakunta.

Tässä raportissa esitellään HYÖTYLANTA-tutkimusohjelman keskeiset tulokset tutkimusosioittain. Se sisältää myös käytännöllisiä työkaluja maatilojen lannankäsittelyvaihtoehtojen vertailuun. Jokaisen osion lopussa esitetään johtopäätöksiä ja toimenpidesuosituksia lannankäsittelyn tehostamiseksi ja uusien liiketoimintamallien edistämiseksi.

HYÖTYLANTA-tutkimusohjelma on Maa- ja metsätalousministeriön tilaama. Tutkimusta on koordinoanut Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT, ja se on tehty yhteistyössä Suomen Ympäristökeskuksen (SYKE), Helsingin Yliopiston Maataloustieteen laitoksen, Työtehoseuran (TTS) ja ProAgria Keskusten Liiton kanssa.

# 1 Lannan lannoituskäytön kehittäminen ja ravinteiden tehokas käyttö

Tapio Salo, Kari Ylivainio, Kirsi Partanen, Marketta Rinne, Jouni Nousiainen, Petri Kapuinen, Martti Esala, Sari Peltonen ja Jarmo Valaja

## 1.1 Ravinnetarkastelun tausta ja tavoitteet

Lannan ravinteiden, erityisesti fosforin ja typen, kestävä käyttö on avain maatalouden ravinnekuormituksen vähentämiseen. Lannan sekä muiden eloperäisten jätteiden ja sivutuotteiden ravinteet ovat pääosin peräisin eläinten ja ihmisten ravinnosta tai teollisuuden raaka-aineista. Kotieläintalouden alueellinen keskittyminen ja tuotantoyksikkökoon kasvu johtavat myös lannan alueellisiin ja paikallisiin keskittymiin. Tämä kehitys tuottaa yhä suurempia haasteita lannan ravinteiden käytölle ja ympäristövaikutusten hallinnalle. Lannan sekä lannasta ja muista eloperäisistä materiaaleista valmistettavien orgaanisten lannoitevalmisteiden käytön merkitys maataloudessa on toistaiseksi pieni mutta kasvava, ja ravinnekiertojen sulkeminen on kestävä elintarviketuotannon edellytys.

Kotieläintiloilla valtaosa rehujen sisältämistä ravinteista päätyy lantaan, minkä vuoksi ruokinnan suunnittelulla voidaan vaikuttaa lannan ravinnepitoisuuksiin ja ravinteiden käyttökelpoisuuteen (Kuva 1). Lannan tehokkaammalla käytöllä sen ravinteet saadaan kasvien käyttöön, jolloin epäorgaanisten lannoitteiden käyttömäärää voidaan vastaavasti vähentää. Esimerkiksi lypsykarjatilojen ravinnetasetarkastelussa on havaittu, että ostorehujen ja -lannoitteiden käytön lisääntyessä tilan fosfori- ja typpiylijäämät kasvavat voimakkaasti. Siten kierrossa olevien ravinteiden määrään voidaan vaikuttaa tarkentamalla niiden käyttöä ruokinnassa ja viljelykasvien lannoituksessa. Samalla voidaan vähentää maaperän ja vesistöjen sekä ilmaston kuormitusta. Kokonaisvaikutus muodostuu merkittäväksi, jos toimenpiteet toteutetaan useilla kotieläintiloilla samanaikaisesti. Typen ylijäämiin vaikuttavan valkuaisruokinnan suosituksia on jo tarkennettu kaikkien tuotantoeläinten osalta. Nautojen fosforinsaantisuosituksia pienennettiin vuonna 2004. Sikojen ja siipikarjan fosforin tarvesuosituksia tarkennettiin 2006 ja lisäksi rehutaulukoihin on vuonna 2010 lisätty fytaasin vaikutus fosforin hyväksikäyttöön (MTT 2010).



Kuva 1. Sian, siipikarjan ja nautojen ruokinnalla voidaan vaikuttaa lannan ravinnepitoisuuksiin. Kuvaajat (vasemmalta oikealle): Katri Rankinen, SYKE; Teija Paavola, MTT; Sari Luostarinen, MTT.

Tämän osatutkimuksen tavoitteena oli selvittää ruokinnan ja lannan prosessoinnin vaikutusta lannan fosforin liukoisuuteen ja määrään. Hedleyn fosforifraktiointimenetelmän avulla kerättiin lisäaineistoja lannan ja orgaanisten lannoitevalmisteiden fosforin liukoisuudesta. Pintalevityksen osalta tavoitteena oli arvioida prosessoinnin vaikutusta pintaan levitetyn fosforin huuhtoutumisriskiin. Orgaanisen typen käyttökelpoisuuden osalta tavoitteena oli tarkentaa lannan ja orgaanisten lannoitevalmisteiden analyysimenetelmiä niin, että orgaanisen typen lannoitusvaikutus voidaan huomioida paremmin lannoituksen suunnittelussa. Orgaanisten lannoitevalmisteiden käytettävyydestä maataloudessa haettiin myös lisätietoa.

Lantafosforin käytön tilatason optimoinnissa keskityttiin määrittämään rehun fosforipitoisuuden ja koostumuksen vaikutusta lantafosforin määrään ja liukoisuuteen. Myös orgaanisten lannoitevalmisteiden fosforin liukoisuudesta kerättiin mahdollisimman kattava aineisto. Tulosten avulla arvioitiin lannan ja orgaanisten lannoitevalmisteiden sisältämän fosforin huuhtoutumisriskiä pintalevityksen yhteydessä. Tilamalleista kehitettiin menetelmä, jolla ruokintatavoista voidaan laskea lantaan erittyvän fosforin ja typen määrät, ja maitotilojen portti- ja peltotaseita laskettiin Etelä- ja Pohjois-Savossa. Lannan ja lannoitevalmisteiden orgaaniselle tyypelle etsittiin analyysimenetelmää, joka kuvaa niiden lannoitusvaikutusta. Lisäksi orgaanisten lannoitevalmisteiden soveltuvuutta typen lähteeksi testattiin viljanviljelyssä.

## 1.2 Lantafosforin käytön tilatason optimointi

### 1.2.1 Lantafosforin määrä

Kotieläintuotannossa syntyy merkittävä määrä lantaperäistä fosforia. Vuonna 2009 koti- ja turkiseläinten lannan kokonaisfosforisisältö Suomen peltopinta-alalle levitettynä vastasi 8,2 kg/ha (Aakkula ym. 2010), mikä on määrältään enemmän kuin lannoitteena myyty epäorgaaninen fosfori (noin 5 kg/ha). Vuonna 2009 karjanlannan sisältämä vuotuinen kokonaisfosforin määrä oli 9,1, sianlannan 4,1 ja siipikarjanlannan 1,9 milj. kg. Muiden eläinten lannoista merkittävin on turkiseläinten lanta, jonka fosforipitoisuus on muita lantoja huomattavasti suurempi ja keskittynyt voimakkaasti Pohjanmaan maakuntiin. Sen fosforisisältö vuonna 2009 oli 1,1 milj. kg.

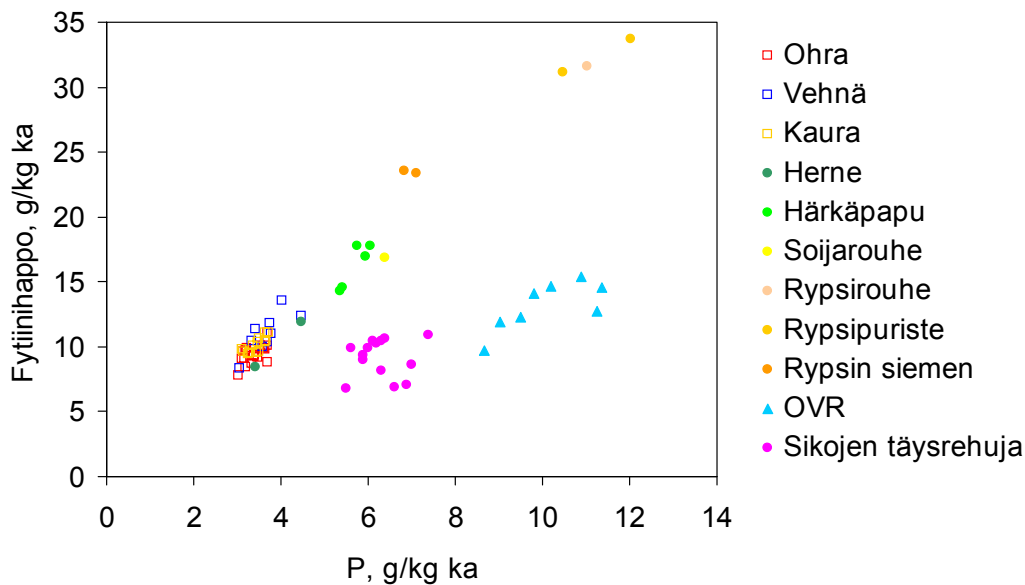
Lanta levitetään pääsääntöisesti tilan omille pelloille, mutta tilojen maantieteellinen keskittyminen sekä tilakoon kasvu ovat johtaneet tilanteeseen, jossa lähialueen pellot eivät riitä vastaanottamaan kaikkea alueella muodostuvaa lantaa. Lannan levitystä rajoittavat joko lannan fosfori- tai typpipitoisuus. Fosforirajoite on seurausta viljelymaiden kohonneista helppoliukoisen fosforin pitoisuuksista (P-luku). Nykyinen ympäristötukijärjestelmä kuitenkin sallii käyttää lannan fosforia enemmän kuin maan fosforiluku ja viljelykasvi sallisi käyttää epäorgaanisia fosforilannoitteita, jos lohkon fosforiluku on tyydyttävä, hyvä tai korkea. Typpirajoite on puolestaan peräisin ns. nitraattiasetuksen sallimasta kokonaistypen levitysmäärästä (170 kg/ha), minkä lisäksi ympäristötukijärjestelmä rajoittaa liukoisen typen käyttömäärää. Kokonaistyyppiraja muodostuu liukoisen typen rajaa merkittävämmäksi kasveilla, joilla käytetään runsaasti typpeä, kuten nurmet, ja liukoisen typen pitoisuuden ollessa pieni, kuten kuivikelannalla. Tällöin liukoisen typen vaje joudutaan korvamaan epäorgaanisilla typpilannoitteilla. Fosforin käyttörajoitukset rajoittavat lannankäyttöä yleensä enemmän kuin typen. Suurempiin lannan levitysmääriin päästään alentamalla erityisesti lannan fosfori-, mutta myös typpipitoisuutta.

Lannan sisältämiin ravinnepitoisuuksiin on helpointa vaikuttaa ruokinnan kautta. Optimoimalla kotieläinten rehun fosfori- ja typpipitoisuus tarvetta vastaavaksi myös lannan ravinnepitoisuudet ovat tehokkaasti hallinnassa. Rehuun lisättävän fosfaatin hintavaihtelut ovat lisänneet tuottajien kiinnostusta rehun fosforipitoisuuden optimointiin.

### 1.2.2 Lantafosforin liukoisuus

Lantafosforin liukoisuus vaihtelee huomattavasti eri kotieläinten välillä. Vesiliukoisen fosforin osuus lannan kokonaisfosforista saattaa vaihdella turkiseläinlannan alle kolmanneksen osuudesta naudanolannan 80 %:iin (Ylivainio ja Turtola 2009). Syynä tähän on erot rehun koostumuksessa. Turkiseläinten rehu koostuu merkittävässä määrin rehukalasta sekä lihan- ja kalanjalostuksen sivutuotteista sisältäen huomattavia määriä vaikealiukoista (luuperäistä) fosforia, kun taas naudoilla, sioilla ja siipikarjalla ruokinta perustuu fosforin osalta helppoliukoisempiin kasvikunnan tuotteisiin. Nautojen, sikojen ja siipikarjan rehua täydennetään myös erilaisilla valkuaisrehuilla. Kasviperäisten rehujen sisältämästä fosforista suurin osa on sitoutuneena fytiinihappoon, mistä fosfori vapautuu fytaasientsyymien avulla liukoiseen ja siten myös eläimille käyttökelpoiseen muotoon. Kotieläimistä kuitenkin vain naudat pystyvät tehokkaasti hyödyntämään fytiinihappoon sitoutuneen fosforin pötsimikrobien avulla, kun taas sikojen ja siipikarjan suolistossa ei ole fytiinihappoa hajotettavaa fytaasientsyymiä.

Kuvassa 2 on esitetty viljojen ja keskeisten valkuaisrehujen fytiinihappo- ja fosforipitoisuuksien välinen yhteys. Fytiinihapon määrä kasvaa fosforipitoisuuden kasvaessa, ja fytiinihapon osuus kokonaisfosforista vaihtelee välillä 67–97 %. Etanoli-tärkkelysteollisuuden sivutuotteena saatavassa ohravalkuaisrehussa (OVR) fytiinihapon osuus on vain noin 37 % kokonaisfosforista, koska osa ohran fytiinihaposta pilkkoutuu prosessin aikana. Kasvien luontainen fytaasientsyymiaktiivisuus vaihtelee kasveittain, ja se myös tuhoutuu herkästi rehujen lämpökäsittelyn aikana. Luontaista fytaasientsyymiä on eniten vehnässä (589–1061 FTU/kg ka) ja ohrassa (413–887 FTU/kg ka), mutta kaurassa ja valkuaisrehuissa pitoisuudet ovat pieniä, yleensä alle 50 FTU/kg ka. Fytaaattifosforin määrän ja luontaisen fytaasientsyymiaktiivisuuden vaihtelujen vuoksi kasviperäisten rehujen fosforin käyttökelpoisuus vaihtelee eläimittäin. Sen sijaan lisäämällä rehuun mikrobeilla tuotettua fytaasientsyymiä voidaan kasviperäisen fosforin käyttökelpoisuutta lisätä merkittävästi. Kotieläinten ruokinnalla on siten merkittävä vaikutus muodostuvan lantafosforin liukoisuuteen.



Kuva 2. Rehujen fytiinihappo- ja fosforipitoisuuksien välinen yhteys.

Lisäksi lannan ja esimerkiksi yhdyskuntajätevesilietteiden prosessointi muuntaa fosforin liukoisuutta ja siten niiden sisältämän fosforin käyttökelpoisuutta lannoitteena. Fosforin liukoisuudella on vaikutus myös potentiaalisesti huuhtoutuvaan fosforimäärään, erityisesti tilanteessa, jossa lanta tai orgaaninen lannoitevalmiste levitetään multaamatta maan pintaan. Vesiuttoisen fosforipitoisuuden on katsottu antavan hyvän arvion potentiaalisesti huuhtoutuvasta lannan fosforimäärästä (Sharpley ja Moyer 2000). Tässä tutkimuksessa selvitettiin rehun koostumuksen vaikutusta fosforin liukoisuuteen sian-, naudan-, broilerin- ja ketunlannassa. Fosforin liukoisuus määritettiin ns. Hedley'n fraktioinnin avulla. Siinä näytettä uutetaan peräkkäisillä uuttoluoksilla alkaen helppoliukoisesta (vesiutto) ja päättyen vaikealiukoiseen (happouutto) fosforijakeeseen (Salo ym. 2008a, Salo 2009, Salo ym. 2009b). Tosin happamassa maassa myös happoliukoinen fosforijae muuntuu liukoisempaan muotoon ajan kuluessa (Ylivainio ja Turtola 2009) ja on siten herkempi huuhtoutumiselle.

### Naudat

Ruokinnan vaikutus naudanlantafosforin liukoisuuteen selvitettiin kolmesta eri ruokintakokeesta saaduista sontanäytteistä<sup>1</sup>. Fraktioiden yhteenlasketut fosforipitoisuudet olivat hieman alhaisempia kuin kokonaisfosforipitoisuudet, mutta erot pitoisuuksissa olivat samansuuntaisia riippumatta ko-

<sup>1</sup> Tutkimusryhmä kiittää Seppo Ahvenjärveä ja Kevin Shingfieldia näytteistä.

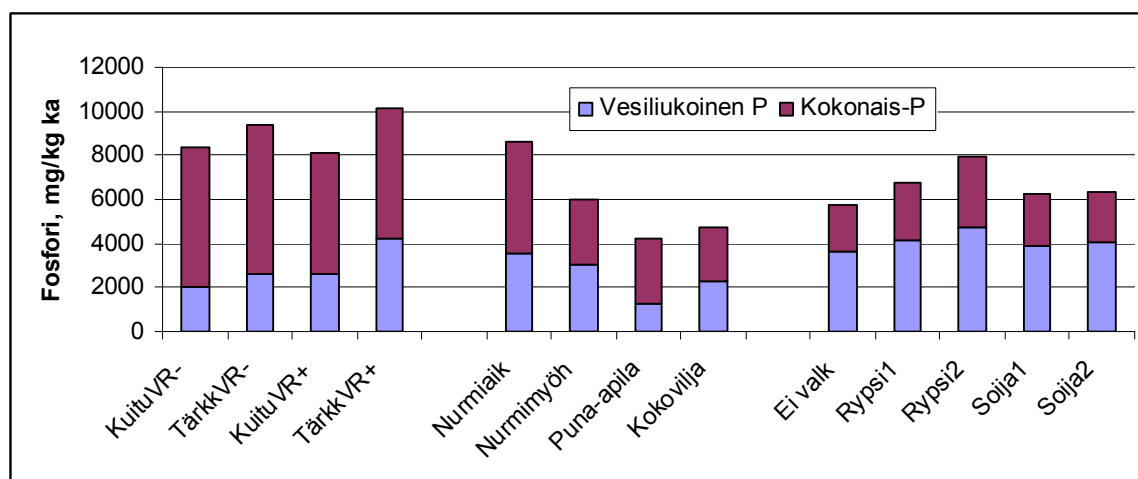
konaisfosforipitoisuudesta. Naudanlannan fosforifraktioiden yhteenlaskettu fosforipitoisuus vaihteli välillä 4–10 g/kg ka ruokinnasta riippuen.

Ensimmäisessä ruokintakokeessa selvitettiin väkirehun koostumuksen (kuitupitoinen, ohrarehuun ja melassileikkeeseen perustuva vs. tärkkelyspitoinen ohraan ja kauraan perustuva) ja määrän vaikutuksia (Shingfield ym. julkaisematon koe, LIPGENE-projekti, FOOD-CT-2003-505944). Kokonaisfosforin ja vesiliukoisen fosforin pitoisuudet olivat suurempia tärkkelyspitoista viljaväkirehua syötettäessä verrattuna kuitupitoiseen, sivutuotepohjaiseen väkirehuun. Viljaruokinnalla myös väkirehun osuuden lisääminen lisäsi sonnan fosforipitoisuutta ja sen vesiliukoisuutta.

Toisessa kokeessa väkirehuruokinta oli vakio, mutta perusrehuna käytettiin erilaisia karkearehu-vaihtoehtoja (Ahvenjärvi ym. 2010). Nurmisäilörehun korjuun myöhästyttäminen pienensi sonnan fosforipitoisuutta, mutta vielä selvemmin pitoisuuksia pienensi erityisesti puna-apilan, mutta myös kokoviljasäilörehun käyttö karkearehuna. Käytännössä puna-apilaa tai kokoviljasäilörehua ei käytetä lypsylehmien ainoana karkearehuna, mutta niiden sisällyttäminen osaksi lypsylehmien karkearehuannosta pienentäisi jonkin verran sonnan fosforipitoisuuksia. Rehutaulukoiden (MTT 2010) mukaan nurmisäilörehun kokonaisfosforipitoisuus (2,9 g/kg ka) on jonkin verran korkeampi kuin puna-apila- ja kokoviljasäilörehujen (2,3 ja 2,5 g/kg ka).

Kolmannessa kokeessa selvitettiin rypsi- ja soijapuristeen vaikutusta lantafosforiin (Tuori ym. 2006, Rinne ym. 2006). Valkuaisrehujen määrän lisääminen kasvatti vesiliukoisen ja kokonaisfosforin pitoisuuksia sonnassa. Vaikutus oli selvempi rypsipuristetta käytettäessä.

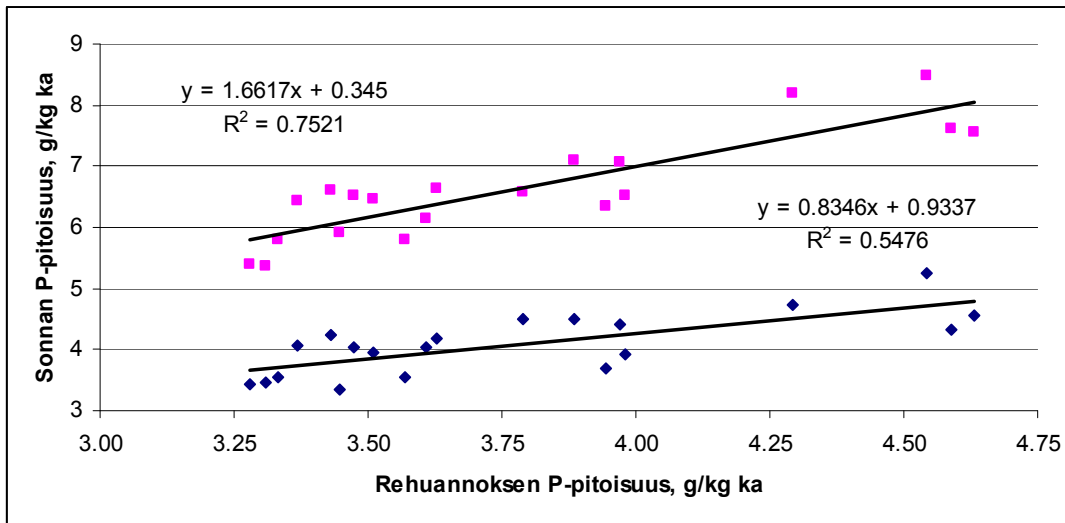
Rehun koostumuksesta riippuen naudanlannan fosforista oli vesiliukoisessa muodossa 32–77 %. Fraktioiden yhteenlasketusta fosforipitoisuudesta suurin osa (65–84 %) uuttui veteen ja natriumbikarbonaattiin (0,5 M NaHCO<sub>3</sub>). Natriumbikarbonaatti seuraa vettä toisena uuttoliuksena Hedleyn fraktioinnissa ja kuvaa helppoliukoista fosforijaetta. Useissa maissa samaa uuttoliuosta käytetään kuvaamaan maan kasveille käyttökelpoista fosforipitoisuutta (Olsenin uuttoliuos). Vastaava osuus epäorgaanisessa fosforilannoitteessa (superfosfaatti) on 87 % (Ylivainio ym. 2008). Naudanlannan fosforin on todettu olevan käyttökelpoisuudeltaan kasveille epäorgaanisten lannoitteiden veroista (Ylivainio ja Turtola 2009). Vastaavasti happouuttoisen fosforin osuus oli enimmillään noin 10 % fraktioiden yhteenlasketusta fosforipitoisuudesta, kun sen osuus epäorgaanisissa lannoitteissa (superfosfaatti) on 7 % (Ylivainio ym. 2008). Lypsylehmien ruokintakokeissa kerätyn sonnan fosforin analysointi osoitti, että eri ruokintavaihtoehdot muuttavat sonnan vesiliukoisen ja kokonaisfosforin pitoisuuksia merkittävästi (Kuva 3).



Kuva 3. Sonnan vesiliukoisen ja kokonaisfosforin pitoisuudet kolmessa lypsylehmillä tehdyssä ruokintakokeessa.

Tulokset heijastelevat rehuannoksen fosforipitoisuuden vaihtelua (Kuva 4). Soija- ja erityisesti rypsipohjaisten valkuaisrehujen kokonaisfosforipitoisuudet ovat selvästi korkeampia (6,6 ja 12,5 g/kg ka) kuin viljojen ja karkearehujen (MTT 2010). Käytännössä lypsylehmien ruokinnassa ei

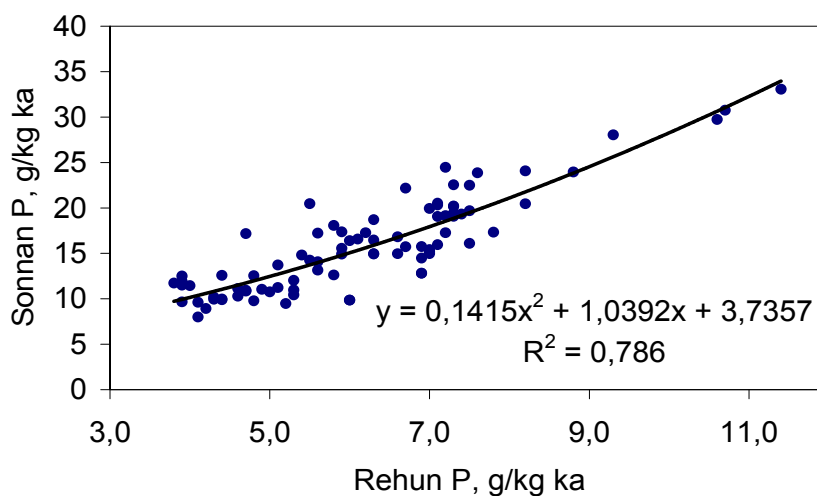
tarvita kivennäisfosforia. Ruokinnan koostamisessa kannattaa myös huomioida perusrehujen fosforipitoisuus siten, ettei rehuannokseen turhaan koota useita runsaasti fosforia sisältäviä raaka-aineita.



Kuva 4. Sonnan kokonaisfosforin (pinkki neliö) ja vesiliukaisen fosforin (sininen salmiakki) pitoisuudet lisääntyivät, kun rehuannoksen fosforipitoisuus suureni. Aineisto kokeesta, jossa lehmät eivät saaneet kivennäisfosforia ja rehuannoksen fosforipitoisuutta muutettiin lisäämällä rypsi- ja soijapuristeen käyttöä (Tuori ym. 2006).

## Siat

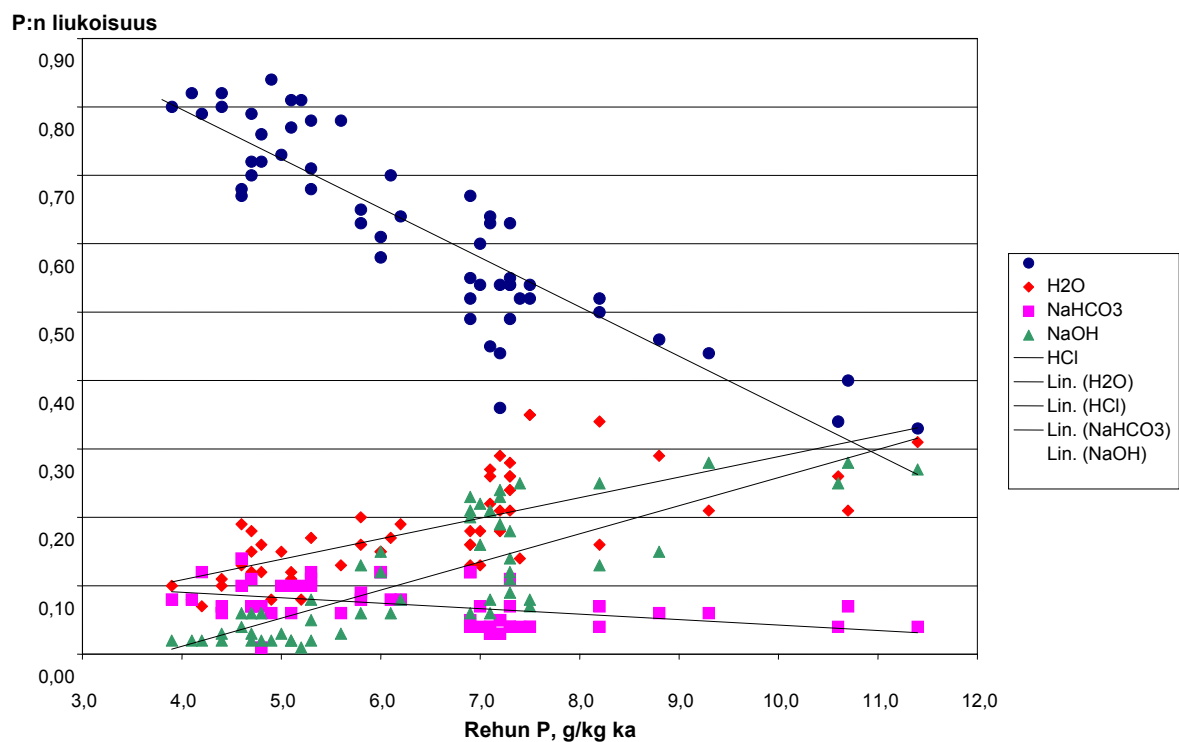
Sikojen sonnan fosforipitoisuus korreloi vahvasti rehun fosforipitoisuuden kanssa ( $r = 0,88$ ;  $P < 0,001$ ), ja sonnan kuiva-aineen fosforipitoisuutta voidaan arvioida rehun kuiva-aineen fosforipitoisuudesta (Kuva 5). Sian erittämästä fosforista valtaosa (95–99 %) on sonnassa. Fosforin erityys virtsaan on yleensä vähäistä, ja fosforin imeytyminen suolistosta vähenee, ts. fosforin erityys virtsaan kasvaa, vasta fosforin saannin ylittäessä sian tarpeen. Virtsasssa on fosforia muutamasta noin 700 mg:aan per kg virtsan väkevyydestä ja ruokinnasta riippuen. Lannan lopulliseen fosforipitoisuuteen ja ominaisuuksiin vaikuttavat sikojen tuottaman sonnan ja virtsan lisäksi yleensä myös kuivikkeet ja/tai sioille annetut virikemateriaalit sekä juomalaitteista hukkaantunut ja sikalan pesemiseen käytetty vesi.



Kuva 5. Rehun fosforipitoisuuden vaikutus sonnan fosforipitoisuuteen. Aineistona kaksi emakoiden, yksi vieroitettujen porsaiden ja seitsemän lihasikojen ruokintakoetta, joissa on käytetty yhteensä 84 koostumukseltaan erilaista rehuseosta (MTT).

Ruokinnan vaikutusta sianlannan fosforin liukoisuuteen tutkittiin viidestä lihasikojen ruokintako-  
keesta kerättyjen sontanäytteiden perusteella. Kolmen kokeen sontanäytteet oli lämpökuivattu 60  
°C:ssa fosforianalyysia varten, ja kahdesta kokeesta fraktiointi tehtiin tuoreista sontanäytteistä.  
Lisäksi ensikoilta kerättiin sontanäytteitä liukoisuusmäärittämisä varten sen selvittämiseksi, miten  
näytteiden esikäsittelytapa vaikuttaa fosforin liukoisuuteen. Lämpökuivaus pienensi vesiliukaisen  
fosforin osuutta tuoreeseen sontaan verrattuna.

Sikojen sontanäytteistä tehtyjen Hedley'n fraktiointien mukaan sonnan fosforista 33–84 % oli vesi-  
liukoista (Kuva 6). Vesiliukaisen fosforin osuus sonnan kokonaisfosforista oli sitä pienempi, mitä  
suurempi oli rehun fosfori- ja kalsiumpitoisuus. Toisin kuin vesiliukoinen fosforipitoisuus, natri-  
umbikarbonaattiin ja happoon liukenevan fosforin osuus sonnassa kasvoi rehun fosforipitoisuuden  
kasvaessa. Rehun fosforipitoisuuden kasvu oli seurausta kasvaneesta epäorgaanisesta fosfaattipitoi-  
suudesta. Vesi- ja natriumbikarbonaattiliukaisen fosforin osuus kokonaisfosforista oli kuitenkin  
65–93 %, ts. vähintään 2/3 kokonaisfosforista oli helppoliukoisessa muodossa. Ainoastaan 3–10 %  
kokonaisfosforista oli happoon liukenevaa, mutta on huomioitava, että myös tämä fosforijae muun-  
tuu vähitellen kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Taulukossa 1 on esitetty aineistosta lasketut  
regressioyhtälöt, joiden avulla voidaan oida sonnan fosforipitoisuutta ja sonnan fosforin liukoisuut-  
ta rehun fosfori- ja kalsiumpitoisuuden perusteella.



Kuva 6. Sian sonnan fosforin liukoisuus Hedley'n fraktioinnin mukaan rehun fosforipitoisuuden kas-  
vaessa.

Taulukko 1. Sonnan fosforipitoisuuden (sP), ja sontafosforin liukoisuuden (sP<sub>H2O</sub>, sP<sub>NaHCO3</sub>, sP<sub>NaOH</sub>, sP<sub>HCl</sub>) arviointi rehun fosfori- (rP) ja kalsiumpitoisuuden (rCa) perusteella.

	Estimoitu yhtälö	R <sup>2</sup>
sP, g/kg ka	-2,829 (SE 1,156) + 2,990 (SE 0,179) × rP	0,80
sP, g/kg ka	5,404 (SE 0,725) + 2,976 (SE 0,187) × rP <sub>eifyt</sub>	0,78
sP <sub>H2O</sub>	1,085 (SE 0,035) – 0,072 (SE 0,005) × rP	0,79
sP <sub>H2O</sub>	1,121 (SE 0,033) – 0,048 (SE 0,008) × rP – 0,023 (SE 0,007) × rCa	0,83
sP <sub>NaHCO3</sub>	-0,011 (SE 0,028) + 0,020 (SE 0,004) × rP	0,49
sP <sub>NaOH</sub>	0,122 (SE 0,015) – 0,008 (SE 0,002) × rP	0,19
sP <sub>HCl</sub>	-0,153 (SE 0,027) + 0,0411 (SE 0,004) × rP	0,66
sP <sub>HCl</sub>	-0,183 (SE 0,026) + 0,022 (SE 0,007) × rP + 0,019 (SE 0,005) × rCa	0,72

Koekohtaisesti tarkasteltuna lihasikojen alku- tai loppukasvatusrehun fosforipitoisuuden nostaminen monokalsiumfosfaatilla (epäorgaaninen fosfori) ei vaikuttanut sonnan vesiliukoisen fosforin määrään vilja-soijarouhepohjaisilla ruokinnolla, mutta vesiliukoisen fosforin osuus kokonaisfosforista pieneni. Vastaavasti happoliukoisen fosforin osuus kasvoi rehun fosfaattilisän kasvaessa. Vaikka monokalsiumfosfaatin fosfori on helposti veteen liukenevaa (74 % vesiliukoista), alentaa runsaampi fosfaatin käyttö sontaan päätyvän fosforin vesiliukoisuutta. Rehun kalsium/fosforisuhteen suurentaminen 1:1:stä 1,6:1:een pienensi vesiliukoisen fosforin määrää, muttei vaikuttanut sen suhteelliseen osuuteen. Fosfaatin osittainen korvaaminen fytaasilla sen sijaan alensi selvästi sonnan fosforipitoisuutta ja vähensi vesiliukoisen fosforin määrää, mutta vesiliukoisen fosforin suhteellinen osuus suureni hieman.

Kolmen kokeen perusteella sian sonnassa on hieman enemmän vesiliukoista fosforia, kun ruokinnassa käytetään liemimäisiä sivutuoterehujä, kuten vehnä- tai ohravalkuaisrehua ja heraa, vilja-soijapohjaiseen ruokintaan verrattuna. Ohravalkuaisrehu (OVR) koostuu erilaisista etanolitärkkelysprosesseissa syntyvistä jakeista. Kun ruokinnassa käytetään erilaisista etanolitärkkelysprosesseissa syntyvistä jakeista koostuvaa ohravalkuaisrehua (OVR), jossa on enemmän tislauksen läpi ohjattua ohrakuitua, se vähentää vesiliukoisen fosforin osuutta verrattuna vähän kuitua sisältävän OVR:n käyttöön.

### Siipikarja

Tulokset ruokinnan vaikutuksesta broilereiden lantafosforin liukoisuuteen ovat peräisin yhdestä ruokintakokeesta, jossa selvitettiin fytaasientsyymien vaikutusta rehufosforin hyväksikäyttöön. Rehu oli vehnä- ja soijapohjaista. Tutkimuksessa kivennäisfosforin käytön korvaaminen fytaasientsyymien käytöllä laski lannan fosforipitoisuuden puoleen (14 ja 7 g/kg ka). Kivennäisfosforin käytön vähentäminen ja fytaasientsyymien lisääminen rehuun laski myös lannan vesiliukoisen fosforipitoisuuden alle puoleen. Fytaasientsyymien lisäys rehuun ei kuitenkaan merkittävästi laskenut lannan vesiliukoisen fosforin suhteellista osuutta kokonaisfosforipitoisuudesta. Nykyisin ruokinnassa käytettävät fosforitasot ovat alempia kuin kokeen tasot. Broilerirehujen kokonaisfosforipitoisuus on noin 5,5–6,5 g/kg ka, kun ruokintakokeessa pitoisuus oli 6,5–7,0 g/kg ka. Fytaasientsyymiä käytetään kaikissa broilerirehuissa sekä munivien kanojen täysrehuissa. Muutokset on huomioitu myös tuoreimmissa ruokintasuosituksissa (MTT 2010). Broilerit kasvavat hyvin myös niukemmalla fosforiruokinnalla, kun rehu sisältää fytaasientsyymiä.



## Turkiseläimet

Turkiseläinten lantafosforin vaikealiukoisuus on seurausta turkiseläinten rehun sisältämästä niukka-liukoisesta fosforista (Rekilä ym. 2009). Lihan- ja kalanjalostuksen sivutuotteissa on merkittäviä määriä luupohjaista fosforia, ja mm. lihaluujauhon fosforista suurin osa on happoliukoista (Taulukko 2). Silti jopa lihaluujauhon sisältämä fosfori tiedetään muuntuneen kasveille paremmin käyttökelpoiseen muotoon jo ensimmäisen kasvukauden jälkeen (Ylivainio ja Turtola 2009). Ketunlannan fosforista enimmillään vain alle kolmannes oli vesiliukoisessa muodossa, ja ketunlantakompostin välitön käyttökelpoisuus lisäysvuonna suhteessa superfosfaattiin oli 21–33 %. Jälkivaikutukseltaan ketunlantafosforin käyttökelpoisuus oli kuitenkin epäorgaanisen lannoitefosforin veroista (Ylivainio ja Turtola 2009).

## Orgaaniset lannoitevalmisteet

Orgaanisia maanparannusaineita ja lannoitteita ovat esimerkiksi kompostoidut tai biokaasulaitoksessa käsitellyt lannat sekä yhdyskuntajätevesilietteistä valmistetut lannoitevalmisteet.

Suomessa muodostuu vuosittain noin 150000 tonnia yhdyskuntien jätevesilietettä kuiva-aineena. Suurin osa siitä on käytetty viherrakentamiseen ja kaatopaikkojen maisemointiin ja vuonna 2006 vain noin 3 % käytettiin lannoitteena maataloudessa (Ympäristöhallinto 2010). Yhdyskuntien jätevesilietteiden sisältämä fosfori on huomattavasti heikkoliukoisempaa kuin lantafosfori (Taulukko 2), sillä se yleensä saostetaan rauta- ja alumiiniyhdisteillä. Vesiliukoisen fosforin osuus näissä tuotteissa on enimmillään vain muutama prosentti kokonaisfosforista. Myös kalkkistabiloiminen laskee jätevesilietteen vesiliukoisen fosforipitoisuuden vain muutamaaan prosenttiin kokonaisfosforista, mutta maahan lisäyksen jälkeen vesiuuttainen fosforipitoisuus kasvaa huomattavasti enemmän kuin jos maahan lisätään raudalla tai alumiinilla saostettua lietettä.

Huolimatta jätevesilietteen pienestä vesiliukoisen fosforin osuudesta (Jokinen 1990a) sen sisältämän fosforin käyttökelpoisuus ohralle todettiin epäorgaanisen lannoitefosforin veroiseksi astiako-keessa (Jokinen 1990b). Syynä tähän saattaa olla koemaan korkeat fosforipitoisuudet, sillä vain kahdella koemaalla kuudesta ohrasadot alenivat merkitsevästi ilman fosforilannoitusta. Lannoitevalmisteiden käyttökelpoisuuden määrittämisessä tulisikin käyttää fosforiluvultaan alhaisia koemaita, jotta fosforilannoituksella saataisiin satovaste ja sitä kautta pystyttäisiin määrittämään fosforilannoitteen käyttökelpoisuus suhteessa epäorgaanisiin fosforilannoitteisiin.

Tällä hetkellä yhdyskuntien jätevesilietteiden kokonaisfosforista 40 % katsotaan kasveille käyttökelpoiseksi. Sen sijaan lannoitevalmisteilla, jotka eivät sisällä jätevesilietettä, ainoastaan vesiliukoinen fosfori katsotaan kasveille käyttökelpoiseksi (1:5 vesiuutto).

Taulukossa 2 esitetty biokaasuprosessin vaikutus fosforin liukoisuuteen käsitellään jäljempänä osiossa 1.3.2.

Taulukko 2. Sivutuotteille suoritettu Hedleyn fraktiointi. Uttuneet fosforipitoisuudet on jaettu epäorgaaniseen (Pi) ja orgaaniseen fosforiin (Po), g/kg kuiva-ainetta.

Näyte	Vesiuutto		0,5 M NaHCO <sub>3</sub>		0,1 M NaOH		1 M HCl	Yhteensä		
	Pi	Po	Pi	Po	Pi	Po	Pi	Pi	Po	
Naudansonta	1,3–4,7	0,6–1,0	0,2–3,3	<0,1–0,4	0,1–0,6	0,8–1,4	<0,1–0,9	2,4–8,0	1,7–2,3	
Siansonta	6,7–12,0	<0,1–0,9	0,5–11,5	<0,1–0,3	0,2–1,2	0,2–1,0	0,2–8,6	7,7–30,8	0,4–2,1	
Broilerinlanta	3,4–8,9	1,4–2,2	0,2–0,3	0,1–0,2	0,1–0,2	1,3–1,6	0,2–0,8	4,2–10,2	2,9–4,0	
Ketunlanta	6,9	1,3	1,7	0,1	0,3	<0,1	19,2	28	1,4	
Minkinlanta	8,8	<0,1	1,9	<0,1	0,3	0,2	19	29,9	0,3	
Naudan lietelanta										
Ennen biokaasureaktoria	3,5–3,9	0,6	0,7–1,3	0,1–0,2	0,1	0,4–0,5	0,1	4,8–5,1	1,1–1,2	
Biokaasureaktorin jälkeen	2,2–2,5	0,6–0,7	2,7–3,3	-	0,2	0,4–0,5	0,3	5,7–6,1	0,7–0,9	
Jälkikaasualtaan jälkeen	1,8–2,3	0,7	4,1–4,6	-	0,2–0,3	0,4–0,5	0,3–0,4	6,8–7,1	<0,1–0,4	
Säilörehu <sup>§</sup>	2,4	-	<0,1	<0,1	<0,1	-	<0,1	2,4–2,5	<0,1	
Soluneste (peruna)	2,3–2,6	0,4–0,6	2,4–7,2	-	0,1–0,2	0,6–0,7	<0,1	4,8–10,1	1,1–1,3	
Yhdyskuntajätevesiliete	0,3–0,7	<0,1	0,6–0,8	0,1–0,2	10,2–17,3	0,5–2,4	2,5–3,3	13,4–21,9	0,7–2,6	
Kalkkistabiloitu liete	<0,1	<0,1	0,6–1,8	0,1–0,4	<0,1–0,4	0,1	4,6–16,3	5,2–18,4	0,4–0,6	
Lihaluujauho	1	0,8	2,3	0,1	0,4	-	51,3	55,9	0,9	

<sup>§</sup>= lisättiin naudan lietelantaan ennen biokaasureaktoria

### 1.2.3 Tilamallit

Tilamallien avulla voidaan arvioida sekä systeemitason, kuten teuras- ja nautakarjan käyttöiän, että ruokinnallisten tekijöiden, kuten sikojen ja siipikarjan vaiheruokinnan vaikutusta lannan koostumukseen ja useisiin ympäristötunnuslukuihin.

Kotieläintuotantoa kuvaavia tilamalleja kehitettiin eri nautakarjaryhmille, sianlihantuotannolle, eri siipikarjaryhmille, lampaille ja hevosille. Nautakarjasta lypsylehmien ja emolehmien, sioista siitoseläinten ja siipikarjasta munivien kanojen malli on tehty Excel-ohjelmalla, muiden kotieläinryhmien osalta mallinnus tehtiin SAS-ohjelmalla. Mallinnus aloitettiin kuvaamalla vallitseva tilanne hyödyntäen tilastotietoja keskimääräisestä eläinkohtaisesta maidontuotannosta, munantuotannosta, teuraspainoista ja eläinryhmän ikäluokkajakaumasta. Eläinten rehunkulutus laskettiin tuotostasoon perustuvien ruokintasuositusten, ruokintakokeiden ja esimerkkiruokintojen perusteella.

Lähtötietoina tarvitaan eri eläinryhmien osuudet, niiden rehunkulutus ja käytettävät rehut. Mallien laskelmiin vaikuttavat etenkin rehuhyötysuhde, rehun typpi- ja fosforipitoisuudet sekä muut rehuarvot. Tuloksina saadaan rehunkulutus (rehuysikköinä, kuiva-aineena, ilmakuivana) ja sonnan typpi- ja fosfori- sekä virtsan typpipitoisuudet.

Ensimmäisenä esimerkkinä mallin käytöstä on sonnin kolmen eri teurasiän (498, 585 ja 730 vrk) ja saman teuraspainon (331,1 kg) vaikutukset ympäristötunnuslukuihin (Taulukko 3). Fosforin ylijäämä oli korkeimmalla teurasiällä 36,5, keskimääräisellä 29,8 ja alimmalla 26,4 g teuraspainokiloa kohti. Näin ollen nopea kasvatus vähentää fosforiylijäämää lihakiloa kohti.

Taulukko 3. Teurasiän vaikutus lihakilokohtaiseen fosforiylijäämään 331,1 kilon teuraspainossa.

Teurasikä, vrk	498	585	730
Rehunkulutus, ry	3334	3617	4190
Fosforin saanti, kg	13,0	14,1	16,3
Fosforin pidättyminen, kg	4,3	4,3	4,3
Fosforin ylijäämä, kg	8,8	9,9	12,1
Fosforin ylijäämä, g/ruhopainokilo	26,4	29,8	36,5
Suhteessa 498 päivän kasvuaikaan	1,00	1,13	1,38

Toisena esimerkkinä on 85,8 kg:n teuraspainoisen lihasian tuottama teoreettinen fosforiylijäämä vuoden 2008 ruokintasuositusten mukaisella yksi-, kaksi- tai kolmivaiheruokinnalla (Taulukko 4). Fosforin tuotosvaikutus on ruokintakokeiden perusteella olematon, joten voidaan olettaa, että kasvu ei muutu. Yhden lihasian välillä 20 kg:sta teuraspainoon tuottama fosforiylijäämä on yksivaiheruokinnalla 15 ja kaksivaiheruokinnalla 9 prosenttia suurempi kolmivaiheruokintaan verrattuna.

Taulukko 4. Vaiheruokinnan vaikutus lihasian fosforiylijäämään.

Ruokinta	1-vaihe	2-vaihe	3-vaihe
Rehufosfori, kg	1,49	1,45	1,37
Pidättynyt fosfori, kg	0,52	0,52	0,52
Fosforin ylijäämä, kg	0,98	0,93	0,85
Suhteessa kolmivaiheruokintaan	1,15	1,09	1,00

Tilamallien avulla on myös laskettu lantaan siirtyneet typen ja fosforin määrät vuosina 1985–2008, ja tietoja on välitetty muiden tutkimusosioiden käyttöön. Sianlihan tuotannon malliin on lisätty fosforin käyttökelpoisuutta ja huuhtoutumisaltiutta lisäävät yhtälöt. Tilamallien hyödyntäminen neuvonnassa on tärkeä tavoite eläinravitsemuksen kehittämisessä myös tulevaisuudessa.

Raportin kirjoittamisen aikaan on käynnissä ProAgria Keskusten Liiton vetämä KarjaKompassi-hanke, jossa rakennetaan työkalua nautojen ruokinnan optimointiin. Aikaisempaa kehittyneempi biologinen ruokinnan optimointi tarkentaa rehustusta ja siten tehostaa ravinteiden käyttöä. Karja-Kompassilla on mahdollista tarkastella ja haluttaessa myös optimoida ravinteiden hyväksikäyttöä.

#### 1.2.4 Tilakohtainen ravinteiden käytön tarkastelu

Tilakohtainen ravinteiden käytön tarkastelu tehtiin 13 maitotilalle ProAgria Etelä- ja Pohjois-Savon alueella. Tiloille laskettiin vuoden 2008 ja 2009 tiedoista porttitase (tilalle ostetut vs. tilalta myydyt ravinnepanokset) ja peltotase (pelloille lisätyt vs. pellolta poistuneet ravinteet) Wisu-viljelysuunnitteluohjelmalla. Tasetulosten tarkastelu tehtiin suhteessa eläinmäärään, karjanlannan käyttöön ja satotuloksiin. Tiloista 11 oli tavanomaista tilaa, yksi luomun siirtymävaiheessa ja yksi luomutila. Keskimäärin tiloilla oli lypsylehmiä (nautayksiköitä) 39 (vaihtelu 16–121), tuotostaso 8 500 kg/lehmä/vuosi (vaihtelu 7 300–10 100), viljelyalaa 52 ha (vaihtelu 25–77 ha) ja käytössä valtaosin lietalanta.

Porttitaselaskelma laskettiin niin sanottuna tuotannon taseena, eli laskennassa otettiin huomioon tuotannossa kalenterivuoden jaksolla käytetyt ravinteet. Lannan ravinteet otettiin laskelmassa huomioon täysimääräisinä ja kaikki ravinteet kokonaispitoisuuksina.

Tässä selvityksessä lasketut maitotilojen porttitaseet olivat aikaisemmissa hankkeissa (Marttila 2005, Virtanen ja Nousiainen 2005, Vuotila 2009) saatuihin tuloksiin nähden joko samalla tasolla tai parempia, typen osalta jopa huomattavasti parempia. Typen porttitaseet tämän tutkimuksen maitotiloilla olivat keskimäärin 81–86 kg/ha, fosforin 7–8 kg/ha ja kaliumin 24–26 kg/ha (Taulukko 5). Aikaisemmin julkaistuissa tutkimuksissa taseet ovat maitotiloilla olleet typen osalta 100–120 kg/ha, fosforin 8–15 kg/ha ja kaliumin 20–46 kg/ha (Marttila 2005, Virtanen ja Nousiainen 2005, Vuotila 2009). Yksittäisten korkeiden porttitasetulosten (yli 200 kg/ha) syynä olivat korkea eläintiheys suhteessa peltoalaan ja korkea ostaravinteiden käyttö lannoitteina tai rehuina. Tällaisella tilalla tuotanto oli kuitenkin tehokasta: maitotuotokset yli 10 000 kg/lehmä/vuosi ja peltotaseet jopa alijäämäisiä. Tämän vuoksi porttitaseen perusteella ei voida suoraan päätellä, miten tehokasta ravinteiden käyttö tilalla on ja mihin ravinteiden ylijäämä tilan sisällä päätyy.

Tiloilla, joilla porttitase oli ylijäämäinen ja peltotase alijäämäinen, ravinteita hukkaantui jossain muussa tuotannon kohdassa kuin peltoviljelyssä huuhtoutumana. Syitä hävikkeihin voivat olla rehuhävikit navetassa sekä lannan varastoinnissa ja levityksessä tapahtuvat hävikit. Tällöin se määrä ravinteita, mitä pitäisi olla lannassa, ei koskaan päädy pellolle kasvien käyttöön. Marttilan (2005) mukaan karjataseessa lantaan kulkeutui huomattavasti enemmän ravinteita kuin pelloille peltotaseen mukaan päätyi. Tämän tutkimuksen maitotiloilla syntynyt lanta käytettiin kaikki tilan pelloille pääosin mullattuna maahan joko syksyllä tai keväällä perustettavalle kasvustolle, yleensä viljalle tai suojaviljalle. Jos lantaa jäi yli, se levitettiin kasvukaudella nurmelle sijoittavilla laitteilla.

Taulukko 5. Pohjois- ja eteläsavolaisille maitotiloille (13 tilaa) laskettujen porttitaseiden ja pelto-taseiden tulokset vuosina 2008–2009.

Vuosi	Porttitase (min-max)			Peltotase (min-max)		
	N kg/ha	P kg/ha	K kg/ha	N kg/ha	P kg/ha	K kg/ha
2008	86 (33–207)	8 (2–17)	26 (8–63)	10 (-56–82)	-1 (-7–4)	-47 (-152–17)
2009	81 (26–246)	7 (2–18)	24 (-1–52)	12 (-47–74)	-2 (-9–8)	-41 (-182–45)

Ravinteiden käyttö pelloilla oli tehokasta: peltotaseet olivat vuosina 2008–2009 typen osalta 10–12 kg/ha, fosforin -1...-2 kg/ha ja kaliumin -41...-47 kg/ha (Taulukko 5). Hyviä peltotaseita selittää se, että pääosa pelloista oli nurmella. Nurmen mukana poistuu paljon ravinteita, erityisesti kaliumia. Yksittäisten huonojen peltotaseiden taustalla oli keskimääräistä matalampi satotaso ja se, että peltoa oli paljon suhteessa nurmirehutarpeeseen, jolloin nurmesta voitiin ottaa vain yksi sato.

Tutkituilla maitotiloilla typen hukkaantuminen oli kaikkein suurinta. Typpeä myös ostettiin paljon: 66 % käytetystä tpeestä pelloilla oli peräisin ostolannoitteista. Fosforiravinteista vastaavasti 27 % ostettiin ja loput tulivat lannan mukana. Typpeä ostetaan pääasiassa ensimmäisen sadon lannoittamiseen keväällä, kun maa ei vielä kanna lannan levitystä. Pirkanmaan alueella tehdyssä ravinnetaselaskennassa vuosina 1999–2002 todettiin, että kun nurmien osuus tilan viljelyalasta vähenee, ravinteiden ostot vähenevät (Tolppa 2003).

Selvityksessä havaittiin, että tiloille tulee yllättävän paljon ravinteita ostorehujen ja epäorgaanisten ostolannoitteiden mukana (Taulukko 6). Ravinteiden poistuma kotieläintuotteissa on todella vähäinen. Tilat ovat kokeneet porttitaselaskennan ajatuksia herättävänä. Tuotantoa ei ole aikaisemmin ajateltu ravinteiden kierron kannalta. Ravinnetaselaskelma tuntui mielekkäältä tavalta katsoa tilan toimintaa. Myös tilojen väliset erot ja ravinneostojen kokonaismäärät suhteessa myynteihin puhuttivat. Luotettavien tietojen saaminen on laskelman suurin kynnyskysymys, erityisesti koskien nurmisatojen määriä.

Taulukko 6. Tiloille ostettujen ja tiloilta myytyjen ravinteiden määrä ja jakaantuminen eri tuotteisiin keskimäärin vuonna 2009, kiloa ravinteita per tila.

	Tuote	N kg/tila	P kg/tila	K kg/tila
Ostot	siemenet	46	9	13
	lannoitteet	3697	139	1082
	rehut	2587	516	776
	eläimet	156	270	383
	yhteensä	6486	934	2254
Myyntit	eläintuotteet (maito, liha)	1520	299	428
	sato	281	42	660
	yhteensä	1801	340	1088

## 1.3 Fosforin pintalevityksestä aiheutuvien haittojen pienentäminen

### 1.3.1 Pintalevityksen riskinarviointi

Fosfori sitoutuu tiukasti maapartikkeleiden pinnalle eikä siten huuhtoudu yhtä helposti kuin esimerkiksi nitraattityppi. Pintavalunnan kautta tapahtuvasta fosforin huuhtoutumisesta suurin osa tapahtuu eroosioaineksen mukana ja suurimmat fosforihuuhtoumat ajoittuvat syyssateiden ja lumen sulamisen aikaan keväällä. Neljältä eri koekentältä otetuista pintavaluntanäytteissä liukoisen fosforin osuus kokonaisfosforihuuhtoumista oli savimailla keskimäärin 7–24 % (Uusitalo ym. 2000). Liukoisen fosforin huuhtoumiin vaikuttaa merkittävästi pintamaan fosforipitoisuus (Yli-Halla ym. 1995, Uusitalo ja Jansson 2002) sekä pintalevityksenä annettu fosforilannoitus (Turtola ja Jaakkola 1995).

Naudan lietelannan syyslevitys, erityisesti pintalevitys, lisää fosforin huuhtoutumista huomattavasti enemmän kevätlevitykseen verrattuna (Turtola ja Kemppainen 1998). Liukoisen fosforin huuhtoutuminen on riippuvainen siitä, mihin yhdisteisiin fosfori on sitoutunut. Yhdyskuntien jätevesilietteliden fosforinpoistossa käytettävät rauta- ja alumiiniyhdisteet sitovat fosforia tehokkaasti ja alenavat sen liukoisuutta ja siten myös sen huuhtoutumista (Chinault ja O'Connor 2008).

### 1.3.2 Teknologian vaikutus

Yleisimmät muokkausmenetelmät ovat kyntö, kultivointi ja muokkaamattomuus suorakylvöön liittyen. Kynnettäessä lanta mullataan maahan, jolloin lantafosforin eroosio- ja huuhtoutumisriskit vähenevät, kun taas suorakylvössä lanta jää suurimmaksi osaksi maan pintaan ja on herkkä huuhtoutumiselle. Suorakylvön onkin todettu kasvattavan pintamaan fosforipitoisuutta kyntöön verrattuna (Isolahti ym. 2008) sekä lisäävän fosforin liukoisuutta pintamaassa (Muukkonen ym. 2007).

Kotieläintuotannon keskittymisen vuoksi tietyillä alueilla lantafosforia muodostuu enemmän kuin mitä ympäristötukiehtojen mukaan voidaan lähialueen pelloille levittää. Lanta voidaan kuitenkin prosessoida esimerkiksi biokaasulaitoksessa, jossa tuotettu bioenergia (metaani) otetaan talteen ja käsittelyjäännös käytetään orgaanisena lannoitevalmisteena. Biokaasuprosessi lisää liukoisen typen osuutta kokonaistypestä jonkin verran ja parantaa siten typen osalta käsittelyjäännöksen lannoitusarvoa raaka-aineeseen nähden. Toisaalta pH nousee samalla, mikä voi lisätä ammoniakkitappioita. Biokaasuprosessissa saavutettu etu suuremmasta liukoisen typen osuudesta saatetaan menettää, jos käsittelyjäännös levitetään peltoon muuten kuin sijoittamalla.

Biokaasuprosessin vaikutusta naudon lietelannan sisältämän fosforin liukoisuuteen selvitettiin suorittamalla Hedleyn fraktiointi MTT:n Maaningan biokaasulaitoksesta peräisin olevalle käsittelyjäännökselle, jonka raaka-aineina olivat naudon lietelanta ja pieni määrä nurmisäilörehua (8 % syötön tuorepainosta; Taulukko 2). Toisin kuin typen kohdalla biokaasuprosessi pienensi vesiliukoisen fosforin osuutta kokonaisfosforista. Raakalannan fosforista, ilman säilörehulisää, 70 % oli vesiliukoisessa muodossa osuuden laskiessa 43 %:iin biokaasureaktorin jälkeen ja edelleen 34 %:iin jälkikaasualtaan jälkeen. Kasveille käyttökelpoiseen fosforiosioon prosessilla tuskin on suurta vaikutusta, sillä vesiuuttoisen ja natriumbikarbonaattiuuttoisen fosforin osuus kokonaisfosforista oli noin 90 % kaikissa tapauksissa. Muissa tutkimuksissa anaerobisen hajotuksen on todettu laskevan vesiliukoista fosforipitoisuutta 22–47 % (Güngör ja Karthikeyan 2008).

Lietelannan tai biokaasuprosessin käsittelyjäännöksen jakeistuksen (mekaaninen erottelu kuiva- ja nestejakeeseen) vaikutuksesta nestejakeiden kuiva-ainepitoisuus laskee, jolloin niiden imeytyminen maahan tehostuu. Kokonaisfosforin osuus kuivajakeessa lisääntyy, mutta fosforin vesiliukoisuus pienenee. Saostuskemikaalin käyttö voi sitoa fosforin niin tiukasti, ettei sitä vesiuutoissa liukene. Nesteosassa fosfori on luonnollisesti hyvin vesiliukoista, jos saostuskemikaaleja ei käytetä (Taulukko 7).

Taulukko 7. Jakeistuksen ja biokaasukäsittelyn vaikutuksia sian lietelannasta peräisin olevien orgaanisten lannoitevalmisteiden fosfori- ja kuiva-ainepitoisuuksiin. Tuoreen lietelannan jakeituksessa käytettiin saostuskemikaalia. Kuivarae oli valmistettu biokaasuprosessista saadusta, separoidusta kuivajakeesta.

	Kuiva-aine %	Kok-P kg/tn	1:5 vesiutto		1:60 vesiutto	
			PO <sub>4</sub> -P	Liuk, kok-P % kokonaisfosforista	PO <sub>4</sub> -P	Liuk, kok-P
Sian lietelanta	3,1	0,9	11	19	67	80
Nestejæ +kemikaalilisä	1,3	0,3	8	27	12	35
Kuivajæ +kemikaalilisä	31,8	9,0	0	0	0	0
Biokaasutettu sian lietelan-	5,8	1,2	13	17	42	50
Nestejæ	2,9	0,8	55	61	61	65
Kuivajæ	32,9	6,7	1	3	17	20
<u>Kuivarae</u>	<u>95,5</u>	<u>21,6</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>11</u>	<u>13</u>

Liukoinen kokonaisfosfori (Liuk. kok-P) määritettiin hapettamalla uuttoliuoksen orgaaniseen aineeseen sitoutunut fosfori epäorgaaniseen muotoon.

Kun arvioidaan vesiliukoisuuden perusteella fosforin huuhtoutumisriskiä ja jos kutakin taulukon 7 materiaalia levitetään fosforimäärän 15 kg/ha perusteella, havaitaan kuivajakeiden ja kuivarakeen fosforin huuhtoutumisriskin olevan selvästi nestejakeita vähäisempi (Taulukko 8). Jakeistuksen yhteydessä käytetty saostuskemikaali myös luonnollisesti vähentää huomattavasti liukoisen fosforin huuhtoutumisriskiä.

Taulukko 8. Vesiliukoisten fosforifraktioiden määrät, kun kutakin materiaalia levitetään kokonaisfosforitasolla 15 kg/ha.

	Levitys tn/ha	1:5 vesiutto		1:60 vesiutto	
		PO <sub>4</sub> -P	Liuk, kok- kg/ha	PO <sub>4</sub> -P	Liuk, kok-
Sian lietelanta	17	1,7	2,8	10,0	12,0
Nestejæ +kemikaalilisä	58	1,2	4,0	1,7	5,2
Kuivajæ +kemikaalilisä	2	0,0	0,0	0,0	0,0
Biokaasutettu sian lietelanta	13	1,9	2,5	6,4	7,5
Nestejæ	19	8,3	9,2	9,2	9,8
Kuivajæ	2	0,2	0,4	2,6	3,0
<u>Kuivarae</u>	<u>1</u>	<u>0,8</u>	<u>0,9</u>	<u>1,7</u>	<u>2,0</u>

## 1.4 Lannan ja lannoitevalmisteiden orgaanisen typen vaikutusten arviointi

### 1.4.1 Lannan orgaanisen typen tutkimusmenetelmät

Lannan typen käyttökelpoisuutta on tutkittu maailmalla, pohjoismaissa ja Suomessa useissa aikaisemmissa hankkeissa. Niissä on todettu lannan sisältämän ammoniumtypen käyttökelpoisuus kasvin ravinteena, ammoniakkin haihtumisen aiheuttamat käyttökelpoisen typen tappiot ja ammoniumtypen levitysajankohdan sekä sijoitusvyvyyden vaikutukset typen saatavuuteen kasveille. Ammoniumtypen lisäksi kasveille käyttökelpoista tyyppiä ovat nitraattityppi ja orgaanisten, vesiliukoisten tyyppiyhdisteiden tyyppi. Jälkimmäiset hajoavat varastoinnin aikana tai maassa ammoniumtyypeksi ja maassa edelleen nitraattitypeksi. Nitraattityyppiä on vain hyvin kompostoituneissa lannoissa (Salo ym. 2008b, Salo ym. 2009a).

Lannan orgaanisen typen osuus kokonaistypestä vaihtelee virtsan 20 %:sta kuivikelantojen 80 %:iin. Virtsan liukoiset orgaaniset tyyppiyhdisteet hajoavat maassa nopeasti, kun taas kuivikelantojen sonnan orgaanisen typen vapautumiseen vaikuttaa kuivikkeiden koostumus. Korkean hiili-tyyppisuhteen kuivikkeessa, kuten oljessa, sen hajoaminen voi sitoa lannasta mineralisoitunutta epäorgaanista tyyppiä. Orgaaniset tyyppiyhdisteet, jotka eivät ole vesiliukoisia, ovat käytännössä kasveille käyttökelvottomia. Siltä osin kuin ne mineralisoituvat, se tapahtuu etenkin viljojen ravinteiden oton kannalta pääosin väärään aikaan, mikä kasvattaa tyyppiyhdisteiden huuhtoutumisriskiä.

Lantatypen käyttökelpoisuutta tarkasteltiin seuraavissa kokeissa:

- Hiilen ja typen mineralisaatiota sian ja naudan lietelannasta mitattiin laboratoriokokeissa vuonna 2009.
- Kevään 2008 kenttäkokeessa levitettiin sian lietelantaa ja hevosen turvelantaa ohran lannoitteeksi ja tutkittiin myös niiden jälkivaikutusta vuoden 2009 lannoittamattomassa ohrasadossa.
- Syksyllä 2008 levitettiin naudan lietelantaa ja hevosen turvelantaa ja tutkittiin niiden lannoitusvaikutusta ohralle vuonna 2009.
- Keväällä 2010 tutkittiin hevosen purulannan lannoitusvaikutusta ohralle.

### 1.4.2 Lannoitevalmisteiden orgaanisen typen tutkimusmenetelmät

Orgaanisten lannoitevalmisteiden typen käyttökelpoisuus on lannan vastaavaa moninaisempaa. Prosessoinnista riippuen ammoniumtyyppiä voi muuttua nitraatiksi tai lähtöaineissa voi olla helposti hajoavaa vesiliukoista orgaanista tyyppiä, joka voi mineralisoitua epäorgaaniseen muotoon tai jäädä helposti hajoavaan muotoon. Orgaanisten lannoitevalmisteiden käyttömääriä rajoittavat ympäristöhallinnon tulkinnan mukaan lannan kokonaistyyppisäystä koskeva nitraattiasetuksen pykälä, ympäristötuen fosforilannoitusraja tai lannoitevalmistelain kadmiumin hehtaariohtainen levitysrajoitus. Jätevesilietettä sisältävien, sellaisenaan maanparannusaineena käytettävien sivutuotteiden käyttöä voivat rajoittaa myös muut haitalliset metallit. Edellä mainittujen rajoitteiden vuoksi vuosittaiset orgaanisten lannoitevalmisteiden käyttömäärät ovat niin alhaisia, ettei toistuvan käytön tyyppilannoitusvaikutusta esiinny merkittävässä määrin.

Orgaanisten lannoitevalmisteiden typen käyttökelpoisuutta tarkasteltiin seuraavissa kokeissa:

- Laboratorioanalyysit epäorgaanisesta ja orgaanisesta tyyppiä eri menetelmillä.
- Hiilen ja typen mineralisaatiota mitattiin biojätekompostista, biokaasulaitoksen kuivajakeesta (2 kpl) ja kuivarakeesta sekä lietekompostista (2 kpl) laboratoriokokeissa vuonna 2009.
- Kevään 2008 kokeessa levitettiin separoitua ja kemikaalikäsiteltyä sian lietelantaa, biojätekompostia, biokaasulaitoksen kuivajaa ja kuivaraetta sekä tilatasolla kalkkistabiloitua jätevedenpuhdistamon raakalietettä ohran lannoitteeksi ja tutkittiin myös niiden jälkivaikutusta vuoden 2009 lannoittamattomassa ohrasadossa.



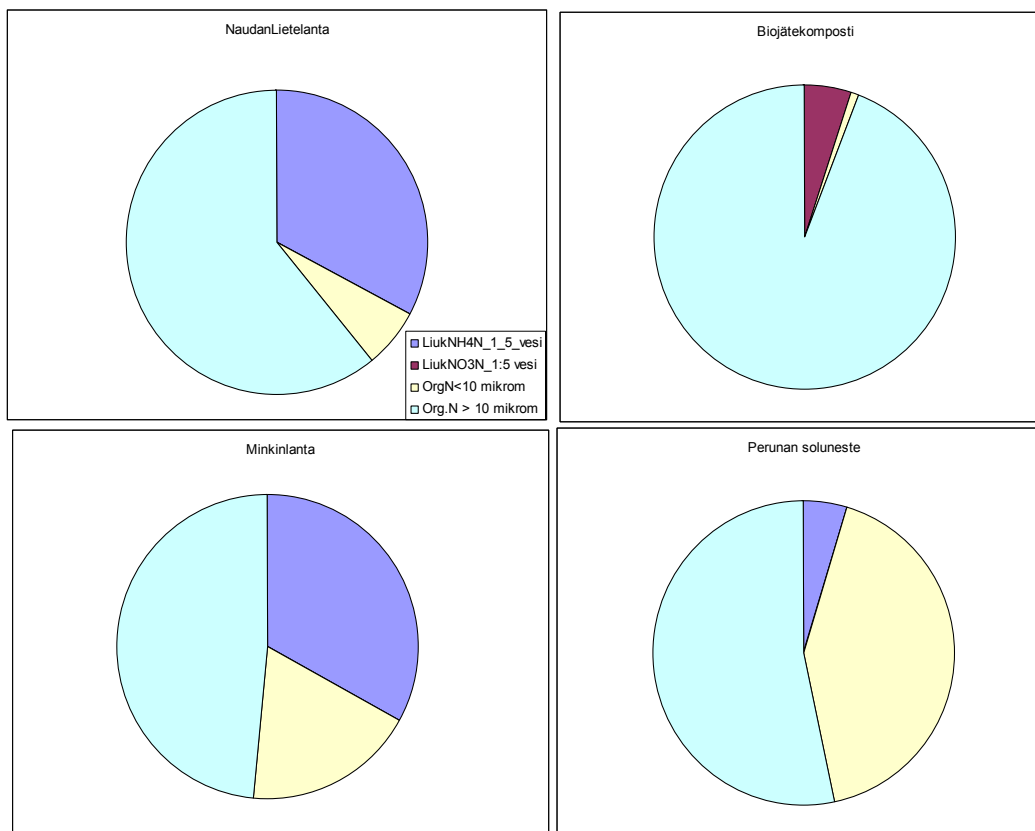
- Syksyllä 2008 levitettiin biojättekompastia, biokaasulaitoksen kuivajaetta ja kuivaraetta sekä tilatasolla kalkkistabiloitua jätevedenpuhdistamon raakalietettä ohran lannoitteeksi ja tutkittiin niiden lannoitusvaikutusta ohralle vuonna 2009.
- Kevään 2009 kokeessa levitettiin biojättekompastia, lietekompostia (2 kpl), Kemicond-käsiteltyä lietettä, biokaasulaitoksen nestejaetta, kuivajaetta (2 kpl) ja kuivaraetta (2 kpl) ohran lannoitteeksi.

### 1.4.3 Orgaanisen typen vapautumiskokeiden tulokset

#### Laboratorioanalyysit

Typen käyttökelpoisuutta kuvattiin kenttäkokeissa parhaiten liukoisen kokonaistypen avulla. Tällöin määritettiin uuttonesteestä nitraatti- ja ammoniumtyppi sekä liukoiset orgaaniset typpiyhdisteet ( $\text{Ø} < 10 \mu\text{m}$ ). Uuttonesteinä käytettiin vettä (1:5 vesiuutto tai 1:60 vesiuutto) tai lanta-analyysin mukaista kalsiumkloridi- ja suolahappoliuosta (Kapuinen ym. 2010). Orgaanisten lannoitevalmisteiden typpipitoisuudet vaihtelivat runsaasti raaka-aineiden ja käsittelyn mukaan. Nestemäiset ja lantapohjaiset jakeet olivat typpipitoisuudeltaan korkeimpia ja separoitujen kuivajakeiden pitoisuudet olivat yleensä alhaisia. Veteen liukenematon orgaaninen typpi vapautui yleensä hitaasti ja ainoastaan yksi selkeä poikkeus havaittiin. Tässä tapauksessa veteen liukenemattoman orgaanisen typen huomattavan mineralisaation taustalla oli merkittävä eläinperäisen elintarviketeollisuuden sivutuotteen osuus raaka-aineessa.

Lannan ja orgaanisten lannoitevalmisteiden typpiyhdisteiden koostumus vaihteli merkittävästi erilaisten tuotteiden välillä (Kuva7). Epäorgaaninen nitraatti- ja ammoniumtyppi ovat välittömästi sekä kasville käyttökelpoisia että hävikeille alttiita. Pienikokoiset orgaaniset typpiyhdisteet, jotka näissä näytteissä suodatettiin  $10 \mu\text{m}$  huokoskoon suodatinpaperin läpi, ovat seuraavaksi käyttökelpoisin typen lähde. Tiukemmin orgaanisessa rakenteessa olevat typpiyhdisteet hajaantuvat hitaimmin eivätkä tule yleensä viljelykasvin käyttöön levityksen jälkeisen kasvukauden aikana.

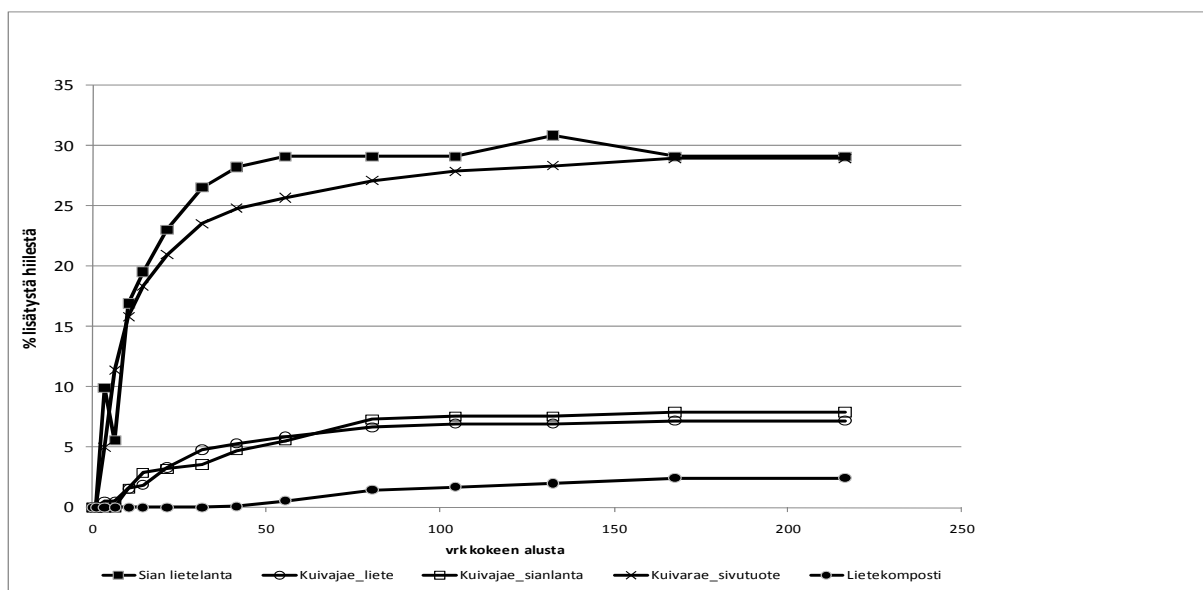


Kuva 7. Ammonium- ja nitraattityypen sekä orgaanisen typen eri kokoluokkien prosentuaaliset osuudet naudan lietelannassa, biojättekompastissa, minkinlannassa ja perunan solunesteessä.

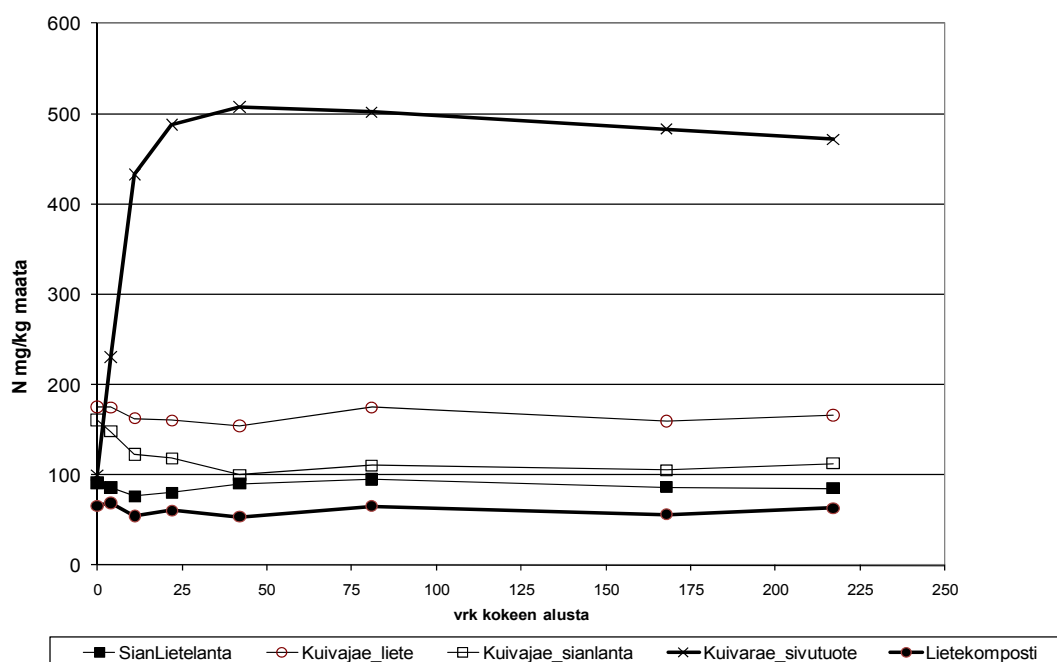
## Hiilen ja typen mineralisoituminen laboratorikokeessa

Hiilen vapautuminen materiaaleista tapahtui odotusten mukaisesti (Kuva 8), ja lietelantojen orgaanisten yhdisteiden hajoaminen oli nopeaa. Kuivarakeessa aikaisemmat prosessointivaiheet eivät olleet muuttaneet orgaanisia yhdisteitä hitaasti hajoavaan muotoon, vaan hiiltä vapautui runsaasti. Kompostoidut tai biokaasukäsitellyt orgaaniset lannoitevalmisteet hajasivat hyvin hitaasti.

Muhituksen alussa materiaalien sisältämä epäorgaaninen tyyppi nosti maan epäorgaanisen typen pitoisuutta (Kuva 9). Useimmilla materiaaleilla epäorgaanisen typen määrä laski hieman laboratorikokeen aloituksen jälkeen antaen viitteitä epäorgaanisen typen sitoutumisesta materiaalin hajoamiseen. Muhituksen lopussa epäorgaanisen typen määrä oli näissä materiaaleissa samalla tasolla kuin alussa. Poikkeuksena kokeessa havaittiin termisesti kuivattu rae, jonka orgaanisen typen mineralisaatio tapahtui hyvin nopeasti, ja orgaanisesta tyypestä vapautui kokeen aikana noin 60 %.



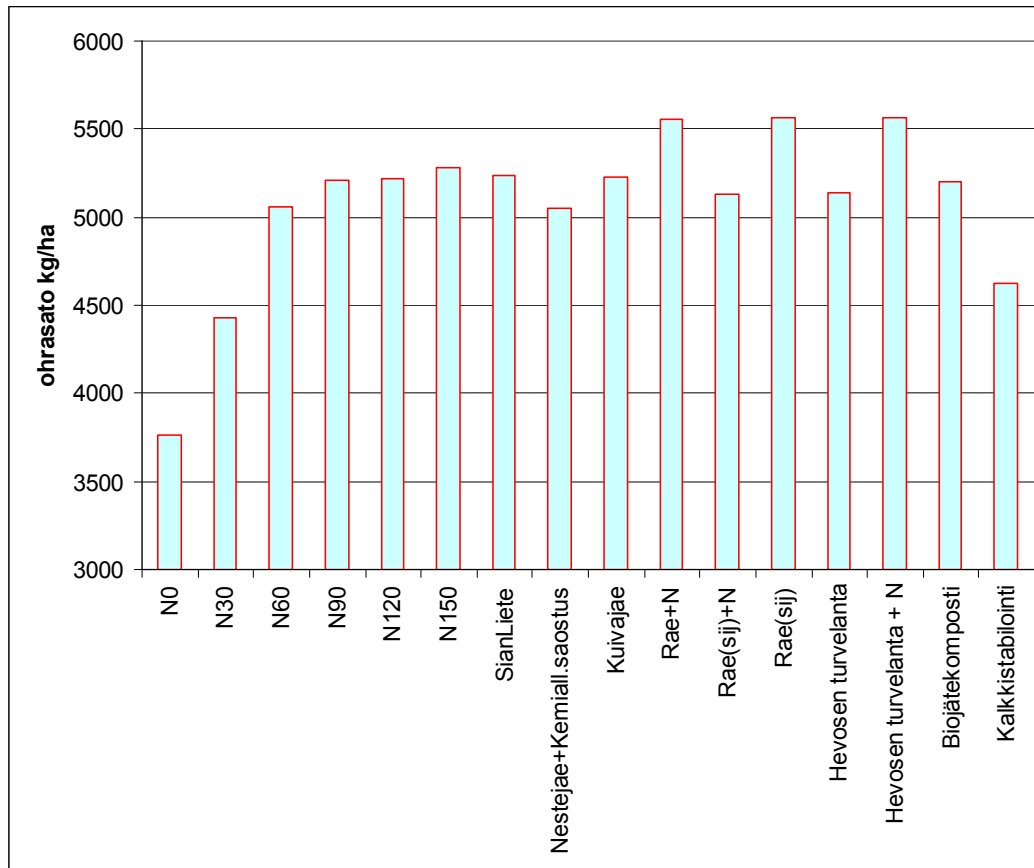
Kuva 8. Hiilen vapautuminen lietelannasta ja erilaisista orgaanisista lannoitevalmisteista.



Kuva 9. Typen vapautuminen epäorgaaniseen muotoon lietelannasta ja orgaanisista lannoitevalmisteista.

## Kenttäkokeet

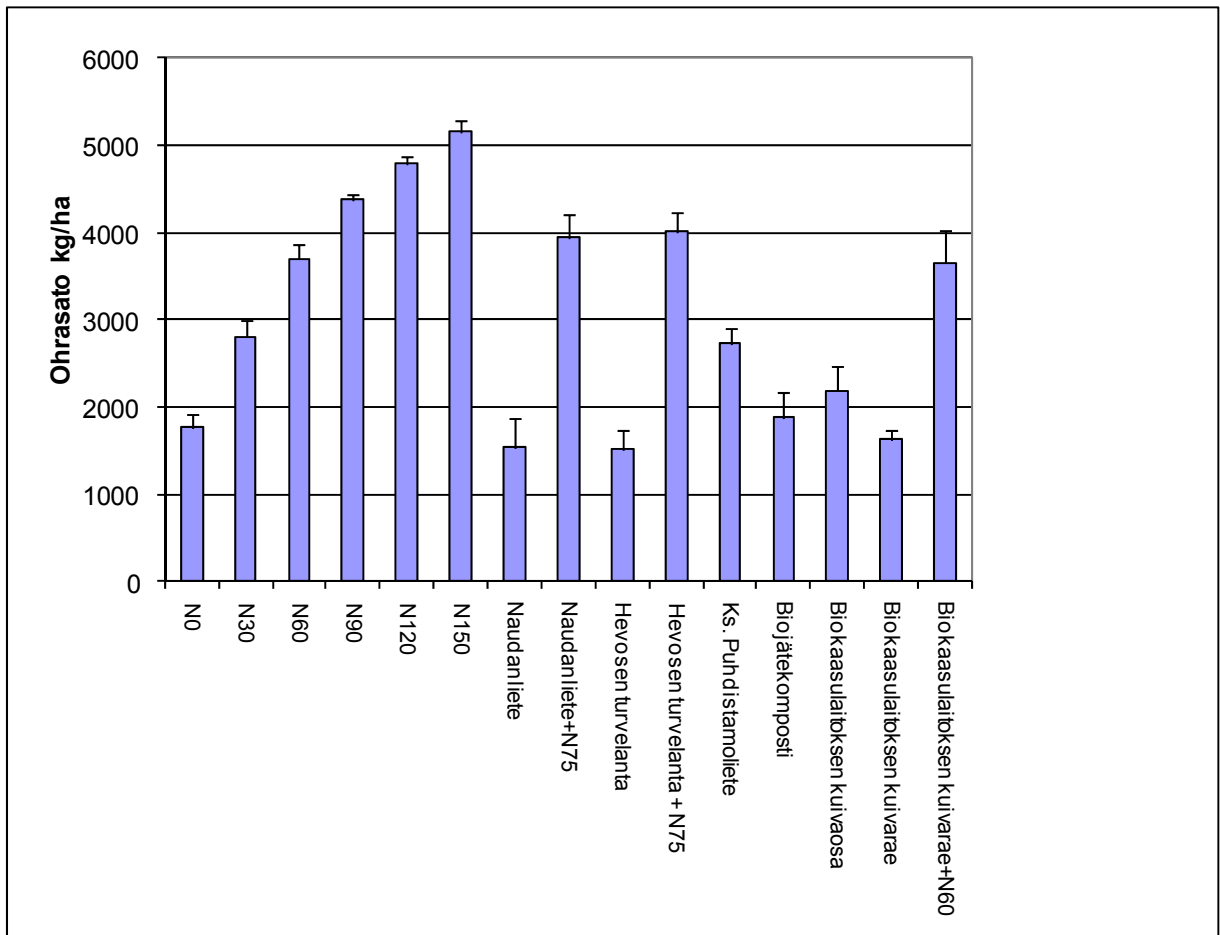
Vuoden 2008 kokeessa tutkituista materiaaleista lietalannan sijoittaminen keväällä tuotti typpitason mukaisen sadon, separoitu nesteosa siitä hieman vähemmän. Kuivarae tuotti vähintään typpitasoan vastaavan sadon, mutta vähäisen typpisisältönsä tähden vaatii typpitäydennyksen. Hevosen turvelanta tuotti typpitasoan vastaavan sadon ja typpitäydennyksen avulla jopa hieman paremman. Kalkkistabiloidun raakalietteen tuottama sato oli typpitasoan alhaisempi (Kuva 10). Sen liukoinen tyyppi oli hitaasti kasvien käytettävissä, mikä näkyi jälkiversontana.



Kuva 10. Ohrasadot vuoden 2008 kokeessa. Lantojen ja lannoitevalmisteiden sadot on korjattu typpilannoitustasolle N90, jolloin niiden satoa voidaan verrata 90 kg/ha typpilannoitustasolla saatuun satoon.

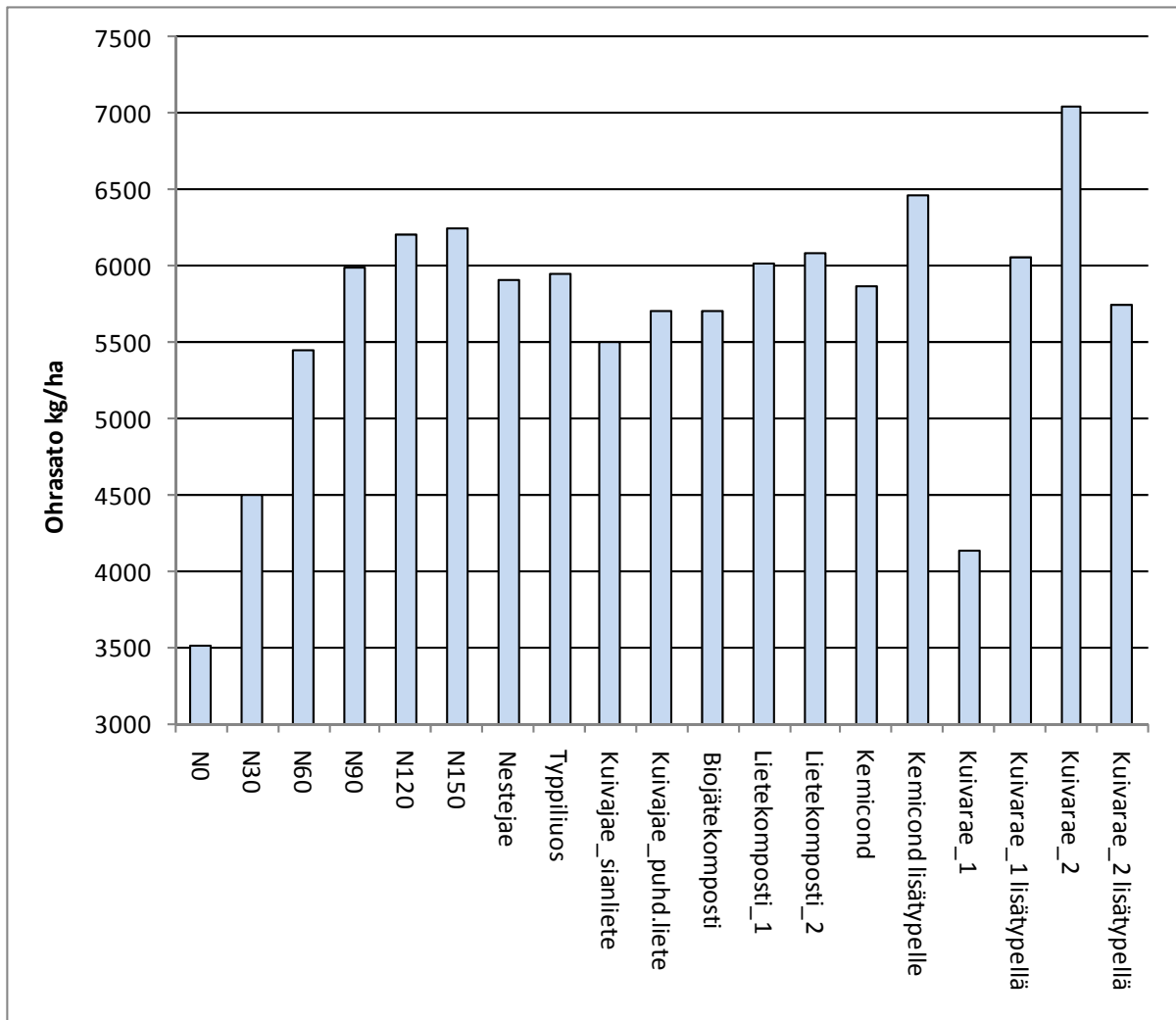
Jälkivaikutusta vuonna 2008 levitetyistä materiaaleista havaittiin vuonna 2009 selvästi vain kalkkistabiloidusta raakalietteestä (noin 20 kg N/ha). Lietelannan, separoidun nesteosan ja lisälannoitetun kuivarakeen osalta oli havaittavissa myös pientä typpilannoitusvastetta (5-10 kg N/ha).

Vuoden 2009 kokeessa syyslevityksen (syksy 2008) vaikutus oli monilla tuotteilla varsin pieni. Kuvassa 11 nähdään suurimman osan materiaaleista vaikutuksen satotasoon olleen vähäinen. Bio-kaasulaitoksen kuivajae ja kalkkistabiloitu raakaliete vapauttivat jonkin verran tyyppiä vuoden 2009 ohrakasvustolle.



Kuva 11. Lannan ja lannoitevalmisteiden syyslevityksen vaikutus ohran satotasoon verrattuna keväiseen typpilannoitukseen 2009. Käsittelyjä voidaan verrata joko lannoittamattomaan (N0) tai käsittelyn nimessä olevaan lannoitustasoon. Levitysmäärät valittiin joko nitraattiasetuksen (lietelanta 20 m<sup>3</sup>/ha, hevosen turvelanta 22 tn/ha), lannoitevalmistelain (kuivarae 4,7 tn/ha), ympäristötuen fosfori- (kalkkistabiloitu liete 44,8 tn/ha) tai typpirajoitusten (biojätekomposti 36,8 tn/ha) mukaan. Satotulosten keskihajonta esitetään virhepalkkina.

Vuoden 2009 kokeessa kaikkien lannoitevalmisteiden lannoitusvaikutus vastasi varsin hyvin niiden liukoisien typen kautta määritettyä lannoitustasoa (Kuva 12). Termisesti kuivattu rae tuotti selvästi korkeamman lannoitusvasteen kuin sen sisältämän liukoisien typen pitoisuudella oletettiin. Toinen tuote, jonka typpilannoiteväste oli hieman määritysten perusteella oletettua korkeampi, oli Kemicond-liete typpitäydennyksen kanssa. Etenkin termisesti kuivatun rakeen ja Kemicond-lietteen osalta myös vesiuutossa tai laimeassa suolaliuoksessa uuttuva liukoinen kokonaistyyppi kuvasi paremmin typpilannoitusvaikutusta kuin pelkkä epäorgaanisen typen (ammonium ja nitraatti) määrittäminen.



Kuva 12. Keväällä 2009 toteutetun kokeen käsittelyjen satovaikutukset suhteutettuna 90 kg/ha typpilannoitustasoon. Kaikkien muiden käsittelyjen paitsi typpilannoitustasojen (N0–N150) satotason tavoite on N90-lannoitustason 6000 kg/ha.

Vuonna 2010 tutkittiin vielä hevosen purulannan vaikutusta ohran kasvuun. Purun käyttö kuivikkeena tuotti heikomman sadon kuin hevosenlannan typpisisällön mukaan oli odotettavissa. Puru-kuivikkeen hajoaminen kulutti ilmeisesti maan epäorgaanisen typen varat täysin loppuun.

## 1.5 Yhteenveto ja suositukset

Lannan ravinnesisältöön ja ravinteiden liukoisuuteen voidaan vaikuttaa rehuannoksen sisältämän fosforin ja typen määrän ja laadun kautta. Fosforin määrää onkin laskettu uusimmissa ruokintasuosituksissa (MTT 2010). Käytännössä lypsylehmien ruokinnassa ei tarvita kivennäisfosforia. Ruokinnan koostamisessa kannattaa myös huomioida perusrehujen fosforipitoisuus siten, ettei rehuannokseen turhaan koota useita runsaasti fosforia sisältäviä raaka-aineita. Fytaaasiensyymillä voidaan lisätä kasviperäisen fosforin käyttökelpoisuutta sikojen ja siipikarjan ravitsemuksessa. Sonnan ja virtsan typpi-, fosfori- sekä energiasisältöä voidaan arvioida hankkeen aikana kehitetyillä laskentamalleilla, joiden lähtötietoina ovat elopaino, ruokinta ja tuotos. Malli on tällä hetkellä käytettävissä nautakarjalle, sioille, siipikarjalle, lampaille ja hevosille.

Sioilla lannan fosforipitoisuutta voidaan arvioida rehun fosforipitoisuudesta, jotka seuraavat toisiansa. Fosforipitoisuutta voidaan alentaa korvaamalla rehun epäorgaanista fosfaattia fytaasilisän avulla ja vaiheistamalla ruokinta sian fosforin tarpeen mukaiseksi. Vesiliukoisien fosforin osuus kokonaisfosforista kasvaa, kun rehun fosforipitoisuutta alennetaan vähentämällä epäorgaanisen

fosfaatin käyttöä. Fosfaatin korvaaminen fytaasilla voi hieman lisätä vesiliukoisen fosforin osuutta lannassa, mikä johtuu epäorgaanisen fosfaatin käytön vähenemisestä. Vesiliukoisen fosforin osuus pienenee, kun rehun kalsiumin ja fosforin suhde suurenee. Normaalisti sianrehujen kalsium:fosfori-suhde voi vaihdella 1,1–1,6:1 välillä. Sianlannan fosfori on helpommin veteen liukenevaa, kun ruokinnassa käytetään viljapohjaisia sivutuoterehujä verrattuna viljarehuun. Ohravalkuaisrehun kuitupitoisuuden suurentaminen ohjaamalla osa viljan kuitufraktiosta tislauksen läpi vähentää kuitenkin lantafosforin liukoisuutta.

Fosforin käytön optimoimiseksi tarvitaan enemmän tietoa viljojen fosforipitoisuuksista. Vähentyneen fosforilannoituksen vaikutusta jyvien fosforipitoisuuksiin voitaisiin seurata esimerkiksi Eviran viljaotanta-aineiston fosforianalyysillä. Fosforilannoituksen kautta jyvien fosforipitoisuutta ei ole kannattavaa pitää korkealla, vaan optimointi on tehokkaampaa suorittaa fosfaatti- ja/tai fytaasilisäyksellä.

Lantojen prosessoinnin seurauksena ravinteiden liukoisuus voi muuttua. Biokaasuprosessin seurauksena typen ja muidenkin ravinteiden liukoisuus yleensä lisääntyy lannan orgaanisen aineksen mineralisoituessa prosessoinnin aikana. Toisaalta muutokset ravinteiden liukoisuudessa käsiteltäessä erilaisia raaka-aineita voivat olla erilaisia, kuten vesiliukoisen fosforin osuuden laskeminen suhteessa kokonaisfosforiin nautan lietelannan ja säilörehun yhteiskäsittelyn aikana.

Orgaanisten lannoitevalmisteiden fosforisisältö kuiva-aineessa on suurimmillaan 2–3 % (tuoreena 0,3–1 %, kuivatut rakeet 2–3 %). Vesiliukoisen fosforin osuus kuiva-aineen kokonaisfosforista voi olla jopa alle 1 %. Orgaanisten lannoitusvalmisteiden fosforisisällöllä on merkitystä, jos pellolla on fosforilannoitustarvetta. Lannan jakeistuksella tai rakeistuksella voidaan kuivajakeen fosforipitoisuutta nostaa, mutta samalla sen typpipitoisuus alenee ja haitallisten metallien, kuten kadmiumin pitoisuudet nousevat.

Lannan typpilannoitusvaikutukseen vaikuttavat lannan ammoniumtyppipitoisuus, ammoniakkin haihtuminen ja syyslevityksen lisäämät huuhtoutumisriskit. Rajoitukset kokonaistypen käytössä (170 kg/ha) ja strategia fosforilannoituksessa vaikuttavat lantaperäisten tuotteiden käyttömääriin ja käyttökelpoisuuteen typpilannoituksessa. Hevosennannan typpilannoitusvaikutus riippuu käytetystä kuivikkeesta: turve kuivikkeena tuottaa liukoisen typen mukaisen lannoitusvaikutuksen, kun taas kuivikepuru kuluttaa hevosennannan liukoisen typen lisäksi maan liukoisen typen varoja hajoamiensa. Lannan orgaanisen typen vapautuminen on hidasta ja tapahtuu maan lämpötilan ja kosteuden funktiona, mikä ei välttämättä vastaa viljelykasvin typpitarvetta. Orgaanisella tyypellä havaitaan lannoitusvaikutusta vain vuosittain toistuvien levitysten jälkeen ja kasveilla, jotka ottavat tyypeä koko kasvukauden ajan.

Orgaanisten lannoitevalmisteiden tyyppistä käyttökelpoiseksi voidaan arvioida liukoinen kokonaistyyppi (esim. 1:5 vesiuutosta = nitraatti, ammonium ja liukoiset orgaaniset typpiyhdisteet ( $\varnothing < 10 \mu\text{m}$ )). Valmisteiden typpipitoisuudet vaihtelevat runsaasti raaka-aineiden ja käsittelyn mukaan. Nestemäiset ja lantapohjaiset jakeet ovat typpipitoisuudeltaan korkeimpia ja kuivajakeet yleensä matalimpia. Orgaaninen typpi vapautuu yleensä hitaasti ja vain yksi poikkeus on havaittu tähän mennessä. Orgaanisten lannoitevalmisteiden vuosittaiset käyttömäärät ovat nitraattiasetuksen, ympäristötuen fosforirajojen tai kadmiumrajojen seurauksena niin pieniä, ettei toistuvan käytön typpilannoitusvaikutusta esiinny.

Lanta on yleensä maatalojen ensisijainen kierrätysmateriaali. Nykysäädösten mukaan raakalanta hyötyy käyttömäärien poikkeuksesta, jolloin fosforia voidaan lisätä 15–30 kg/ha/vuosi, kun pellon viljavuusluokka on pienempi kuin arveluttavan korkea. Lannan kuljetusetäisyydet ovat yleensä lyhyemmät kuin orgaanisten lannoitevalmisteiden. Lisäksi lietelannan ja virtsan sijoittamisesta hyvitetään ympäristötuessa. Lannan imago on myös edelleen parempi kuin yhdyskuntien jätevesilietteiden ja teollisuudesta peräisin olevien biomateriaalien.

Yhdyskuntien kierrätysmateriaalien ravinteiden ja orgaanisen aineen palauttaminen maatalouteen on kuitenkin pitkällä tähtäimellä ravinnekiertojen sulkemisen ja materiaalitehokkuuden kannalta välttämätöntä. Muutamilla orgaanisilla lannoitevalmisteilla (esim. Liite 3) kadmium-rajoitus (Cd 1,5 g /ha vuodessa) voi vähentää levitysmääriä ja rajoittaa käytön samalla lohkolle neljän vuoden väleihin (maksimi 6 g Cd/ha neljässä vuodessa). Kierrätysmateriaalien määrät ovat merkittäviä

suhteessa levitysmahdollisuuksiin etenkin pääkaupunkiseudulla. Valmisteen liukoinen tyyppi tosin ei kata välttämättä edes levityskustannusta, mutta fosforia tarvitsevilla lohkoilla kierrätysmateriaalien fosfori on myös hyödyksi. Syyslevityksen liukoisen tyyden käyttökelpoisuus riippuu myös orgaanisilla lannoitevalmisteilla syksyn, talven ja kevään säästä, joten riskit tyyden huonoon hyödyntämiseen ovat suuret. Syyslevitykseen soveltuvatkin parhaiten vähän tyypeä sisältävät tuotteet.

Ympäristönäkökulmasta runsaasti fosforia sisältävien materiaalien pintalevitys kasvukaudenkin aikana aiheuttaa huuhtoutumisriskin, erityisesti mikäli kasvukausi on vähäsateinen, jolloin käyttämättä jääneet ravinteet huuhtoutuvat vasta syyssateiden myötä (Turtola 2009). Siksi erityisesti eroosioalttiilla alueilla vesistöjen läheisyydessä tällaisten valmisteiden pintalevitystä tulee välttää. Nitraattidirektiivin mukaan syksyllä levitetty orgaaninen lannoitevalmiste on mullattava vuorokauden kuluessa. Lannan ja orgaanisten lannoitevalmisteiden syyslevitystä ilman kasvuston perustamista tulisi niin ikään välttää erityisesti vesistöjen lähialueilla. Lannan fosforinkäyttöpoikkeuksista tulisi asteittain luopua ja uusien ympäristölupien pitäisi perustua poikkeuksettomiin fosforinkäyttömääriin. Lannan fosforin käyttökelpoisuus kasveille tulisi nostaa asteittain 100 %:iin kokonaisfosforista, kuten myös eläinperäisten orgaanisten lannoitevalmisteiden. Myös orgaanisten lannoitevalmisteiden sijoittamisesta voitaisiin hyvittää ympäristötuessa.

---

## Lähteet

---

- Aakkula, J., Manninen, T. ja Nurro, M. 2010. Maatalouden ympäristötuen vaikuttavuuden seuranta-tutkimus (MYTVAS 3) – Väiliraportti. 145 s.
- Ahvenjärvi, S., Rinne, M., Heikkilä, T. ja Huhtanen, P. 2010. The effect of diet and intrinsic characteristics of feed particles on passage kinetics in dairy cows. Proc. 1st Nordic Feed Science Conference, Uppsala, Sweden 23-24 June 2010. Swedish University of Agricultural Sciences, Dept. Animal Nutrition and Management, Report 274, pp. 162-165. Available in Internet at: [https://arbetsplats.slu.se/sites/huv/Delade%20dokument/NFSC\\_Proceedings\\_100617.pdf](https://arbetsplats.slu.se/sites/huv/Delade%20dokument/NFSC_Proceedings_100617.pdf)
- Chinault, S.L. ja O'Connor, G.A. 2008. Phosphorus release from a biosolids-amended sandy Spodosol. *Journal of Environmental Quality* 37: 937-943.
- Güngör, K. ja Karthikeyan, K.G. 2008. Phosphorus forms and extractability in dairy manure: A case study for Wisconsin on-farm anaerobic digesters. *Bioresource Technology* 99: 425-436.
- Isolahti, M., Lötjönen, T. ja Uusitalo, R. 2008. Suorakylvön soveltuvuus nautakarjatilojen viljanviljelyyn. *Maa- ja elintarviketalous* 118, 56 s.
- Jokinen, R. 1990a. Effect of phosphorus precipitation chemicals on characteristics and agricultural value of municipal sewage sludges I. Characteristics of Ca, Al and Fe precipitated sewage sludges. *Acta Agriculturae Scandinavica* 40: 123-129.
- Jokinen, R. 1990b. Effects of phosphorus precipitation chemicals on characteristics and agricultural value of municipal sewage sludges 2. Effect of sewage sludges on yield, element contents and uptake by spring barley (*Hordeum vulgare*, L.). *Acta Agriculturae Scandinavica* 40: 131-140.
- Kapuinen, P., Salo, T. ja Ylivainio, K. 2010. Orgaanisten lannoitevalmisteiden ravinteiden analysointimenetelmät suhteessa ympäristötuen ehtoihin ja ympäristölainsäädäntöön. Teoksessa: Anneli Hopponen (toim.) *Maataloustieteen Päivät 2010, 12.–13.1.2010, Viikki, Helsinki: esitelmät, posterit*. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote 26: 7 p. <http://www.smts.fi/jul2010/poste2010/173.pdf>
- Marttila, J. 2005. Ravinnetaseet maatalouden vesistökuormituksen arviointikeinoina. Pro gradu – tutkielma. Helsingin yliopisto. 69 s.
- MTT 2010. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset. Saatavilla Internetissä: [www.mtt.fi/rehutaulukot](http://www.mtt.fi/rehutaulukot)
- Muukkonen, P., Hartikainen, H., Lahti, K., Särkelä, A., Puustinen, M. ja Alakukku, L. 2007. Influence of no-tillage on the distribution and lability of phosphorus in Finnish clay soils. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 120: 299-306.
- Rekilä, T., Koskinen, N., Huhtanen, P., Pyökkö, P., Kupsala, K. ja Ylivainio, K. 2009. Turkiseläintuotannon fosforikierron mallintaminen. *Maa- ja elintarviketalous* 138. s. 34-64.
- Rinne, M., Kuoppala, K., Ahvenjärvi, S. ja Vanhatalo, A. 2006. Rypsi soijaa parempi lypsylehmien valkuaistäydennys myös apilapitoista säilörehua syötettäessä. Julkaisussa: *Maataloustieteen Päivät 2006 [verkkajulkaisu]*. Suomen Maataloustieteellisen Seuran julkaisuja no 21. Toim. Anneli Hopponen. Julkaistu 9.1.2006. Saatavilla Internetissä: <http://www.smts.fi/esit06/1002.pdf>. ISBN 951-9041-49-4.
- Salo, T. 2009. Ravinteiden käyttökelpoisuus kasveille. Teoksessa: Reetta Palva, Sakari Alasuutari, Taina Harmoinen (toim.). *Lannan käsittely ja käyttö. Tieto tuottamaan* 128: ProAgria Keskusten liiton julkaisuja 1073: p. 12-16.
- Salo, T., Mattila, P. ja Palva, R. 2009a. Lanta lannoitteena. Teoksessa: Reetta Palva, Sakari Alasuutari, Taina Harmoinen (toim.). *Lannan käsittely ja käyttö. Tieto tuottamaan* 128: ProAgria Keskusten liiton julkaisuja 1073: p. 23-25.
- Salo, T., Mattila, P. ja Tolonen, K. 2009b. Ravinteiden hyödyntäminen viljelykasvien käyttöön. Teoksessa: Reetta Palva, Sakari Alasuutari, Taina Harmoinen (toim.). *Lannan käsittely ja käyttö. Tieto tuottamaan* 128: ProAgria Keskusten liiton julkaisuja 1073: p. 25-30.
- Salo, T., Kapuinen, P. ja Saarela, I. 2008a. Eloperäisen materiaalin ravinnevaikutuksen määrittäminen. Teoksessa Leena Rantamäki-Lahtinen (toim.) *Maataloustieteen Päivät 2008 10.-11.1.2008, Viikki, Helsinki* : esitelmä- ja posteritivistelmät. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote 24: p. 238.



- Salo, T., Kokkonen, A., Isolahti, M. ja Esala, M. 2008b. Manure nitrogen availability to grassland measured by inorganic or mineralisable soil nitrogen. Teoksessa: Ángela D. Bosch Serra, M. Rosa Teira Esmatges, Josep M. Villar Mir (eds.). 15th Nitrogen workshop : Towards a better efficiency in N use, 28-30, 2007, Lleida, Spain. p. 63-65.
- Sharpley, A.N. ja Moyer, B. 2000. Phosphorus forms in manure and compost and their release during simulated rainfall. *Journal of Environmental Quality* 29: 1462-1469.
- Tolppa, R. 2003. Ravinnetaselaskelmat ja ympäristöarvioinnit Pirkanmaan lypsykarjatiloiilla. Pirkanmaan maaseutukeskus. 73 s.
- Tuori, M., Rinne, M., Vanhatalo, A. ja Huhtanen, P. 2006. Omasal sampling technique in estimation of the site and extent of mineral absorption in dairy cows fed rapeseed and soybean expellers. *Agricultural and Food Science* 15: 219–234.
- Turtola, E. 2009. Ravinteiden huuhtoutuminen. *Tieto tuottamaan*: 128, p. 34–37. ProAgria Keskusten liiton julkaisuja :1073, p. 34-37.
- Turtola, E. ja Jaakkola, A. 1995. Loss of phosphorus by surface runoff and leaching from a clay soil under barley and grass ley in Finland. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B. Soil and Plant Science* 45: 159-165.
- Turtola, E. ja Kempainen, E. 1998. Nitrogen and phosphorus losses in surface and drainage water after application of slurry and mineral fertilizer to perennial grass ley. *Agricultural and Food Science in Finland* 7: 569-581.
- Uusitalo, R. ja Jansson, H. 2002. Dissolved reactive phosphorus in runoff assessed by soil extraction with an acetate buffer. *Agricultural and Food Science in Finland* 11: 343-353.
- Uusitalo, R., Yli-Halla, M. ja Turtola, E. 2000. Suspended soil as a source of potentially bioavailable phosphorus in surface runoff waters from clay soils. *Water Research* 34: 2477-2482.
- Virtanen, H. ja Nousiainen, J. 2005. Nitrogen and phosphorus balances on finnish dairy farms. *Agricultural and food science* 14, 2: 166-180.
- Vuotila, H. 2009. Ravinnetelaskelmat TilaArtturi –hankkeelle. Opinnäytetyö. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. 40 s.
- Yli-Halla, M., Hartikainen, H., Ekholm, P., Turtola, E., Puustinen, M. ja Kallio, K. 1995. Assessment of soluble phosphorus load in surface runoff by soil analyses. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 56: 53-62.
- Ylivainio, K. ja Turtola, E. 2009. Kotieläintalouden ylijäämäfosfori kasvintuotannossa. *Maa- ja elintarviketalous* 138. s. 65-160.
- Ylivainio, K., Uusitalo, R. ja Turtola, E. 2008. Meat bone meal and fox manure as P sources for ryegrass (*Lolium multiflorum*) grown on a limed soil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 81: 267-278.
- Ympäristöhallinto 2010. [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi) > Ympäristön tila > Jätteet

---

## 2 Lannan ja muiden eloperäisten materiaalien prosessointi

---

Teija Paavola, Ilkka Sipilä, Sari Luostarinen, Jukka Rintala

### 2.1 Prosessointitarkastelun tausta ja tavoitteet

Lannan ja muiden eloperäisten materiaalien prosessointi voidaan järjestää erilaisilla teknologisilla menetelmillä, nk. yksikköprosesseilla, joista useita on kuvattu HYÖTYLANTA-tutkimusohjelman osana tuotetussa, erillisenä raporttina julkaistavassa kirjallisuuskatsauksessa. Prosesseja on fysikaalisia, kemiallisia ja biologisia. Riippuen halutusta lopputuloksesta yksikköprosessit voidaan toteuttaa yksittäin tai kahden tai useamman yksikköprosessin yhdistelmänä. Myös eri materiaalien prosessointi voidaan toteuttaa joko erillisinä jakeina tai kahden tai useamman materiaalin yhteiskäsittelynä. Myös käsiteltävien materiaalien lähtöominaisuudet, investointi- ja käyttökustannukset, ympäristövaikutukset sekä operoinnin vaatima työ määrä ja erikoisosaaminen vaikuttavat merkittävästi prosessiteknologioiden käyttökelpoisuuteen.

Ympäristöteknologian prosesseja on kehitetty viime vuosikymmeninä erityisesti jätevesien ja polttoprosessien kuormituksen vähentämiseen, mutta niitä sovelletaan ja kehitetään enenevästi myös jätehuoltoon ja materiaalikiertoihin. Eloperäisten materiaalien teknologisella prosessoinnilla voidaan edistää tavoitteita uusiutuvan energian tuotannossa ja materiaalien kierrättämisessä, vaikuttaa eloperäisten materiaalien varastoinnin, käytön ja loppusijoituksen ympäristöpäästöihin sekä vähentää epäorgaanisten lannoitteiden tarvetta. Lisäksi ravintetuotteet voivat olla edullisemmin kuljetettavissa alueille, joilla niitä tarvitaan.

Eloperäisten jätteiden ja sivutuotteiden sisältämä hiili ja ravinteet tekevät niistä toisaalta merkittävän potentiaalisen ympäristökuormittajan ja toisaalta merkittävän resurssin. Kuormituksen minimointi ja resurssin käyttöönotto edellyttävät aktiivisia toimia jätteiden synnyn ehkäisystä teknologisiin kierrätysprosesseihin. Prosesseilla voidaan mm. erotella materiaaleja kiinteisiin, nestemäisiin ja kaasumaisiin jakeisiin ja/tai muuntaa osa yhdisteistä toisiksi. Tällöin eloperäiset materiaalit voidaan prosessista riippuen hyödyntää energiantuotannossa, maaperän orgaanisen aineen ylläpidossa sekä ravinteiden, erityisesti typen, fosforin ja kaliumin, palauttamisessa kasvintuotantoon.

Lannan prosessoinnilla pyritään sen tehokkaampaan hyödyntämiseen muokkaamalla ravinnesuhteita tai pienentämällä massan määrää sekä vähentämään lantaan liittyviä haittoja, kuten hajua, hygieenisiä riskejä ja muuta ympäristökuormitusta. Sen talouteen vaikuttavat paitsi käytettävän teknologian investointi- ja käyttökustannukset, myös tuotteista saadut tulot/hyödyt (tuotteiden myynti, vähenevä ostopanosten tarve) sekä yhteiskunnan ohjaavien toimien vaikutukset (kannustimet, tuet). Pääsääntöisesti lannan prosessointi perustuu kuitenkin ympäristösäädöksiin ja prosessointia ohjaaviin taloudellisiin tukiin. Prosessointiteknologioiden tutkimuksen, kehittämisen ja demonstroinnin odotetaan alentavan kustannuksia sekä edistävän prosessoinnin tarkoituksenmukaista soveltamista ja käyttöönottoa.

Tämän osion tavoite on esitellä erityisesti lannan, mutta myös muiden eloperäisten materiaalien käsitteilyyn soveltuvia teknologioita sekä niiden mahdollisuuksia ravinnevirtojen hallinnassa ja energian tuotannossa. Työssä esitetään kolmeen eri mittakaavaan soveltuvia teknologioita ja teknologiaketjuja. Mittakaavat ovat tilakohtainen, usean tilan yhteinen sekä keskitetty lannan ja muiden eloperäisten materiaalien prosessointi.

### 2.2 Teknologiaskenaariot

#### 2.2.1 Tausta ja lähtöoletukset

Lannan ja muiden eloperäisten materiaalien prosessointi voidaan toteuttaa monessa eri mittakaavassa, mikä vaikuttaa prosessointiteknologian soveltuvuuteen ja talouteen ja siten sen valintaan. HYÖTYLANTA-tutkimusohjelmassa teknologiatarkastelut tehtiin kolmessa eri mittakaavassa, jotka olivat tilakohtai-

nen (tyyppitila) ja tilojen yhteinen (viisi tyyppitilaa) lantojen prosessointi sekä keskitetty prosessointi laitoksessa, jossa käsitellään lannan (kymmenen tyyppitilaa) lisäksi yhdyskuntien ja teollisuuden eloperäisiä materiaaleja (Kuva 13, Taulukko 9). Kuhunkin mittakaavaan esitettiin yksi tai useampia teknologiaskenaarioita, joissa raaka-aineet ja yksikköprosessit vaihtelivat.

Tyyppitiloiksi valittiin nauta- ja sikatilat, joilla muodostuu lietalantaa (sona + virtsa + kuivike- ja rehu-jäännökset + pesuvedet) 3000 t/a. Tyyppitilojen lietalantojen ominaisuuksien lähtökohtana käytettiin Viljavuuspalvelu Oy:ssä analysoitujen suomalaisten maatilojen lantanäytteiden ominaisuuksien keskiarvoja (Viljavuuspalvelu 2010). Pitoisuuksia nostettiin kuitenkin 15 % oletuksella, että tulevaisuudessa tuotannon vedenkulutus alenee ja sadevesien pääsy lantasaäiliöihin minimoidaan. Lannan lisäksi raaka-aineina käytettiin kasvibiomassaa (tilakohtainen ja tilojen yhteinen) sekä yhdyskuntien ja teollisuuden jättepohjaista eloperäistä materiaalia (keskitetty), jonka ominaisuudet arvioitiin kokemuksen perusteella nk. ”normilisiä aineeksi” ilman tiettyä materiaalinimikettä.

Tilakohtaisina teknologiaskenaarioina tarkasteltiin lannan jakeistusta (separointia) erilaisilla mekaanisilla menetelmillä kuiva- ja nestejakeeseen sekä biokaasuprosessia. Lisäksi esitettiin muina käsittelymahdollisuuksina kompostointi ja rakeistus. Valitut prosessit ovat esimerkkejä, sillä esimerkiksi lannan jakeistamiseen on käytettävissä mekaanisen erottelun lisäksi biologisia ja kemiallisia keinoja sekä näiden yhdistelmiä (esim. Kokkonen ja Aura 2007).

Taulukko 9. Tarkasteltavien teknologiaskenaarioiden mittakaavat ja käsiteltävät materiaalit (tonnia/vuosi).

Mittakaava	Käsiteltävät materiaalit	Käsiteltävät materiaalmäärät (t/a)
Tilakohtainen, 1 tyyppitila	Lietelanta + kasvibiomassa	3 000 + 300
Tilojen yhteinen, 5 tyyppitilaa	Lietelanta + kasvibiomassa	15 000 + 1 000
Keskitetty, 10 tyyppitilaa + muu materiaali	Lietelanta + yhdyskuntien ja teollisuuden biohajoavat materiaalit	30 000 + 30 000

Teknologiaskenaarioiden biokaasulaitoksissa on materiaalien vastaanottojärjestelmät, mahdollinen sekoitus-/tasausallas/esireaktori, biokaasureaktori, katettu jälkikaasusallas, muu laitteisto ja automaatio. Biokaasureaktorien tilavuudet laskettiin noin 25 vuorokauden viipymällä ja kuormituksella 2-3 kgVS/m<sup>3</sup>d (VS = orgaaninen aines). Mikäli biokaasuprosessin syöttöseoksen kuiva-ainepitoisuus (TS) nousi yli 14 %, syöttöseosta oletettiin laimennettavan käsittelyjäännöksestä erotetulla nestejakeella tai muulla vedellä. Teknologiaskenaarioissa biokaasulaitoksiin sisällytettiin myös materiaalien esijakeistus (jako kuiva- ja nestejakeeseen) ja käsittelyjäännöksen jatkojalostustekniikoita (jakeistus, strippaus, struviittikiteytys). Käsittelyjäännöksen jakeistus oletettiin tehtävän lingolla, jolla päästään runsaan 30 %:n kuiva-ainepitoisuuteen kuivajakeessa, kun nestejakeen kuiva-ainepitoisuus saadaan laskettua alimmallaan alle 3 %:iin. Käsittelyjäännöksen ravinteiden erottumista eri jakeisiin tarkasteltiin massataseilla, jotka laskettiin tiedossa olevien reunaehtojen ja kokemukseräisten arvioiden perusteella (mm. Paavola ja Rintala 2008). Jatkojalostustekniikoiden yhdistelmä (jakeistus + strippaus + struviittikiteytys) laskettiin osin teoreettisesti, koska käytännön kokemuksia, tietoja ja kustannuksia kyseisestä prosessiyhdistelmästä ei ole saatavilla. Strippauksessa ammoniumsulfaatin talteenottotehokkuudeksi oletettiin 75 %, vaikka 90 % saantokin on mahdollinen (Bonmati ja Flotats 2003, Lei ym. 2007). Tässä skenaariossa tavoitteena oli kuitenkin tuottaa strippauksen läpi käyneestä jakeesta vielä struviittia, jonka tuottamiseen tarvitaan myös ammoniumtyppeä.



Kuva 13. Biokaasulaitoksia tarkasteltiin eri mittakaavoissa. Keskitetyt biokaasulaitokset voivat käsitellä useita eri syöttömateriaaleja (vasen: Biovakka Suomi Oy, Vehmaan laitos, Kuvaaja: Teija Paavola, MTT). Maatilakohtaisissa biokaasulaitoksissa keskitytään yleensä maatalan omien materiaalien käsittelyyn (oikea: MTT Maaningan maatilakohtainen biokaasulaitos, Kuvaaja: Sari Luostarinen, MTT).

Raaka-aineiden metaanintuottopotentiaaleina käytettiin seuraavia arvoja (Gunaseelan 1997, Angelidaki ja Ellegaard 2003, Kaparaju 2003, Møller ym. 2004, Lehtomäki 2006, Paavola ja Rintala 2006, Seppälä ym. 2008, Seppälä ym. 2009, Paavola ja Rintala):

- naudan lietelanta  $200 \text{ m}^3 \text{CH}_4/\text{t-VS}_{\text{lis}}$  (lisättyä orgaanista ainesta VS kohden),
- sian lietelanta  $320 \text{ m}^3 \text{CH}_4/\text{t-VS}_{\text{lis}}$ ,
- kasvibiomassa/säilörehu  $350 \text{ m}^3 \text{CH}_4/\text{t-VS}_{\text{lis}}$
- muu biohajoava  $400 \text{ m}^3 \text{CH}_4/\text{t-VS}_{\text{lis}}$ .

Keskitetyn käsittelyn skenaarioissa lannan metaanintuottopotentiaaleja pienennettiin 10 % , sillä käsittelyjännöksen viipymä jälkikaasualtaassa on tilalaitoksia lyhyempi. Jakeistuksella tuotetun kuivajakeen metaanintuottopotentiaaleja puolestaan pienennettiin 20 % verrattuna lietelantaan, koska suhteessa suurempi osa metaania tuottavasta aineksesta jää tiloilla sellaisenaan käytettävään nestejakeeseen (Møller ym. 2002, Møller ym. 2004, Burton 2007, Sommer ym. 2008, Paavola ja Rintala). Biokaasuprosessin oletettiin lisäävän liukoisen typen ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) määriä seuraavasti: naudan lietelanta 20 % , sian lietelanta 30 % ja muu biohajoava 60 % . Kasvibiomassassa  $\text{NH}_4\text{-N}$ - osuuden kokonaistypestä ( $\text{N}_{\text{tot}}$ ) biokaasuprosessin jälkeen oletettiin olevan 65 % (Lehtomäki 2006).

Eri käsittelyjen vaikutuksia tuotettujen jakeiden/tuotteiden hyödyntämismahdollisuuksiin kasvintuotannossa tarkasteltiin typen ja fosforin levitysindeksin (N:P-indeksi) avulla. Lantaperäisten jakeiden levitysindeksi laskettiin nykyisten ympäristötuen sitoumusehtojen mukaisesti huomioiden kaikki materiaalien sisältämä liukoinen typpi ja 85 % kokonaisfosforista sekä peltolevitysraajat 90 kgN/ha ja 20 kgP/ha. Näillä ravinnesuhteilla levitysindeksi saa arvon 1.

Keskitetyt teknologiaskenaariot tuottavat lannoitevalmistelainsäädännön alaisia tuotteita. Lopputuotteiden hyödyntämismahdollisuuksia kasvinravinteina arvioitiin esittämällä peltokäyttö eri ravinteiden määrittelemänä levityspinta-aloina. Levityspinta-alat laskettiin käyttäen levitysmääriä 170 kg kokonaistypeä/ha, 90 kg liukoista typeä/ha ja 20 kg fosforia/ha. Lisäksi lannoitevalmisteiden fosforisisällön mukaiset levityspinta-alat esitettiin sekä kokonaisfosforin että vesiliukoisen fosforin määrillä, sillä käsiteltävien materiaalien alkuperä vaikuttaa ravinteiden huomioimiseen. Mikäli skenaarioiden laskennassa käytetty normilisäaine on ihmisperäistä, kuten puhdistamolietettä, levityspinta-alan laskennassa huomioidaan 40 % kokonaisfosforista, muissa tapauksissa levityspinta-ala lasketaan vesiliukoisen fosforin määrän perusteella.

Työssä esitettyjä skenaarioita ja laskelmia voidaan hyödyntää arvioitaessa eri teknologioiden soveltuvuutta lantojen ja muiden eloperäisten materiaalien käsittelyyn eri mittakaavoissa. Lisäksi voidaan arvioida teknologioiden vaikutuksia materiaalien ravinteiden jakaantumiseen ja teknologioilla tuotettavissa olevien lopputuotteiden ominaisuuksiin sekä edelleen peltokäyttömahdollisuuksiin. Biokaasuskenaariot antavat myös arviot tuotettavissa olevan energian määrästä. On kuitenkin huomattava, että laskelmat ovat vain suuntaa-antavia eivätkä siten sellaisenaan suoraan todellisiin tilanteisiin sovellettavissa.

## 2.2.2 Tilakohtainen prosessointi

### 2.2.2.1 Jakeistus

Tilakohtaisen lietalannan jakeistuksen tavoitteena voi olla kuiva-aineen erottaminen, ravinnesuhteiden muuttaminen eri jakeissa tai biokaasuprosessiin kuljetettavan materiaalin erottaminen. Mekaanisten erottelumenetelmien kyky erottaa kiintoainetta ja ravinteita vaihtelee (Kuva 14). Mallitiloilla eri jakeistusmenetelmillä, ruuvikuivain, seulaerotin ja linko, tuotettavissa olevien jakeiden määrät ja ominaisuudet on esitetty taulukossa 10 (koottu Hjorth ym. 2010 referoimista julkaisuista). Vertailun vuoksi mukana on myös kuivalantajärjestelmä (Claesson ja Steineck 1991, Viljavuuspalvelu 2010). Lingolla ja ruuvikuivaimella päästään selvästi seulaerotinta korkeampaan kuivajakeen kuiva-ainepitoisuuteen. Toisaalta seulaerotin erottelee tyypeä ja fosforia tehokkaammin kuin ruuvikuivain, mutta tuotettu kuivajae on lähinnä lietalannasta konsentroitua kiintoainesta (TS 9-14 %), joka ei esimerkiksi pysy kasalla. Korkeimpaan kuiva-aineen ja ravinteiden erottelutehokkuuteen, erityisesti fosforin osalta, päästään lingolla. Jakeistusta voidaan tehostaa saostuskemikaaleilla, mutta saostuksessa yleisimmin käytettävät rauta- ja alumiiniyhdisteet sitovat saostamansa fosforin käytännössä kasveille käyttökelvottomaan muotoon. Toisaalta tehokkaammalla jakeistuksella saadaan suurempi osa esimerkiksi metaania tuottavasta organisesta aineesta siirrettyä kuivajakeeseen ja edelleen biokaasulaitokseen.



Kuva 14. Biokaasulaitoksen käsittelyjännöksen separointia ruuvikuivaimella. Kuvaaja Perttu Virkajärvi, MTT.

Markkinoilla on tällä hetkellä useita erilaisia jakeistukseen soveltuvia laitteistoja, jotka eroavat toisistaan mm. kapasiteetin ja investointikustannusten suhteen. Kapasiteetiltaan noin 5-6 m<sup>3</sup>/h käsittelevän ruuvikuivaimen hinta on luokkaa 35 000 €, seulaerotin 25 000 € ja lingon 100 000 €. Ruuvikuivaimissa on kapasiteettia jopa 50 m<sup>3</sup>/h asti, jolloin hinta on noin 50 000 €. Käytännössä tilakohtaisessa prosessoinnissa voidaan käyttää tilan omaa laitteistoa, tilojen yhteistä laitteistoa tai urakointia. Jakeistamalla tuotetut jakeet varastoidaan erikseen, mikä jakaa aiemman varastointikapasiteetin kahteen yksikköön ja voi siten lisätä perusinvestointeja.

Taulukko 10. Teknologiaskenaarioiden laskelmissa käytettyjen tyyppitilojen lietelantojen, kasvibiomassan ja keskitetyn biokaasulaitoksen muun biomateriaalin määrät ja ominaisuudet sekä eri jakeistustekniikoilla tyyppitiloilla tuotettavissa olevien kuiva- ja nestejakeiden määrät ja ominaisuudet.

Raaka- aine/ tila- tyyppi	Jakeistus- teknologia		Massa			Kuiva-aine (TS)			Orgaaninen aine (VS)			Kokonaistyyppi (Ntot)			Liukoinen tyyppi (Nliuk)			Kokonaisfosfori (Ptot)		
			M t	EK %		M t	Pit. %	EK %	M t	Pit. %	EK %	M kg	Pit. %	EK %	M kg	Pit. %	EK %	M kg	Pit. %	EK %
Nautatila	Lietelanta	Lietelanta	3000		189	6,3		161	5,4		10500	3,5		6300	2,1		1800	0,6		
		Nestejae	2790		127	4,5		108	3,9		9660	3,5					1566	0,6		
	Ruuvi- kuivain	Kuivajae	210	7	62	30	33	53	25	33	840	4,0	8				234	1,1	13	
		Nestejae	2280		89	3,9		73	3,3		7035	3,1					1080	0,5		
	Seula- erottimet	Kuivajae	720	24	100	14	53	85	12	53	3465	4,8	33				720	1,0	40	
		Nestejae	2490		70	2,8		59	2,4		7140	2,9		5292	2,1		558	0,2		
	Linko	Kuivajae	510	17	119	23	63	101	20	63	3360	6,6	32	1008	2,0	16	1242	2,4	69	
		Nestejae	1725		29	1,7					4313	2,5		3105	1,8		173	0,1		
Kuivalanta- järjestelmä	Virtsa	1725	50	371	22	93				9315	5,4	68	2933	1,7	49	2760	1,6	94		
	Kuivike- lanta																			
Sikatila	Lietelanta	Lietelanta	3000		120	4,0		102	3,4		13200	4,4		8700	2,9		2700	0,9		
		Nestejae	2820		89	3,1		75	2,7		12144	4,3					2322	0,8		
	Ruuvi- kuivain	Kuivajae	180	6	31	17	26	27	15	26	1056	5,9	8				378	2,1	14	
		Nestejae	2310		60	2,6		51	2,2		9636	4,2		6699	2,9		1755	0,8		
	Seula- erottimet	Kuivajae	690	23	60	9	50	51	7	50	3564	5,2	27	2001	2,9	23	945	1,4	35	
		Nestejae	2760		60	2,2		51	1,8		10956	4,0		7221	2,6		864	0,3		
	Linko	Kuivajae	240	8	60	25	50	51	21	50	2244	9,4	17	1479	6,2	17	1836	7,7	68	
		Nestejae	1770		14	0,8					9375	5,3					750	0,4		
Kuivalanta- järjestelmä	Virtsa	1230	41	369	30	96				7500	6,1	44				3000	2,4	80		
	Kuivike- lanta																			
Kasvibiomassa	Säilörehu		300		84	28		75	25		2100	7,0		95	0,3		252	0,8		
			1000		280	28		250	25		7000	7,0		315	0,3		840	0,8		
Yhdyskunnat, teollisuus	Muu bio- hajoava raaka-aine		30000		6000	20		4800	16		195000	6,5		9000	0,3		15000	0,5		

M = määrä, Pit. = pitoisuus, EK = erottelukerroin eli jakeistuslaitteiston erottelukerroin ko. ominaisuuden suhteen, arvioitu kirjallisuuden ja muun käytettävissä olevan aineiston perusteella

### 2.2.2.2 Biokaasukäsittely

Teknologiaskenaarioiden tyyppitilan biokaasulaitoksessa käsitellään yksinomaan tilan lanta tai lisäksi kasvibiomassaa. Käsitellyn lannan varastointiin on katettu allas, jolloin tuotetaan ja otetaan talteen myös nk. jälkikaasua. Sekä sika- että nautatyyppitilan lannan energian tuotto on 320–330 MWh/a. Mikäli lisäsyötteenä käytetään vuosittain säilörehua 300 t TP (tuorepaino) on energian tuotto noin 620 MWh/a (Taulukko 11; tarkemmin Liite 4, Taulukko 1). Samalla laitoksen oman energiankulutuksen osuus energiasisällöstä laskee noin 26 %:sta 19 %:iin. Biokaasuprosessissa käsitellyn sian ja naudon lietelannan N:P-suhde on 1,1, kun käsittelemättömän naudon lietelannan N:P-suhde on 0,92 ja sian lietelannan 0,84 (Taulukko 11; tarkemmin Liite 4, Taulukko 1). Biokaasukäsittely yksittäisenä prosessina parantaa siis lietelannan hyödynnettävyyttä peltokäytössä erityisesti sikatiloilla. Säilörehun käyttö lisäsyötteenä (300 t TP/a) tuottaa molemmilla lietelannoilla käsitteilyjäännöstä, jonka N:P-suhde on 1.

Taulukko 11. Tyyppitilojen biokaasulaitoksissa käsiteltävät raaka-aineet ja niiden energiasisältö sekä N:P-indeksi (vrt. käsittelemätön naudon lietelanta 0,92, käsittelemätön sian lietelanta 0,82).

Tyyppitila	Raaka-aine	Määrä (t/a)	Energiasisältö (MWh/a)	Levitysindeksi (N:P-indeksi) <sup>1</sup>
Nautatila	lietelanta	3 000	321	1,1
	lietelanta + säilörehu	3 000 + 300	615	1
Sikatila	lietelanta	3 000	326	1,1
	lietelanta + säilörehu	3 000 + 300	620	1

<sup>1</sup> Levitysindeksin (N:P-indeksin) laskentaperiaate: 90 kg NH<sub>4</sub>-N/ha ja 20 kg Ptot/ha. Huomioidaan NH<sub>4</sub>-N sellaisenaan ja 85 % kokonaisfosforista.

### 2.2.2.3 Kompostointi

Tilalla syntyvä kuivalanta tai jakeistettu kuivajae voidaan kompostoimalla jatkojalostaa markkinalkelpoiseksi tuotteeksi, mikä mahdollistaa kompostin sisältämien ravinteiden ohjaamisen hyödynnettäväksi maatilalla ulkopuolella. Kompostointi voidaan toteuttaa teknisesti joko aumassa tai suljetuissa kompostoreissa. Aerobisena prosessina kompostointi vaatii riittävää kaasunvaihtoa, joka riippuu sekä kompostoitavan materiaalin partikkelikoosta, massan kosteudesta että kompostointimenetelmästä. Aumakompostoinnissa hienojakoista ainesta sisältävällä lantakompostilla kriittinen kosteuspitoisuus on 50–60 %, karkealla aineksella se voi olla jopa 75 % (Paatero ym. 1984). Kuivalannan koostumuksesta ja käytetyistä kuivikkeista riippuen tukiaineen lisäys voi olla tarpeen. Biokaasulaitoksen käsitteilyjäännöksestä jakeistettu kuivajae on pääsääntöisesti niin hienojakoista, että sen kompostointi vaatii onnistuakseen tukiainetta.

Kompostoinnissa tapahtuu lähes aina ravinnehäviöitä joko valuntavesien mukana tai ammoniakkin haihtumisessa. Huuhtoutumistappioita voidaan välttää huolehtimalla kompostoitavan massan riittävästä kuiva-ainepitoisuudesta. Typen haihtuminen ammoniakkin tai syntyvän nitraatin pelkistymistuotteina (N<sub>2</sub>O ja N<sub>2</sub>) voi olla 25–60 % typen kokonaismäärästä (Paatero ym. 1984). Tärkein ammoniakkin haihtumiseen vaikuttava tekijä lannan kompostoinnissa on ilmanvaihdon määrä, jota seuraavat massan C:N-suhde ja typpi-, erityisesti ammoniumpitoisuus, kompostoinnin alussa (Käck 1996). Käckin (1996) mukaan lietelannasta erotetun kuivajakeen (TS 20 %) typpihäviöt olivat suurimmillaan 13 % alkuperäisestä tyyppistä, mutta häviöt pienenevät kuiva-ainepitoisuuden noustessa 30 %:iin. Intensiivisen 10 vrk:n kompostoinnin jälkeen yli 90 % alkuperäisestä tyyppistä oli sitoutunut orgaaniseen muotoon (Käck 1996). Tämä puolestaan johtaa hitaaseen lannoitusvaikutukseen, koska orgaaninen typpi vapautuu varsin hitaasti kasvien käyttöön.

Kompostointi vaikuttaa myös fosforin liukoisuuteen. Mineralisoitunut fosfori ei yleensä pidäty uudelleen orgaaniseen muotoon ja kompostoituneen karjanlannan fosforista noin 70 % on veteen

tai laimeaan happoon liukenevaa (Paatero ym. 1984). Eloperäiseen ainekseen sekoittunut fosfori pysyy käyttökelpoisena kasveille pitkään, koska orgaaninen aine hidastaa fosforin pidättymistä maan kivennäisainekseen.

Työtehosteiden selvityksen mukaan lannan auma- tai rumpukompostointi nostaa lannankäsittelyn kokonaiskustannukset noin kolminkertaisiksi tavanomaiseen liete- tai kuivalantamenetelmään verrattuna (Klemola ja Malkki 1995). Kustannuksia nostavat erityisesti kompostoinnissa tarvittavat tukiaineet ja kompostorin sekä tarvittavien rakennusten investointikustannukset. Aumakompostoinnissa laite- ja rakennusinvestoinnit ovat rumpukompostointia pienemmät, mutta vastaavasti työnmenekki on suurempi.

#### 2.2.2.4 Rakeistus

Mekaanisesti erotetusta kuivajakeesta voidaan tuottaa markkinakelpoista tuotetta peltokäytön ulkopuolella käytettäväksi myös rakeistamalla/pelletöimällä. Kuivajakeita joudutaan kuitenkin kuivamaan ennen rakeistusta, mikäli halutaan tuottaa käsittelyä kestäviä ja lannoitevalmisteasetuksen hyväksymiä rakeita, ja kuivaaminen vaatii runsaasti energiaa. Kosteaa raekasa alkaa helposti kuumentua ja voi ruveta jopa kytämään.

Tilakohtaista rakeistusta ja markkinointia tehdään paikallisesti Suomessa ainakin yhdellä strutsitilalla (Vuorinen 2010), mahdollisesti muuallakin. Rakeistuksessa merkittävä osa helppoliukoisista ravinteista menetetään ja lopputuote soveltuukin lähinnä runsaasti fosforia vaativiin käyttökohteisiin.

### 2.3 Tilojen yhteinen prosessointi

Tilojen yhteisinä teknologiaskenaarioina tarkastellaan viiden tyyppitilan yhteenliittymää, joissa käsitellään tiloilla muodostuvat lannat joko sellaisenaan tai jakeistettuna (Liite 4, Taulukko 2). Osassa vaihtoehtoista hyödynnetään myös kasvibiomassaa lisäsyötteenä.

Perusskenaariona on yhteinen biokaasulaitos, joka käsittelee tiloilla muodostuvan lannan (Liite 4, Taulukko 2). Laitoksessa on katettu jälkikaasullas noin yhden kuukauden lantamäärälle, jonka jälkeen lopputuote siirretään varastosäiliöihin kullekin tilalle. Lanta voidaan kuljettaa biokaasulaitokselle ja edelleen laitokselta varastosäiliöihin/käyttöön sellaisenaan (vaihtoehdot A1 ja B1). Tilojen yhteislaitos voi käyttää lannan lisäksi biokaasulaitoksen raaka-aineena kasvibiomassaa.

Vaihtoehtoissa A2 ja B2 käsitellään viiden tilan lietelanta sellaisenaan ja lisäksi 1 000 tTP/a kasvibiomassaa (säilörehua) eli n. 40 ha tuotto (Liite 4, Taulukko 2). Kasvibiomassan lisäys nostaa energiantuottoa 54 – 55 % verrattuna pelkän lannan käsittelyyn. Lietelantaa hyödyntävien biokaasulaitosten käsittelyjäännöksen jakeistuksen vaihtoehtoa ei ole tarkasteltu, koska sillä ei voida lähtöaineeseen verrattuna tuottaa merkittävästi erilaisia jakeita. Tehokkaimmalla jakeistusmenetelmällä (linko) päästään alimmillaan nestejakeessa hieman alle 3 %:n TS-pitoisuuteen ja biokaasuprosessin jälkeen nautan lietelannan TS-pitoisuus on jo 4,4 % ja vastaavasti sian lietelannan 2,8 %. Tilannetta ei juuri muuta 1000 tTP/a kasvibiomassan lisäys, mutta nautatilojen yhteislaitoksen käsittelyjäännös (TS 5 %) voitaneen jakeistaa lingolla nestejakeeseen ja kuivajakeeseen (esitetty vaihtoehtona skenaarissa A2).

Tilojen yhteisessä prosessoinnissa lanta voidaan esijakeistaa tiloilla, jolloin biokaasulaitokselle kuljetetaan vain kuivajake (Liite 4, Taulukko 2). Mikäli lanta jakeistetaan ruuvikuivaimella kaikilla tiloilla ja vain kuivajakeet kuljetetaan biokaasulaitukseen, nousee syötön TS-pitoisuus yli tavoitteena olleen 14 %:n, jolloin syöte on laimennettava joko vedellä tai käsittelyjäännöksen jakeistuksen nestejakeella. Tällöin laitokseen kuljetettavan lannan kuivajakeen määrä on nautatiloilla 1050 t/a (TS 30 %) ja sikatiloilla 900 t/a (TS 17 %) ja syötteen tavoite TS-pitoisuuteen pääseminen edellyttää nautatiloilla yli 2000 m<sup>3</sup>/a laimennusnestettä ja sikatiloilla 280 m<sup>3</sup> (B3). Nautatiloilla voidaan myös kuljetettavan kuivajakeen TS-pitoisuus laskea 30 %:sta noin 20 %:iin, jolloin lanta pysyy edelleen kasalla. Tällöin kuljetettavan lannan määrä on 1575 t/a ja tarvittavan laimennusnesteen määrä 860 m<sup>3</sup>/a (A3). Käytännössä todennäköinen vaihtoehto tilojen yhteiskäsittelyssä on, että biokaasulaitoksessa käsitellään yhden tilan lanta sellaisenaan ja neljän tilan kuivajake, jolloin syötet-



tä ei tarvitse laimentaa (A4.1 ja B4.1). Jakeistettuja lantoja käsittelevän biokaasulaitoksen käsittelyjäännös voidaan jakeistaa vielä biokaasuprosessin jälkeenkin (A4.2 ja B4.2).

Jakeistuksen yhteydessä tiloille jätettävän nestejakeen N:P-suhde on nautatiloilla 1 (Liite 4, Taulukko 2), jolloin nestejakeella pystytään tietyissä tapauksissa (viljavuusluokka huono-tydyttävä) täyttämään esimerkiksi ohran lannoitus kokonaan. Sikatiloilla nestejakeen N:P-suhde on 0,94, jolloin esimerkiksi ohralle annetaan lisäksi epäorgaanista tyyppiä typpilannoituksen tavoitetasoon pääsemiseksi. Lietelantaa ja kasvibiomassaa käsittelevien laitosten käsittelyjäännöksen N:P-suhde on 1,1.

Naudan lietalantaa ja kasvibiomassaa käsittelevän biokaasulaitoksen käsittelyjäännöksen jakeistukseen voinee kannustaa ravinteiden hyvä erottuvuus eri jakeisiin (Liite 4, Taulukko 2). Nestejakeen N:P-suhde olisi 4,7, mikä parantaisi sen hyödynnettävyyttä fosforirajoitteisilla alueilla selvästi. Samalla raaka-aineiden sisältämästä fosforista noin 70 % saataisiin erotettua kuivajakeeseen.

Naudan ja sian lietalannan kuivajakeita käsittelevien biokaasulaitosten (A4.1 ja B4.1) käsittelyjäännöksen N:P-suhde jää tyypin liukoistumisesta huolimatta fosforipainotteiseksi (0,84 ja 0,63; Liite 4, Taulukko 2). Lietelantojen kuivajakeitakin käsittelevät biokaasulaitokset voivat kuitenkin tuottaa typpipainotteisia lopputuotteita jakeistamalla käsittelyjäännöksen (A3, A4.2 ja B3, B4.2). Tällöin nestejakeen N:P-suhde on naudnan lantaa käsittelevissä laitoksissa 2,4–2,6 ja sian lantaa käsittelevissä 1,9–2,0. Tällöin nestejakeella voidaan täyttää typpilannoitustarpeet fosforipitoisuuden rajoittamatta, lukuun ottamatta viljavuusluokkia korkea ja arveluttavan korkea.

Viiden tilan yhteinen biokaasulaitos tuottaa energiaa lietalantaa käsiteltäessä 1610–1630 MWh/a, jolloin laitos kuluttaa noin 19 % tuotetusta energiasta (Liite 4, Taulukko 2). Ruuvikuivauksella erotettuja kuivajakeita käsittelevät laitokset tuottavat 340–660 MWh/a (A3-4, B3-4). Ts. tiloille jätettävän nestejakeen mukana menetetään merkittävä osa lannan energiantuottopotentiaalista (jopa lähes 80 %). Energiapotentiaalin menetys johtuu ruuvikuivaimen alhaisesta orgaanisen aineen (VS) erotustehokkuudesta (kuivajakeeseen vain 26–33 % lietalannan VS:stä; Taulukko 10). Biokaasulaitoksen käsittelyjäännöksen jakeistus lingolla kuluttaa eri skenaarioissa 1–2 % raaka-aineiden energiasällöstä.

Jakeistuksen ja biokaasulaitoksen yhdistelmää voidaan optimoida käyttämällä linkoa myös tiloilla, jolloin vaikutetaan sekä energiatuottoon että ravinteiden jakaantumiseen. Ns. optimointiskenaarioissa (A5 ja B5), joita käsitellään myös tämän raportin talous- ja ympäristövaikutuksia käsittelevissä osioissa, neljällä tilalla jakeistetaan biokaasulaitokseen kuljetettava kuivajake lingolla ja yhden tilan lanta käsitellään sellaisenaan (Liite 4, Taulukko 2). Lisäksi laitokseen lisätään kasvibiomassaa sen verran energiasisältönä kuin jakeistuksen yhteydessä tiloille jäävän nestejakeen mukana menetetään. Nautatilojen yhteislaitoksessa kuljetettavan kuivajakeen määrä on 2040 tTP/a ja tarvittava kasvibiomassa/säilörehulisäys 952 tTP/a. Lisäksi tarvitaan 870 m<sup>3</sup>/a laimennusvettä (nestejake). Nautatilojen biokaasulaitoksen energiantuotto on tällöin 1810 MWh/a. Sikatilojen yhteislaitoksessa tiloille jäävää nestejakeita korvaamaan tarvitaan 832 tTP/a kasvibiomassaa. Syötettä ei tarvitse laimentaa, mikä pienentää tarvittavaa reaktorikokoa suhteessa nautatilojen vastaavaan laitokseen. Sikatilojen yhteislaitoksen energiantuotto on 1580 MWh/a. Jos kasvibiomassaa olisi käytettävissä esimerkiksi 2000 tTP/a, nousisi biokaasulaitosten energiantuotto tasolle 2600–2700 MWh/a. Tosin kasvibiomassan käsittelymäärän nosto kasvattaa myös laitosten reaktorikokoa.

Esijakeistus lingolla on myös ravinteiden, erityisesti fosforin, jakeistuksen kannalta ruuvikuivainta tehokkaampi vaihtoehto. Tiloille jäävän lingolla erotetun nestejakeen N:P-suhde on nautatiloilla 2,5 ja sikatiloilla 2,2 (vrt. vastaavasti ruuvikuivaimella nautatilat 1 ja sikatilat 0,93). Käsittelyjäännöksen linkoamisella voidaan edelleen tuottaa optimointiskenaarioiden yhteislaitoksissa typpipitoista nestejakeita (N:P-suhde on 1,7–1,8). Lisäksi biokaasulaitoksen raaka-aineiden sisältämästä fosforista noin 70 % jää kuivajakeeseen.

## 2.4 Keskitetty käsittely

Keskitetyssä käsittelyssä tarkastellaan kymmenen tyyppitilan lannan ja muun eloperäisen materiaalin yhteiskäsittelyä biokaasulaitoksessa jakeistus- ja jatkojalostusteknologioita hyödyntäen. Keski-

tettyjen biokaasulaitosten yhteydessä olisi mahdollista käyttää useita erilaisia lannoitustuotteiden valmistusteknologioita. Liitteen 4 taulukossa 3 on esitetty valittuja vaihtoehtoja, eri lopputuotteiden määrät ja ominaisuudet sekä niiden levityspinta-alat kasvintuotannossa.

Perusskenaario on lietelannan ja muun biohajoavan käsittely sellaisenaan (A1.1 ja B1.1; Liite 4, Taulukko 3) tai jakeistettuna lingolla nestejakeeseen ja kuivajakeeseen (A1.2 ja B1.2). Keskitetyssä käsittelyssä lanta voidaan esijakeistaa tiloilla, jolloin vain kuivajae kuljetetaan biokaasulaitokseen. Syötteen laimentaminen edellyttää tällöin kierrätysvettä nautavaihtoehdossa (A2.1) 18500 t/a ja sikavaihtoehdossa (B2.1) 16300 t/a. Kierrätysveden tarvetta voidaan vähentää käsittelemällä osa lannasta lietelantana.

Skenaarioissa A2.2 ja B2.2 käsitellään viiden tyyppitilan lietelannat ja viiden tyyppitilan kuivajae. Tällöin kierrätysveden tarve vähenee ja on nautavaihtoehdossa 6000 t/a ja sikavaihtoehdossa 1500 t/a. Skenaarioissa A3 ja B3 käsitellään tyyppitilojen lannat sellaisenaan muun biohajoavan kanssa, mutta käsittelyjäännöksen nestejakeen ravinteet väkevöidään strippausprosessin ja struviittikiteytyksen avulla.

Keskitetyn käsittelyn biokaasulaitokset tuottavat laskennassa käytetyillä raaka-aineilla pääsääntöisesti peltokäytön kannalta kokonaistyyppirajoitteisia lopputuotteita (A1.1-2, A2-2 ja B1.1, B2.1-2; Liite 4, Taulukko 3). Sikavaihtoehto B1.2 tuottaa liukoisen typen perusteella levitettävää nestejaetta. Vastaavassa nautavaihtoehdossa (A1.2) tähän ei laskennallisesti päästä, koska liukoista typpeä sisältävää kierrätysvettä joudutaan käyttämään sikavaihtoehtoa enemmän syötteen laimentamiseen. Todellisuudessa kierrätysvesi alkaisi väkevöityä, jolloin tyyppipitoisuudet nousisivat jonkin verran myös laitoksesta ulos tulevissa lopputuotteissa.

Keskitetyissä laitoksissa voidaan jakeistettua nestejaetta käsitellä edelleen esimerkiksi strippausprosessissa (A3 ja B3; Liite 4, Taulukko 3) ja tuottaa pelkästään liukoista typpeä sisältävää väkevöityä nestettä, kuten ammoniumsulfaatti. Ammoniumsulfaattia voidaan hyödyntää myös pelloilla, joille fosforia ei saa lainkaan levittää, ja sen kuljettaminen lähialueita pidemmälle on taloudellisesti mielekkäämpää. Ammoniumsulfaattia voidaan ko. vaihtoehdoissa tuottaa laskennallisesti 1300–1700 tTP/a, ammoniumtyppisisällöltään 65–84 t/a.

Strippauksesta jäljelle jäänyt neste sisältää edelleen ravinteita, joita voidaan ottaa talteen esimerkiksi kiteyttämällä ne struviitiksi (magnesiumammoniumfosfaatti) leijupetireaktorissa (Doyle ja Parsons 2002, Altınbaş 2009). Struviitti on hidasliukoinen fosforilannoite, joka sisältää myös typpeä. Struviittikiteytyksellä saadaan talteen loput liukoiset ravinteet, mutta todennäköisesti ei kaikkia liukenemattomassa muodossa olevia. Strippauksesta jäljelle jäänyttä nestettä voidaan käsitellä myös muilla tavoin, kuten haihduttamalla, jolloin päästäneen korkeampaan kokonaisravinteiden talteenottotehokkuuteen. Haihdutuksessa lähes kaikki ravinteet saadaan väkevöityä, ainoastaan typpeä karkaa pieniä määriä lauhteen mukana.

Perusskenaarion mukainen keskitetty biokaasulaitos tuottaa energiaa noin 22100 MWh/a (Liite 4, Taulukko 3). Biokaasulaitos kuluttaa noin 5 % tuotetusta energiasisällöstä. Kaiken käsiteltävän lietelannan esijakeistuksessa tiloille jäävä nestejake alentaa tässä kokoluokassa biokaasulaitoksen energian tuottoa noin 10 % (A2.1 ja B2.1), kun taas käsittelyjäännöksen linkous kuluttaa alle 1 %:n energiasisällöstä. Strippausprosessin energiankulutus on luokkaa 60 kW/m<sup>3</sup> (Heilä 2010), jolloin nestejakeen strippaus kuluttaa noin 13 % raaka-aineiden energiasisällöstä (A3 ja B3). Struviittikiteytyksen energian kulutusta ei ole riittävällä tarkkuudella tiedossa. Vaihtoehtoisesti strippauksesta jäljelle jääneen nestejakeen haihdutus kuluttaisi sähköä 20 kW/m<sup>3</sup> (Heilä 2010) eli vuositasolla arviolta 900 MWh/a. Ko. kokoluokan haihdutuslaitteiston investointikustannus on noin 1,0 milj. € (Heilä 2010). Kaiken kaikkiaan yhdistelmä biokaasulaitos + linkous + strippaus + haihdutus kuluttaisi siis energiaa noin 23 % raaka-aineiden energiasisällöstä.

Keskitettyä käsittelyä arvioitaessa on huomattava, että sekä laitoksen energian tuottoon että lopputuotteiden ravinteiden määrään ja ravinnesuhteisiin vaikuttaa oleellisesti lisäsyötteenä käytettävän raaka-aineen ominaisuudet, koska sen määrä suhteessa muihin raaka-aineisiin on huomattava. Kasvinravinnekäytön kannalta oleellista on materiaalin sisältämä typpi ja sen liukoistuminen prosessissa. Sopivilla raaka-ainevalinnoilla voidaan keskitetyssä käsittelyssä tuottaa selvästi tässä esitettyjä korkeampia liukoisen typen pitoisuuksia, jolloin lopputuotteiden peltokäyttömahdollisuudet ovat

paremmat. Keskitetyssä käsittelyssä jatkojalostuksella voitaneen tuottaa lannoitevalmisteiden lisäksi myös teollisuuden prosesseissa hyödynnettäviä ravinnetuotteita.

## 2.5 Hevosen, broilerin ja turkiseläinten lannan käsittely

Suomessa lantaa muodostuu eniten nauta- ja sikatiloilla, minkä vuoksi työssä edellä keskityttiinkin lähinnä näiden käsittelyyn. Lantaa muodostuu myös broilerin tuotannossa sekä hevos- ja turkistiloilla, joilla lantaa käsitellään pääasiassa kompostoimalla. Lantoja voidaan käsitellä myös biokaasulaitoksilla, lähinnä yhdessä muiden materiaalien kanssa, sillä ko. materiaalien yksinomaista käsittelyä pidetään haastavana. Lisäksi lannoissa voi olla runsaasti kuivikkeita esim. turvetta tai sahanpurua, jotka pääsääntöisesti tuottavat vain vähän tai ei lainkaan metaania.

Hevosenlannan polttoa voidaan arvioida päästöjen perusteella. VTT ja Työtehoseura tutkivat sahanpuru- ja turvekuivikkeita käyttävien lantojen (sona + virtsa) polttoa yhdessä hakkeen kanssa (Puustinen ym. 2009). Kuivikkeiden osuutta ei tarkemmin määritelty. Lantasaahanpuru- ja lantaturveseosten tehollinen lämpöarvo kuiva-aineessa oli vastaavasti 18,6 ja 15,8 MJ/kg. Hakkeen lämpöarvo oli vastaavasti n. 18,6 MJ/kg. Koepoltot tehtiin seoksella, jossa lantaa (ja kuiviketta) oli massasta 40 % ja loppu oli kuivaa haketta. Suurempi lannan osuus heikensi nopeasti polttotuloksia. Koepolttoissa useat jätteiden polttoon sovelletut päästöarvot ylittyivät. Lanta-sahanpuruseos paloi puhtaammin kuin lanta-turveseos. Toisaalta koepoltton päästöt olivat useiden parametrien mukaan samaa suuruusluokkaa kuin puun pienpoltton päästöt.

Työtehoseuran tekemässä kirjallisuuskatsauksessa (julkaisematon) lannan epähomogeenisuutta ja ominaisuuksien muuttumista pidettiin erityisen haastavina hevosen lannan poltossa ja polton päästöjen hallinnassa. Täten hevosen lannan polttoon pienkattiloissa ei voida antaa selkeää yksinomaista ohjetta. Päästöt voivat ylittyä eikä tuhkan ravinteiden hyödyntämisestä ole tietoa. Tyypihävikit lienevät merkittäviä. Lisäksi on huomattava, että lannan poltto rinnastetaan Korkeimman hallinto-oikeuden vuosikirjapäätöksen mukaan (KHO:2009:61) jätteenpolttoon, jolle on annettu erityiset vaatimukset polton päästöille ja niiden seurannalle. Käytännössä poltto on siis nykyisin mahdollista vain suurissa jätteenpolttolaitoksissa, jotka täyttävät jätteenpolttodirektiivin edellytykset.

## 2.6 Johtopäätökset ja suositukset

Ympäristötekniikan prosesseilla voidaan tuottaa lannasta ja muusta eloperäisestä materiaalista erilaisia tuotteita. Työssä on esitetty sekä todennäköisiä että jatkokehittämistä vaativia teknologivaihtoehtoja käytännön toteutuksiin. Kussakin kohteessa käyttöön otettavan teknologian valinta perustuu raaka-aineisiin, energian tuotantotavoitteisiin, ravinnetuotteiden käyttökohteisiin sekä koko tuotantoketjun ympäristövaikutuksiin.

Erilaisilla jakeistusteknologioilla lannan ja muiden eloperäisten materiaalien ravinteet voidaan erotella nestemäisiin ja kiinteisiin jakeisiin tavoitteen mukaisesti. Biokaasulaitoksissa osa kokonaistypistä muutetaan liukoiseen ammoniumtyyppimuotoon. Prosessointimenetelmien tavoite on parantaa ravinnevirtojen hallittavuutta. Biokaasulaitosten tehokas ja taloudellinen toiminta edellyttää pääsääntöisesti biokaasun energiasisällön mahdollisimman tehokasta hyödyntämistä (yhdistetty sähkön ja lämmön tuotanto, liikennepolttoaine) sekä lannan lisäksi muiden eloperäisten materiaalien, kuten kasvibiomassojen käyttöä. Käsittelyn ympäristöhyötyjen maksimointi edellyttää koko käsittelyketjun toteutusta siten, että päästöt minimoidaan ketjun kaikissa vaiheissa.

Seuraavassa on esitetty johtopäätöksiä teknologioista sovellusmittakaavan mukaan jaoteltuna:

**Tilakohtainen prosessointi** (1 tyyppitila, lietelantaa 3000 t/a, lisäsyötteenä kasvibiomassaa 300 t/a)

- Jakeistukseen voidaan käyttää erilaisia mekaanisia menetelmiä kuten ruuvikuivausta, seulaerottelua ja linkoa
- Eri jakeistustekniikoiden kyky erottaa kiintoainetta ja ravinteita vaihtelee

- Lingolla ja ruuvikuivaimella päästään seulaerotinta korkeampaan kuivajakeen kuiva-ainepitoisuuteen (TS)
- Seulaerotin erottelee ravinteita hieman tehokkaammin kuin ruuvikuivain, mutta tuotettu kuivajae on lähinnä konsentroitua kiintoainesta (TS 9-14 %), joka ei esimerkiksi pysy kassalla
- Linko erottelee erityisesti fosforia tehokkaammin kuin ruuvikuivain ja seulaerotin
- Mekaanisilla erottelumenetelmillä voidaan lietelannasta tuottaa nestejaetta, jonka peltolevitys voidaan tehdä liukoisen typen mukaan
- Flokkulantin/saostuskemikaalin käytöllä voidaan tehostaa fosforin erottumista kuivajakeeseen, mutta saostuskemikaalit voivat vaikuttaa ravinteiden käyttökelpoisuutta heikentävästi
- Biokaasulaitos tuottaa energiaa yhden tyyppitilan lietelannasta bruttona 320–330 MWh/a
- Biokaasulaitosprosessointi lisää kasveille käyttökelpoisen typen määrää (lannoilla 20–30 %), jolloin käsittelyjäännös on useissa tapauksissa levitettävissä liukoisen typen perusteella
- Säilörehun lisäys (300 t/a) lannan mukaan kaksinkertaistaa tyyppitilan bruttoenergian tuoton (~620 MWh/a) ja käsittelyjäännöksen ravinteet vastaavat paremmin kasvien lannoitustarpeita
- Lantaa korkeamman metaanintuottopotentialin omaavien raaka-aineiden, kuten säilörehun, käyttö raaka-aineena alentaa biokaasulaitoksen energiankulutuksen osuutta tuotetusta energiasisällöstä

**Tilojen yhteinen prosessointi** (5 tyyppitilaa, lietelantaa 15 000 t/a, lisäsyötteenä kasvibiomassaa ~1000 t/a)

- Biokaasulaitoksen bruttotuotto viiden tyyppitilan lietelannoista on 1610–1630 MWh/a
- Lietelantaa käsittelevän laitoksen käsittelyjäännöksen mekaanisella jälkijakeistuksella ei voida tuottaa lähtöaineeseen verrattuna merkittävästi erilaisia jakeita, koska lietelannan kuiva-ainepitoisuus on biokaasuprosessin jälkeen alhainen
- Jos tilajakeistus ruuvikuivaimella tehdään neljällä tilalla ja yhden tilan lanta käsitellään lietelantana, on biokaasulaitoksen bruttoenergian tuotto 600–660 MWh/a
- Käsittelyjäännös voidaan edelleen jakeistaa, jolloin lopputuloksena erittäin fosforirikas kuivajae ja alhaisen fosforipitoisuuden nestejae
- Kaikkien viiden tilan lietelantojen jakeistus tiloilla ja pelkän kuivajakeen kuljetus biokaasulaitokselle aiheuttaa syötteen laimennustarpeen (syötteen tavoite-TS 14 %)
- Laimennusnesteen tarvetta voidaan, erityisesti nautatiloilla, alentaa laskemalla tilajakeistuksen tavoite TS-pitoisuus 20 %:iin (kuivajae pysyy edelleen kasalla)
- Energian bruttotuotto ruuvikuivatusta kuivajakeesta biokaasulaitoksella on 340–430 MWh/a, tiloille jäävän nestejakeen mukana menetetään jopa 80 % lietelannan metaanintuottopotentialista
- Mekaanisilla erottelumenetelmillä voidaan lietelannasta tuottaa nestejaetta, jonka peltolevitys voidaan tehdä liukoisen typen mukaan
- Ravinteiden, erityisesti fosforin, ja orgaanisen aineen erotusta kuivajakeeseen voidaan tehostaa käyttämällä tilajakeistukseen linkoa tai lingon erotustehokkuutta vastaavaa menetelmää
- Tiloille jäävän nestejakeen hyödynnettävyys kasvaa, koska kasveille käyttökelpoisen typen määrä suhteessa fosforiin kasvaa
- Biokaasulaitoksen energiantuotanto voidaan säilyttää vähintään lietelantalaitoksia vastaavalla tasolla hyödyntämällä biokaasulaitoksessa vastaava määrä kasvibiomassaa kuin nestejakeen mukana tiloille jäävän orgaanisen aineen mukana menetetään (bruttotuotto nautatilojen yhteislaitoksessa 1810 MWh/a ja sikatilojen vastaavassa 1580 MWh/a)
- Saostuskemikaalien ja flokkulantin käytöllä on mahdollista parantaa ravinteiden erotusta ja samalla kuivajakeen energian bruttotuottoa (enemmän orgaanista ainetta kuivajakeeseen), mutta ravinteiden käyttökelpoisuus riippuu käytetystä saostuskemikaalista

**Keskitetty käsittely** (lietelantaa 30 000 t/a ja muuta biohajoavaa 30 000 t/a)

- Biokaasulaitos tuottaa energiaa raaka-aineista sellaisenaan 22 000 MWh/a (laitoksen energiakulutus 5 % tuotetusta)

- Lopputuote luokitellaan lannoitevalmisteeksi, jolloin levityspinta-alojen laskennassa on huomioitava kokonaistyyppi, liukoinen tyyppi ja vesiliukoinen fosfori analyysin mukaan tai puhdistamolieteperäisiä raaka-aineita käsittelevissä laitoksissa 40 % kokonaisfosforista (vrt. lantalaitoksissa 85 % kokonaisfosforista)
- Nestejakeen erottaminen tiloilla (tiloille jäävä nestejake ~28 000 t/a) ja kuivajakeen käsittely biokaasulaitoksessa yhdessä muun biohajoavan kanssa tuottaa ~20 000 MWh/a
- Jatkojalostusteknologioilla voidaan jälkijakeistuksen avulla tuotetusta nestejakeesta tuottaa edelleen konsentroituja ja yksilöidymiä ravinnetuotteita, esimerkiksi
- Strippaus → typpivesi tai ammoniumsulfaatti
- Struviittikiteytys → magnesiumammoniumfosfaatti

### **Suosituks:**

Tilakohtainen ravinteiden käytön optimointi edellyttää tehokkaiden jakeistusteknologioiden käyttöä, kuten linkoa, ja jakeistus- ja fraktiointimenetelmien ym. teknologioiden kehittämistä tilakokoluokkaan soveltuviksi ravinteiden käyttökelpoisuus huomioiden

Tehokas biokaasun tuotanto edellyttää tapauskohtaisesti soveltuvien materiaalien, kuten teollisuuden ja yhdyskuntien sivuvirtojen, lannan ja peltobiomassojen, käytön edistämistä

Biokaasuprosessin energiataseen parantaminen edellyttää prosessiteknologioiden ja operointimenetelmien kehittämistä (mm. sähköä kuluttavien toimintojen optimointi ja lämpöhäviöiden minimointi)

Jalostettujen lannoitevalmisteiden ja ravinnetuotteiden tuottaminen markkinoille ja siten siirtäminen maatalouden ravinnekeskittymien ulkopuolelle edellyttää taloudellisia kannustimia jalostusteknologioiden kehittämiseen ja käyttöönottoon kaikissa mittakaavoissa (tutkimus- ja tuotekehitysrahoitus, laitteistohankintojen tukeminen, mahdollinen kierrätysravinteiden tuotantotuki tai ”syöttötäri”)

Lannoitevalmisteiden ja ravinnetuotteiden jatkojalostusteknologioiden kehittämistä tulee tarkastella myös markkinoiden tarpeiden kautta (markkinaselvitys kysyntää omaavista tuotteista sekä lannoitevalmisteina että ravinnetuotteina teollisuuden prosesseissa)

Ravinteiden ja energian yhteistuotannon tehokkuuden parantaminen ja ympäristövaikutusten minimointi edellyttää koko prosessointiketjun hallintaa (hyötysuhteiden parantaminen, mm. biokaasun käyttö, päästöjen vähentäminen kaikissa vaiheissa, mahdollisten metaanipäästöjen käsittely)

---

## Lähteet

---

- Angelidaki, I. ja Ellegaard, L. 2003. Codigestion of manure and organic wastes in centralized biogas plants. *Applied Biochemistry and Biotechnology* 109: 95-105.
- Altinbaş, M. 2009. Nitrogen recovery via struvite production. Teoksessa: Cervantes, F. (toim.). *Environmental Technologies to Treat Nitrogen Pollution: Principles and Engineering*. IWA Publishing, Lontoo. ss. 239-268.
- Bonmati, A. ja Flotats, X. 2003. Air stripping of ammonia from pig slurry: characterisation and feasibility as a pre- or post-treatment to mesophilic anaerobic digestion. *Waste management* 23: 261-272.
- Burton, C. 2007. The potential contribution of separation technologies to the management of livestock manure. *Livestock Science* 112: 208-216.
- Claesson, S. ja Steineck, S. 1991. *Växtnäring* hushållning - miljö, SLU speciella skrifter 41:1-69.
- Doyle, J. ja Parsons, S. 2002. Struvite formation, control and recovery. *Water Research* 36: 3925-3940.
- Gunaseelan, V. 1997. Anaerobic digestion of biomass for methane production: A review. *Biomass and Bioenergy* 13: 83-114.
- Heilä, J. 2010. Suullinen tiedonanto. Biovakka Suomi Oy.
- Hjorth, M., Christensen, K.V., Christensen, M.L. ja Sommer, S.G. 2010. Solid-liquid separation in theory and practice. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 30: 153-180.
- Kaparaju, P. 2003. Enhancing methane production in a farm-scale biogas production system. *Jyväskylä Studies in Biological and Environmental Science* 124. Väitöskirja. Jyväskylän yliopisto. 84 s.
- Klemola, E. & Malkki, S. 1995. Lannan rumpukompostointi. *Työtehoseuran maataloustiedote* 4: 1-12.
- Kokkonen, A. ja Aura, E. 2007. A new technology to process swine manure - multi-step biological and chemical treatment. In: *International symposium on air quality and waste management for agriculture: CD-Rom proceedings of the 16-19 September ASABE Publication Number 701P0907cd. 2007 conference (Broomfield, Colorado) Publication date 16, September 2007.* 7 p.
- Käck, M. 1996. Ammoniakemissionen bei der Kompostierung separierten Feststoffe aus flüssigmist in belüfteten Rottreaktoren. Diss. 193 s.
- Lehtomäki, A. 2006. Biogas production from energy crops and crop residues. *Jyväskylä Studies in Biological and Environmental Science* 163. Väitöskirja. Jyväskylän yliopisto. 91 s.
- Lei, X., Sugiura, N., Feng, C. ja Maekawa, T. 2007. Pretreatment of anaerobic digestion effluent with ammonia stripping and biogas purification. *Journal of hazardous materials* 145: 391-397.
- Møller, H., Sommer, S. ja Ahring, B. 2002. Separation efficiency and particle size distribution in relation to manure type and storage conditions. *Bioresource Technology* 85: 223-229.
- Møller, H., Sommer, S. ja Ahring, B. 2004. Methane productivity of manure, straw and solid fractions of manure. *Biomass and Bioenergy* 26: 285-295.
- Paatero, J., Lehtokari, M. ja Kemppainen, E. 1984. Kompostointi. 269 s.
- Paavola, T. ja Rintala, J. 2006. Effect of hygienisation (1 hour at 70 °C) on methane production of manure, biowaste and sewage sludge. *Proceedings Venice 2006, Biomass and Waste to Energy Symposium, Venetsia, 29.11.-1.12.2006.* (CD-rom).
- Paavola, T. ja Rintala, J. 2008. Effects of storage on characteristics and hygienic quality of digestates from four co-digestion concepts of manure and biowaste. *Bioresource Technology* 99: 7041-7050.
- Paavola, T. ja Rintala, J. Effect of hygienisation (1 h at 70 °C) and solid/liquid separation on the characteristics of sewage sludge, manure and biowaste. *Käsikirjoitus*.
- Puustinen, H., Kajolinn, T., Pellikka, T., Kouki, J. ja Vuorio K. 2009. Hevosennannan poltossa ilmaan vapautuvien päästöjen karakterisointi. VTT tutkimusraportti VTT-R-0125-0

- Seppälä, M., Paavola, T., Lehtomäki, A., Pakarinen, O. ja Rintala, J. 2008. Biogas from energy crops – optimal pre-treatments and storage, co-digestion and energy balance in boreal conditions. *Water Science and Technology* 58.9: 1857-1863.
- Seppälä, M., Paavola, T., Lehtomäki, A. & Rintala, J. 2009. Biogas production from boreal herbaceous grasses – Specific methane yield and methane yield per hectare. *Bioresource Technology* 100: 2952-2958.
- Sommer, S., Maahn, M., Poulsen, H., Hjorth, M. ja Sehestedt, J. 2008. Interactions between phosphorus feeding strategies for pig and dairy cows and separation efficiency of slurry. *Environmental Technology* 29: 75-80.
- Viljavuuspalvelu. 2010. Lantatilastot 2000–2004. Saatavilla: [www.viljavuuspalvelu.fi](http://www.viljavuuspalvelu.fi).
- Vuorinen, A. 2010. Suullinen tiedonanto. Elintarviketurvallisuusvirasto Evira.

---

## 3 Lannan tehokkaamman hyödyntämisen taloudelliset ja rakenteelliset vaikutukset tila- ja aluetasolla

---

Heikki Lehtonen, Jarkko Niemi, Kauko Koikkalainen ja Marja Knuutila

### 3.1 Taloustarkastelun tausta ja tavoitteet

Maataloudessa on vahva pyrkimys tilakoon kasvattamiseen, erikoistumiseen ja tätä kautta tuottavuuden parantamiseen. Taustalla ovat maatalouden kustannukset, jotka ovat olleet 1,38–1,67-kertaiset markkinatuotoihin nähden vuosina 2000–2008. Maataloustuotteiden markkinahintojen alenemista on osittain kompensoitu maatalouden tukea kasvattamalla. Maatilojen talous olisikin olennaisesti heikompi ilman julkista tukea, ja tilanne on samansuuntainen, joskaan ei yhtä vaikea, myös muissa EU-maissa. Investointeihin, joiden tulisi parantaa maatalouden tuottavuutta, kannustetaan Suomessa investointitukien avulla. Samalla muuta maataloustukea on irrotettu tuotantopäätöksistä. Näin ollen investointituella ja maatalouden ympäristöohjauksella on kasvava vaikutus maatalouden tuotantoon ja rakennekehitykseen. Lannan käsittelyä ja hyödyntämistä koskevat säädökset ovat avainasemassa kotieläintuotannon investointeja toteutettaessa.

Maatalouden ja erityisesti kotieläintalouden rakennekehitys, eli tilakoon kasvu ja tilojen lukumäärän väheneminen, on ollut Suomessa suhteellisen nopeaa, ja kehityksen ennakoidaan myös jatkuvan nopeana seuraavat 10 vuotta (Pyykkönen ym. 2010). Maatalouden tuottavuuden kasvun hyötyjä on kuitenkin syönyt yhtä nopea kustannusten nousu. Peltoalasta, jota tarvitaan lannanlevitystä ja rehuntuotantoa varten, on pulaa ja peltomaan vuokra- ja kauppahinnat ovat nousseet varsinkin alueilla, joilla kotieläintiloja on paljon ja joilla tilakoko on kasvanut voimakkaasti. Kasvaville kotieläintiloille tämä on merkinnyt lisäkustannuksia. Ravinnevalumien vähentäminen on näistä lähtökohdista vaikeaa, koska paremman tuottavuuden tavoittelu erikoistumisen ja mittakaavaetujen kautta johtaa usein suuriin eläin- ja ravinnemääriin hehtaaria kohden sekä voimaperäiseen ja usein yksipuoliseen rehukasvien viljelyyn.

Tuottavuuden ja tuotannon kasvua tavoitteleva kotieläintila joutuu kuitenkin huomioimaan myös ympäristön ja lannalle tarvittavan peltoalan. Lannanlevitystä säätelevät EU:n nitraattidirektiivi (91/676/ETY) ja maatalouden ympäristötukiehdot rajoittavat vuotuisen kokonaistyyppilannoituksen tasolle 170 kg/ha. Lisäksi kotieläintilojen ympäristölupien vähimmäispeltoala perustuu enimmäislannoitustasoon 20 kg lanta-P/ha (27 kg Ptot/ha). Jos kotieläintila on mukana ympäristötuessa, sen rajoitukset fosforilannoitukselle johtavat kuitenkin tätä pienempään fosforilannoitukseen.

Tyyppilannoitus on tutkimusten mukaan karjanlantaloikoilla keskimäärin suurempaa kuin epäorgaanisilla lannoitteilla lannoitetuilla. Tämä voi tarkoittaa sitä, että epäorgaanisella lannoitetyypellä halutaan varmistaa sadon onnistuminen, koska lannan tyypin lannoitusvaikutukseen ei täysin luoteta. Samoin voittoa maksimoiva kotieläintuottaja, jota markkinat ja investointitukijärjestelmä kannustavat tuottavuuteen ja suureen tilakoon, käyttää peltomaan kalleuden vuoksi hallitsemansa peltoalan maksimaalisesti hyödyksi lannanlevityksessä, vaikka kasveille riittäisi vähempikin. Tuotannon kasvaessa peltojen fosforitaseet nousevat, mikä johtaa suuriin alueellisiin eroihin peltojen P-luvuissa kuntatasolla. Kotieläinvaltaisilla alueilla maaperässä on paikoin niin paljon kertynyttä fosforia, että sitä riittäisi kahdeksikymmeneksi vuodeksi ilman lannoitustakin. (Turtola ja Ylivainio 2009). Ympäristön kannalta tällainen lannoittaminen on kyseenalaista.

Keskeinen lannanlevitystä rajoittava tekijä on lannan fosforipitoisuus ja fosforilannoitusta rajoittavat ehdot. Nämä rajoittavat myös lannan tyypin käyttöä hehtaaria kohden alemmalle tasolle kuin viljelijä tyypeä haluaisi käyttää. Esimerkiksi lypsykarjatilat joutuvat fosforirajoitteen vuoksi täydentämään intensiivisessä säilörehutuotannossa lantatyyppilannoitusta epäorgaanisella lannoitetyypellä saavuttaakseen halutun tyyppilannoitustason. Sama ongelma on myös sika- ja siipikarjatililla, joiden lannan fosforipitoisuus on korkeampi kuin nautatiloilla. Kotieläintuotantoon keskittyvillä alueilla kasvavalle lantamäärälle ei ole riittävästi peltoa ja lannan kuljettaminen alueille, joiden fosforitase on alijäämäinen, maksaa. Suomessa suurimpia fosforipitoisuuksia on mitattu Varsinais-Suomen alueella, jonne suomalainen sianlihantuotanto on keskittynyt. (Turtola ja Ylivainio 2009).



Kotieläintalouden rakennekehitys ja tuotannon keskittyminen sekä ympäristötekijöiden huomioonottamisen tarve ovat keskeisiä pellon hintaa nostavia tekijöitä Suomessa (Pyykkönen 2006). Kotieläininvestointien peltoalavaatimukset ja tilojen todelliset mahdollisuudet täyttää ne ovat kotieläintuotannon rakennekehityksen suurimpia esteitä ja rajoitteita. Samalla ostettujen teollisten epäorgaanisten lannoitteiden hinnat ovat olleet viime vuosina ajoittain hyvin korkeita, rasittaneet maatalojen taloutta ja tuoneet lisää taloudellista epävarmuutta. Alueellisesti ja yhä harvempien osaajien käsiin keskittyvän kotieläintalouden keskeisiä kysymyksiä ovat, kuinka selviytyä erityisesti lantafosforin levittämistä koskevista vaatimuksista ympäristötuesta ja ympäristölupia haettaessa, ja kuinka hyödyntää lannan ravinteet paremmin ja kohtuukustannuksella ostolannoitteen nähdessä.



Kuva 15. Eläinten määrän ja peltoalan tasapainoinen suhde on murtumassa kotieläintalouden alueellisen keskittymisen myötä. Kuvaaja Yrjö Tuunanen, MTT:n arkisto

Lietelannan jakeistamisesta eli raakalieteeseen verrattuna typpipitoisemman nestejakeen ja fosforipitoisemman kuivajakeen erottamisesta, saattaa olla hyötyä kasvavien kotieläintilojen lantaongelmien hoidossa. Jakeistamisen, johon on olemassa muutamia vaihtoehtoisia tekniikoita (ks. Luku 2), avulla on mahdollista erottaa suuri osa fosforista lietelannasta siten, että fosfori säilyy kasveille käyttökelpoisessa muodossa. Typpipitoinen nestejake on mahdollista sadetta lähialueen pelloille normaalilla kalustolla tai sijoituslevittimellä, jolloin typen hävikki levitettäessä vähenee. Typpihävikin hallinta on tarpeen, koska osa liukoisesta ja kasveille käyttökelpoisesta typestä menetetään kuivajakeeseen. Jakeistamisen pääasiallinen etu on kuitenkin se, että fosforipitoisen kuivajakeen voi kuljettaa kauemmas ja levittää fosforia tarvitseville pelloille suhteellisen pienellä kustannuksella verrattuna raakalietteen kuljettamiseen. Näin siksi, että kuivajake on tilavuudeltaan alle 10 % koko raakalietteen tilavuudesta, ja sitä levittämällä voidaan tyydyttää pellon fosforilannoitustarve useaksi vuodeksi. Kuivajake voidaan myös käsitellä biokaasulaitoksessa, josta saatava käsittelyjäännös voidaan edelleen jakeistaa kuiva- ja nestejakeisiin ja hyödyntää lannoitteina.

Suuri osa kotieläinten lannankäsittelyn kustannuksista on kuljetus- ja levityskustannuksia. Palva ym. (2009) ovat laskeneet lietelannan levityskustannukseksi 1,8–2,5 €/m<sup>3</sup> letkulevityksessä ja noin 3,2 €/m<sup>3</sup> sijoituslaitteella levitettäessä, kun levitysetäisyys on noin 1 km. Nämä arviot ovat pitkälti yhdenmukaisia tässä tutkimuksessa käytettävien levityskustannusten kanssa, jotka vaihtelevat hajalevityksen kyseessä ollessa 2,21 €/m<sup>3</sup> (1 km etäisyys) aina 4,21 €/m<sup>3</sup> (etäisyys 10 km). Arviot perustuvat vuoden 2008 kustannustasoon, joka ei ole merkittävästi muuttunut vuoteen 2010. Jakeistuksen eli kiintoaineen ja samalla fosforin erotuksen ansiosta lannan kuljetustarve on pienempi, koska lähipelloille voidaan levittää huomattavasti raakalietettä suurempi määrä typpipitoista nestejätettä. Lisäksi lannoitteiden hintamuutokset (Liite 5, kuvat 1 ja 2) vaikuttavat siihen, kuinka kauas viljelijän kannattaa lantaa kuljettaa, koska lannan sisältämien ravinteiden arvo määrittyy teollisten epäorgaanisten lannoitteiden hintojen kautta. Suurin osa jakeistuksen hyödyistä saadaan kuitenkin vähentyneistä levityskustannuksista.

Tässä tutkimusosiossa keskitytään lannan hyödyntämisen tehostamisvaihtoehtojen, erityisesti jakeistamisen ja biokaasukäsittelyn, taloudellisten vaikutusten arviointiin maatilan, koko maatalouden ja aluetasoilla. Tarkasteltavina vaihtoehtoina ovat pelkkä lietelannan jakeistaminen sekä jakeistaminen yhdistettynä tilojen yhteisiin biokaasulaitoksiin.

## 3.2 Maatalouden rakenteen, eläinten lukumäärien ja lannankäsittelyn nykytila ja kehitys perusskenaariossa

Rakennekehitys on maatalouden ja elintarviketuotannon keino sopeutua kiristyvään kilpailuun ja erittäin tärkeää maatilojen elinkelpoisuuden ja eläintuotannon säilyvyyden kannalta. Kotieläintilojen määrä on keskimäärin puolittunut aina kymmenessä vuodessa (Lehtonen ja Pyykkönen 2005, Pyykkönen ym. 2010). Rakennekehityksellä voidaan saavuttaa monia hyötyjä, kuten ottaa käyttöön työtä säästäviä tai eläinten hyvinvointia parantavia tuotantoteknologioita, joiden käyttö ei olisi mahdollista entisellä tuotantorakenteella. Erikoistumisen ja suuren mittakaavan edut kotieläintuotannossa johtavat usein suuriin eläin- ja lantamääriin verrattuna lähialueilla olevaan peltoalaan, mutta antavat myös mahdollisuuksia lantaravinteiden hyödyntämiselle ja kierrätykselle.

Olennaista kotieläintalouden lannankäsittelyn ja ravinnekierron kehityksessä on myös lantalatyypin muutos, joka tilakoon kasvaessa tarkoittaa usein siirtymistä lietelantajärjestelmään. Tämän vuoksi tehtiin arvio suurten, lähes tässä tutkimusohjelmassa käytetyn tyyppitilan (varastoitava lantamäärä 3000 m<sup>3</sup>/a) kokoluokkaa olevien maatilojen osuudesta tuotannossa vuoteen 2020. Arvio tehtiin lypsykarjatalouden osalta MTT:n DREMFA-ktorimallilla, jossa eläinten jakautuminen eri tilakokoluokkiin ja samalla investoinnit eläinpaikkoihin eri tilakokoluokissa on endogeeninen muuttuja ja riippuu tuotosten ja panosten hinnoista sekä eläinpaikalle kohdistuvista maataloustuista (Lehtonen 2001 ja 2007). DREMFA-ktorimalli huomioi tilakoon kasvun ja samalla peltoalan niukkuustekijänä ja tuottaa johdonmukaisen maatalouden ja aluetason rakennekehityksen sekä nykyisen ja tiedossa olevan maatalouspolitiikan ja lannankäsittelyn vallitessa että lannankäsittelyn tehostuessa (teknologiaskenaariot, ks. 3.3).

### 3.2.1 Perusskenaarion oletukset

Maataloustuotannon perusskenaario laskettiin DREMFA-ktorimallilla markkina- ja maatalouspolitiikkaoletusten mukaisesti, tarkoituksena on toimia ”business as usual” -vertailukohtana arvioitaessa lantaravinteiden hyötykäytön tehostumista. Perusskenaariossa maatalouden tuottavuus- ja rakennekehitys seuraavat tiedossa olevia maatalouspolitiikan muutoksia ja ennustettuja markkinahintasuhteiden muutoksia.

Maidon hintatason oletetaan alenevan maitokiintiöiden poistumisen (2014) takia noin 15 % vuoden 2009 hintatasosta (0,3882 €/l) vuosien 2011–2014 aikana. Vuonna 2014 hintataso olisi tällöin noin 33 c/l. Tämä tarkoittaa maidon reaalihintan alenemista, koska tärkeät tuotantopanokset, kuten energia ja rehuvilja, jatkavat kallistumistaan. Maailmanmarkkinoilta EU:n sisämarkkinoille välittyvät hintamuutokset oletettiin kesällä 2010 julkaisemien reaalihintaanusteiden (OECD-FAO 2010) mukaisiksi. Esimerkiksi rehuviljan reaali hinnat olisivat noin 40–50 % vuoden 2005 tasoa korkeammat vuoteen 2019 mennessä ja maitotuotteiden reaali hinnat pysyisivät maailmanlaajuisesti varsin vakaina, ts. nousisivat tuotantopanosten hinnannousua vastaa-

vasti. Koska EU:ssa on päätetty luopua maitokiintiöistä vuoteen 2015 mennessä, maidon reaalihintaa tulee eri tutkimusten mukaan laskemaan 10–20 % (Lehtonen 2007).

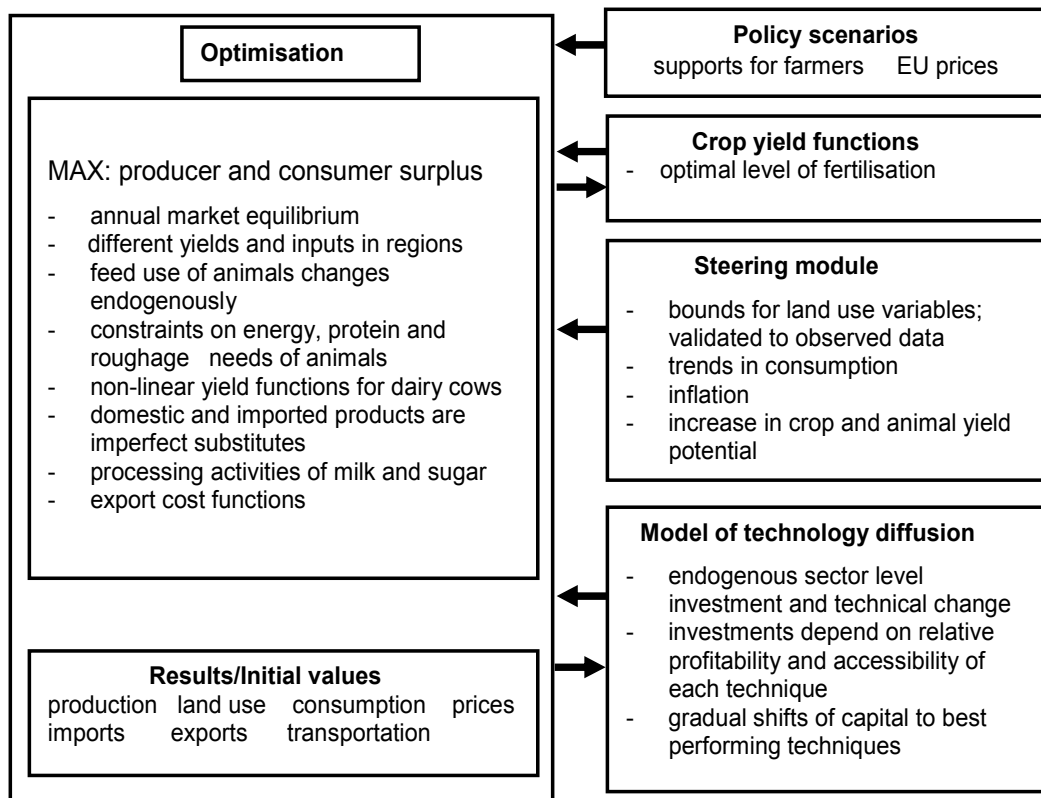
Naudanlihan reaalihintaa on kuitenkin arvioitu pysyvän noin 10–20 % korkeampana kuin 2005 (OECD-FAO 2010). Tällöin korkea viljan hinta ei merkittävästi heikentäisi naudanlihan tuotannon kannattavuutta. Samoin ennustetaan käyvän siipikarjanlihan hinnalle huolimatta viljan suuresta osuudesta tuotantokustannuksissa, lähinnä vahvana pysyvän kysynnän ansiosta. Sen sijaan sianlihan reaalihintaa odotetaan heikkenevän, eli viljan korkeana pysyvä hinta ei johtaisi vastaavassa määrin sianlihan hinnan nousuun vahvan tarjonnan vuoksi, vaan sianlihan reaalihintaa oletetaan heikkenevän yli 10 % aina vuoteen 2019 asti (OECD-FAO 2010). Erot keskeisten lihatuotteiden reaalihintojen kehityksessä, jotka periaatteessa ovat substituutteja keskenään, johtuvat OECD-FAO:n katsauksen (2010) mukaan siitä, että sian- ja siipikarjanlihan vahvistuvaan kysyntään kehittyvissä talouksissa voidaan vastata olennaisesti vahvemmin kuin naudanlihan kysyntään. Yhtenä syynä tähän on puolestaan naudanlihan tuotantoon tarvittava maa-ala ja sen niukkuus, joka ei rajoita samassa määrin sian- ja siipikarjanlihan tuotantoa. Sian- ja siipikarjanlihan tuotanto on lisäksi naudanlihan tuotantoa biologisesti tehokkaampaa, ts. rehua kuluu lihakiloa kohden vähemmän.

Lisäksi perusskenaariossa oletettiin tiedossa olevat maatalouspolitiikan mukaiset päätökset. Esimerkiksi vuoden 2008 CAP -terveystarkastuksessa sovittu AB-alueen CAP-lypsylehmäpalkkio sekä CAP-nautapalkkiot AB- ja C-alueilla budjettirajoitteineen on huomioitu siten, että yksikkötuen määrä muuttuu eläinmäärän muuttuessa kokonaistuen pysyessä samana. Samoin oletettiin maidon kansallisen tuen osalta: kansallinen tuki AB-alueella on noin 17 milj. € ja C-alueella 155 milj. €. Kansallisille nautatuille oletettiin budjettirajoitteet. Vuonna 2009 toteutettiin myös sioille ja siipikarjalle maksettavien kansallisten tukien irrottaminen eläinlääkäriltä ja maksaminen alenevana tukena kotieläintiloille. CAP-, LFA- ja ympäristötuet peltoalalle oletettiin 2009–2010 mukaisina. Kaiken kaikkiaan perusskenaariossa huomioitiin tiedossa olevat maatalouspolitiikan päätökset ja seuraavan 2014 alkavan EU-ohjelmakauden EU-tukien oletettiin olevan vuoden 2009 tasoisia.

### 3.2.2 DREMFIA-sektorimallin toimintaperiaatteet

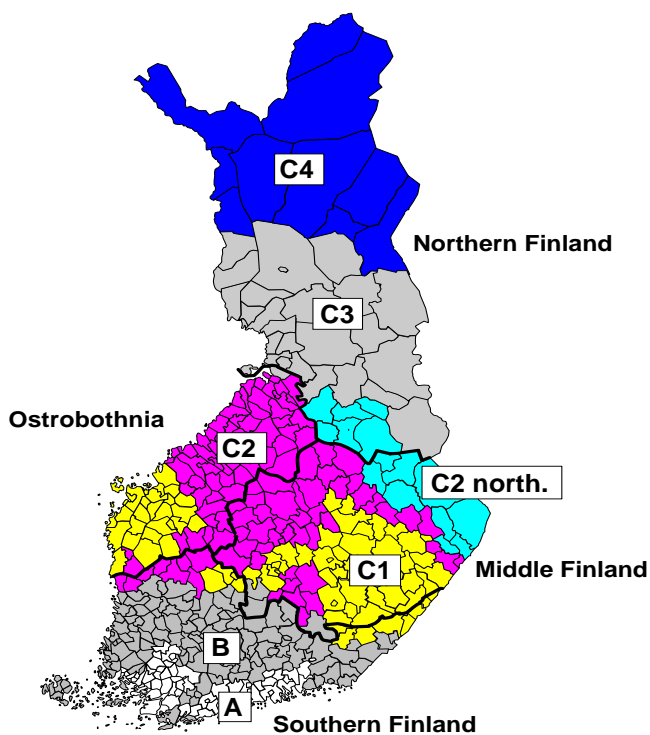
Koko maatalouden tasolla vaikutuslaskelmat tehtiin MTT:n DREMFIA -sektorimallilla, joka on Suomen maatalouden päätuotantosunnat ja niiden ulkomaankaupan kattava malli (Kuva 16). Mallissa on mukana 18 eri tuotannollista aluetta (Kuva 17) ja tarkka tukipolitiikan kuvaus (Lehtonen 2001). Tuotos- ja panoshintojen muutokset vaikuttavat eläinten ruokintaan, tuotostasoon ja pellonkäyttöön, ts. hintasuhteiden muutoksiin sopeudutaan maatalouden sisällä. DREMFIA-mallia on aiemmin käytetty mm. arvioitaessa CAP-uudistusten vaikutuksia, ml. maitokiintiöiden poistuminen, Suomen maatalouteen (Lehtonen 2007).

DREMFIA-malli on validoitu, ts. sovitettu tuotannon ja hintojen toteutuneeseen kehityksuraan 1995–(2009)2010, käyttäen perusteina ensisijassa havaittuja tuotehintoja, tuotanto- ja eläinmääriä, rakennekehitystä maitotiloilla sekä maitokiintiöiden hintoja. Rakennekehitystä on mallinnettu ns. teknologisen diffuusion mallilla, jossa on kolme eri tilakokoluokkaa: alle 20 lehmän tilat, 20–49 lehmän tilat sekä yli 50 lehmän tilat. Ensisijaisena validointiperusteena on käytetty lehmien todellista jakautumista näihin tilakokoluokkiin 1995–2010. Pääoman poistoprosentti on oletettu vakioksi ja samaksi kahdelle isommalle tilakokoluokalle, mutta pienimmän tilakokoluokan poistoprosentti on ollut pakko olettaa isommaksi, jotta voidaan selittää sen suhteellisen osuuden nopea lasku koko maan tasolla. Tämä seikka on osaltaan johtanut ja johtaa nopeaan lypsy-lehmien määrän kasvuun yli 50 lehmän tiloilla, jolloin kasvava määrä lypsylehmiä siirtyy pois kuivalantajärjestelmistä lietalantajärjestelmiin.



Kuva 16. DREMFIA -sektorimallin perusrakenne.

**Main areas and support regions**



Kuva 17. DREMFIA-mallin aluejako.

### 3.2.3 Perusskenaarion pääpiirteet

DREMFIA-sektorimallin tulosten mukaan kotieläintalouden rakennekehitys jatkuu edelleen nopeana vuoteen 2020 (Pyykkönen ym. 2010). Vuonna 2020 jo 75 % Etelä-Suomen lypsylehmistä olisi yli 50 lehmän karjoissa. Sisä-Suomessa luku olisi 55 %, Pohjanmaalla noin 65 % ja Pohjois-Suomessa noin 30 %. Lypsykarjatuisten nautojen osuus vähenee lievästi nautojen kokonaismäärästä emolehmien määrän jatkaessa hidasta kasvuaan. Myös sikatilojen ja nautoja kasvattavien tilojen koon odotetaan kasvavan ja tilalukumäärien vähe-  
nevän 1995–2008 trendin mukaisesti vuoteen 2020.

Muiden nautojen osalta DREMFIA-sektorimallista ei saada ennusteita tilaluokkajakaumista, vaikka alueelliset eläinmäärät saadaankin. Pyykkösen ym. (2010) tuottamien vertailujen mukaan Ruotsin vuoden 2007 tilaluokkajakaumat kuitenkin vastaisivat koko Suomen tilannetta vuonna 2020, jonka tueksi eri aineistoista saadaan laskettua muutostrendejä. Näiden perusteella sikataloudessa yli 60 % lihasioista olisi yli 1000 lihasian yksiköissä vuonna 2020. Lisäksi suurten, yli 100 nautapaikan tilojen osuus kasvatusnaudoista kasvaa edelleen. DREMFIA-sektorimallin perusskenaarion tulosten mukaan sianlihan tuotannon alueellisessa sijoittumisessa tapahtuisi pieniä muutoksia vuoteen 2020 tiedossa olevan maatalouspolitiikan vallitessa (mm. kansallisten 141- ja 142-tukien irrottaminen tuotannosta 2008–2009 ja sitä seuraava tuen voimakas aleneminen vuoteen 2015). Jos vuodelle 2011 ennakoitujen investointitukien tasot pysyvät jatkossa samoina, sikojen määrä kasvaisi lievästi Etelä-Suomen suuralueella ja vähenisi lukumäärältään vastaavasti, mutta suhteessa enemmän Sisä-Suomen ja Pohjanmaan suuralueilla, joilla lypsykarjatalouden asema on vahvempi ja kannattavampi. Varsinkin C-tukialueella lypsykarjatalous kilpailee jatkossa entistä vahvemmin lannanlevitysalasta ja pellosto verrattuna sikatalouteen, jonka kannattavuus heikkenee kansallisten eläintukien tuotannosta irrottamisen vuoksi. Näin tapahtuu etenkin, jos viljan hinta pysyy korkeana (OECD-FAO 2010). Maidontuotannon ja nautakarjan väheneminen Etelä-Suomessa pysähtyisi kuitenkin vähitellen osin CAP-lypsylehmäpalkkion ja investointitukien vuoksi. Nautakarjan kokonaismäärä vähenisi emolehmä tuotannon kasvusta huolimatta lievästi Sisä- ja Pohjois-Suomessa. Maidontuotannon kokonaismäärä kasvaisi muutaman prosentin Pohjanmaalla, mutta sielläkin nautakarjan kokonaismäärä lievästi vähenisi.

Maatalouden kehitys on perusskenaariossa raportoitu jäljempänä lähinnä graafisesti vertailukohtana tehostuvan lannankäytön skenaarioille. Edellä mainituista oletuksista kuitenkin seuraa, että sianlihan tuotanto vähenee 170 miljoonaan kilogrammaan eli 8 % alle kotimaisen kulutuksen tason (runsaat 184 milj. kg vuonna 2009), mikä on noin 20 % vuoden 2008 huipputasoa vähemmän (2008: 217 milj. kg; 2009: 206 milj. kg) vähemmän. Tämä alentaisi fosforitasetta suuressa osassa sikatalousvaltaisista alueista. Sen sijaan siipikarjanlihan tuotanto ja maidontuotanto sekä naudanlihan tuotanto säilyvät likimain vuoden 2009 tasolla, joten muilta osin perusskenaario ei johda eläinten tai lantamäärien muutoksiin koko maan tasolla. *Keskeistä maatalouden rakennekehityksessä on kuitenkin se, että tuotanto voi muuttua alueellisesti, vaikka kokonaistuotanto säilyykin ennallaan.* Siihen on vaikutusta myös tehostuvalla lannankäytöllä, jota arvioidaan seuraavassa.

### 3.2.4 Lannankäsittely perusskenaariossa

Seuraavassa selvitetään lannankäsittely tilannetta vuonna 2010 koko maassa ja erikseen Satakunnan alueella, joka on keskeinen tutkimusalue hankkeen ympäristövaikutusosiossa (Luku 4).

ProAgria Keskusten Liiton Tonkka-tietokannassa on mukana 6620 navettaa, joista Satakunnassa 316. ProAgrian tietojen mukaan vuonna 2010 Satakunnassa 35 % lehmistä on lietalantanavetoissa ja 65 % kuivalantanavetoissa. Koko maassa vastaavat prosentiosuudet ovat 58 % (lietalantanavetat) ja 42 % (kuivalantanavetat). Ero selittyy pitkälti sillä, että Satakunnan lehmien sijoittuminen eri tilakokoluokkiin eroaa koko maan keskiarvotilanteesta: vuonna 2010 Satakunnassa vain 16 % lehmistä oli yli 50 lehmän tiloilla, kun koko maassa osuus oli 26 % (Taulukko 12). ProAgria Keskusten Liiton tietojen mukaan Satakunnassa kuivikepohjaisten navetoiden osuus pihattonavetoista on 32 % mutta koko maassa vain 6,5 %, joten muualla maassa lähes kaikki yli 50 lehmän tilat käyttävät lietalantajärjestelmää.

Taulukko 12. Lypsylehmien sijoittuminen (% lehmistä) eri tilakokoluokkiin koko maassa keskimäärin ja Satakunnassa 2010 (TIKE).

	1–19 lehmää	20–49 lehmää	yli 50 lehmää
Satakunta	28	56	16
Etelä-Suomi	25	48	27
Sisä-Suomi	26	52	22
Pohjanmaa	20	53	27
Pohjois-Suomi	33	49	19
Koko maa	23	50	26

MTT:n ja PTT:n rakennekehitystä arvioivassa selvityksessä (Pyykkönen ym. 2010) lypsylehmätilojen rakennekehityksen arvioidaan etenevän siten, että koko maassa keskimäärin yli 60 % lypsylehmistä olisi yli 50 lehmän karjoissa 2020. Alle 20 lehmän karjoissa olisi enää 11 % lehmistä ja 20–49 lehmän tiloilla 27 %. Satakunnassa yli 50 lehmien osuus lehmistä olisi todennäköisesti pienempi kuin koko maassa myös vuonna 2020, joskin ero todennäköisesti supistuu.

Arvion taustalla on MTT:n DREMFI-sektorimallilla laskettu arvio lypsykarjatalouden rakennekehityksestä, jota ei kuitenkaan ole saatavissa erikseen Satakunnan alueelle. Tässä tutkimuksessa tehty arvio on, että Satakunnassa noin 58 % lehmistä olisi yli 50 lehmän karjoissa 2020. Alle 20 lehmän tilojen osuus lehmistä olisi 10 % ja 20–49 lehmän kokoluokan tilojen osuus 31 %. Jos asiaa tarkastellaan DREMFI-sektorimallin suuraluejaolla, vuonna 2020 jo 75 % Etelä-Suomen lypsylehmistä olisi yli 50 lehmän karjoissa, Sisä-Suomessa 55 %, Pohjanmaalla noin 65 % ja Pohjois-Suomessa yli 30 % (Taulukko 13). Pohjois-Suomessa suurten tilojen kasvua hidastaa merkittävästi pellon heikko saatavuus lannanlevitystä varten.

Taulukko 13. Lypsylehmien sijoittuminen (% lehmistä) eri tilakokoluokkiin koko maassa keskimäärin ja Satakunnassa 2020 (MTT:n DREMFI-sektorimalli).

	1–19 lehmää	20–49 lehmää	yli 50 lehmää
Satakunta	10	31	58
Etelä-Suomi	13	12	75
Sisä-Suomi	14	31	55
Pohjanmaa	7	29	64
Pohjois-Suomi	11	57	32
Koko maa	11	28	62

Jos oletetaan, että eri kokoluokissa lantalaratkaisujen (kuivalanta, lietalanta) jakautuminen säilyy entisellään, voidaan laskea, että Satakunnassa 52 % lypsylehmistä olisi lietalantajärjestelmässä ja 48 % kuivalannassa vuonna 2020. Koko maassa lypsylehmistä olisi lietalantajärjestelmässä 80 % ja kuivalantajärjestelmässä 20 %. Näin suuri ero johtuu paitsi erilaisesta kokoluokkajakaumasta, myös siitä, että Satakunnassa kuivalantajärjestelmä on yleisempi kaikissa tilakokoluokissa kuin maassa keskimäärin. Erityisesti keskikokoiset tilat ovat yleisemmin kuivalantajärjestelmässä (64 %) kuin koko maassa keskimäärin (36 %).

Muiden nautojen kuin lypsylehmien jakautumisesta eri lantalatyypin navetoihin ei ollut saatavissa yleistyksiin riittävää, laajapohjaista dataa. Puutteellisen aineiston pohjalta tehtiin seuraava koko maata koskeva ole-

tus: vuonna 2007 yli 100 naudan tilojen osuus naudanlihantuotannosta (eläimistä) oli Suomessa noin 30 %. Jos näistä tiloista puolet oli lietalantajärjestelmässä, noin 15 % muiden nautojen kuin lypsylehmien lannasta oli lietalantajärjestelmissä 2010. Tämän osuuden voidaan arvioida kasvavan 30 %:iin vuoteen 2020 mennessä, koska isojen tilojen osuus naudanlihantuotannossa kasvaa. Nautatilojen kasvu ja erikoistuminen johtavat siihen, että asteittain kasvava osuus muiden nautojen lannasta käsitellään lietalantana. Esimerkiksi suuret välikasvatamot voivat käsitellä lannan lietalantana. Kuitenkin 70 % muista kuin lypsykarjatilojen naudoista oletetaan edelleen pysyvän kuivalantajärjestelmässä.

Sikatilojen kohdalla valtaosa sikaloista on jo lietalantajärjestelmässä, koska etenkin suurissa ja erittäin suurissa sikaloissa lietalanta on lähes välttämätön ratkaisu, jotta sikalan työmäärä ei kasvaisi liiaksi. Koska sikatilojen koon arvioidaan kasvavan edelleen voimakkaasti seuraavalla (kuten edelliselläkin) kymmenvuotisjakosalla, käytännössä kaiken sikojen lannan arvioidaan olevan lietalantaa.

Toinen keskeinen tekijä sikatilojen lannankäsittelyssä ja lannan hyödyntämisessä on suuri ja edelleen todennäköisesti kasvava lantafosforin määrä tilan hallussa olevaa hehtaaria kohden, mikä rajoittaa lietalannan hyödyntämistä lannoitteena omalla tilalla. TIKE:n (2010) mukaan Varsinais-Suomessa ja Satakunnassa sikatilojen hallinnassa oleva peltoala on suhteellisen pieni suhteessa sikojen määrään, eli sikatiheys on vähän keskimääräistä suurempi.

Jos lasketaan varovaisillakin kertoimilla lannan typpi ja fosfori tilojen hallinnassa olevaa peltohehtaaria kohti, saadaan sikatiloilla lantafosforia näillä alueilla yli 30 kg/ha. Ympäristötuessa raja on ohralle 10 kg/ha vuodessa hyvän viljavuusluokan mailla ja 14 kg/ha tyydyttävän viljavuusluokan mailla. Satakunnassa ja Varsinais-Suomessa pellot ovat pääosin näissä luokissa, ts. huonoissa viljavuusluokissa olevia pelloja on vähän, varsinkin kunnissa, joissa sikoja on paljon. *Tällä perusteella voidaan arvioida, että keskimäärin jo noin 2/3 sianlannasta levitetään sikatilojen hallinnassa olevan pellon ulkopuolelle, osalla tiloista tätäkin enemmän.* Sikatilojen lannan liukoista tyyppiä kertyy tällöin vajaa 100 kg/ha mikä riittää hyvin rehuohran typpilannoitustarpeen tyydyttämiseen epäorgaanisilla viljelysmailla (missä esim. 90 kg/ha mahtuu ympäristötuen rajoihin ohralle). Lannan tyyppiä osalta ympäristötuki ei juuri aiheuta lisäkustannuksia, vaan sikatilojen kohdalla fosforilannoitusrajat aiheuttavat huomattavan lisäkustannuksen lannanlevityksessä ja ostolannoitteissa.

### 3.3 Teknologia- ja laajuusskenaariot

Teknologiaskenaario 1 (TS1). Kiintoaineen mekaaninen erottaminen lietalannasta

Tässä luvussa jakeistusta tarkastellaan pelkäämään fosforin erottamisessa lietalannasta kuivajakeeseen tehokkuuksilla 69 %, 40 % ja 13 % (linko, seulaerotin, ruuvikuivain; ks. Luku 2). Korkea, 69 % fosforin erotustehokkuus voidaan saavuttaa kiinteästi asennettavalla lingolla (hinta noin 100 000 €) tai fosforinerotuskyvyllään heikommalla, mutta tiloilta toiselle siirrettävällä traktorikäyttöisellä ruuvikuivaimella, jos käsitelty nestejake voidaan vielä ohjata omaan säiliönsä kiintoaineen laskeutusta varten. Nestejakeeseen jäävä kiintoaine laskeutuu sakkana esimerkiksi raakalietesäiliötä pienemmän säiliön pohjalle parissa päivässä (Heilä 2010), jonka jälkeen nesteosa voidaan hyödyntää typpilannoitteena ja kuivajake fosforilannoitteena jo aiemmin koneellisesti jakeistetun kuivajakeen tapaan. Tämä luonnollisesti lisää kustannuksia ja on mahdollista vain, jos käytössä on ylimääräinen lietesäiliö. Eräät valmistajat ilmoittavat internetsivuillaan pelkällä ruuvikuivaimella päästävän selvästi parempaan fosforin erotustehokkuuteen kuin 13 %, etenkin sianlannassa. Jos tilalla on mahdollisuus myös erotetun nestejakeen sisältämän kuiva-aineen laskeutukseen, on perusteltua väittää, että ruuvikuivaimella on mahdollisuus päästä pienin kustannuksin huomattavasti parempaan fosforin erotustehokkuuteen kuin 13 % sekä naudan- että sianlannalla.

Jakeistuksessa (separoinnissa) lanta erotellaan mekaanisesti typpipitoiseen nestejakeeseen ja fosforipitoiseen kuivajakeeseen. Lanta voidaan puristaa seulan läpi ruuvikuivaimella, joita on sekä sähkö- että traktorikäyttöisiä. Markkinoilla on myös heikompitehoisia seuloja ja nauhakuivaimia sekä tehokkaampia kuivauslinkoja, joista viimeksi mainitut ovat kalliimpia. Työ-, kone-, polttoaine- ja sähkökustannusten lisäksi menetelmästä aiheutuu laitteistosta riippuen erisuuruisia kiinteitä kustannuksia. Kylmässä tilassa mekaaninen jakeistuslaite toimii viiteen pakkasasteeseen asti. (Palva ym. 2009).

Traktorikäyttöisistä laitteista on hyötyä yhteiskäytössä. Yhteensä 80 000 kuutiota vuodessa sikalietettä tuottavat viljelijät ovat laskeneet, että lietteen jakeistuslaite maksaa yhteiskäytössä itsensä 1-1,5 vuodessa takaisin, koska ajo- ja lietteenlevityskustannuksista saatava säästö on merkittävä (Jääskeläinen 2010). On epäselvää, tulevatko kaikki työ-, käyttö- ja huoltokustannukset huomioitua viljelijöiden laskelmassa. Kaikki kustannukset huomioiden näin nopea takaisinmaksuaika ei ole yleisesti ottaen mahdollinen, ellei laitetta jaeta useiden tilojen kesken ja kaikki säästä merkittävästi lannanlevityskustannuksissa jakeistamisen ansiosta. Jakeistus vaatii sekin työtunteja, tosin vähemmän kuin lietteen ajo ja levitys useiden kilometrien päähän. Jakeistuslaitteen lisäksi voidaan tarvita tehokkaampia lietesäiliön sekoittimia ja ylimääräisten lietealtaiden rakentamista tai kuivajaevaraston kattamista.

Tässä yhteydessä valittiin tarkasteltaviksi menetelmiksi linko ja traktorikäyttöinen ruuvikuivain, koska on olemassa tietoa paitsi niiden ravinteiden erottelukyvystä, myös kustannuksista. Esimerkiksi traktorikäyttöinen ruuvikuivain käsittelee naudanalietettä noin 50 m<sup>3</sup>/h ha sianlietettä noin 80 m<sup>3</sup>/h ja vaatii konetyö- (traktori-) ja henkilötyöresursseja (Lehtinen 2010) enemmän kuin esimerkiksi sikalan yhteyteen kiinteästi asennettava linko.

Molempien tekniikoiden käyttäminen jakeistuksessa aiheuttaa huolto- ja käyttökustannuksia. Esimerkiksi 3000 m<sup>3</sup> säiliön lietelannan jakeistaminen veisi aikaa traktorikäyttöisellä ruuvikuivaimella vähintään 60 tuntia, johon ei sisälly koneen huoltoon ja puhdistukseen kuluva aikaa. Yhden 3000 m<sup>3</sup> varastoitavaa lietelantaa tuottavan tyyppitilan lannan jakeistaminen veisi vähintään puolitoista viikkoa. Jos samaa konetta jakaa esimerkiksi 4-5 tilaa, kone on toiminnassa vuoden aikana noin 6-8 viikkoa. Tarvittujen käyttökustannusten (työ-, polttoaine- ja muut traktorityökustannukset) arvioidaan olevan noin 2000 €/tila/a. Tämä lisäksi jakeistuslaitteen ja tarvittavien lietesäiliön sekoittimien ym. tarvikkeiden vuosittaisiksi huoltokustannuksiksi on arvioitu 1 % koko jakeistuksen tuotannonjärjestelyn hankintahinnasta: arviolta yhteensä 80 000 €, josta jakeistuslaite noin 60 000 €. Lisäksi on huomioitava tarvittavat sekoittimet, pumput sekä kuivajakeen varastointi, ellei sitä välittömästi jakeistamisen yhteydessä voida levittää fosforilannoitteena pelloille, mikä taas voi edellyttää kuivalannan levitysurakointipalvelujen käyttöä. Viimeksi mainitulla on kuitenkin varsin pieni osuus kustannuksista, koska kuivajakeen tilavuus on vain noin 7 % raakalietteen tilavuudesta traktorikäyttöistä ruuvikuivainta käytettäessä. Linkomenetelmää käytettäessä kuivajakeen tilavuus on 17 % naudanalantaa käsiteltäessä ja sianlantaa käsiteltäessä 8 % käsittelemättömän lietelannan tilavuudesta. Linkomenetelmän käyttökustannuksiksi on arvioitu 1000 € tilalla ja huoltokustannuksiksi 1 % hankintahinnasta (noin 1000 €) vuosittain.

Jakeistusmenetelmän ja sen käyttökustannusten lisäksi keskeistä on jakeistuksen arvioitu laajuus, eli jakeistetun lietelannan ja tarvittavien jakeistuslaitteiden määrä. Edellisten maatalouden rakennekehitykseen ja lantalatyyppilaskelmiin pohjautuen arvioitiin, kuinka suuri osa lietelannasta eroteltiin mekaanisesti kuiva- ja nestejakeisiin, joilla on erilaiset typpi- ja fosforipitoisuudet.

Päaoletuksina oli edelliseen maatalouden perusskenaarioon pohjautuen, että

- a) kaikkien yli 50 lehmän tilojen lietelanta erotetaan kuiva- ja nestejakeisiin – tämän tilakokoluokan osuus lehmistä kasvaa asteittain aina 62 %:iin vuoteen 2020
- b) asteittain kasvava osuus muiden nautojen lietelannasta, lähtien nollassa vuonna 2011 aina 15 %:iin asti, erotetaan kuiva- ja nestejakeisiin – tällöin 50 % muiden nautojen lietelannasta jakeistetaan (ottaen huomioon, että lietelannan osuus kasvaa arvioidusta 15 %:sta 30 %:iin vuoteen 2020)
- c) sianlanta erotetaan kuiva- ja nestejakeisiin, lähtien nollassa 2010 aina 75 %:iin vuoteen 2020 mennessä – syynä suurempaan osuuteen verrattuna suuriin lypsykarjatiloihin on lannan korkeampi fosforipitoisuus, joka tekee erottamisesta kannattavampaa lypsykarja- ja nautatiloihin verrattuna.

Erikseen perusskenaarion tuloksista laskettiin, kuinka suuri osuus lypsylehmistä on 2010–2020 yli 50 lehmän karjoissa ja edelleen lehmien, muiden nautojen ja sikojen määrästä (suur)alueittain vuotuinen investointitarve (jakeistuslaitteet ja biokaasureaktoreiden lukumäärä), jotta esitettyjen jakeistusskenaarioiden laajuudet saavutetaan. Nämä lasketaan tarkemmin luvussa 3.7.2., koska jakeistus- ja biokaasuinvestointien määrään tek-



nologiaskenaarioissa 1 ja 2 vaikuttavat myös DREMFIA-sektorimallin tulokset kotieläinten lukumääristä suuralueittain.

Teknologiaskenaario 1 (TS1) tarkoittaa paitsi lietelannan jakeistamista, myös kuivajakeen hyödyntämistä suuralueiden (Etelä-Suomi, Sisä-Suomi, Pohjanmaa, Pohjois-Suomi) sisällä niin, että kuivajakeen fosforia, jota ei tarvita sen tuotantoalueella, käytetään ensisijaisesti alueilla, joilla on tarvetta fosforilannoitukselle. Tämä puolestaan vähentää vastaavalla määrällä epäorgaanisten lannoitteiden fosforia.

Teknologiaskenaario 2 (TS2): Lantafosforin mekaaninen erottaminen + kuivajakeen hyödyntäminen viiden tyyppitilan (3000 t lantaa/tila/a) yhteisessä biokaasulaitoksessa, johon lisäksi säilörehua vajaa 1 000 t/a.

Tässä skenaariossa on lähtökohtana teknologiaskenaario 1 ja sen vaihtoehto, jossa lantafosfori erotetaan kuivajakeeseen tehokkuudella 69 %. Biokaasulaitos on tässä skenaariossa viiden tilan yhteislaitos, joka käyttää yhden tyyppitilan lietelannan sellaisenaan ja fosforin erotustehokkuudella 69 % jakeistetun kuivajakeen neljältä tyyppitilalta. Luvussa 2 laskettiin näin toimivalle laitokselle seuraavat ominaisuudet, jotka on kuvattu tarkemmin liitteen 6 tuotto-kustannustaulukossa:

- Naudanlantaa käyttävä viiden tilan yhteislaitos (skenaario A5: Luku 2.6 ja Liite 4, Taulukko 2):
  - Biokaasureaktori 470 m<sup>3</sup>
  - Nestejäte : 4414 tTP/a, Ntot 20,9 t/a, NH<sub>4</sub>-N 13,6 t/a, Ptot 2,06 t/a
  - Kuivajäte : 1578 tTP/a, Ntot 9,7 t/a, NH<sub>4</sub>-n 3,1 t/a, Ptot 5,5 t/a
- Sianlantaa käyttävä viiden tilan yhteislaitos (skenaario B5: Luku 2.6 ja Liite 4, Taulukko 2):
  - Biokaasureaktori 330 m<sup>3</sup>
  - Nestejäte : 3528 tTP/a, Ntot 22,4 t/a, NH<sub>4</sub>-N 21,6 t/a, Ptot 3,2 t/a
  - Kuivajäte : 672 tTP/a, Ntot 5,6 t/a, NH<sub>4</sub>-N 1,14 t/a, Ptot 7,52 t/a.

Osa laitoksen tuottamasta sähköenergiasta käytetään maatilalla, jolloin sen sähkönhankintameno katsotaan kokonaan biokaasulaitoksen tuotoksi. Lisäksi 20 % tuotetusta lämmöstä oletetaan käytettäväksi maatilalla hintaan, joka on 30 % markkinasähkön hinnasta. Laitoksen tarvitsema säilörehutäydennys tuotetaan osakastiloilla tai muilla tiloilla tilojen omakustannushintaan, ts. vähentämällä säilörehun tuotantokustannuksesta peltoalalle maksettavat tuet. Säilörehun tuottamiseen riittää keskimääräisellä satotasolla runsaan 30 hehtaarin peltoala.

Liitteessä 7 oleva naudanlantaa ja sianlantaa sekä säilörehua hyödyntävien laitosten tuotto-kustannusrakenne on laadittu esimerkinomaisesti siten, että osalle kustannuseriä on haettu hinnat eri tilastolähteistä (esim. säilörehun tuotantokustannukset), ja tilastoimattomille, kuten yleiskustannukset, on asetettu tavoitteelliset, tuloilla katettavat kustannukset. Laskelmat on tehty viitteellisiksi osoittamaan niiden kustannusten ja tuottojen tasoa, joilla tämänkaltaisen laitoksen toiminnan mitoituksen ja prosessien pohjalta voidaan päästä kannattavaan tuotantoon. Etenkin yleiskustannukset tulee ymmärtää pikemminkin tavoitteellisina kustannuksina, joilla on mahdollista päästä nollatulokseen kuvatun kaltaisella biokaasua ja lannoitteita tuottavalla biokaasulaitoksella. Toteutuviin kustannuksiin vaikuttaa moni seikka investointihankkeen rahoituksesta, kilpailutuksesta ja toiminnan toteutuksesta lähtien. Rahoituskustannusten laskennassa on käytetty vuotuista annuiteetti-kerrointa (12 vuoden takaisinmaksuaika, korkotaso 5 %), eli koko investointi oletetaan tehtäväksi täysin vieraalla pääomalla. Myydyin sähkön keskihinnaksi on oletettu 83,5 €/MWh, mikä vastaa tuuli- ja biokaasusähkölle ehdotettua tavoitehintaa (TEM 2009) tai odotettua markkinasähkön keskihintaa (64 % korkeampi kuin esim. vuoden 2008 keskihinta 51 €/MWh) investoinnin 15 vuoden pituisena kuoletusaikana. *Joka tapauksessa liitteessä 7 olevat laskelmat osoittavat, että vieraalla pääomalla investoitu viiden tilan yhteislaitos voi päästä nollatulokseen vain, jos myydyistä sähköstä saatava hinta on em. tavoitehinnan suuruusluokkaa ja lisäksi maksetaan investointiavustusta 30 %.* Kannattavuus voi parantua jonkin verran, jos osa pääomasta on esim. yhtymän omaa pääomaa, tai jos korkokanta on alempi. Tässä tapauksessa nähtiin perustelluksi käyttää 2009–2010 markkinakorkoihin nähden korkeaa korkokantaa, koska tuotot voivat merkittävästi vaihdella markkinasähkön hintojen mukana muiden investointiriskien lisäksi.

Teknologiaskenaarion 2 taloudellisia vaikutuksia laskettiin siten, että vaikutukset maataloille ovat samanlaisia kuin teknologiaskenaariossa 1, ja sen lisäksi laskettiin ensin viiden tyyppitilan tuotto- ja kustannuslaskelma teknologiaosiossa laskettujen energiasaantojen ja biokaasulaitoksen käsittelyjäännösten ravinnepitoisuuksien pohjalta. Laskettujen massa- ja ravinnemäärien sekä kyseisen biokaasulaitoksen investointikustan-

nusten perusteella arvioitiin myös suuntaa-antavasti liitteen 3 taulukon 1 laajuisen biokaasuskenaarion alue-taloudellisia vaikutuksia.

### 3.4 Taloudelliset vaikutukset tilatasolla

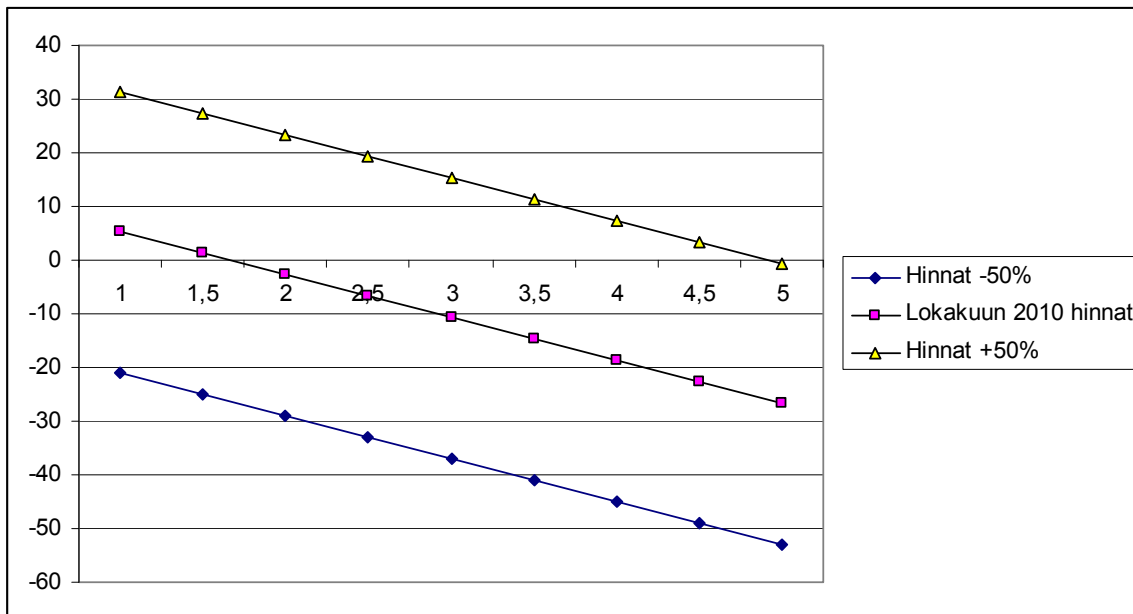
Lietelannan jakeistamisen (teknologiaskenaario 1) taloudellisia vaikutuksia sikatiloilla ja naudantalaa tuot-tavilla tiloilla arvioitiin tutkimuksessa kehitetyllä laskentatyökalulla, joka laskee lannasta aiheutuvan kustan-nusmuutoksen siirryttäessä lietelannan levityksestä lannan jakeistamiseen ja jakeiden levitykseen. Työkalu laskee lannan kuljetus- ja levityskustannukset, suuria lietemassoja levitettäessä peltojen tiivistymisestä aiheu-tuvan satotappion sekä epäorgaanisen typpilannoitteen kustannukset. Laskentatyökalu on koottu kustannus-hyöty-analyysin periaattein valmiita tilamalleja apuna käyttäen siten, että kuljetuskustannuksia ja maan tii-vistymisestä aiheutuvaa sadonmenetystä verrataan lannan ravinnesisällön kautta laskettavaan lannan arvoon. Laskentojen helpottamiseksi oletettiin, että typpitilan (ks. Luku 2.2.1) sika-, lypsykarja- tai naudatila tuottaa vuodessa 3 000 m<sup>3</sup> varastoitavaa lietelantaa (tai yleensä sonta + virtsa + kuivike- ja rehujäännöksiä). Tämä tarkoittaa sitä, että sikatilalla on noin 1500 lihasikapaikkaa (345 eläinyksikköä) ja lypsykarjatilalla vähintään 125 eläinyksikköä (esimerkiksi 100 lypsylehmää, lisäksi kasvatushiehot ja pikkuvasikat, jos sonnin- ja liha-hiehon kasvatusta on ulkoistettu). Jos lypsykarjatilalla lähes kaikki karja on lypsylehmiä ja nuorta karjaa on vähän, 3000 m<sup>3</sup> varastoitava lantamäärä syntyisi (laidunkausi huomioiden) noin 150–190 lypsylehmän nave-tassa.

Laskelmassa päivitettäviä parametreja ovat lannan kuljetus- ja levityskustannukset, epäorgaanisten typpi- ja fosforilannoitteiden hinnat ja rehuohran hinta, jonka perusteella lasketaan arvio maan tiivistymisestä aiheu-tuvasta rehuohran sadon- ja tulonmenetyksestä (MTT:n tilamallit).

Tarkkoja tilastotietoja lannan kuljetuskustannuksista tai kuljetettavista matkoista ei ole olemassa. Työteho-seuran (2005) mukaan keskimääräinen veloitus lietteen ajosta ja levityksestä 1,80 €/m<sup>3</sup>. Kuljetusmatka on tällöin kuitenkin korkeintaan pari kilometriä. Vuonna 2008 vastaava kustannus oli keskimäärin 2,21 €/m<sup>3</sup>. Laskelmassa on käytetty arviota, jonka mukaan kahden kilometrin jälkeen lantakuutiometrin kuljetus- ja levityskustannus lisääntyy 0,25 €/lisä-km (Työteho-seura 2009).

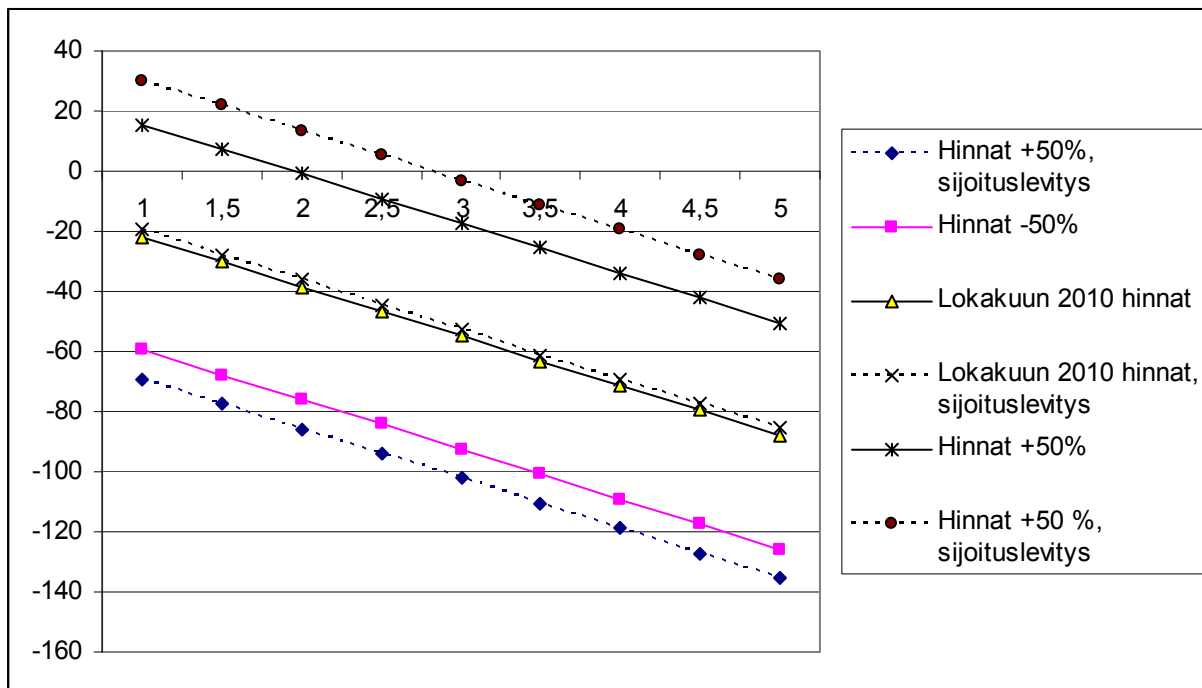
Lietelannan levitys 1,5 km päähän (eli edestakainen ajomatka 3 km) maksaa  $2,21 + 0,25 = 2,46$  €/m<sup>3</sup> ja lan-takuorman kuljettaminen 2 km päähän (edestakainen ajomatka 4 km) maksaa  $2,21 + 0,25 + 0,25 = 2,71$  €/m<sup>3</sup>. Laskelmaan syötettäviä tietoja ovat lannan edestakainen kuljetusmatka ja levitettävän lannan määrä (m<sup>3</sup>/ha). Kuvassa 14 esitetään lannan ravinteiden arvo, kun siitä on vähennetty lannan kuljetus- ja levityskustannukset sekä arvioidut sadonmenetykset pellon tiivistymisen vuoksi. Jokaisen 10 m<sup>3</sup> levitys vähentää laskelmassa ohran laskennallista satoa yhden prosentin, ja tämän menetyksen markkinahintainen arvo vähennetään, vaik-ka kyseisellä peltolohkolla ei viljeltäisikään ohraa vaan esim. säilörehua. Menetykset lasketaan rahallisena tap-piona, joka lasketaan rehuohran satomenetyksenä kerrottuna vuoden 2010 hintatasolla 150 €/t ohraa (sato 4 t/ha).

Lokakuun 2010 epäorgaanisten lannoitteiden hintatasoa (typen hinta 1 €/kg ja fosforin hinta 2,4 €/kg) on verrattu tilanteeseen, jossa hinnat ovat joko nousseet tai laskeneet 50 % (typen hinta 0,5 ja 1,5 €/kg, fosforin hinta 1,2 ja 3,6 €/kg). Tämän esimerkin mukaan pelto, jonne lanta kannattaisi kuljettaa, saisi sijaita korkein-taan 6,12 km päässä, mikäli sille levitettäisiin naudantalaa 30 m<sup>3</sup>/ha. Naudan lietelannan levitystä rajoitti laskelmassa oletettu fosforilannoitusraja 20 kg/ha (mikä täyttyy jos levitetään yli 33 m<sup>3</sup>/ha) ja sianlietteen levitystä rajoitti oletettu rajoitus 15 kg/ha (mikä täyttyy jos levitetään yli 16 m<sup>3</sup>/ha).



Kuva 18. Pellolle levitetyn sian lietalannan arvo (€/ha, pystyakseli) pellon ja lietesäiliön välisen etäisyyden (km, vaak akseli) kasvaessa, kun huomioidaan levityskustannukset ja pellon tiivistymisestä aiheutuva sadonmenetys. Epäorgaanisten lannoitteiden hintojen noustessa lietalantaa kannattaa kuljettaa kauemmas kuin alhaisemman hintatason vallitessa. Lokakuussa 2010 typen arvo salpietarilannoitteissa oli noin 1 €/kg ja fosforin 2,4 €/kg. Kaliumin arvoa ei ole huomioitu.

Kuvista 18 ja 19 voidaan päätellä, että varsinkin naudanlietalannan levitys pelloille on pääsääntöisesti tappiollista, jos lannan arvo verrataan epäorgaanisten lannoitteiden hintoihin, elleivät epäorgaanisten lannoitteiden hinnat ole epätavallisen korkeita ja kuljetusetäisyys peltolohkolle lyhyt. Levityksen laskennallinen kannattavuus paranee, jos tilalla on käytössä sijoituslevitin, jossa typen haihtumistappio on pienempi. Samalla levityskustannus nousee noin 30 % (urakkahinnat, Työtehoseura 2009), mutta levityksen arvo suhteessa epäorgaanisiin lannoitteisiin kuitenkin paranee, elleivät epäorgaanisten lannoitteiden hinnat ole epätavallisen alhaisia. Tällöin levityskustannusten nousu saattaa olla suurempi kuin paremmin hyväksikäytetyn typen arvo. Lokakuun 2010 epäorgaanisten lannoitteiden hinnoilla lietteenlevityksen arvo nousee laskelman perusteella varsin vähän, jos lainkaan, sijoituslevitykseen siirryttäessä. Sijoituslevitys kannattaa hajalevitystä huonommin, jos epäorgaanisten lannoitteiden hinnat ovat alhaisia, mutta selvästi hajalevitystä paremmin, jos epäorgaanisten lannoitteiden hinnat ovat epätavallisen korkeita (Kuva 19). *Tämä sijoituslevityksen pieni kannattavuusero suhteessa hajalevitykseen jo epäorgaanisten lannoitteiden keskihinnoilla (vrt. Liite 5, Kuva 1) tarkoittaa sitä, että sijoituslevitys yleistyy ilman julkisen vallan edistämistoimia suhteellisen hitaasti.*



Kuva 19. Pellolle levitetyn naudan lietalannan arvo (€/ha, pystyakseli) pellon ja lietesäiliön välisen etäisyyden (km, vaaka-akseli) kasvaessa, kun huomioidaan levityskustannukset ja pellon tiivistymisestä aiheutuva sadonmenetys. Epäorgaanisten lannoitteiden hintojen noustessa lietalantaa kannattaa kuljettaa kauemmas kuin alhaisemman hintatason vallitessa. Lokakuussa 2010 typen arvo salpietarilannoitteissa oli noin 1 €/kg ja fosforin 2,4 €/kg. Kaliumin arvoa ei ole huomioitu.



Kuva 20. Lietalannan sijoituslevitys lisää kalustokustannuksia ja levitysaikaa hajalevitykseen verrattuna, mutta tehostaa typen hyväksikäyttöä kasveille. Kuvaaja Tapio Tuomela, MTT:n arkisto.

Lähtökohtana kuivajakeen ja fosforin erottamisen kannattavuuden laskennassa on Luvussa 2 määritelty 3 000 t/a lantaa tuottava kotieläintila (Taulukko 9), jolla oletetaan olevan 45 hehtaaria peltoa jakautuneena yhdeksään viiden (5) hehtaarin peltolohkoihin. Peltolohkojen etäisyys tilakeskuksesta on ajokilometreinä 0,5 km, 1 km, 1,5 km, 2 km, 2,5 km, 3 km, 3,5 km, 4 km, 4,5 km ja 5 km. Laskentapohjaan voidaan luonnollisesti syöttää mikä tahansa peltolohkojen koko ja etäisyydet ajokilometreinä (peltolohkorakenne), mutta tässä yhteydessä tyydyttiin esimerkinomaiseen ja kaavamaiseen oletukseen pellon tasaisesta jakautumisesta etäisyytenä tilakeskukseen, jossa lietalantasäiliön oletettiin sijaitsevan.

Laskennassa (Taulukko 14) vertailukohtana on tilanne, jossa lietalannan fosforipitoisuuden takia oma pelto ei riitä lannanlevitysalaksi, vaan sikatilalla joudutaan levittämään 2280 tonnia ja nautatilalla 1500 tonnia lantaa tilan ulkopuolelle 10 km päähän tilakeskuksesta. Tässä lähtötilanteessa sikatilalla lannanlevityskustannus oli yhteensä noin 17 000 € ja epäorgaanisten lannoitteiden ostokustannus noin 2000 € (rehuohran lannoitustaso 90 kg N/ha, satotaso 4000 kg/ha). Nautatilalla lanta aiheutti levityskustannuksia vajaat 15 000 € ja ostolannoitekustannuksia kertyi 3 500 € (säilörehun satotaso vaatii suuremman typpilannoituksen). Oletuksena lähtötilanteessa on lietalannan hajalevitys, jossa typen hyväksikäyttö on noin 50 % eläimestä lähteneeseen tyypeen verrattuna (typpihävikki 50 % sisältää eläinsuojassa, varastoinnissa ja levityksessä syntyneet hävikit). Fosforin hyväksikäytöksi oletettiin 85 %.

Taulukko 14. Lannan jakeistamisen kustannushyödyt (€/tila) 13 %, 40 % ja 69 % fosforin jakeistus tehokkuuksilla. Tilalla varastoitava lantamäärä 3000 m<sup>3</sup>, omaa peltoa 45 ha, salpietaritypen hinta 1 €/kg, nautatilalla fosforin lannoitusraja 20 kg/ha, typen 170 kg/ha (7 peltolohkolla) ja 90 kg/ha (2 peltolohkolla) ja sikatilalla typen lannoitusraja 90 kg/ha ja fosforin 15 kg/ha. Peltolohkon koko 5 ha.

	0 %	13 %	40 %	69 %
<b>Nautatila</b>	€	€	€	€
Raakalietteen levityskustannus omille pelloille	4 800	0	0	0
Raakalietteen levityskustannus omien peltujen ulkopuolelle	10 200	0	0	0
Ostolannoitemenot	3550	4 650	4240	4650
Jakeistetun lietteen levityskustannus omille pelloille	0	2 900	3 300	2 500
Jakeistetun lietteen levityskustannus omille pelloille	0	3 900	0	0
Pellon tiivistymisestä aiheutuva satotappio	200	150	190	150
Yhteensä	18 750	11 600	7 730	7 300
<b>Erotus lähtötilanteeseen (jolloin ei jakeistusta)</b>		7 150	11 020	11 450
	0 %	13 %	40 %	69 %
<b>Sikatila</b>	€	€	€	€
Raakalietteen levityskustannus omille pelloille	2300	0	0	0
Raakalietteen levityskustannus omien peltujen ulkopuolelle	15300	0	0	0
Ostolannoitemenot	1962	1070	530	1827
Jakeistetun lietteen levityskustannus omille pelloille	0	2750	3300	0
Jakeistetun lietteen levityskustannus omille pelloille	0	3900	2200	3340
Pellon tiivistymisestä aiheutuva satotappio	108	108	162	174
Yhteensä	19670	7828	6192	5341
<b>Erotus lähtötilanteeseen (jolloin ei jakeistusta)</b>		11842	13478	14329

Investointien takaisinmaksuaikoja arvioitiin eri investointikustannuksilla, vaihtelevalla määrällä kustannuksia jakavia tiloja sekä jakeistuslaitteiden erilaisilla fosforinerotustehokkuuksilla. Tassinmaksuaikoja koskevat vertailutulokset esitetään tarkemmin taulukoissa 15–17. Taulukossa 15 esitetyn kaltaista, tilalta toiselle siirrettävää ja tehokkaaseen fosforin erotukseen pystyvää jakeistuslaitetta ei ole markkinoilla, vaan ainoastaan kiinteästi asennettavia. Ts. tällaisen laitteiston jakaminen useiden tilojen kanssa on toistaiseksi vaikeaa.

Taulukko 15. Investoinnin takaisinmaksuaika (vuotta), kun kuivajakeen ja fosforin erottamiseen tarvittavat hankintamenot yhteensä 100 000 € (ml. tehokas lietesekoitin ja pumppu) ja kustannuksia jakavia tiloja 1, 2, 3, 4, 5 ja 10 kpl. Fosforin erotustehokkuus 69 % (linko), käyttöikä 12 vuotta. Tiloilla varastoitavaa lantaa 3000 m<sup>3</sup>/tila ja omaa peltoa 45 ha. Laskennallinen korkokanta 5 %, 12 vuoden laskennallisella takaisinmaksuajalla vuotuinen annuiteettikerroin 0,11283; vuotuinen pääomakustannus 11283 €, vuotuinen huoltokustannus 1 % hankintahinnasta (1000 €) + käyttökustannus 1000 €/tila/a.

	jakeistamisen kate €	kustannus- säästö €	Takaisinmaksuaika vuosina, kun 1, 2, 3, 4, 5 ja 10 tilaa jakamassa kuluja					
			1	2	3	4	5	10
Nautatila	9368	11368	-	11,8	5,3	3,4	2,5	1,1
Sikatila	12294	15094	55,2	3,7	2,4	1,8	1,4	0,7
katemuutos per nautapaikka	€	-	-	23,5	34,9	40,5	44	50,8
katemuutos per sikapaikka	€	-	1,2	5,3	6,7	7,3	7,8	8,6



Kuva 21. Jakeistettu kuivaosa voidaan käyttää lannoitteena tehokasta kalustoa hyödyntäen kuivalannan tapaan, huomioiden kuitenkin korkea fosforipitoisuus. Kuvaaja Tapio Tuomela, MTT:n arkisto.

Taulukko 16. Investoinnin takaisinmaksuaika (vuotta), kun kuivajakeen ja fosforin erottamiseen tarvittavat hankintamenot yhteensä 80 000 € (ml. tehokas lietesekeitin ja pumppu) ja kustannuksia jakavia tiloja 1, 2, 3, 4, 5 ja 10 kpl. Fosforin erotustehokkuus 40 % (ruuvikuivain ja mahdollisuus jakeistetun nesteosan laskeuttamiseen erillisessä altaassa), käyttöikä 12 vuotta. Tiloilla varastoitavaa lantaa 3000 m<sup>3</sup> ja omaa peltoa 45 ha. Laskennallinen korkokanta 5 %, 12 vuoden laskennallisella takaisinmaksuajalla vuotuinen annuiteettikerroin 0,11283; vuotuinen pääomakustannus 9026 €, vuotuinen huoltokustannus 1 % hankintahinnasta (800 €) + käyttökustannus 2000 €/tila/a.

	jakeistamisen kate €	kustannus- säästö €	Takaisinmaksuaika vuosina, kun 1, 2, 3, 4, 5 ja 10 tilaa jakamassa kuluja					
			1	2	3	4	5	10
Nautatila	8163	10963	41,3	6,2	3,4	2,3	1,7	0,8
Sikatila	10077	12877	20,8	4,8	2,7	1,9	1,4	0,7
katemuutos per nautapaikka	€		-4,8	22,5	31,6	36,1	38,9	44,3
katemuutos per sikapaikka	€		0,7	4	5,1	5,6	5,9	6,6

Taulukko 17. Investoinnin takaisinmaksuaika (vuotta), kun kuivajakeen ja fosforin erottamiseen tarvittavat hankintamenot yhteensä 80 000 € ja kustannuksia jakavia tiloja 1, 2, 3, 4, 5 ja 10 kpl. Fosforin erotustehokkuus 13 % (ruuvikuivain), käyttöikä 10 vuotta. Tiloilla varastoitavaa lantaa 3000 m<sup>3</sup> ja omaa peltoa 45 ha. Laskennallinen korkokanta 5 %, 12 vuoden laskennallisella takaisinmaksuajalla vuotuinen annuiteettikerroin 0,11283; vuotuinen pääomakustannus 9026 €, vuotuinen huoltokustannus 1 % hankintahinnasta (800 €) + käyttökustannus 2000 €/tila/a.

	jakeistamisen kate €	kustannus- säästö €	Takaisinmaksuaika vuosina, kun 1, 2, 3, 4, 5 ja 10 tilaa jakamassa kuluja					
			1	2	3	4	5	10
Nautatila	8184	10984	40,9	6,2	3,3	2,3	1,7	0,8
Sikatila	8303	11103	38,5	6,1	3,3	2,3	1,7	0,8
katemuutos per nautapaikka	€		-4,7	22,6	31,7	36,3	39	44,5
katemuutos per sikapaikka	€		-0,5	2,8	3,9	4,4	4,8	5,4

Tarvittavat takaisinmaksuajat riippuvat myös epäorgaanisten lannoitteiden typen hinnoista, joskin suurin osa kustannussäästöistä aiheutuu levityskustannusten vähenemisestä. Edellä olevat laskelmat on tehty vuoden 2010 lokakuun salpietarilannoitteen hinnasta lasketulla typpikilon hinnalla (1 €/kg). Vuosina 2007–2008 salpietarilannoitteiden typpikilon hinta oli ajoittain tätä huomattavasti korkeampi, jopa 1,6-kertainen (Liite 5, Kuva 1). Vuoden 2009 lokakuussa epäorgaanisten lannoitteiden hintataso oli typen osalta 0,63 €/kg ja fosforilla 1,25 €/kg. Koska nautatilalla typpilannoituksen tarve rehuhehtaaria kohden on sikatilaa selvästi suurempi ja koska nautatila menettää jakeistuksessa lannan liukoista tyyppiä sikatilaa enemmän, epäorgaanisen typen kallistuminen heikentää jakeistuksen kannattavuutta nautatilalla. Sikatilalla kuitenkin epäorgaanisen typen hinnan nousu parantaa jakeistuksen kannattavuutta, koska lietelannan tyypestä on aiemmin levitetty suuri osa tilan ulkopuolelle lannan liikafosforin takia.

Sikatiloilla nestejakeen alhainen fosforipitoisuus (Taulukko 15) johtaa korkeampaan investoinnin vuosituottoon varsinkin, jos suuri osuus lietteestä on aiemmin levitetty tilan ulkopuolelle ja jakeistuksen myötä nestejake voidaan levittää lähellä oleville pelloille kauemmas kuljettamisen sijaan. Samalla sikatiloilla säästetään epäorgaanista lannoitetyyppiä. Sen sijaan nautatiloilla, joiden pelloista oletettiin olevan noin 3/4 säilörehulla ja 1/4 rehuviljalla viljelykierron vuoksi, osa liukoisesta tyypestä hukataan jakeistuksessa (nautakarjan lannassa suurempi osa liukoisesta tyypestä jää kuivajakeeseen kuin alhaisemman kuiva-ainepitoisuuden sianlannassa).

Jos naudatila ei ennestään ole joutunut levittämään kuin pienen osan lietteestä omien peltojensa ulkopuolelle, jakeistaminen voi lisätä typpilannoiteostojen määrää. Samalla kuitenkin säästetään naudatilallakin levityskustannuksissa, josta investoinnin tuotto muodostuu.

Tulosten perusteella näyttää selvältä, että vuoden 2010 tilanteen mukaan suhteellisen harvalukuiset yli 100 naudatyksikön maito- ja naudatilat eivät yksinään pysty kannattavasti investoimaan jakeistuslaitteistoon sekä muihin tarvittaviin laitteistoihin, kuten tehokkaaseen lietelannan sekoittimeen ja mahdollisesti tarvittavaan ylimääräiseen lietesäiliöön. Tehtyjen laskelmien mukaan vuotuiset kustannussäästöt alentuneina lannanlevityskustannuksina ja ostolannoitekustannuksina peittävät parhaimmillaankin vain runsaat puolet jakeistuksen aiheuttamista kustannuksista yksittäisillä tiloilla. Tämä tarkoittaa kuitenkin sitä, että yhteistyössä jo 2-3 keskimääräistä suuremman tilan kanssa investoinnit voivat olla kannattavia. Jakeistaminen alentaa lisäksi tilojen haavoittuvuutta ostolannoitteiden hintojen vaihtelulle.

Sikatiloilla lannan jakeistamisen kannattavuus on jonkin verran parempi. Jos ruuvikuivaimen ja laskeutuslaitaiden avulla päästään parempaan kuin 13 % erotustehokkuuteen pienillä lisäkustannuksilla, *jo yksittäiset sikatilat pysyvät investoimaan lietelannan jakeistamiseen kannattavasti eli selvästi alle 10 vuoden takaisinmaksuajalla*. Aivan lähiaikoina ei kuitenkaan näyttäisi todennäköiseltä, että suurilla sikatiloilla investoitaisiin kannattavasti fosforinerotuskyvyllään tehokkaisuuteen, noin 100 000 € maksaviin kiinteisiin jakeistuslinkoihin. Asia saattaa kuitenkin tulla harkinnanarvoiseksi kaikkein suurimmilla, selvästi yli 3000 m<sup>3</sup>/a lantaa tuottavilla sikatiloilla, jotka levittävät lietelannan muiden tilojen pelloille huomattavan suurella kustannuksella. Erityisesti epäorgaanisten typpilannoitteiden hinnan noustessa investoinnin kannattavuus voi parantua ja takaisinmaksuaika lyhentyä alle 10 vuoteen. Yhdessä nestejakeen sijoituslevityksen kanssa jakeistaminen voi olla hyvä yhdistelmä, jos tilalla tai alueella on sijoituslevityskalustoa. Nyt tehtyjen laskelmien mukaan lannantuotoltaan tyyppitilan kokoisella sikatilalla (noin 1500 sikapaikkaa tai 350 eläinyksikköä) runsaan 100 000 € investointi on lähellä kannattavuusrajaa (takaisinmaksuaika korkoineen alle 10 vuotta), jos investoinnille maksetaan investointitukea 39 % (Taulukko 18). Korkeammat epäorgaanisten lannoitteiden hinnat lisäävät tuottoa ja lyhentävät takaisinmaksuaikaa 1-2 vuodella.

Taulukko 18. Investoinnin takaisinmaksuaika (vuotta), kun oletettu investointituki 39 %, kuivajakeen ja fosforin erottamiseen tarvittavat hankintamenot yhteensä 100 000 € (ml. tehokas lietesekoitin ja pumppu) ja kustannuksia jakavia tiloja 1, 2, 3, 4, 5 ja 10 kpl. Fosforin erotustehokkuus 69 % (linko), käyttöikä 12 vuotta. Tiloilla varastoitavaa lantaa 3000 m<sup>3</sup> ja omaa peltoa 45 ha. Laskennallinen korkokanta 5 %, 12 vuoden laskennallisella takaisinmaksuajalla vuotuinen annuiteettikerroin 0,11283; vuotuinen pääomakustannus 11283 €/a, vuotuinen huoltokustannus 1 % hankintahinnasta (1000 €) + käyttöikä 12 vuotta.

	jakeistamisen kate €	kustannussäästö €	Takaisinmaksuaika vuosina, kun 1, 2, 3, 4, 5 ja 10 tilaa jakamassa kuluja					
			1	2	3	4	5	10
Naudatila	9368	11368	24,5	4,7	2,6	1,8	1,4	0,6
Sikatila	12294	15094	9,8	2,2	1,5	1,1	0,9	0,4
katemuutos per naudapaikka	€		13,8	35,7	43	46,7	48,8	53,2
katemuutos per sikapaikka	€		4,1	6,8	7,6	8,1	8,3	8,9

Naudatilalla, jossa lannan fosforipitoisuus on sikatilaa alhaisempi, heikompi fosforin erotus voi johtaa kannattavaan investointiin, jos investointikustannusta ja jakeistuslaitetta voi jakaa useampi tila, jotka myös saavuttavat lannan levityskustannuksissa riittävästi säästöjä. Sama pätee sikatiloihin, joilla jo keskinkertaisenkin fosforin erottaminen toisi säästäjä levityskustannuksiin. Yhteistyössä muiden alueen tilojen kanssa investoinnista voi tulla selkeästi kannattava, koska esim. 13 % erotustehokkuuteen yltyvä jakeistuskone on selvästi edullisempi kuin korkeaan erotustehokkuuteen yltyvä. Tällöin on kuitenkin huomioitava jakeistamisen työ määrä ja käyttöikä.



### 3.5 Lietelannan jakeistamisen vaikutus lihasikapaikan enimmäishintaan

Lietelannan jakeistamisesta saatavan tuoton vaikutusta sikapaikan enimmäishintaan, eli hintaan, joka tuottajan kannattaa sikapaikasta enimmillään maksaa, tarkasteltiin 1500 lihasikapaikan sikalassa. Tilalla syntyy noin 3 000 tonnia lantaa, josta kaksi kolmasosaa levitetään tilan ulkopuolelle. Parhaimmillaan lietelannan jakeistaminen tuotti katetta sikapaikkaa kohti noin 7,8–8,6 €/a, kun ruuvipuristimen 13 % fosforinerotustehoa parannettiin jälkilaskeutuksella edullisin kustannuksin (mahdollista osalla isoja sikatiloja, joilla ylimääräisiä lietesäiliöitä). Tehokkuudeltaan paremmassa, mutta kalliimpaa linkoa käyttävässä skenaariossa tuotto oli 1,2 €/lihasikapaikka/a. Lihasiaa kohti vastaavat luvut olivat noin 2,5 € ja 0,25 €. *Jos fosforin erotuskyvyllään tehokkaalle lingolle (kiinteä asennus, hankintahinta noin 100 000 €) maksettaisiin 39 % investointitukea, laite maksaisi itsensä yhdelläkin tilalla alle 10 vuodessa (Taulukko 18) ja kate paranisi (4,1 €/sikapaikka tai 1,4 €/teurastettu sika).*

Seuraavassa arvioidaan, mitä vaikutuksia enimmillään 7,5–9 € katteen nousulla sikapaikkaa kohden olisi sikapaikan enimmäishintaan, joka määritettiin olettaen tuotantokierroksi kolme kasvatuserää vuodessa ja perustuu tuottoarvo- ja optiomenetelmiin. Kysymys on sikapaikkainvestoinnille, ts. tuotantoon tarvittavalle rakennusinvestoinnille, tuotannon muuttuvien kulujen jälkeen jäävän katteen ja investoinnin tuoton muodostumisesta useamman vuoden aikana. Samanlaista reaaliopitoteoriaan perustuvaa laskentatapaa ovat käyttäneet mm. Uusitalo ja Pietola (2002). Menetelmä laskee sikapaikkaan sitoutuvan pääoman ja sille vaadittavan koron määrän, joilla investointi muuttuu kannattavaksi (ns. breakeven-piste).

Menetelmä ottaa huomioon mahdollisuuden (option), että lihasikalan tuotanto voidaan keskeyttää tilapäisesti, mikäli markkinatilanne on epäedullinen. Enimmäishinta määritettiin sekä hintavaihtelusta aiheutuvan riskin sisältävälle että riskittömälle investoinnin tuotolle. Jakeistamisen tuottona käytettiin erilaisia lukuarvoja nollasta seitsemään euroon kasvatettua lihasikaa kohti edellä esitettyjen, jakeistamisen hyötyjä ja kustannuksia arvioivien tilatason laskelmien perusteella.

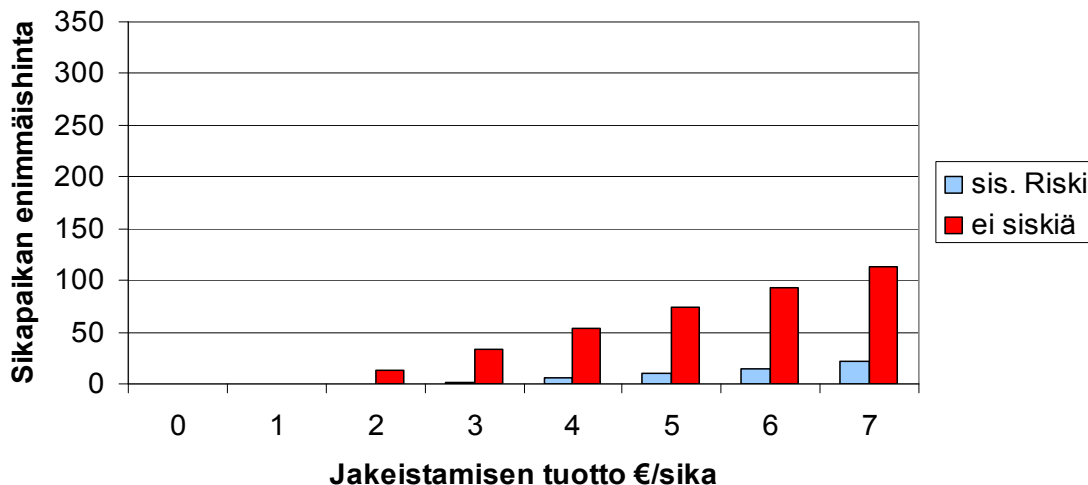
Lihasiatuotannon kustannusaineisto sisälsi mm. tiedot lihasikojen kasvatusajasta, rehunkulutuksesta, teuraspainosta ja lihaprosentista (Niemi ym. 2010). Lihan ja tuotantopanosten hintataso perustui vuoden 2009 hintatasosta saatuihin tilastotietoihin (TIKE 2010) sekä aiemmissa tutkimuksissa (Niemi ym. 2010) käytettyihin hintatietoihin. Sekä tilojen lihasta saama tuottajahinta että tuotantokustannukset vaihtelevat huomattavasti tilojen välillä. Siksi enimmäishintaa tarkasteltiin myös vaihtoehtoisella tuottajahinnalla, joka oli 10 % vuoden 2009 keskihintaa korkeampi. Tuotannosta irrotettua tukea ei huomioitu laskelmissa investoinnin tuottona, koska tuen sikapaikkainvestointi ei ole tuen saamisen edellytys intensiivisessä tuotannossa. Aiemmissä samalla menetelmällä tehdyissä tutkimuksissa on jo todettu, että esimerkiksi sikaeläinyksikköä kohti maksettujen kansallisten tukien irrottaminen tuotannosta vähentää huomattavasti sikapaikkainvestointien tuottoa ja siten sikapaikan enimmäishintaa. AB-tukialueilla 141-tuki lihasikaa kohti oli vuonna 2007 noin 15 € ja emakkoa kohti noin 140 €. C-alueen vastaavat tuet olivat samaa suuruusluokkaa. Nämä tuet irrotettiin sikojen lukumääristä vuonna 2009, josta lähtien tuki on maksettu sikatilojen vuoden 2007 eläinmäärien perusteella. AB-alueilla tuki kuitenkin alenee alle puoleen vuoteen 2013 mennessä. Tuen irrotuksella tuotannosta laskettiin olevan suuri, useiden kymmenien prosenttien vaikutus sikapaikan enimmäishintaan (Lehtonen ja Niemi 2008, Lehtonen ym. 2008).

Edellä mainitun lisäksi jakeistamisen vaikutusta lihasikapaikan tuottoarvoon tarkasteltiin 250 viikon aikajaksoilla käyttäen stokastista dynaamisen ohjelmoinnin mallia (Niemi 2010). Koska investoinnin kannattavuus riippuu olennaisesti lihan ja rehujen hintasuhteista, mallissa otettiin huomioon sianlihan ja rehun hintasuhteen vaihtelusta aiheutuva hintariski. Tällä hintariskillä on olennainen vaikutus siihen, kuinka paljon sikapaikasta kannattaa maksaa. Tässä tutkimuksessa jakeistamisen tuotoksi laskettiin 2,5–3 € teurastettua lihasikaa kohti (7,5–9 € sikapaikkaa kohden, jos lihasikatilalla tasan 3 kasvatuserää vuodessa). Näin ollen jakeistamisen hyödyt isolla sikatilalla ovat enimmilläänkin vain noin reilun kymmenesosan siitä, mitä kansallisen tuotantosidonnaisen 141-tuki oli sikapaikkaa kohti vuonna 2007.

#### Sikapaikan enimmäishinnat

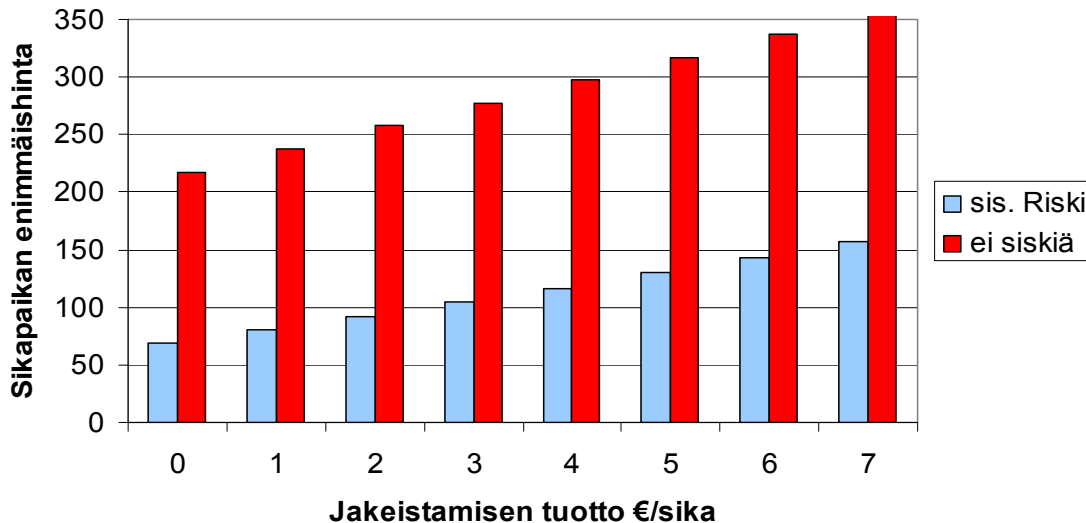
Lannan jakeistamisen aloittamisella saatavat tuotot nostivat sikapaikan hintaa, koska ne lisäsivät lihasikapaikalle vuosittain saatavaa tuottoa. Sikapaikkainvestointi ei kuitenkaan ollut kannattava laskelmissa käytetyillä arvoilla, kun rakennuksen kustannusarviona käytetään Maa- ja metsätalousministeriön maatilarakentamisen

ohjekustannuksia (noin 650 €/sikapaikka kevään 2010 kustannustasolla). Vuoden 2009 hintatasolla lihasikapaikan enimmäishinta oli negatiivinen, mikäli jakeistamisen fosforinerotus oli tehokasta, mutta siihen vaadittava linko hankintahinnaltaan kallis. Edullisemman ruuvikuivaimen tapauksessa investoinnin tuottoarvo nousi (Kuva 22). Edellä mainitulla 7,5 euron vuotuisella sikapaikkakohtaisella tuotolla jakeistuslaitteinvestointi nosti sikapaikan enimmäishintaa 24 euroa, mikäli laskelmassa ei otettu huomioon sikapaikkainvestointiin sisältyvän riskin korkovaatimusta. Mikäli riskin korkovaatimus otettiin huomioon, sikapaikan hinta nousi vain kaksi €oa. Kun jakeistamisen tuottoa tarkasteltiin 20 % pienemmällä tai suuremmalla tuottotasolla (7 tai 8 €/sikapaikka/vuosi), riskitön enimmäishinta nousi 14 € tai 34 €.



Kuva 22. Sikapaikan enimmäishinta (€/sikapaikka) erilaisilla jakeistamisesta saatavilla tuotoilla (€/kasvatettu sika) skenaariossa, jossa sianlihan hinta oli 144 €/t.

Kymmenen prosenttia vuoden 2009 keskihintaa korkeampi sianlihan hintataso paransi sikapaikkainvestoinnin tuottoa merkittävästi. Se myös lisäsi jakeistamisella saatavien hyötyjen merkitystä. Edullisemman laitteen tapauksessa investoinnin tuottoarvo nousi (Kuva 16). Jakeistusinvestoinnin 7,5 euron vuotuinen sikapaikkakohtainen tuotto nosti sikapaikan riskitöntä enimmäishintaa 50 euroa. Mikäli riskin korkovaatimus otettiin huomioon, sikapaikan hinta nousi 29 €. Kun jakeistuksen tuottoa tarkasteltiin 20 % pienemmällä tai suuremmalla tuottotasolla (6 tai 9 €/sikapaikka/vuosi), riskitön enimmäishinta nousi 40 € tai 60 € (Kuva 23). Sikapaikan enimmäishinta on kuitenkin vasta alle puolet Maa- ja metsätalousministeriön määrittelemästä ohjekustannuksesta (650 €oa/lihasikapaikka), jos jakeistamisen tuotto nousee yli kaksinkertaiseksi arvioidusta jakeistamisen enimmäishyödystä (3 €/sika → 6 €/sika).

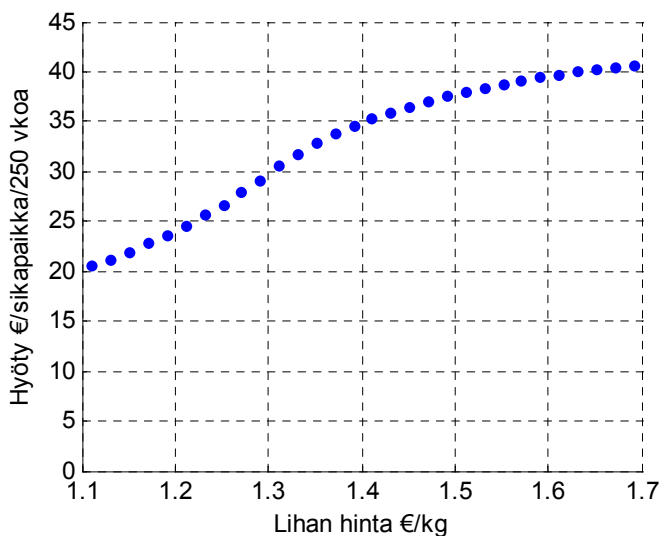


Kuva 23. Sikapaikan enimmäishinta (€/sikapaikka) erilaisilla jakeistuksesta saatavilla tuotoilla (€/kasvatettu sika) skenaariossa, jossa sianlihan hinta oli 158 €/t.

On huomattava, että jakeistamisen enimmäistuotto 7,5–9 €/sikapaikka tarkoittaa noin 2,5–3 euron lisätuottoa sikaa kohden eli runsaan 50-60 euron nousua sikapaikan enimmäishinnassa, mikä tarkoittaisi runsaan neljänneksen nousua enimmäishinnassa, mutta vain noin 10 % tuottolisää MMM:n määrittämälle ohjeelliselle hankintamenolle.

#### Jakeistamisen vaikutus lihasikapaikan tuottoarvoon (250 viikon aikajakso)

Tarkasteltaessa jakeistamisen vaikutusta lihasikapaikan tuottoon havaittiin, että vaikutus sikapaikan tuottoarvoon on sitä suurempi, mitä korkeampi on lihan hinta suhteessa tuotantopanosten hintoihin (Kuva 24). Tulos johtuu pääosin siitä, että lihan hinnan noustessa (laskiessa) suhteessa rehun hintaan tilan kannattaa lisätä (vähentää) tuotannon intensiivisyyttä, jolloin tarkasteluajanjaksolla teurastettavia sikoja on lukumääräisesti enemmän (vähemmän) kuin ennen hintamuutosta. Lisäksi kuvan 18 mukainen tulos poikkeaa aikajänteeltään ja lähtökohdiltaan kuvista 22 ja 23. Kuvan 24 tuloksiin sisältyy sekä riskille että pääoman korolle vaadittu korvaus, mutta kuvissa 22 ja 23 lukuihin sisältyy vain pääoman korko (sinisen palkin luvuissa riski vähennetty kustannuksena).



Kuva 24. Lietelannan jakeistamisen (tuotto 3 €/teurastettu sika) vaikutus sikapaikan tuottoarvoon 250 viikon ajanjaksolla erilaisilla sianlihan hintatasoilla, kun otetaan huomioon lihan ja rehun hintariski.

## Lietelannan jakeistamisen vaikutus sikapaikan enimmäishintaan ja rakennekehitykseen

Lietelannan jakeistaminen kohentaa sikapaikkainvestoinnin tuottoa ja nostaa sikapaikasta enimmillään maksettavissa olevaa hintaa, mikäli jakeistusinvestointi on itsessään kannattava. Jakeistamisen vaikutus sikapaikan enimmäishintaan riippuu lihan hinnasta suhteessa tuotantopanosten hintoihin. Jos jakeistamisen hyöty on enintään 3 €/sika, sikapaikan tuoton nousu on runsaat 60 €/sikapaikka, mikä on vajaa 10 % MMM:n määritelmästä ohjekustannuksesta (650 €/sikapaikka). Suotuisimmissa tapauksissa jakeistamisen sikapaikan enimmäishintaa kohottava vaikutus voi olla nolasta aina kymmeneen prosenttiin MMM:n ohjekustannuksesta. On epätodennäköistä, että jakeistaminen kiihdyttäisi merkittävästi sikatalouden rakennekehitystä kokonaisuutena, mutta *osalla suurista 1500 lihasikapaikan tiloista jakeistamisen hyötyjen avulla voidaan vähän parantaa sikapaikkainvestoinnin tuottoa samalla, kun vähennetään lannanlevityskustannuksia ja riippuvuutta paikallisista peltomarkkinoista.*

Lietelannan jakeistaminen parantaa sikapaikkainvestoinnin edellytyksiä erityisesti tiloilla, joilla on edellytykset yltää hyvään katteeseen myös ilman jakeistamista. Monet tällaiset tilat lienevät keskimääräistä suurempia tiloja. Jakeistaminen itsessään ei näytä olevan taloudellisesti mielekäästä pienille lantamäärille. Se ei myöskään yksinään tarjoa riittävästi hyötyjä suurellekaan sikatilalle, jos tuotanto on muuten tappiollista. Tällöin jakeistus ei tee kaukana kannattavuusrajasta olevia investointeja kannattaviksi. Sen sijaan jakeistus voi kääntää pienen osan lähellä kannattavuusrajaa olevien suurten sikatilojen sikapaikkainvestoinneista kannattaviksi. Jakeistamisteknologian käyttöönotto parantanee kannattavan investoinnin edellytyksiä lähinnä niillä keskimääräistä suuremmilla ja kannattavimmilla tiloilla, joilla suurin osa lietelannasta levitetään tilan ulkopuolisille pelloille. Osaltaan jakeistaminen voi siis kannustaa sikatuotannon laajentamiseen ja siihen erikoistumiseen alueilla, joilla tilat ja niiden lannanlevityksestä aiheutuvat kustannukset ovat jo ennestään suuria.

## 3.6 Taloudelliset vaikutukset sektoritasolla: Tehostuvan lannankäytön vaikutukset kotieläintuotantoon ja rakennekehitykseen

Sektoritason, eli koko maatalouden tason taloudellisia vaikutuksia arvioitiin käyttäen MTT:n DREMFIA -sektorimallia, jolla simuloitiin kotieläintuotannon ja kasvintuotannon muutoksia ja kehitystä kilpailullisilla markkinoilla alueittain vuoteen 2020. Keskeistä on kotieläintuotannon ja kasvintuotannon välinen suhde ja lantaravinteiden kierto rehuntuotannon kautta. Esimerkiksi fosforista ”pidetään kirjaa” DREMFIA-mallissa siten, että jos kasvava osuus lietelannasta jakeistetaan neste- ja kuivajakeisiin, fosforipitoisempaa kuivajaeita voidaan viedä eläintehiltä fosforiylijäämän alueilta toisille, joilla ylijäämää ei ole. Tämä lantafosforin taseus tehdään suuralueiden sisällä (Kuva 21) ja samalla korvataan epäorgaanisia fosforilannoitteita. Jos eläinten ja lantafosforin määrä suuralueella vähenee, epäorgaanisten fosforilannoitteiden ostoa lisätään fosforintarpeen tyydyttämiseksi, jotta fosforitase ei alenisi negatiiviseksi. Hetkellinen fosforitaseen aleneminen negatiiviseksi (enintään -2 kg/ha) kuitenkin sallitaan alueilla, joilla peltojen P-luvut ovat korkeita, kuten Varsinais-Suomessa.

DREMFIA-sektorimallilla on arvioitu teknologiaskenaarion 1 vaikutuksia maatalouden tuotantoon, rakentamiseen ja tuloihin suuralueittain. Tulokset ovat suoraa ja johdonmukaista seurausta edellä kuvatuista tilatason kustannusten ja toimintojen muutoksista, koska merkittäviä muutoksia maatalouden tuotannossa ei lietelannan jakeistamisen seurauksena tulosten mukaan tapahdu. Tähän vaikuttaa myös se, että perusskenario on valittu siten, etteivät kokonaismarkkinatason hintasuhteet ja tuotanto olennaisesti muutu. Seuraavassa sekä liitteessä 6 (Kuvat 1-10) tulokset esitetään siltä osin kuin muutokset suhteessa perusskenarioon ovat merkittäviä.

Tulosten mukaan fosforin erottamisen mahdollistama kotieläininvestointien peltoalavaatimuksen lieveneminen edistäisi tilakoon kasvua ja maatalouden (rakenne)kehitystä ensisijassa Pohjois-Suomen ja Pohjanmaan suuralueilla (Liite 7, Kuvat 1-2). Maidontuotanto kasvaisi Pohjanmaan suuralueella noin 3 % ja Pohjois-Suomessa reilun prosentin. Maataloustulon kasvu jäisi näillä alueilla korkeintaan muutama prosenttiin. Etelä-Suomen ja Sisä-Suomen suuralueilla, joilla kotieläintilat eivät kilpaile pellosta vastaavassa määrin, tai joilla pelto ei ole yhtä vakava niukkuustekijä, tuotanto säilyisi jakeistamisen mahdollistaman peltoalavaatimuksen lievenemisen vuoksi likimain ennallaan tai alenisi lievästi Pohjanmaan ja Pohjois-Suomen tuotannon

kasvun takia. Peltomaan hinta voisi edelleen nousta Pohjanmaalla ja Pohjois-Suomessa ja pysyä ennallaan muualla maassa, ts. peltoalavaatimuksen lieveneminen ei johtaisi keskimäärin pellon hinnan laskuun.

Maidontuotannon kasvu Pohjanmaan C2-tukialueella johtaa myös maidonjalostuksen ja tarvittavien kuljetusten kasvamiseen vastaavasti. Niitä ei ole erikseen laskettu tässä hankkeessa, mutta vaikutusten voidaan arvioida olevan useita miljoonia euroja, koska jo yksi prosentti koko maan maidon tuottajahintaisesta arvosta on vuositasolla noin 9 miljoonaa euroa ja Pohjanmaan suuralueella yli 3 miljoonaa euroa. Jos maidon jalostus muuttuu vastaavalla määrällä, muutos alueittaisessa tuotannon arvossa on vähintään kaksinkertainen. *Maidontuotannon lieväkin kasvu tai väheneminen, jotka olisivat lähinnä epäsuoria ja välillisiä seurauksia lannan tehostuneesta käytöstä, voivat näin ollen olla eri suualueilla taloudellisesti merkittävämpiä kuin pelkän lannan jakeistamisen suorat kustannusmuutokset maatilatasolla.*

### **Vaikutukset epäorgaanisten lannoitteiden menekkiin sekä typen ja fosforin taseisiin**

Lietelannan jakeistamisen mahdollistama tehokkaampi fosforikierto johtaa epäorgaanisten fosforilannoitteiden käytön vähenemiseen. Vaikutus alueellisiin fosforitaseisiin ja koko maan epäorgaanisen typen ja fosforin käyttöön on esitetty liitteessä 6 (Kuvat 3-10). Fosforitaseet alenevat oleellisesti jo linkomenetelmää (fosforin erotustehokkuus 69 %, hinta noin 100 000 €, kiinteä) kevyemmällä 13 % erotustehokkuuden fosforin erottamisella B-, C1- ja C2 -tukialueilla. Sen sijaan C2p- ja C3-tukialueilla tarvittaisiin tätä selvästi tehokkaampi fosforin erotuskyky ennen kuin fosforitase olennaisesti alenisi jakeistamisen ansiosta. Tähän vaikuttaa ostoväkirehun suuri osuus ruokinnassa.

Suhteellisesti eniten fosforitaseet alenevat Etelä-Suomessa ja Pohjanmaalla. Epäorgaanisen fosforin käyttö alenisi vuoteen 2020 mennessä 20 % ja pitkällä aikavälillä 30 %, jos käytössä olisi 13 % erotustehokkuuden jakeistus. Jos erotustehokkuus olisi 40 % tai 69 %, päästäisiin 40–50 % alenemiseen epäorgaanisen fosforin käytössä jo vuoteen 2020 mennessä (Liite 7, Kuvat 9-10). Jos epäorgaanisten fosforilannoitteiden menekissä saavutettaisiin 30 % lasku, sen arvo olisi viime vuosien hinnoilla noin 10–15 miljoonaa euroa vuodessa. Nettomääräisesti säästö jäisi pienemmäksi, koska kuivajakeen kuljetus ja levitys fosforilannoitusta tarvitsevalle pellolle maksaa, tosin huomattavasti esim. lietelannan levitystä vähemmän, jos fosforilannoitus tehdään kuivajakeella kerralla seuraavaksi viideksi vuodeksi.

### **Vaikutukset maataloustuloon**

Teknologiaskenaarion 1 vaikutus maataloustuloon (nettovaikutus, eli tuotot miinus kustannukset) jää koko maan tasolla runsaaseen prosenttiin, eli vajaaseen 10 miljoonaan euroon vuoden 2010 epäorgaanisten lannoitteiden hinnoilla laskettuna. Tästä noin puolet on lannan kuljetus- ja levityskustannuksista sekä epäorgaanisen fosforilannoitteiden ostoista syntyviä nettomääräisiä säästöjä, ja noin puolet kotieläintuotannon lisääntyneitä keskittymis- ja tehostumisetuja, koska lannan jakeistaminen lieventää kasvavien tilojen peltoalarajoitetta ja siihen liittyviä kustannuksia pienellä osalla kotieläintiloja. Nettomääräiset välittömät hyödyt ja rakennekehityksen kautta vähitellen toteutuvat tehokkuushyödyt jäävät kuitenkin keskimäärin suhteellisen vähäisiksi, koska lannan tehokas hyödyntäminen aiheuttaa uusia kustannuksia samalla, kun säästetään muissa lantaan liittyvissä kustannuksissa, etenkin lietteen levityksen urakoinnissa. Jakeistuslaitteisiin ja niiden edellyttämiin tuotannonjärjestelyihin investoitu rahamäärä tulee kuitenkin takaisin maataloille kustannussäästöinä ja kylvökauden työmäärän jakautumisena pitemmälle aikajaksolle, mitä ei ole huomioitu tehdyssä laskelmassa.

Etelä-Suomen suuralueella nettovaikutus maataloustuloon on noin 1 %, Sisä-Suomessa 0 %, Pohjanmaalla 1,5 % ja Pohjois-Suomessa 0,7 %. *Jakeistamisen hyödyt kuluvat siis pääosin kustannuksiin, eikä olennaista muutosta maataloustulossa keskimäärin tapahdu, kuten ei myöskään tilatasolla.* Tilatason vaikutusten osalta jo edellä todettiin, että jakeistamisinvestoinnit ovat yksittäisillä tiloilla vain hädin tuskin kannattavia, mutta tilojen yhteistyönä kannattavuus voi olla jopa kohtalaisen hyvä ja jakeistamisinvestointien takaisinmaksuajat tällöin selvästi alle 10 vuoden pituisia. Pitemmän päälle jakeistamisesta saadaan taloudellista hyötyä selvimmin siellä, missä fosforin erottaminen lannasta mahdollistaa tuotannon kasvattamisen tilakokoa edelleen kasvattamalla.

## 3.7 Toiminnalliset laajuusarviot ja alueelliset vaikutukset

### 3.7.1 Aluetaloudellisten vaikutusten muodostuminen

Karjanlannan tehostunut käsittely tarkoittaa sitä, että viljelijät korvaavat epäorgaanisten ostolannoitteiden tyyppiä ja fosforia karjanlannan vastaavilla ravinteilla. Jakeistamisessa saadun nestejakeen tehokas hyväksikäyttö lähipeltojen typpilannoitteena voi säästää myös levityskustannuksissa verrattuna lietelannan levitykseen pitempien etäisyyksien taakse. Viljelijä voi parhaassa tapauksessa tyydyttää kasvin, esimerkiksi rehuohran lannoitustarpeen kokonaan nestejakeella. Tällöin säästöä syntyy myös ostolannoitekustannuksissa, mikäli suuri osa lietelannasta ja sen tyyppiä on aiemmin levitetty tilan ulkopuolelle. Kuivajae voidaan levittää muiden viljelijöiden pelloille fosforilannoitteena sellaisenaan (teknologiaskenaario 1) tai viedä biokaasulaitokseen (teknologiaskenaario 2), jonka jälkeen käsittelyjäännös voidaan jälleen jakeistaa ja käyttää typpi- ja fosforilannoitteina. Kun epäorgaanisen lannoitteen käyttö maataloilla pienenee, tämä vaikuttaa paikallisen maatalouskaupan (ja kuljetuksen) tuotantoon alueella supistavasti, jolloin niiden liikevaihdot pienenevät. Jos epäorgaaninen lannoite tuotetaan alueen ulkopuolella, sen korvautuminen alueen lantaravinteita kierrättämällä vähentää lannoitteiden tuontia alueelle.

Maatilat ja muut paikalliset biokaasulaitoksen tuottaman sähkön hyödyntäjät korvaavat ostosähköä ja lämmön osalta aikaisemmin lämmön tuotantoon käyttämäänsä primäärienergiälähdettä (polttoöljy, puu, turve). Sen sähkön osalta, jonka maatila ja muu paikallinen hyödyntäjä hankkii biokaasulaitokselta, jää myös paikallisen sähköverkkoyrityksen verkkomaksu pois. Tämä pienentää paikallisen verkkoyrityksen liikevaihtoa etenkin, jollei se pysty myymään vastaavaa energiamäärää muualle. Mikäli biokaasulaitoksen sähköllä korvautuva ostosähkö on paikallisista energiaraaka-aineista (puu, turve) tuotettua, paikallisen voimalaitosyhtiön tuotanto supistuu, mikäli sähkölle ei ole korvaavia markkinoita (sähkölle on periaatteessa aina markkinat olemassa mutta paikallinen tuotanto riippuu mm. yleisestä sähkömarkkinatilanteesta ja voimalaitosyritysten hankintasopimuksista). Voidaan siis todeta, että markkinahinnoin lasketut biokaasulaitoksen tuottaman sähkön ja lannoiteravinteiden arvot eivät todennäköisesti koidu täysimääräisenä aluetalouden hyödyksi.

Mikäli maatilat käyttävät lähtötilanteessa lämmön tuotantoon öljyä, korvataan tuontipanosta paikallisesti tuotetulla raaka-aineella. Mikäli lämmön tuotantoon on käytetty paikallista puuta (omaa tai alueelta) tai turvetta, korvataan paikallista raaka-ainetta toisella paikallisella. Tällöin ei synny lisäarvoa, ellei alueen lämmön tai sähkön kokonaistuotanto kasva ja voidaan korvata alueelle ostettua energiaa.

Biokaasulaitoksen juoksevan tuotannon lisäksi laitoksen rakennusvaihe aiheuttaa kertaluonteisen vaikutuksen alueen tuotantoon. Koko investointimenolla ei luonnollisesti alueen yritysten liikevaihtoa tai tuloa lisätä. Laitoksen komponenteista osa on tuontitavaraa ulkomailta (esim. sähkömoottori), osa hankitaan muualta kotimaasta, ja vain osa rakennusinvestoinnista kohdistuu urakoina paikallistalouteen (esim. tasoitustyöt, rakentaminen). Se, minkä verran investoinnista alueelle kohdistuu, riippuu paikallisesta tuotantorakenteesta, työvoiman ja rakennuspalvelujen saatavuudesta, jotka puolestaan riippuvat kilpailutuksesta, mikä taas on välttämätöntä, jos hankkeelle maksetaan julkista tukea. Jos esimerkiksi arvioidaan, että kolmannes investointimenosta suuntautuu osurakoina alueelle, ei tämäkään urakkasumma tule kokonaisuudessaan alueen hyödyksi, sillä myös urakkasummaan sisältyy hankintamenoja alueen ulkopuolelta (esim. polttoaine- ja muita energiakustannuksia, palkkamenoja).

Nämä esille tuodut seikat määrittelevät merkittävässä määrin sen, millaiset aluetaloudelliset vaikutukset syntyvät skenaarioista 1 (lannan jakeistaminen) ja 2 (lannan jakeistaminen ja biokaasuntuotanto viiden tilan yhteislaitoksissa). Markkinahinnoin lasketut syntyvien lannoitteiden ja energian arvot eivät ole kokonaisuudessaan aluetaloudellista vaikutusta, vaan mahdollisesti vain pieni osa.

Seuraavassa esitetään yhteenveto maatalojen talouteen vaikuttavista tekijöistä muuttuneessa karjanlannan käsittelytilanteessa. Esityksessä on huomioitu vain käyttökustannukset. Mikäli tila tai tilayhtymä hankkii käyttöönsä uusia koneita tai laitteita, on tilan pystyttävä taloudellisella tuloksellaan hoitamaan myös uuden kaluston hankintamenot ja tulevat investoinnit.

Yhteenveto alueen tilan/tilojen talouteen vaikuttavista tekijöistä muuttuneessa karjanlannan käsittelytilanteessa (+ = kasvaa, - = vähenee):

- ravinneteknologian muutos

- . epäorgaanisen lannoitteen ostokustannus (-)
  - . orgaanisen lannoitteen kuljetuskustannus jalostamoon ja takaisin (+)
  - . epäorgaanisen ja orgaanisen ravinteiden levityskustannus tilalla (+ vai -)
- = ravinteiden käyttökustannus (+)
- sähkön ostokustannus (-)
  - lämpöenergian ostokustannus (- vai +)
  - maataloustukimuutos tilalla (+ vai -)

Alueen tilan/tilojen tulos (+ vai -)

Mikäli alueen tilojen tulos heikkenee muuttuneessa karjanlannan käsittelytilanteessa, tiloilla jää vähemmän tuloja yksityistalouden käyttöön ja tuleviin investointeihin. Yksityistalouden kulutusmenoilla on merkitystä paikallistalouden tavaroiden ja palvelujen kysynnässä. Yksityistalouden kysynnän vaikutukset voivat olla jopa suuremmat kuin itse tuotantotoiminnan juoksevan panoskysynnän vaikutukset.

Yhteenveto aluetalouteen vaikuttavista tekijöistä muuttuneessa karjanlannan käsittelytilanteessa:

- maatilojen taloudellinen tulos (sis. ravinnekäytön muutoksen) (+ vai -)
- maatilojen juoksevan tuotannon panoskysynnän muutos (mm. maatalous- ja polttoainekauppa, kuljetus) (-)
- voimalaitosten tuotannon muutos (turvesähkö, puusähkö) (- ellei saada myytyä sähköä muualle)
- sähkön siirtoverkkoyhtiön tuotannon muutos (+ vai - riippuen tilalta myytävän ja tilalla kulutettavan sähkön suhteesta; myytävästä sähköstä verkkomaksu)
- biokaasulaitoksen juoksevan tuotannon välillinen panoskysyntä (mm. huolto- ja kunnossapitopalvelut, liiketoimintaa tukevat palvelut kuten tilitoimistot, pankit, vakuutusyhtiö) (+)
- biokaasulaitoksen henkilökunnan palkat (+)
- biokaasuyrityksen taloudellinen tulos (nollatulot, lievä + tai -)

Vaikutus aluetalouteen (pääsääntöisesti hyvin pieni positiivinen vaikutus)

### 3.7.2 Jakeistamis- ja biokaasuinvestointien laajuus suuralueittain

Edellä esitetyn sektoritason analyysin mukaan lietelannan jakeistamisen avulla voidaan saavuttaa epäorgaanisten fosforilannoitteiden menekissä 30 % lasku, jonka arvo on 10–15 milj € vuodessa. Tämä ei toteudu maataloustulon kasvuna, koska myös erotetun kuivajakeen levitys ja käyttö lannoitteena aiheuttavat viljelijöille kustannuksia, joskin epäorgaanisia fosforilannoitteita vähemmän ollakseen kannattavaa. DREMFA-simulointien mukaan kokonaishyöty on maataloustulomielessä vain 5–10 milj. € vuositasolla, jolloin fosforin erottamisen hyödyt valuvat kustannuksiin, erityisesti erottelulaitteiden poistoihin. Lannankäsittelykalusto ruostuu joka tapauksessa runsaan 10 vuoden kuluessa ja varsinkin kovassa käytössä, jos koneita käytetään useiden tilojen kesken. Tämä tarkoittaa, että karkeasti arvioiden jakeistuslaitteiden poistoaika on 10–12 vuotta.

DREMFA-mallin eläinmäärien ja lypsykarjatalouden rakennekehitystulosten sekä sika- ja naudankasvatussektoreille tehdyn vuoteen 2020 ulottuvan rakennekehitysarvion perusteella laskettiin jakeistuslaitteiden tarvetta suuralueittain vuoteen 2020. Molemmassa teknologiaskenaarioissa (1 ja 2) on oletettu samansuuruiset investoinnit jakeistuslaitteisiin sekä niihin liittyviin tuotannonjärjestelyihin. Suuralueittaiset arviot jakeistuslaitteiden ja viiden tilan yhteisten biokaasulaitosten lukumääristä pohjautuvat DREMFA-simulointeihin eläinmäärien kehityksestä vuoteen 2020 (pieniä muutoksia tuotannon alueellisessa sijoittumisessa tiedossa olevan maatalouspolitiikan vallitessa). Sikojen määrä kasvaisi lievästi, ainakin muutamia prosentteja, Etelä-Suomen suuralueella ja vähenisi lukumäärältään vastaavasti, mutta suhteessa enemmän Sisä-Suomen ja Pohjanmaan suuralueilla, mikä puolestaan johtuu osin lypsykarjatalouden vahvemmassa asemasta ja kannatta-

vuudesta näillä alueilla Etelä-Suomeen verrattuna. Maidontuotannon ja nautakarjan väheneminen Etelä-Suomessa kuitenkin vähitellen pysähtyi (osin CAP-lypsylehmäpalkkion ja investointitukien vuoksi). Nautakarjan kokonaismäärä vähenisi lievästi Sisä- ja Pohjois-Suomessa. Maidontuotannon kokonaismäärä kasvavasi muutaman prosentin Pohjanmaalla, mutta nautakarjan kokonaismäärä lievästi vähenisi.

Koko maan tasolla noin 60 % lehmistä arvioidaan olevan yli 50 lehmän karjoissa vuonna 2020 (158 000 kpl). Tällöin teknologiaskenaarioissa 1 ja 2 noin 60 % lehmien lannasta jakeistetaan. Jakeistusinvestointien tarvetta arvioitaessa huomioidaan nuorikarja ja laidunkausi, jolloin (liete)lanta ei varastoihin juuri kerry. Tältä pohjalta lypsykarjataloudessa on arvioitu tarvittavan noin 215 jakeustuslaitetta vuoteen 2020 mennessä (Taulukko 19), joista kutakin jakaisi vähintään viisi tyyppitilan kokoista tilaa tai niitä vastaava eläinmäärä (noin 125 lehmää ja yhteensä 150–200 nautaeläintä per tila).

Jos jakeustuslaitteen oletetaan olevan traktorikäyttöinen ruuvikuivain, ja lisäksi tarvitaan muita tuotannonjärjestelyinvestointeja (ks. 3.3 ja 3.4), lypsykarjatalouden investointimenoksi saadaan 17 milj. € vuoteen 2020. Tämä meno jakautuu suuralueille siinä suhteessa kuin kunkin tuotantosunnan eläimistä on suurissa, yli 50 lehmän navetoissa: Etelä-Suomi 30 %, Sisä-Suomi 20 %, Pohjanmaa 45 %, Pohjois-Suomi 5 % (Taulukko 20). Tämä ei ole aivan sama jakauma kuin kaikkien lypsylehmien jakautuminen 2020: Etelä-Suomi 24 %, Sisä-Suomi 26 %, Pohjanmaa 42 %, Pohjois-Suomi 7 %.

Taulukko 19. Vuoteen 2020 mennessä tarvittavien lietalantaa jakeustuslaitteiden lukumäärä (kpl) teknologiaskenaarioissa 1 ja 2.

	Etelä-Suomi	Sisä-Suomi	Pohjanmaa	Pohjois-Suomi	Koko maa
Maito	64	50	93	8	215
Nauta	11	9	13	2	35
Sika	107	10	43	0	160
Yhteensä	182	69	149	10	410

Taulukko 20. Vuoteen 2020 mennessä tarvittavat investoinnit (milj. €) lietalantaa jakeustuslaitteisiin ja tarvittaviin tuotannonjärjestelyihin teknologiaskenaarioissa 1 ja 2.

	Etelä-Suomi	Sisä-Suomi	Pohjanmaa	Pohjois-Suomi	Koko maa
Maito	5,1	4	7,4	0,6	17,2
Nauta	0,9	0,7	1,0	0,2	2,8
Sika	24,1	2,3	9,7	0	36
Yhteensä	30,1	7,0	18,2	0,8	56

Naudankasvatuksessa, jossa lietalannan osuus on vähäinen mutta kasvava, investointitarve jakeistukseen järjestelyineen on arvion mukaan vain noin 2,8 milj. € vuoteen 2020. Tämä jakautuu alueittain likimain samalla tavalla kuin lypsylehmillä: Etelä-Suomi 30 %, Sisä-Suomi 20 %, Pohjanmaa 45 %, Pohjois-Suomi 5 %.

Suurin investointitarve jakeistukseen teknologiaskenaarioissa 1 ja 2 on sikataloudessa. Suomessa arvioidaan olevan noin 900 sikatilaa vuonna 2020 (Pyykkönen ym. 2010). Jos näistä 100 suurinta hankkii kiinteän linjon (100 000 €/laite), ja lisäksi hankitaan 300 ruuvikuivainta järjestelyineen yhteiskoneiksi (80 000 €/laite),



sikatalouden osalta päästään enimmillään 36 miljoonan euron jakeistusinvestointeihin vuoteen 2020. Investointitarve on vain 28 milj. € (ja kokonaisinvestointitarve jakeistukseen vain 48 milj. € koko maassa), jos ruuvikuivaimia hankitaan sikatalouteen vain 200 (3-4 tyyppitilan lietelantamäärä, 60 000 m<sup>3</sup> per laite). Tämä olisi tehtyjen tilatason arvioiden mukaan selkeästi kannattavaa. Sikatalouden investointitarve jakeistamiseen jakautuu alueittain seuraavasti: Etelä-Suomi 72 %, Sisä-Suomi 5 %, Pohjanmaa 23 %, Pohjois-Suomi 0 %.

Sikataloudessa yli 60 % lihasioista olisi Pyykkösen ym. (2010) selvityksen mukaan yli 1000 lihasian yksiköissä vuonna 2020. Tämän perusteella voidaan arvioida, että jos kaikkien tätä suuruusluokkaa olevien ja sitä isompien sikatilojen lietelannasta jakeistettaisiin 4/5 (yhden tilan lietelanta menisi biokaasulaitokseen sellaisenaan), Suomessa voitaisiin teoriassa rakentaa noin 160 sikatilojen yhteistä biokaasulaitosta vuoteen 2020 mennessä. Yhteensä viiden tilan yhteisbiokaasulaitoksia voi tältä pohjalta laskea taulukon 21 mukaisesti – viiden tilan yhteisten laitosten lukumäärä on sama kuin tarvittavien jakeistamislaitteiden määrä maataloililla. Biokaasulaitoksilla tarvitaan lisäksi vielä oma jakeistuslaite eli kiinteä linko käsittelyjännösten jakeistamiseen, ja tämä kustannus on osa arvioitua biokaasulaitosten investointikustannusta

Jos arvioidaan mahdollisten rakennettavien viiden tilan yhteisten biokaasulaitosten lukumäärää, taulukon 21 luvuista tulee kuitenkin vähentää ainakin jo toimivien biokaasulaitosten määrä. Jotkut jo toimivista laitoksista ovat selvästi viiden tyyppitilan laitosta suurempia ja käyttävät myös selvästi enemmän lantaa. Yhteensä teknologiaskenaario 2 mukainen kehitys vaatii taulukossa 22 esitetyn mukaisesti yhteensä 270 miljoonan euron mukaiset investoinnit, josta jakeistuslaitteiden osuus on 48–56 milj. €. Jos koko tälle summalle maksettaisiin investointitukea 30 % mukaan, se vaatisi 81 miljoonan euron tukisumman.

Taulukko 21. Teknologiaskenaarion 2 mukaiset investoinnit viiden tilan yhteisiin biokaasulaitoksiin (milj. €) vuoteen 2020 mennessä.

	Etelä-Suomi	Sisä-Suomi	Pohjanmaa	Pohjois-Suomi	Koko maa
Maito	38,4	30	55,8	4,8	129
Nauta	6,6	5,4	7,8	1,2	21
Sika	48,2	4,5	19,4	0	72
Yhteensä	93,2	39,9	83,0	6	222

Taulukko 22. Teknologiaskenaarion 2 mukaiset investoinnit lietelannan jakeistuslaitteisiin ja viiden tilan yhteisiin biokaasulaitoksiin yhteensä (milj. €) vuoteen 2020 mennessä.

	Etelä-Suomi	Sisä-Suomi	Pohjanmaa	Pohjois-Suomi	Koko maa
Maito	43,5	34,0	63,2	5,4	146,2
Nauta	7,5	6,1	8,8	1,4	23,8
Sika	66,9	6,3	26,9	0,0	100,0
Yhteensä	117,9	46,4	99,0	6,8	270,0

Koska investointimeno toteutuu vain kannattavissa hankkeissa, joissa jakeistuslaitteiden investointimeno voidaan kattaa tuotoilla arvioidun 12 vuoden ja biokaasulaitosten investointimeno 15 vuoden takaisinmaksuaikana, taulukon 22 mukaiset tuotot suuralueittain edustavat samalla myös kannattavan liiketoiminnan tuotovirtaa. Tämä tuottovirta kuitenkin korvaa muuta alueella jo olevaa taloudellista toimintaa, kuten raakalan-  
nan (noin 95 % veden) kuljetusta ja levitystä urakointina pitkien matkojen päähän. Myös epäorgaanisen fosforin ostot korvautuvat teknologiaskenaarioissa 1 ja 2 noin 30–40 % lantafosforin kierrätyksellä. Näin ollen

lantaravinteiden myynti biokaasulaitoksilta korvaa muita lannoitteita. Samoin energiantuotanto biokaasulaitoksista saattaa korvata muuta energiantuotantoa, myös paikallisesti, kuten maataloilla puun polttoon perustuvaa uusiutuvan energian tuotantoa.

Ilman tarkempaa tilastopohjaa on olemassa suuri vaara, että esimerkiksi olemassa olevan panos-tuotosta aineiston suora ja kritiikitön soveltaminen yliarvioi teknologiaskenaarion 2 tapaisten skenaarioiden taloudellisia ja erityisesti aluetaloudellisia vaikutuksia. Taulukon 22 investointimenoja, vaikka ne voitaisiin kattaa maatilojen kustannussäästöillä ja biokaasulaitosten tuotoilla, ei näin ollen voida pitää teknologiaskenaarion taloudellisena lisäarvona, koska investointien myötä olemassa olevia toimintoja korvautuu osittain uusilla.

Yhteensä Suomeen teknologiaskenaariossa 2 rakennettavat noin 400 kpl viiden tilan yhteistä biokaasulaitosta työllistäisivät toimiessaan runsaat 200 ihmistä. Rakentamisvaihe vaatisi sijaintipaikalla kullakin noin 2 henkilötyövuotta eli yhteensä noin 800 henkilötyövuotta. Laite- ja rakennusmateriaaliurakoinnin työllisyysvaikutuksia on vaikea arvioida mm. investointitavaroiden tuonnin takia, mutta se tuskin ylittää itse rakennustyömaan henkilötarvetta. Vähäinen työllisyysvaikutus per laitos ei kuitenkaan ole yllätys, koska mikäään toiminta, joka ei tuota huomattavaa liikevaihtoa suhteessa palkkauskustannuksiin ja vaatii vielä kohtuullisen suuren pääomapanoksen suhteessa liikevaihtoon, ei voi useampia henkilöitä työllistää. Jos kuitenkin samaan kuntaan, jossa on paljon isoja kotieläintiloja – kuten on asian laita muutamassa kymmenessä kunnassa Suomessa - rakennetaan samanaikaisesti useita viiden tilan yhteislaitoksia, työllisyysvaikutukset rakennusvaiheessa saattavat olla paikallisesti merkittäviä yksittäisten kuntien näkökulmasta. Näin etenkin, jos suuri osa rakennusvaiheen työntekijöistä hankitaan kunnan sisältä, ja kunnassa syntyy ennestään vähän uusia työpaikkoja. Toimivien laitosten työllisyysvaikutus on joka tapauksessa vähäinen.

Yhteenvedona voidaan todeta, että pelkän lantafosforin erottamisen (lannan jakeistamisen) aluetalousvaikutukset ovat hyvin pieniä suhteessa maatalouden ja alueiden kokonaistuotantoon. Näin siksi, että osa lietelannan levittämisen urakointipalveluista korvautuu lietteen jakeistamisella, joka kuitenkin vähentää lannan kuljetustarvetta kokonaisuutena. Aiheutuva kustannussäästö levytyksessä kuluu pääosin jakeistamisen kustannuksiin, eikä uutta liikevaihtoa juuri synny. Sen sijaan laajamittaisen biokaasuskenaarion, esimerkiksi viiden tilan yhteislaitokset suurten sika- ja maitotilojen kesken, vaikutukset yritysten liike-vaihtoon ovat suurempia kuin pelkän jakeistamisen. Syntyvä biokaasulaitoksen liikevaihto on kuitenkin edelleen varsin pieni, noin 3-5 %, verrattuna osakastilojen kokonaisliikevaihtoon. Tällä on varsin pieni positiivinen vaikutus verrattuna koko maatalouden aluetalousvaikutuksiin. Lantaa hyödyntävästä biokaasuntuotannosta ei ole perusteltua odottaa merkittävää työllistäjää tai arvonlisää maaseudulle ainakaan lannoitteiden ja energian nykyhinnoin (2010 tilanne). Energian ja lannoitteiden hintojen nousu parantaisi lannan jakeistamisen ja biokaasuenergian kannattavuutta, mutta tuskin jo toimivien laitosten työllisyyttä.

Kuten luvussa 3.7.1 tuodaan esille, tämän tarkemmin aluetaloudellisia vaikutuksia ei ole tässä vaiheessa tarkoituksenmukaista arvioida, koska ei ole olemassa luotettavaa tilastopohjaa biokaasulaitoksen kustannusrakenteista eikä investointimenon jakautumisesta lähialueille, tuontiin muilta alueilta tai ulkomailta. *Tiedonhankintaa biokaasulaitosten kustannusrakenteista tulisikin parantaa huomattavasti.*

### **3.7.3 Yhdistetty maatalon, maatalouden ja aluetason laskeminen - esimerkkitapauksena Satakunta**

Tutkimuksen ympäristö- ja kokonaisvaikutusosiossa (Luku 4-5) on arvioitu edellä mainittujen teknologiaskenaarioiden lisäksi myös nykytilaskenaariota sekä vaihtoehtoa, jossa ympäristötuen rajoitteet eivät enää sido lannanlevitystä. Seuraavassa arvioidaan näiden skenaarioiden taloudellisia vaikutuksia tutkimuksen viimeisen osion integroitua kokonaisarviota varten.

**Nykytila: Vertailukohta, jota vasten muiden skenaarioiden vaikutuksia lasketaan, ja tulokset ilmoitetaan lopulta suhdelukuna nykytilaan 2010.**

Tilat eivät sitoudu maatalouden ympäristötukeen: Ei rajoituksia fosforilannoitukselle eikä makseta ympäristötukea maataloille. Typpilannoitusta rajoittaa nitraattidirektiivin raja 170 kg N/ha vuodessa.

Noin puolet Satakunnan peltoalasta (kokonaisuudessaan 145 500 ha vuonna 2005) on kotieläintilojen hallussa. Mikäli ympäristötuki menetetään, tilat toisaalta myös välttyvät ympäristötuen kustannuksilta ja tulonmenetyksiltä. Erityisesti tämä koskee kotieläintilojen lannanlevitystä. Jos tilakohtaisia ympäristölupien ehtojen

ja niiden lannanlevitysalavelvoitteiden noudattamista ei otettaisi lukuun, ilman ympäristötukea ainut lannanlevitystä rajoittava seikka olisi nitraattidirektiivin typpilannoitusraja 170 kg/ha.

Tilatason laskelmalla arvioitiin, kuinka paljon typpilannoite- ja lannanlevityskuluja suuri, intensiivinen sika- ja naudatila säästäisi, jos fosforille ei olisi mitään rajaa lannanlevityksessä. Laskelma on kuitenkin esimerkinomainen eikä sitä voida yleistää kuin niille tiloille, joilla on ympäristötuessa tarve levittää suurin osa lannasta tilan ulkopuolelle – sikatilalla 3/4 ja naudatilalla 1/2. Tällöin 3000 t/a lantaa tuottavan sikatilan, jolla on vain 45 ha omaa peltoa, kustannussäästö olisi 7500 € ja vastaavansuuruisen maito- tai naudatilan 8900 €.

Jos peltoalaa olisi samalla lantamäärällä 90 ha, lannanlevitystarve tilan ulkopuolelle olisi ympäristötuen ehtojen mukaan jo alkuaan pienempi. Tällöin vapaan fosforinlevityksen tuomat kustannussäästöt sikatilalla olisivat 5900 € ja naudatilalla 1700 €. Jos jälkimmäisten kaltaisten tilojen laskennalliset kustannussäästöt yleistetään koko Satakunnan alueelle, päädytään sikatiloilla 0,6 milj. € ja naudatiloilla runsaan 0,2 milj. € kustannussäästöihin. Yhteensä kotieläintilojen kustannuksia säästyisi noin 0,9 milj. €. Vapaan fosforinlevityksen tuomat kustannussäästöt olisivat kuitenkin vähemmän kuin 90 hehtaarilta saatava ympäristötuen perustuki (107 €/ha), joka olisi tilaa kohden 9600 €.

### **Teknologiaskenaario 1: Pelkkä lietelannan jakeistaminen**

Tehokas linko voi tulla ainakin suurimmilla ja intensiivisimmillä tiloilla (vähän peltoa) kannattavaksi, vaikka hankintameno on 100 000 € + muu välineistö 20 000 € per laite. Ruuvikuivaimen kustannus nau- ta/maitotiloilla olisi 60 000 € + muu välineistö 20 000 € per laite.

Satakunnassa kannattaisi hankkia enintään 30 kpl (kiinteitä) linkoja sikatiloille, jos ne maksavat 3,6 milj. €. Halvemmassi tulee hankkia viiden tilan yhteinen ruuvikuivain (15 kpl, kokonaishinta 1,6 milj. €), joskin sen käyttö tulee kalliimmaksi kuin lingon (kapasiteetti 80 m<sup>3</sup> tunnissa – vie viikon jakeistaa 3000 m<sup>3</sup> lietelantaa). Kokonaisuudessaan ruuvikuivain tulee todennäköisesti silti edullisemmaksi riippuen kuitenkin mm. työvoiman hinnasta ja saatavuudesta. Naudatiloille ruuvikuivaimia voitaisiin hankkia noin 5 kpl, joista kukin kiertää viiden tilan kesken (kokonaishinta 0,4 milj. €).

Jakeistuslaitteisiin kuluisi näin ollen enintään 4,0 milj. € ja samalla merkittävä osa levityksen urakoinnista vaihtuisi jakeistamisen urakointiin. Jos isoilla sikatiloilla investoidaan linkoihin, se maksaisi 2 milj. € enemmän vuoteen 2020 (200 000 €/a), mutta taas vähentäisi urakointia lähes samassa määrin, eli alle 200 000 €/a. Tällöin työtä korvattaisiin pääomalla ja lantaravinteiden kierto tehostuisi. Ts. jakeistuskustannus on 0,2-0,4 milj. €/a ja samalla lantaurakoinnin km/t vähenevät.

Lannan kuivajakeen kuljettaminen kauemmas on suhteellisen edullista (alle 2 €/m<sup>3</sup> jopa usean kilometrin päähän), ja vaikka aines annettaisiin pois ilmaiseksi, se olisi huomattavasti edullisempaa kuin lietelannan kuljetus ja multaaminen muiden pelloille.

Jakeistus alentaa fosforilannoituksen tarvetta, ja vältetyn epäorgaanisen fosforilannoitteen arvo on tehdyn laskelman mukaan 250 000 € Satakunnassa yhteensä (sianlannasta reilu 200 000 € ja naudalannan kautta vajaa 60 000 €). Epäorgaanisen fosforin tarpeen laskun vuoksi jakeistus vähentää lannoiteostojen alueelle enintään 10 %, kuitenkin vähintään 5 %, kun siirrytään fosforia sisältävistä yhdistelmälannoitteista enemmän pelkän salpietarin käyttöön.

Jakeistamisskenaariossa (1) ei juurikaan synny uutta liikevaihtoa alueelle, koska jakeistusinvestoinnit korvaavat vähenevää levitysurakointia.

### **Teknologiaskenaario 2: Jakeistaminen isoilla tiloilla + biokaasu viiden tilan yhteislaitoksissa**

Viiden tilan yhteinen biokaasulaitos naudalannalle tuottaa liikevaihtoa noin 104 000 €/a, joka on noin 3 % osakastilojen liikevaihdosta + 0,5 htv.

Viiden tilan yhteinen biokaasulaitos sianlannalle tuottaa liikevaihtoa noin 108 000 €/a, joka on noin 5 % osakastilojen liikevaihdosta + 0,5 htv.

Sikä naudatila- että sianlannan tapauksissa tarvitaan noin 1000 tTP/a säilörehulisää korvaamaan energiasisällöllään tilan suoraan käyttöön nestejakeessa jäävää orgaanista ainetta. Säilörehulisä parantaa merkittävästi energiasaantoa ja tuottoa, kuitenkin ilman että päädytään hyvin suuriin ja kalliisiin reaktoreihin.

Jos liikevaihdosta vähennetään sisäiset siirrot alueella, eli myydyt typpilannoitteet lähialueille, nautatila tuottaa fosforilannoitetta ja energiaa noin 82 000 €/a ja sikatila 77 000 €/a. Ero johtuu siitä, että vaikka sikatila tuottaa enemmän fosforilannoitetta, naudantilan korkeampi orgaaninen aines ja säilörehulisä tuottavat vähän enemmän energiaa ja vaativat vähän suuremman reaktorin.

Satakunnassa olisi 15 isojen sikatilojen (yli 1500 eläinpaikkaa) yhteistä biokaasulaitosta vuonna 2020 (75 % sioista ja lannasta). Naudantilaa prosessoivia laitoksia olisi vain 5, koska on arvioitu, että vain 52 % nautojen lannasta jakeistettaisiin.

Kokonaisuutena viiden tilan yhteinen biokaasulaitos lisäisi liikevaihtoa kotieläintilojen liikevaihtoon verrattuna (jos osakkaita, biokaasu suoraa jatkoa kotieläintaloudelle) enintään 5 %. Tämä on siinä mielessä huomattava summa, että se tulisi jo olemassa olevan paremmasta hyödyntämisestä ja samalla lantaravinteiden paremmasta kierrättämisestä.

*Typen suhteen ei kierto juuri tehostu kummassakaan teknologiaskenaariossa ellei samalla investoida sijoituslevitykseen.* Sijoittaminen olisi jakeistamista tukeva tai jopa sitä mahdollistava tekniikka, koska erityisesti nautatila menettää sekä orgaanista että liukoista typpeä jakeistamisessa, mutta pääsee samalla käyttämään nestejakeen tehokkaasti lähipeltoille ja säästämään levityskustannuksissa. Epäorgaanisen lannoitetypen ostarive kuitenkin lievästi kasvaa naudantilaa jakeistettaessa, kun taas sikatilalla se vähenee varsin selvästi. Kokonaisuutena alueen epäorgaanisen typen tarve ei vähene eikä merkittäviä kustannussäästöjä synny. On mahdollista, että samalla typen haihtumisen riski kasvaa.

Teknologiaskenaariossa 2 jakeistettu kuivajae viedään biokaasulaitoksiin, josta se vasta biokaasuprosessin jälkeen viedään fosforilannoitusta tarvitseville pelloille. Fosforilannoitetta syntyy nyt noin 10 % enemmän (epäorgaanisen lannoitefosforin välttäminen nykytilassa 265 000 €/a) kuin pelkässä jakeistamisessa säilörehulisän vuoksi. Biokaasulaitosten massojen keskitetty käsittelymalli saattaa tuoda tehokkuusetuja pelkkään tilakohtaiseen jakeistamiseen verrattuna.

Pelkkä jakeistaminen tuottaisi alueelle liikevaihtoa vuositasolla enintään 200 000 € (jakeistuskoneiden vuotuinen kustannus) + 250 000 € vähentyneen epäorgaanisen fosforilannoituksen kautta. Tämä hyvin pieni verrattuna mm. kotieläintilojen liikevaihtoon (alle 1 % tilaa kohti). Sen sijaan jakeistus + viiden tilan yhteinen biokaasu yhteensä 20 tilalla Satakunnassa (5 naudantilaa ja 15 sianlantaa + 1000 t säilörehulisää käsittelevää laitosta) tuottaisi 3-5 % lisää liikevaihtoa toimintaan osallistuvien kotieläintilojen liikevaihtoon suhteutettuna.

## **Tiivistelmä vaikutuksista Satakunnan alueen maatalojen liiketalouteen, aluetalouteen ja työllisyyteen**

### *Skenaario 1: Ympäristötuen lannoitusrajat eivät enää sido kotieläintiloja*

- Kotieläintilojen liiketalous: 1,02 (kustannussäästöt lannan levityskustannuksissa sekä epäorgaanisen typpilannoitteen ostoissa, joista levityskustannusten säästö merkittävämpi)
- Maatalous yhteensä: 1,01 (tämä edellyttäen, että ympäristötuen tai muun vastaavan tuen maksu jatkuu kuten ennenkin) – mikäli ympäristötukea ei maksettaisi kotieläintiloille, niiden tulot alenisivat keskimäärin vähintään 5 %, eli kustannussäästöt eivät korvaisi tulonmenetyksiä
- Aluetalous: 1 (eli ei muutosta – kotieläintilojen kustannussäästöt suhteellisen vähäisiä suhteessa aluetalouteen, joka menettäisi ainakin sikatilojen lannoiteostojen verran liikevaihtoa)
- Työllisyysvaikutukset: 1 (ei muutosta) – menetetty työllisyys voi olla pieni jopa maatalojen tasolla, koska isot tilat tarvitsevat edelleen ulkopuolista apua lannan levitykseen erit. keväällä. Jossain määrin lannanlevityksen urakointitarve vähenisi ja korvautuisi tilan omalla levityksellä ja sen lisääntymisellä ainakin lähipeltoille. Lantaurakoinnin työtunnit, jotka suinkaan eivät kokonaan loppuisi, ovat kuitenkin varsin pieniä jo verrattuna tilojen kokonaistyönmenekkiin – aluetasolla ei työllisyysvaikutuksia.

### *Skenaario 2 (tässä luvussa muutoin TS1): pelkkä jakeistus ja kuivajakeen käyttö fosforilannoitteena*

- Kotieläintilojen liiketalous: 1,02 (muutos +2 %); syntyvä liikevaihdon kasvu verrattuna kotieläintalouden liikevaihtoon

- Aluetalous: 1 (muutos 0 %); muutos koko maataloudessa prosentin luokkaa, aluetaloudessa nolla (promillien luokkaa)
- Työllisyysvaikutukset: 1 (ei muutosta). Lannanlevityksen urakointi korvautuu osin jakeistamiseen tarvittavina työtunteina, mutta lannankäsittelyn kokonaistyönmenekki vähenee, ainakin lievästi joskaan ei vastaavassa määrin kuin tonnakilometrit vähenevät.

*Skenaario 3 (tässä luvussa muutoin TS2): Jakeistus, kuivajakeen käyttö fosforilannoitteena ja biokaasu 5 tilan yhteislaitoksissa*

- Kotieläintilojen liiketalous: 1,04 (sika- ja nautatilat; muutos +4 %); syntyvä liikevaihdon kasvu verrattuna kotieläintalouden liikevaihtoon; koko maatalouden liikevaihtoon suhteutettuna muutos alle 2 %
- Aluetalous: 1. Muutos likimain nolla, mutta noin kaksinkertainen verrattuna skenaarioon 2; edelleen hyvin pieni vaikutus.
- Työllisyysvaikutukset: 1 (ei muutosta). Arvioitava edellisen skenaarion päälle sitä, missä määrin biokaasulaitoksen mukaantulo jakeistuksen lisäksi muuttaa työnmenekkiä: Kuivajakeen keskitetty kuljetus tiloilta isoissa erissä biokaasulaitokseen vähentää työnmenekkiä. Vaikka biokaasulaitoksen käsittelyjäännös voidaan levittää pelloille keskitetysti ja tehokkaasti, olennaista työn vähenemistä ei kuitenkaan tapahdu, etenkin jos kuljetusetäisyydet ovat pitkiä ja kun vielä otetaan huomioon biokaasulaitokselle tarvittava säilörehutäydennys. Viiden ison kotieläintilan yhteinen biokaasulaitos työllistäisi 0,5 htv, mutta kullakin tilalla kuluisi noin 2 htv, eli yhteensä 10 htv. Jos esimerkiksi Satakunnassa olisi 15 laitosta, tulisi 7,5 htv lisää alueelle (hyvin pieni verrattuna maatalouden työvuosiin alueella).

Biokaasulaitos tuottaisi näin laskettuna 5 % työllisyyden kasvun verrattuna siihen osallistuvien kotieläintilojen työvuosiin. Samalla pitää kuitenkin muistaa, että jakeistus lievästi vähentää lannankäsittelyn työnmenekkiä nykytilaan, eli aivan 5 % ei työ lisääny. Koska aluetasollakin kokonaistyö kasvaisi korkeintaan 7,5 htv verran, se olisi pieni murto-osa maatalouden työllisyydestä ja erittäin pieni osa koko alueen työllisyydestä.

Toki rakennusvaiheessa biokaasulaitos työllistäisi enemmän. Voidaan arvioida, että noin 0,5 miljoonan euron biokaasulaitoksen rakentaminen vaatii 2 henkilötyövuotta laitoksen sijaintipaikalla. Mutta koska poistoaika on noin 15 vuotta, vuotta kohti ei tule isoa työllisyysvaikutusta. Jos rakentaminen vie 2 htv:tä, se olisi 0,13 htv/vuosi, ja jos Satakunnassa olisi 15 laitosta, tarvittaisiin 2 htv/ vuosi rakennusvaiheessa, joka tulisi lisätä tuohon maksimissaan 7,5 htv:hen. Arvio voisi olla 9 htv:tä lisää, joka on vähän verrattuna koko Satakunnan maatalouden ja alueen työllisyyteen. Vaikutus voi kuntatasolla olla suhteessa merkittävämpi, jos samassa kunnassa toteutetaan samanaikaisesti useampia hankkeita.

### 3.8 Johtopäätökset ja suositukset

Perusongelma lantaravinteiden hyväksikäytössä on erityisesti lietelannan alhainen typpipitoisuus suhteessa fosforipitoisuuteen ja lannan kokonaistilavuuteen. Lietelannan hyötykäytön parantamiseksi sen ravinteita on tarpeen ”tiivistää” ja muuttaa ravinnesuhdetta typpipitoisemmaksi. Jos tässä onnistutaan, lannalla voitaisiin korvata huomattava osa epäorgaanisista lannoitteista ja päästä lähemmäksi valtioneuvoston asettamaa ravinteiden kierrätystavoitetta.

Yksi jo käytössä oleva lantaravinteiden hyväksikäytön tehostamiskeino on lietelannan sijoituslevitys, jossa typen haihtuminen on olennaisesti pienempää kuin hajalevityksessä. Investointi sijoituslevitykseen johtaa suurempaan kalustokustannukseen ja suurempaan työmäärään. Sijoituslevitys voidaan kuitenkin jakaa kahteen tai kolmeen erään kasvukauden aikana, mikä helpottaa kevään työruuhkaa. Sijoituslevityksen edistäminen näyttäisi tarpeelliselta, koska sijoituslevitys ei suuremman työnmenekin vuoksi kannata merkittävästi hajalevitystä paremmin (arvioitu luvussa 3.4) paitsi erityisen korkeilla epäorgaanisen typen hinnoilla. Sijoituslevitys tehostaisi jo sinällään typen hyväksikäyttöä, mutta ei kuitenkaan helpottaisi lantafosforin ylijäämän ongelmaa.

Toinen kiinnostava mahdollisuus lantaravinteiden hyötykäytön lisäämisessä on kiintoaineen ja sen sisältämän fosforin erottaminen lietelannasta. Erottaminen helpottaisi typpipitoisen nesteosan levittämistä ja imeyt-

tämistä maahan. Se vähentäisi oleellisesti myös hygieniariskiä eli lantamikrobien jäämistä kasvustoon. Erotettua typpipitoista, mutta vähäfosforista nesteosaa voidaan levittää hehtaaria kohden enemmän kuin raakaliettä, jonka levitysmäärää rajoittavat ympäristötuen säädökset fosforilannoituksesta. Parhaassa tapauksessa typpilannoitustarve voidaan hoitaa kokonaan lantatyypellä. Samalla lannan kuljetustarve voi alentua alle puoleen. Koska osa lannan liukoisesta tyypestä jää kuivajakeeseen, on tärkeää, että nestejakeen tyyppi käytetään tehokkaasti hyväksi tilan omilla tai muilla läheisillä pelloilla. Suurin osa liukoisesta tyypestä jää kuitenkin nestejakeeseen. Sijoituslevitys sopii näin ollen hyvin yhteen lietelannan jakeistamisen kanssa parantaen tyypin hyväksikäyttöä ja jakeistamisen kannattavuutta. *Yhdessä sijoituslevitys ja jakeistaminen voivat edistää merkittävästi lantaravinteiden kiertoa tilan lähialueella, minkä vuoksi toiminnan kannustamista esimerkiksi erityisympäristötuen osana tulisi harkita.*

Kotieläintiloille on merkittävää etua siitä, että jakeistettu fosforipitoinen kuivajae voidaan levittää niille peltoaloille, jotka ovat todella fosforilannoituksen tarpeessa. Kuivajae sisältää lisäksi orgaanista tyyppiä, joka hajoaa vähitellen kasveille käyttökelpoiseksi liukoiseksi tyypeksi. Lannan kiintoaineen erottamisen haitta kotieläintilan näkökulmasta on, että karjatila menettää ison osan, jopa 35–40 % lannan kokonaistyypestä, jos erotettu kiintoainekas luovutetaan kokonaan tilan ulkopuolelle. Toisaalta tämä tappio voi vähentyä, jos suurin osa lietelannasta on jo aikaisemmin jouduttu levittämään tilan ulkopuolelle.

Lannan jakeistamista suunnittelevan tilan tulee arvioida,

- (1) kuinka lantatypen hyväksikäyttö muuttuu jakeistettaessa – kuinka paljon liikafosfori rajoittaa lantatypen hyödyntämistä tilan olosuhteissa. Huomattava parannus tässä voi edellyttää sijoituslevitystä.
- (2) kuinka suuri osa lannan fosforista tarvitaan tilan omaan käyttöön – loput voidaan luovuttaa pois paikallisten lantamarkkinoiden ehdoilla
- (3) kuinka pian tarvittavat investoinnit maksavat itsensä takaisin – tavoitteena tulisi olla alle 10 vuotta.

Jotta investoinnit maksavat itsensä takaisin kustannussäästöinä, sopivan työnjaon löytäminen ja riittävän toimintalaajuuden saavuttaminen ovat keskeisiä. Tulosten mukaan tehokkaamman lannan käytön vuosihyödyt voivat olla maataloudelle noin 10 miljoonan euron luokkaa (vuoden 2010 epäorgaanisten lannoitteiden hinnoilla). Tästä noin puolet on lannan kuljetus- ja levityskustannuksista sekä epäorgaanisen fosforilannoitteiden ostoista syntyviä nettomääräisiä säästöjä. Toinen puolikas on kotieläintuotannon lisääntyneitä keskittymis- ja tehostumisetuja, koska lannan jakeistaminen lieventää kasvavien tilojen peltoalarajoitetta ja siihen liittyviä kustannuksia pienellä osalla kotieläintiloja. Nettomääräiset välittömät hyödyt ja rakennekehityksen kautta vähitellen toteutuvat tehokkuushyödyt jäävät kuitenkin keskimäärin suhteellisen vähäisiksi, koska lannan tehokas hyödyntäminen aiheuttaa uusia kustannuksia samalla, kun säästetään muissa lantaan liittyvissä kustannuksissa. *Epäorgaanisen lannoitefosforin vähentämispotentiaali on kuitenkin jopa 30–50 %, jos lannan fosfori voidaan kohdentaa tarvetta vastaavasti. Näin ollen on suositeltavaa kannustaa lannan tehokkaampaan hyödyntämiseen, koska nettomääräiset hyödyt jäävät muuten suhteellisen vähäisiksi.*

Lannan jakeistaminen tarjoaa ainakin periaatteessa mahdollisuuden fosforin kierrätykseen, mikäli löydetään kustannustehokas järjestely ja toimintatapa erotetun kuivajakeen kuljettamiseen ja levittämiseen pelloille, joilla on fosforilannoitustarvetta. Tulosten mukaan olennaista ei aina, varsinkaan lypsy- ja nautakarjavaltaisilla alueilla, ole suuri erotustehokkuus. Riittävä osa eläintihojen alueiden ylijäämäfosforista voidaan erottaa keskinkertaisella tai heikollakin erotustehokkuudella, jos se voidaan kohtuukustannuksella kerätä ja levittää fosforia ja orgaanista ainesta tarvitsevien viljelijöiden pelloille. Kustannusten tulisi olla pienempiä kuin epäorgaanisen lannoitefosforin hinta, mihin epäorgaanisten lannoitteiden hintojen kallistuessa energian hintojen mukana ja pitkällä aikavälillä fosforin kallistuessa on hyvät mahdollisuudet. *Vaikka erotettu lantafosfori ei käytettävyydeltään ja logistiikkaeduiltaan olisikaan epäorgaanisen lannoitefosforin veroista, edullisempi hinta ja orgaaninen aine maanparannusaineena voi tarjota fosforilannoitetta tarvitsevalle viljelijälle kilpailukykyisen vaihtoehdon. Tämän, sekä merkittävän fosforikiertopotentialin ja muiden ympäristöhyötyjen kanssa (epäorgaanisen tyypin ostotarpeen väheneminen kotieläintiloilla, orgaanisen aineen hyödyntäminen laajemmalla peltoalalla) julkisen vallan olisi perusteltua edistää lannan jakeistamista.* Ensisijaisesti tulee kuitenkin pyrkiä fosforin kierrätykseen markkinaehtoisesti, eli luomalla toimintamalleja kustannustehokkaaseen ja epäorgaanisille lannoitteille kokonaisuutena kilpailukykyiseen toimintatapaan.

*Neuvonnan, tutkimuksen ja myös tuottajajärjestöjen tulee luoda uutta positiivista toimintakulttuuria lannan hyödyntämiseen.* Keskeistä on löytää toimintamalleja, joilla tilat voivat yhdessä päästä kannattavaan lantaravinteiden kierrätykseen ja pääomakustannusten ja epävarmuuksien jakamiseen. Erityisesti tulee varmistua siitä, että lantaravinteita vastaanottavien kasvitilojen kokonaisuhyöty – paitsi lantaravinteiden hinnan, myös käytännön toimintatavan ja työnjaon - tulee olla kilpailukykyinen epäorgaanisiin lannoitteisiin nähden. Samoin tulee olla varmuus pellolle levitettävien lantajakeiden ravinnepitoisuuksista. Toimivaan työnjakoon ja luotettavaan informaatioon hinnoista ja ravinnepitoisuuksista voidaan päästä riittävän monien ja isojen tilojen välisellä tehokkaalla toimintatavalla ja työnjaolla. Esimerkiksi lannan kuivajakeen keräily tiloilta ja markkinointi kasvitiloille on yhteistoimintana todennäköisesti edullisempaa kuin yksittäisten tilojen tekemänä. Tällöin paranee myös varmuus esimerkiksi lietalannan jakeistamisen kannattavuudesta, mikä vähentää maatilojen kokonaisriskiä, koska samalla vähenee tarve epäorgaanisille lannoitteille, joiden hintojen vaihtelu on lisääntynyt. Tällöin päästään tilanteeseen, jossa ei ole kannustimia palata epäorgaanisiin lannoitteisiin, vaikka niiden hinta on välillä keskimääräistä alhaisempi.

Laskelmien perusteella lannan käyttöä tehostavaa prosessointia tulisi edistää ensisijassa isoilla tiloilla ja alueilla, joilla suuria kotieläintiloja on paljon. Kotieläintiheillä alueilla tulisi antaa mahdollisuus jakeistuslaitteiston tehokkaaseen käyttöön esim. urakoitsijoiden ja konerenkaiden kautta, joilla on tähän parhaat tekniset ja usein myös osaamiseen liittyvät edellytykset. Jos kustannuksia saadaan jaettua, se motivoisi myös muita tiloja ostamaan lannankäsittelypalveluja. Esteet ovat näin ollen paitsi teknisiä, myös organisointiin liittyviä. Yksittäisillä kotieläintiloilla on yksin toimiessaan harvoin todellisia mahdollisuuksia toimivien ratkaisujen etsimiseen ja löytämiseen. Tämän vuoksi investoinnit lantaravinteiden tehokkaampaan hyödyntämiseen tulee nähdä laajemmin kuin yksittäisen tilan näkökulmasta, mikä tulee huomioida myös siinä, keille myönnetään investointitukia lantaravinteiden tehokkaampaan hyödyntämiseen.

Julkista tukea lantaravinteiden tehokkaampaan hyödyntämiseen todennäköisesti tarvitaan ainakin alkuvaiheessa, koska investointeihin sisältyy aina riskejä, kun esimerkiksi lietalannan jakeistuslaitteista ja useamman tilan yhteisistä biokaasulaitoksista on varsin vähän kokemuksia, eivätkä niihin liittyvät toimintamallit ole vielä vakiintuneet. Lisäksi poistoaika on lannankäsittelylaitteilla tyypillisesti varsin lyhyt, noin 10 vuotta, mikä ylläpitää investoinnin riskejä.

Sekä sijoituslevytykseen soveltuvien laitteiden että jakeistamislaitteiden tulisi soveltua tilojen käyttöön aiempaa paremmin. Esimerkiksi sijoituslevitys sikatiloilla, tai etenkin typpilannoitustäydennyksen antaminen kasvukauden aikana viljan oraille, ei ole vielä kovin yleinen tai vakiintunut toimintatapa, mikä voi jarruttaa myös lietteen jakeistamisen yleistymistä. Tämä voi olla jopa lietteen jakeistamisen avainkysymys, jota ilman toimivaa fosforikiertoa on vaikea järjestää alueilla, joilla lantafosforia on ylen määrin. Vaikka suurimmat sikatilat saattavat jatkossa investoida kannattavasti jopa yksinään tehokkaihin jakeistuslinkoihin, tarvetta ja kysyntää olisi yhteiskäyttöön soveltuville, fosforinerotusteholtaan paremmille jakeistuslaitteille.

Jatkotutkimuksissa ja selvityksissä tulisi tuoda esille esimerkkejä tilojen välisistä toimivista yhteistyökuviosta ja selkeistä työnjaosta lantaravinteiden tehokkaassa hyödyntämisessä. Esimerkiksi työnjako ja sopimukset tulisi saada paperille, mihin voi ottaa oppia muista sopimusjärjestelyistä. Lietalannan jakeistus ja/tai biokaasulaitos usean tilojen yhteislaitoksena voisi tietyin edellytyksin sopia tietylle osalle jo toimivia konerengkaita, joilla on mahdollisuus ja tarve lisätä olemassa olevan traktorikaluston ja palkatun työvoiman työtunteja (lisää jakajia olemassa oleville kustannuksille), ja joille yhteisten lannankäsittelylaitteistojen käyttö ja hallinnointi on jo rutiinia. Erityisesti tilojen yhteisten biokaasulaitosten töiden ja vastuiden jakaminen – samoin saatavien hyötyjen jakamisesta sopiminen – on avainasemassa.

*Toimivien toimintamallien suhteen tulee selvittää myös se, missä määrin erilaiset ympäristöhyödyt toteutuvat (mm. epäorgaanisten ostolannoitteiden väheneminen, maaperän orgaanisen aineen lisääntyminen ja typen ja fosforin hävikin pieneneminen).* Tässä yhteydessä on aiheellista selvittää perusteellisemmin myös sitä, *johdetaan tehostettu lantaravinteiden kierto, erityisesti fosforin osalta, jatkossa entistä suurempiin investointeihin ja tilakoon laajennuksiin, ja mitä tämä tarkoittaa maatalouden rakennkehitykselle ja tuotannon keskittymiselle*, ja millaisiin riskeihin ajaututaan, jos tilakohtaisia lantamääriä edelleen voimakkaasti kasvatetaan. Ts. kuinka haavoittuva laajamittainen lantaravinteiden kierrätys on erilaisille häiriöille. Tässä suhteessa uusilla toimintamalleilla voi kuitenkin olla paljon annettavaa tuottajille, koska kotieläintuotanto ja varsinkin fosforilannoituksen tarpeessa oleva pelto on joka tapauksessa eriytyvässä alueellisesti.

---

## Lähteet

---

- Heilä, J. 2010. Suullinen tiedonanto 25.11.2010. Biovakka Suomi Oy.
- Jääskeläinen, V. 2010. Lietteen separointi ottaa ravinteet talteen ja vaatii vähemmän säiliötilaa. Lihatalous 1/2010: 36–38.
- Lehtinen, S. 2010. TEHO-hankkeessa tehdyistä jakeistuskokeista traktorikäyttöisellä ruuvikuivaimella kesällä 2010. Tutkija Sakari Lehtisen esitys HYÖTYLANTA-TEHO –tutkijakokouksessa 4.6. 2010.
- Lehtonen, H. ja Pyykkönen, P. 2005. Maatalouden rakennekehitysnäkymät vuoteen 2013. MTT:n selvityksiä 100: 40 s., 1 liite. <http://www.mtt.fi/mmts/pdf/mmts100.pdf>
- Lehtonen, H. 2001. Principles, structure and application of dynamic regional sector model of Finnish agriculture. Academic dissertation. Systems Analysis Laboratory, Helsinki University of Technology. Publisher: Agrifood Research Finland, Economic Research (MTTL). Publications 98. Helsinki. 265 pages. <http://lib.tkk.fi/Diss/2001/isbn9512256894/>
- Lehtonen, H. 2007. Suomen maidontuotannon kehitys eri hintaskenaarioilla maitokiintiöiden vapautuessa. In: Lehtonen, Heikki (toim.). EU:n maitokiintiöjärjestelmän poistumisen vaikutukset Suomen maitosektorille. MTT:n selvityksiä 144: 61–83. <http://www.mtt.fi/mmts/pdf/mmts144.pdf> Verkkojulkaisu päivitetty 25.9.2007.
- Lehtonen, H. ja Niemi, J.K. 2008. Arvioita 141-ratkaisun vaikutuksista sian- ja siipikarjanlihan tuotantoon Suomessa. Liite MTT:n tiedotteeseen 25.1.2008. 4s. [www.mtt.fi](http://www.mtt.fi) – Ajankohtaista – Uutiset – Arkisto – 2008.
- Lehtonen, H., Niemi, J.K., Tauriainen, J. ja Niemi, J. 2008. Tuotantosidonnainen vai tuotannosta irrotettu kotieläintuki yksimahaisille 142-alueella? Luottamuksellinen julkaisematon raportti Maa- ja metsätalousministeriölle 9.5.2009. 18 s.
- Niemi, J.K. 2010. Delivery contract design and price risk management in pig fattening. NJF seminar 435: Risk and Crisis management in Nordic Agriculture. Uppsala, Sweden, 16-17 September 2010. <http://www.njf.nu/site/seminarRedirect.asp?intSeminarID=435&p=1293>
- Niemi, J., Partanen, K., Puolanne, E., Ruusunen, M., Sevón-Aimonen, M-L., Voutila, L., Siljander-Rasi, H. ja Serenius, T. 2010. Sikarotuyhdistelmien erot tuotanto- ja lihan laatuominaisuuksissa ja erojen taloudellinen merkitys. tutkimushankkeen loppuraportti 30.6.2010. MTT ja Helsingin Yliopisto. <http://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/maaseutuyritys/huomisenmaatila/ajankohtaista/rotupossu>
- OECD-FAO 2010. [www.agri-outlook.org](http://www.agri-outlook.org)
- Palva, R., Alasuutari, S. ja Harmoinen, T. (toim.) 2009. Lannan käsittely ja käyttö. Pro Agria Keskusten liiton julkaisuja nro 1073. Tieto tuottamaan 128,
- Pyykkönen, P. 2006. Factors affecting farmland prices in Finland, Pellervon taloudellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja nro 19.
- Pyykkönen, P., Lehtonen, H. & Koivisto, A. 2010. Maatalouden rakennekehitys ja investointitarve vuoteen 2020. Pellervon Taloustutkimuksen Työpapereita nro 24. 35 s. [http://www.ptt.fi/dokumentit/tp125\\_1111100930.pdf](http://www.ptt.fi/dokumentit/tp125_1111100930.pdf)
- TEM 2009. Syöttötariffiryhmän loppuraportti – Ehdotus tuulivoimalla ja biokaasulla tuotetun sähkön syöttötariffiksi. [http://www.tem.fi/files/24645/Sy\\_tt\\_tariffity\\_ryhm\\_n\\_loppuraportti\\_29-09-09.pdf](http://www.tem.fi/files/24645/Sy_tt_tariffity_ryhm_n_loppuraportti_29-09-09.pdf)
- TIKE 2010. Maataloustilastot. [www.maataloustilastot.fi](http://www.maataloustilastot.fi).
- Turtola, E. ja Ylivainio, K. 2009. Suomen kotieläintalouden fosforikierto - säätöpotentiaali maataloilla ja aluetasolla. Maa- ja elintarviketalous 138. Saatavilla <http://www.mtt.fi/met/pdf/met138.pdf>
- Työtehoseura 2004. Maataloustiedote 9/2004. Lannanlevityksen kustannukset.
- Työtehoseura 2009. Maataloustiedote 3/2009. Konetyön kustannukset ja tilastolliset urakointihinnat.
- Uusitalo, P. ja Pietola, K. 2002. Franchising sopimukset sikatalouden hintariskien hallinnassa. Maa- ja elintarviketalous 11: 35 s. + 2 liitettä. <http://www.mtt.fi/met/pdf/met11.pdf>



---

## 4 Lannankäsittelyn elinkaariset ympäristövaikutukset ja käsittelyvaihtoehtojen kokonaiskestävyyden arviointi OSA 1: Elinkaariset ympäristövaikutukset

---

Juha Grönroos, Katri Rankinen, Miia Kuisma, Reetta Palva, Sakari Alasuutari, Tuuli Myllymaa, Jarkko Leppälä, Laura Alakukku, Heidi Huttunen, Hannu Mikkola, Pekka Leskinen, Helena Kahiluoto ja Juha-Matti Katajajuuri

### 4.1 Vaikutusarvioinnin tausta ja tavoitteet

Lannan ja muiden eloperäisten jätteiden ja sivutuotteiden (biomateriaali) käsittelystä ja hyötykäytöstä aiheutuu energiankulutusta sekä päästöjä ilmaan ja vesiin. Vaikutusten suuruus riippuu masojen määrästä ja ominaisuuksista sekä käsittelytavoista.

Kasvinviljelyssä lanta on merkittävä ravinteiden lähde. Vuonna 2009 noin 60 % peltojen fosforilannoituksesta ja noin 40 % typpilannoituksesta oli peräisin kotieläinten lannasta (Salo ja Lemola 2010). Epäorgaanisiin lannoitteisiin nähden lannan käyttöä lannoitteena kuitenkin heikentää lannan epädullinen N:P -suhde, suhteellisen alhaiset ravinnepitoisuudet, suuret vaihtelut ravinteiden määrissä ja muissa ominaisuuksissa, sekä olomuoto, joka edellyttää siihen sopivan koneistuksen käyttöä. Suhteellisen alhainen liukoisen typen osuus ja fosforin suuri määrä kasvien tarpeeseen nähden aiheuttavat sen, että lannoittamista ei voida lannalla optimoida samalla tavalla kuin epäorgaanisilla lannoitteilla. Näin ollen esimerkiksi riski ravinteiden huuhtoutumiselle on epäorgaanisia lannoitteita suurempi. Osa lannan käyttöön liittyvistä ongelmista saattaa ratketa prosessoinnin kautta, eli muokkaamalla lanta sellaiseen muotoon, joka soveltuu paremmin peltolannoitukseen.

Lannan lannoituskäytön tehostaminen liittyy maataloudelle asetettujen vesien- ja ilmansuojelutavoitteiden (Ympäristöministeriö 2002, Ympäristöministeriö 2007) täyttämiseen. Vesiensuojelun periaatepäätöksen keskeinen tavoite on, että maatalouden kuormitus vähenisi 30 %:lla vuoteen 2015 mennessä vuosien 2001–2005 kuormituksesta. Lannoitusvaikutuksen lisäksi lannassa on energiapotentiaalia, joka on esimerkiksi biokaasuteknologioilla mahdollista ottaa hyötykäyttöön. Lannan energiapotentiaalin hyödyntäminen liittyy maataloudelle asetettujen ilmasto- ja energiapolitiittisten tavoitteiden täyttämiseen (EU:n ilmasto- ja energiapaketti).

Tässä luvussa esitellyn osatutkimuksen tavoitteena oli selvittää elinkaariarviointimenetelmää (LCA) käyttämällä, mitä vaikutuksia lannan ja muiden biomateriaalien käsittelyllä ja käsittelyn muutoksilla on ympäristöön. Elinkaarinäkökulma antaa mahdollisimman kattavan kuvan tarkasteltavan toiminnon ympäristövaikutuksista, sillä se mahdollistaa suorien vaikutusten lisäksi epäsuorien ja seurannaisvaikutusten sekä tarkastelun kohteena olevaa järjestelmää tukevien toimintojen huomioimisen. Tutkimuksen esimerkkialue oli Satakunta. Elinkaariarviointi toteutettiin kansainvälisten standardien (ISO 2006a, ISO 2006b) mukaan. Tarkastelussa huomioitiin haitallisten ympäristövaikutusten lisäksi myös mahdolliset ympäristöhyödyt, kuten suorien ravinnepäästöjen väheneminen lannan paremman lannoituskäytön johdosta, epäsuorat ravinnepäästövähennykset epäorgaanisten lannoitteiden käytön vähenemisen kautta ja kasvihuonekaasupäästöjen vähennykset lannasta tuotetun energian korvatussa fossiilisia polttoaineita.

### 4.2 Elinkaariarviointi ja sen soveltaminen HYÖTYLANTA-hankkeessa

Elinkaarimallinnuksella tarkoitetaan tarkastelun kohteena olevan järjestelmän elinkaaristen ympäristövaikutusten arviointia käyttämällä elinkaariarvioinnissa (LCA) yleisesti käytettäviä menettelytapoja, jotka noudattavat ISO 14000-sarjan kansainvälisiä standardeja (ISO 2006a, ISO 2006b). Elinkaarilla ympäristövaikutuksilla tarkoitetaan tuotteen tai palvelun tuottamisesta aiheutuvia

välittömiä ja välillisiä ympäristövaikutuksia, jotka syntyvät tuotteen tai palvelun elinkaaren koko ajalta, alkaen raaka-aineiden hankinnasta ja jatkuen varsinaisen tuotantoprosessin kautta tuotteen käyttöön, käytöstä poistoon ja jätteiden loppusijoitukseen. Ympäristövaikutuksilla tarkoitetaan ilmaan, maaperään ja vesiin kohdistuvista päästöistä aiheutuvia muutoksia ympäristössä.

## **4.2.1 Elinkaariarvioinnin tavoitteet ja soveltamiskohde**

### **4.2.1.1 Työn tavoitteet**

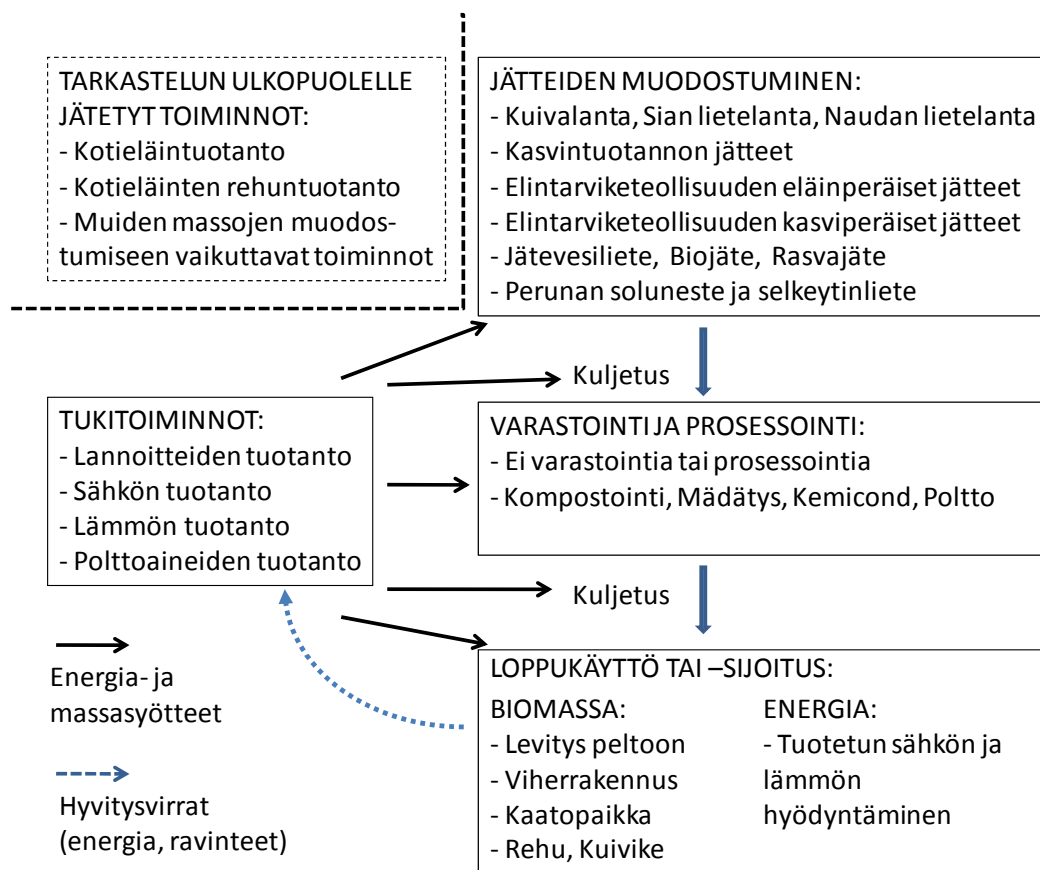
Tutkimuksessa elinkaarimallinnuksen tavoitteena oli arvioida valitun maantieteellisen kohdealueen, Satakunnan, alueella syntyvän lannan ja muiden eloperäisten jättemateriaalien vaihtoehtoisten käsittely- ja hyötykäyttötapojen (myöhemmin käytetään vain termiä ”käsittelytapa”) elinkaarisia ympäristövaikutuksia. Vertailukohtana eli referenssinä toimi kyseisellä alueella muodostuvien eloperäisten jättemateriaalien nykyinen käsittelytapa. Tavoitteena oli selvittää, millä tavalla vaihtoehtoiset käsittelytavat eroavat ympäristövaikutuksiltaan referenssistä ja toisistaan. Tässä raportissa eloperäisten jätteiden ja sivutuotteiden muodostamasta kokonaisuudesta käytetään myös termiä biomateriaali. Satakunta valittiin esimerkkialueeksi, koska monipuolisen ja intensiivisen kotieläintuotannon lisäksi alueella sijaitsee runsaasti elintarvikkeita jalostavia yrityksiä. Suomen seitsemänneksi rikkaimpana maakuntana alueella syntyy merkittävässä määrin myös yhdyskuntapohjaisia eloperäisiä jätteitä, kuten jätevesilietteitä ja biojätteitä.

### **4.2.1.2 Tuotejärjestelmä ja järjestelmärajaukset**

Tutkimuksessa tuotejärjestelmällä tarkoitetaan Satakunnan alueella syntyvien eloperäisten jättemateriaalien käsittelyyn liittyvää toimintakokonaisuutta, joka sisältää varsinaisten käsittely- ja kuljetusprosessien lisäksi niitä tukevat toiminnot, kuten energian ja raaka-aineiden tuotannon. Tuotejärjestelmään sisältyvät osaprosessit ja systeemin rajat on esitetty kuvassa 25. Järjestelmän rajoilla tarkoitetaan sitä, mitkä yksikköprosessit tuotejärjestelmään sisällytetään. Todettakoon, että tässä tutkimuksessa järjestelmän rajoilla tarkoitetaan lisäksi myös maantieteellistä rajausta. Maantieteellinen rajausta tarkoittaa sitä, että mallissa huomioidaan vain kohdealueella eli Satakunnassa syntyvät biomateriaalit. Pääosa materiaaleista käsitellään ja loppusijoitetaan kyseisellä alueella, mutta pieni osa päättyy alueen ulkopuolelle.

Tarkastelun kohteena olevat vaihtoehtoiset tuotejärjestelmät rakentuvat tietyistä osajärjestelmistä, joita ovat raaka-aineiden syntypaikka, keräilykuljetukset ja varastointi, mahdollinen prosessointivaihe, prosessoinnin jälkeinen välivarastointi yhdelle tai useammalle lopputuotteelle, lopputuotteiden kuljetus loppukäyttöön ja itse loppukäyttö.

Tutkimuksessa vaihtoehtoisissa tuotejärjestelmän toteutuskokonaisuuksissa (kokonaismallit, skenaarit) sovelletaan luvussa 3.2 esitettyjä ja tarkemmin määriteltyjä eri materiaalien käsittelyketjuja ja osajärjestelmiä.



Kuva 25. Satakunnan alueella syntyvien ja siellä käsiteltävien eloperäisten jättemateriaalien vaihtoehtoisten käsittelytapojen elinkaaritarkastelussa sovellettavan tuotejärjestelmän peruskuvauus.

#### 4.2.1.3 Toiminnallinen yksikkö

Toiminnallisella yksiköllä tarkoitetaan tuotejärjestelmän määrällistä suorituskykyä, jota käytetään referenssiyksikkönä elinkaariselvityksissä. Sen ensisijaisena tarkoituksena on antaa vertailuyksikkö, johon syötteen ja tuotokset suhteutetaan. Tyypillisesti elinkaariarvioinneissa toiminnallisena yksikkönä toimii tietty määrä tarkastelun kohteena olevaa lopputuotetta. Tässä tutkimuksessa tarkastelun kohteena olevista tuotejärjestelmän vaihtoehtoisista toteutustavoista syntyy eri määrä lopputuotteita: energiaa ja lannoitetuotteita. Sen takia elinkaarimallinnuksen toiminnallisena yksikkönä on Satakunnan alueella muodostuva eloperäisten jätteiden ja sivutuotteiden kokonaismäärä. Se on kaikissa mallinnettavissa vaihtoehdoissa sama, mikä on edellytys elinkaariarviointiin pohjautuvan vertailun suorittamiselle. Alueella tietyn ajan sisällä syntyvien jätteiden kokonaismäärä on Myllymaan ym. (2008) mukaan tyypillinen toiminnallinen yksikkö jätehuollon elinkaariarvioinneissa. Toinen tyypillinen toiminnallinen yksikkö on yksi tuotettu jätelajitoni, mikä on käyttökelpoinen silloin, kun tarkastellaan yhtä tiettyä jätelajia. Satakunnan alueella syntyviä biomateriaalmääriä ja niiden nykyisiä ja vaihtoehtoisia käsittely- ja hyötykäyttötapoja käsitellään luvussa 4.3.

#### 4.2.2 Yleiset laskentaperiaatteet

HYÖTYLANTA-tutkimusohjelmassa ensisijaisena tarkoituksena oli verrata erilaisten eloperäisten jätteiden ja sivutuotteiden vaihtoehtoisten käsittelymenetelmien elinkaarisia ympäristövaikutuksia toisiinsa. Normaalisti tällainen tarkastelutapa tarkoittaa sitä, että jäte otetaan huomioon ns. nollapäätöisenä, eli huomioon ei oteta niitä prosesseja, jotka ovat saaneet aikaan jätteen muodostumisen. Esimerkkinä edellä mainitusta ovat märehtijöiden ruoansulatus ja siitä johtuvat metaanipäästöt. Sen sijaan tarkasteluun sisällytetään jätteiden keräykseen, kuljetukseen, käsittelyyn, hyödyntämiseen ja loppusijoitukseen liittyvät kuormitteet jätteiden syntyhetkestä eteenpäin. (esim. Myllymaa ym. 2008). Näin on toimittu tässäkin hankkeessa (Kuva 25).

Kun tuotejärjestelmää muutetaan, saattaa siitä aiheutua muutoksia eli seurannaisvaikutuksia muissa tuotejärjestelmissä. Jos esimerkiksi aikaisemmin rehukäyttöön mennyt materiaali ohjataan bio-kaasulaitokseen, se aiheuttaa muutoksia myös rehuntuotantoketjuun, koska rehuvaie on korvattava. Tässä hankkeessa huomioitiin seurannaisvaikutuksia seuraavalla tavalla:

- epäorgaanisten lannoitteiden tuotanto ja käyttö muuttuvat siltä osin kuin uusi orgaaninen lannoite tai tehostunut nykyisten orgaanisten lannoitteiden lannoituskäyttö niitä korvaa;
- biomateriaaleista tuotetulla lisänettoenergialla korvataan olemassa olevaa sähkön- ja lämmöntuotantoa. Hankkeessa korvattavina energiamuotoina on käytetty valtakunnallista keskivertosähköä ja –lämpöä tai vaihtoehtoisesti turpeella tuotettua sähköä ja lämpöä.

Edellä esitetyssä rehuesimerkissä rehuntuotanto lisääntyy jossakin muualla, minkä vaikutukset pitäisi myös ottaa huomioon. Tarkkaan ei tiedetä, mitä korvaava rehuraaka-aine olisi, mutta oletuksena on, että korvaava rehu on säilörehua siltä osin, kun korvataan kasviperäisiä jätteitä, ja rehusilakkaa, kun korvataan eläinperäisiä jätteitä. Koska nykytilanteessa rehuksi menevien massojen osuus alueen kokonaismassoista on hyvin pieni ja koska kyseisten massojen käyttötavan muuttuminen johtaa melko monimutkaisiin seurannaisvaikutustarkasteluihin, ei tässä työssä kyseisiä seurannaisvaikutuksia huomioitu.

### 4.2.3 Ympäristövaikutusten arviointi

Inventaarioanalyysissä kerätyt tiedot ympäristöä kuormittavista ja muuttavista tekijöistä muutetaan ympäristövaikutuksiksi karakterisointikertoimilla (Liite 9), minkä jälkeen voidaan vaihtoehtojen vertailua tehdä vaikutusluokittain. Esimerkiksi vaikutusluokassa ilmastonmuutos karakterisoinnilla tarkoitetaan ilmastonmuutosta aiheuttavien päästöjen kertomista päästökohtaisilla GWP-ekvivalenttikertoimilla, jonka jälkeen karakterisoidut päästöt voidaan laskea yhteen vaikutusluokakaindikaattoritulokseksi. Yleensä vaikutusluokkien keskinäinen tärkeys halutaan myös näkyviin, jolloin tarkasteltavan järjestelmän vaikutusluokkakohdaiset tulokset normalisoidaan, eli suhteutetaan esimerkiksi valtakunnan tason karakterisointeihin vaikutuksiin (vaikutusosuuden laskenta). Jo normalisointivaihe paljastaa sen, mitkä ovat ne vaikutusluokat, ympäristöä kuormittavat ja muuttavat tekijät ja järjestelmän osat, joiden merkitys kokonaisympäristövaikutusten muodostumiseen on suurin. Varsinaisesti eri vaikutusluokkaindikaattoritulokset saadaan yhteismitallisiksi kuitenkin vasta vaikutusluokkien tärkeyserojen painottamisen jälkeen. Tässä tutkimuksessa vaikutusarviointilaskenta tehtiin kahdella vaihtoehtoisella tavalla: käyttämällä valtakunnan tason ja aluetason (Satakunta) normalisointitekijöitä ja vaikutusluokkapainoja (Liite 9). Aluetason painokertoimet on saatu tämän hankkeen yhteydessä tehdyn asiantuntijakyselyn kautta, ja valtakunnan tason painot perustuvat Envimat-hankkeen (Seppälä ym. 2009) yhteydessä tehtyyn asiantuntijakyselyyn.

Elinkaariarvioinnin mukaisessa ympäristövaikutusten arvioinnissa tarkasteltiin seuraavia vaikutusluokkia. Suluissa on esitetty niiden laskennassa huomioitua ympäristöä kuormittavat ja muuttavat tekijät:

- Ilmastonmuutos (CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>)
- Happamoituminen (NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>)
- Vesien rehevöityminen (N ja P veteen, NH<sub>3</sub> ja NO<sub>x</sub> ilmaan)
- Maaympäristön rehevöityminen (NH<sub>3</sub> ja NO<sub>x</sub> ilmaan)
- Alailmakehän otsonin kasvillisuusvaikutukset (CH<sub>4</sub>, NO<sub>x</sub> ja NMVOC ilmaan)
- Alailmakehän otsonin terveysvaikutukset (CH<sub>4</sub>, NO<sub>x</sub> ja NMVOC ilmaan)
- Pienhiukkasten aiheuttamat terveysvaikutukset (suorat partikkelipäästöt ja epäsuora hiukkastenmuodostus, jossa aiheuttajina ovat NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub> ja SO<sub>x</sub>)

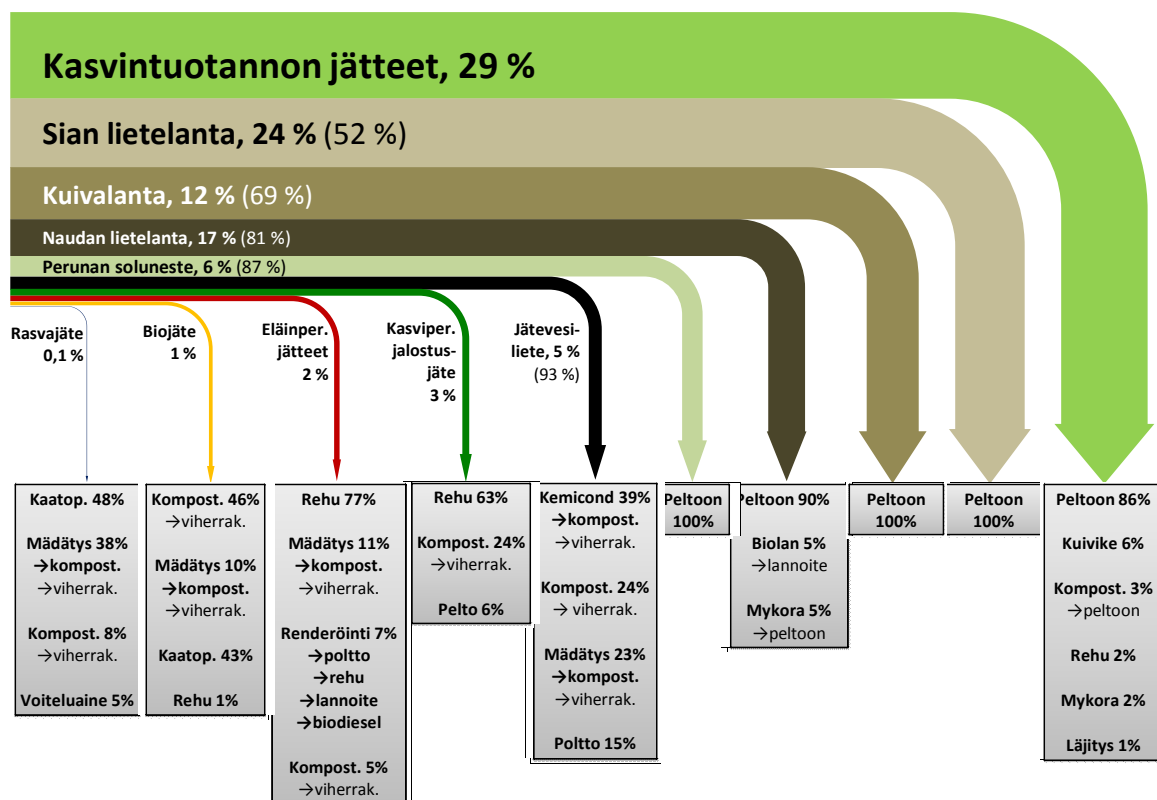
Lisäksi laskettiin tarkasteltavien vaihtoehtojen energiataseet. Vaikutusluokkien kuvaukset on esitetty liitteessä 8.

## 4.3 Eloperäisten jätteiden ja sivutuotteiden määrät ja käsittelyketjut Satakunnan alueella

### 4.3.1 Nykytilanne

Tässä yhteydessä esitetään esimerkkialueena toimivan Satakunnan alueen nykyiset biomateriaalien määrät ja käsittelytavat vuonna 2007.

Satakunnan alueella syntyy vuosittain noin 1,26 miljoonaa tonnia eloperäisiä jätteitä ja sivutuotteita tuorepainona laskettuna. Tästä suurin osa koostuu kasvintuotannon jätteistä ja kotieläinten lannasta, muodostaen yhteensä yli 80 % koko biomateriaalimäärästä (Kuva 26). Lanta jakaantuu liete- ja kuivikelantaan. Tarkastelun yksinkertaistamiseksi oletettiin, että alueella syntyvä sian lanta on kaikki lietelantaa. Lypsyylehmien lantalalannasta puolet on lietelantaa ja loput kuivikelantaa. Muiden eläinten lanta on kuivikelantaa (Liite 10) Kasvintuotannon jätteistä (olki, niittojätteet, naatit) 85 % päätyy suoraan käsittelemättömänä peltoon. Seuraavaksi merkittävimmät käyttötavat ovat kuivike- ja rehukäyttö (7 ja 2 %, vastaavasti). Koska lanta ja massamääräisesti merkittävä perunan soluneste, on alueen kokonaisbiomateriaalimäärästä yli 80 % sellaista, joka käytetään nykyään prosessoimattomana peltoviljelyssä. Materiaalien sisältämät ravinnemäärät ja niiden jakautuminen materiaalityypeittäin on esitetty taulukossa 23.



Kuva 26. Satakunnan alueen biomateriaalien suhteelliset osuudet massamäärästä (tuoretonnia) ja prosessointi- ja loppukäyttötavat nykytilanteessa (suluissa summaprosentti).

Taulukko 23. Satakunnan alueella muodostuvien eloperäisten jätteiden ja sivutuotteiden sisältämät ravinne- ja hiilimäärät v. 2007 (tonnia). Lannalla typpimäärä kuvaa tuoreen lannan typpisisältöä ennen haihtumisen kautta tapahtuvaa typpihävikkiä.

	N	P	C
Kasviperäiset jätteet	2958	405	73848
Sian lietelanta	1915	443	3130
Kuivikelanta	736	104	3637
Naudan lietelanta	2188	467	24248
Eläinperäiset jätteet	257	39	1755
Jätevedet ja lietteet	326	204	2856
Perunan soluneste	104	18	2680
Biojäte	1048	132	7056
Kasviperäiset jalostusjätteet	108	22	2597
Perunanjalostuksen selkeytinliete	10	2	273
Rasvajäte	0,12	0,09	69
<b>Yhteensä (tonnia)</b>	<b>9652</b>	<b>1835</b>	<b>122150</b>

### 4.3.2 Skenaariot

Hankkeessa luotiin erilaisia skenaarioita, joissa alueella syntyvä biomateriaali – lantaan keskittyen – käsiteltiin nykytilanteesta poikkeavalla tavalla:

1. Muuten kuin nykytilanne, mutta tilat eivät sitoudu maatalouden ympäristötukeen
2. Lannan tehostettu lannoitekäyttö hyödyntämällä lannan jakeistuksen tuomia etuja (TS1)
3. Biokaasukäsittely muutaman tilan yhteislaitoksissa + käsittelyjäännöksen jakeistus ja lannan tehostettu lannoitekäyttö (TS2)

Skenaariossa 1 oletettiin, että maatalouden ympäristötuki ei rajoittanut lannan levittämistä, vaan lannan peltokäyttöä sääteli ainoastaan nitraattiasetus. Muiden materiaalien kuin lannan käsittelyssä ei tapahtunut muutoksia.

Skenaariossa 2 selvitettiin lannan ravinteiden mahdollisimman tehokkaan hyödyntämisen vaikutuksia. Apuna lietelannan hyötykäytön tehostamisessa käytettiin jakeistusta, jolla typpipitoinen neste- ja fosforipitoinen kuivajae saatiin erotettua. Oletuksena oli, että alueen lietelannasta 75 % jakeistettiin. Skenaariossa lannan (pl. turkiseläinten lanta) fosforin käyttökelpoisuus oletettiin 100 %:ksi (nykytilanteessa 85 %; turkiseläinten lannan fosforille 40 %). Syksyllä levitetystä lannan liukoisesta tyyppistä 100 % oletettiin otettavan huomioon seuraavan vuoden kasvin lannoituksessa. Tämän ajateltiin käytännössä tarkoittavan samaa kuin syyslevityksestä luopuminen, koska se rajoittaisi liikaa seuraavan vuoden typpilannoitusta. Lanta levitettiin ympäristötuen ehtojen mukaisesti ottamalla huomioon pellon helppoliukoisen fosforin pitoisuus, kuitenkin ilman karjanlannalle nykyjärjestelmässä myönnettyjä poikkeusmahdollisuuksia viljavuusfosforipitoisuuden mukaisesta lannoittamisesta. Sen lisäksi että lannan liukoinen typpi huomioitiin 100 % käyttökelpoiseksi, lannan orgaanisen tyypin jälkivaikutus huomioitiin seuraavan vuoden lannoituksessa (Luku 4.4). Skenaariossa 2 ei muiden biomateriaalien kuin lannan käsittelyssä tapahtunut muutoksia. Skenaario 2 vastasi Teknologiaosiossa 1:stä (TS1) raportin talousosiossa (Luku 3.3).

Skenaariossa 3 pääkäsittelytekniikkana oli biokaasukäsittely. Skenaariossa keskityttiin lietalannan biokaasukäsittelyyn pienehköissä, muutaman tilan yhteisissä yksiköissä (75 % alueen lietalannasta, ei kuiva-lantaa). Lietalannan ohella biokaasuprosessiin ohjattiin pieni osa (n. 10 %) pelloille muutoin jäävästä kasvimateriaalista, kuten niittojätettä, naatteja ja olkea. Yhteen biokaasulaitokseen syötettiin vuosittain 15 000 tuoretonna liettä ja 1 000 tonnia kasvijätettä. Prosessin jälkeen käsittelyjäännös jakeistettiin ja jakeet levitettiin noudattaen skenaarion 2 mukaisia käytäntöjä. Skenaario 3 vastasi Teknologia skenaario 2:sta (TS2) raportin talousosiossa (Luku 3.3).

Lisäksi vertailukohdaksi laskettiin tilanne, jossa alueella ei olisi lainkaan kotieläintaloutta. Kaikki lannoitus olisi epäorgaanista lannoitetta ympäristötuen mukaisilla lannoitusmäärillä, ja kevätiljoja lannoitettaisiin ainoastaan keväällä.

## 4.4 Pääasialliset tietolähteet ja laskentaperusteet

Inventaarioanalyysin lähtökohtana on käyttää järjestelmiä ja niiden osia mahdollisimman hyvin ajallisesti ja paikallisesti sekä teknologisesti kuvaavaa tietopohjaa. Siksi tiedon saaminen suoraan tarkastelun kohteena olevassa tuotejärjestelmässä mukana olevilta toimijoilta oli ensimmäisenä tavoitteena. Lisä- ja vertailuaineistona käytettiin esimerkiksi keskimääräistä LCA-tietopankeista löytyvää aineistoa ja muiden LCA-tutkimusten aineistoja ja tuloksia.

Inventaarioanalyysissä kerättiin myös varsinaiseen tuotejärjestelmään kuulumattomien toimintojen tietoja, joita tutkimuksessa ovat mm. energian- ja lannoitteiden tuotantoon liittyvät päästö- ja energiankulutustiedot. Näitä ulkopuolisten prosessien inventaariotietoja tarvittiin seurannaisvaikutusten aiheuttamissa hyvitystarkasteluissa. Hyvityksillä tarkoitetaan sitä, että tarkasteltava käsittelyprosessi tuottaa jotakin sellaista lopputuotetta, jolla korvataan jotakin jo olemassa olevaa tuotetta, prosessin raaka-ainetta tai energiaa. Esimerkkinä tästä on uusien eloperäisten jätteiden käsittelyratkaisujen tuottama energia, esimerkiksi biokaasu, jolla korvataan fossiilista polttoainetta, esimerkiksi maakaasua. Käsittelyjärjestelmä saa siten hyvitystä, joka vastaa korvattavan maakaasumäärän tuotannosta ja käytöstä aiheutuvien päästöjen ja edelleen ympäristövaikutusten määrää.

Osa ympäristövaikutuksista koskevista tiedoista ei ollut suoraan saatavissa tietokannoista tai toimijoilta. Näitä tietoja olivat esimerkiksi eri käsittelyprosessien ravinne-huuhtoumapotentiaalit sekä typpi- ja kasvihuonekaasupäästöt ilmaan. Niiden arvioimiseksi käytettiin seuraavassa esitettyjä laskentaperusteita ja menetelmiä.

### 4.4.1 Ravinnekuormitus vesiin

Lannan lannoitusikäytön ravinnekuormitus vesiin arvioitiin mallintamalla pelloilta vesistöihin päätyvä ravinnekuorma nykytilassa sekä eri skenaariovaihtoehdoissa. Typen vesistökuormitus arvioitiin dynaamisella valuma-aluemallilla INCA-N (Integrated Nutrients in CA tchments; Whitehead ym. 1998, Wade ym. 2002), josta on tehty useita sovelluksia suomalaisille tutkimusalueille. Malli sovitettiin havaittuun typpipitoisuuteen Loimijoessa vuosina 2000–2009. Fosforikuormitus laskettiin Suomessa kehitetyllä empiirisellä mallilla kymmenen vuoden jaksolle. Malli laskee fosforitaseen vaikutuksen maan helpoliukoisesta fosforin pitoisuudesta ja pelloilta lähtevään fosforikuormitukseen (Ekholm ym. 2005).

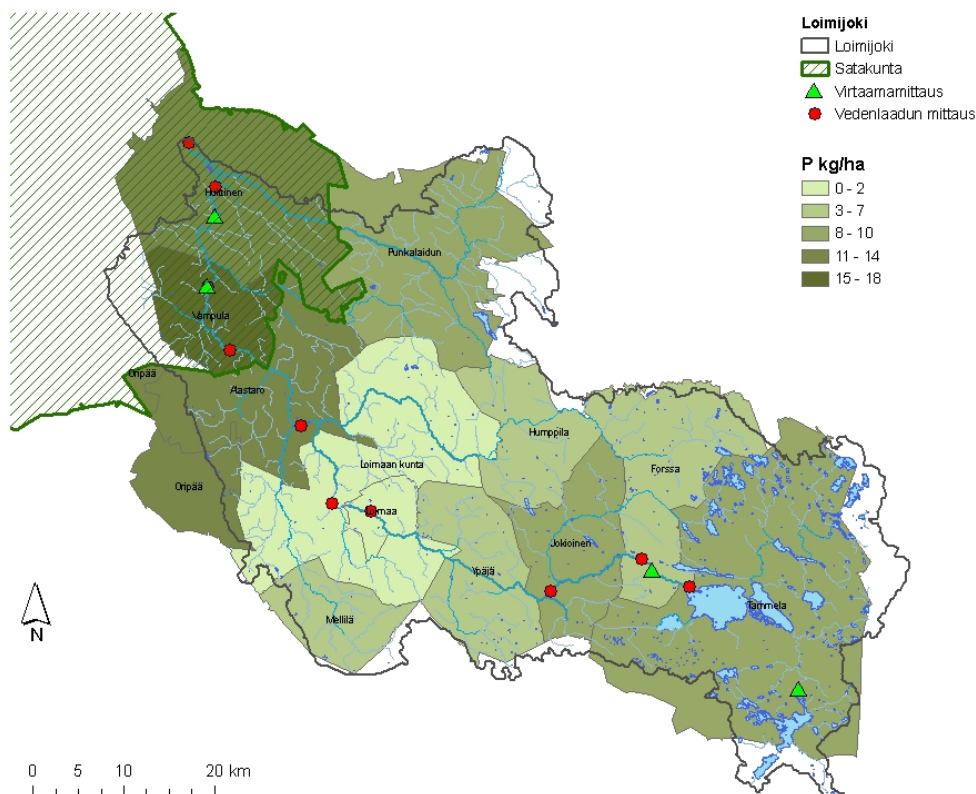
Lannan käytön vesistövaikutukset arvioitiin Loimijoen valuma-alueelle, jonka alaosa sijaitsee Satakunnan alueella. Loimijoen valuma-alue jaettiin kuuteen osavaluma-alueeseen eläintiheyden ja vedenlaadun mittauspisteiden sijainnin perusteella. Ravinnekuormituksen laskenta perustui kuntien tilastoituihin eläinmääriin ja eläinkohtaisiin ravinne-erityskertoimiin (MTT/Jouni Nousiainen). Eläintiheys on suuri erityisesti Loimijoen alaosaan sijaitsevassa Vampulassa (Kuva 27). Tällä alueella tasaisesti pelloille levitetyn fosforin lannoitusvaikutus on jopa yli 15 kg/ha. Elinkaariarvioinnissa käytetyt vesistövaikutukset arvioitiin Loimijoen alaosaan alueelle, jolla fosforin lannoitusvaikutus oli 10,6 kg/ha. Koko Satakunnan alueella syntyvän lannan lannoitusvaikutus on 7,8 kg P/ha. Loimijoen alaosaan fosforitase on nykytilassa 8,3 kg P/ha. Vastaavasti Satakunnan alueelliset fosforitaseet olivat 2000-luvulla alle 10 kg/ha (Uusitalo ym. 2008). Peltojen keskimääräinen helpoliukoinen fosfori Loimijoen alaosaan on nykytilassa 15 mg/l. Tämä vastaa Viljavuuspalvelun

fosforilukujen keskiarvoa 15,3 mg/l maidontuotantoalueilla (Uusitalo ym. 2008). Alueen kokonaisfosforikuormituksesta 34 % on helppoliukoista fosforia.

Lannan käyttö ravinteena nostaa typpitasetta osittain siksi, että lannan mukana maahan tulee runsaasti orgaanista typpeä. Esimerkiksi karjatalousvaltaisen Keski-Pohjanmaan maaseutukeskuksen alueellinen typpitase oli 1990-luvun alussa noin 120 kg N/ha, mutta laski 2000-luvun puoliväliin mennessä tasolle 70 kg N/ha (Salo ym. 2008). Loimijoen alaosan alueellinen typpitase nykytilassa on 55 kg N/ha, mikä vastaa hyvin Satakunnan alueen keskimääräistä alueellista typpitasetta 2000-luvulla (alle 60 kg N/ha, Salo ym. 2008).

Nykytilan laskelmat perustuivat ympäristötuen ja nitraattiasetuksen ehtoihin. Oletukset lannan levittämisestä on kuvattu liitteessä 9. Lannan fosforin käyttökelpoisuudeksi arvioitiin ympäristötuen mukainen 85 %. Typpikuormituksen laskelmissa arvoista poistettiin lannan käsittelyn ja varastoinnin aikana haihtuva osuus. Tyyppitaset huomioitiin vain kasveille käyttökelpoinen liukoisen typpi ympäristötuen mukaisesti. Syksyllä levitetyn lannan liukoisesta tyyppistä otettiin lannoituksessa huomioon ympäristötuen mukaisesti 50 % vuosina 2000–2006 ja 75 % vuosina 2007–2009. Lisäksi kasveille oletettiin annettavaksi epäorgaanista lannoitetta, jotta päästiin ympäristötuen mukaisiin lannoitustasoihin.

Vesistövaikutuksia havainnollistettiin myös indikaattoreiden (maan helppoliukoinen fosfori ja typpitase) avulla. Typpitase kuvaa lannoitteiden ja laskeuman mukana alueelle tullutta ravinnemäärää, josta on poistettu sadon otto. Sadon ravinteiden otto laskettiin tilastoidun kokonaissadon (TIKE) ja kasvien ravinnepitoisuuden avulla. Jäljelle jäävällä ravinnemäärällä on havaittu olevan suora yhteys typpikuormituksen potentiaalin kasvuun (mm. Salo ym. 2008). Maan helppoliukoinen fosfori kuvastaa maahan sitoutuneen fosforin määrää, mistä riippuu liukoisen fosforin huuhtouma (Ekholm ym. 2005).



Kuva 27. Loimijoen valuma-alue ja lannassa syntyvä fosforimäärä eri alueilla





Kuva 28. Loimijoki. Kuvaaja Katri Rankinen, SYKE.

#### 4.4.2 Lannan typen pitkäaikaisen käytön jälkivaikutuksen arviointi

Nykytilanteen mukaisessa lannoituksessa orgaanisilla lannoitteilla ainoastaan liukoinen typpi huomioitiin sellaisenaan kasveille käyttökelpoisena ravinteena. Skenaarioissa huomioitiin myös orgaanisen typen ns. jälkivaikutus, jonka laskemisessa käytettiin lantaoppaassa (Palva ym. 2009) esitettyä arviota. Sen mukaan lietelannan kokonaistypestä 10 % ja kuivalannan kokonaistypestä 20 % on käyttökelpoista levitysvuotta seuraavana vuotena. Tätä arvioitiin laskemalla edellä kuvattuja tietoja käyttämällä eri lantojen typelle ns. käyttökelpoisuusprosentit, joita verrattiin tanskalaisiin (Petersen ja Sørensen 2008) kertoimiin (Taulukko 24).

Käyttökelpoisuusprosentilla tarkoitetaan sitä osaa pellolle levitetyn lannan kokonaistypestä, joka on liukoisessa eli välittömästi kasvien käytettävässä muodossa joko levitysvuotena tai sitä seuraavana vuotena. Tehty vertailu osoitti, että kahta eri reittiä päästiin suunnilleen samoihin lopputuloksiin, joten suomalaisen lantaoppaan periaatetta päätettiin soveltaa sellaisenaan. Sitä sovellettiin myös biokaasulaitoksen käsittelyjäännökselle, kun tiedettiin jäännöksen kokonaistypen pitoisuus.

Taulukko 24. Lannan kokonaistypen käyttökelpoisuusprosentti (KK-%) tanskalaisten (Petersen ja Sørensen 2008) ja lantaoppaan (Palva ym. 2009) mukaan laskettuna.

Lantalaji	KK-%, tanskalaiset	KK-%, lantaopas
Naudan liete	70	70
Sian liete	75	75
Virtsa	85	nauta 82, sika 86
Kuivikelanta	50, 55	kuivikelanta (nauta, sika): 52, 53
Siipikarjan lanta	80	70

### 4.4.3 Ilmaan kohdistuvat päästöt

Karjasuojasta, lannan varastoinnista ja levityksestä vapautuvien ammoniakkipäästöjen (NH<sub>3</sub>) laskennassa käytettiin hyväksi kansallisessa päästöinventaaariolaskennassa hyödynnettävää Grönroosin ym. (2009) tyypimallia.

Suorien lannankäsittelystä ja maaperästä vapautuvien dityppioksidipäästöjen (N<sub>2</sub>O) lisäksi muodostuu epäsuoria N<sub>2</sub>O-päästöjä lannasta haihtuneen ammoniakkin muuntuessa N<sub>2</sub>O:ksi ja pelloilta vesistöön huuhtoutuneesta typestä osan vapautuessa N<sub>2</sub>O:na ilmaan. Näiden päästöjen laskennassa hyödynnettiin Grönroosin ym. (2009) tyypimallia, jossa päästölaskenta perustuu IPCC:n päästökertoimiin (IPCC 2000).

Kotieläintaloudessa metaania (CH<sub>4</sub>) vapautuu ilmaan lannan varastoinnin aikana sekä eläinten ruoansulatuksesta. Ruoansulatuksesta peräisin olevia metaanipäästöjä ei otettu arviointiin mukaan, koska ne eivät liity lannankäsittelyketjuun. Lannankäsittelyn CH<sub>4</sub>-päästölaskennassa käytettiin IPCC:n päästöinventaario-ohjeiden (IPCC 2007) mukaista laskentaa, joka on sama kuin mitä on käytetty kansallisessa maatalouden kasvihuonekaasuinventaaariolaskennassa (Tilastokeskus 2010).

Lannankäsittelyn ja nurmirehujen korjuun polttoaineenkulutustiedot saatiin Työtehoseuran tekemien hehtaari- tai tonnikohtaisten laskelmien kautta. Polttoaineen tuotannosta ja käytöstä aiheutuvat päästöt sekä valtakunnantason sähkön ja lämmöntuotannon päästöt laskettiin käyttämällä aiemmissa LCA-hankkeissa (esim. Myllymaa ym. 2008) käytettyjä tietoja.

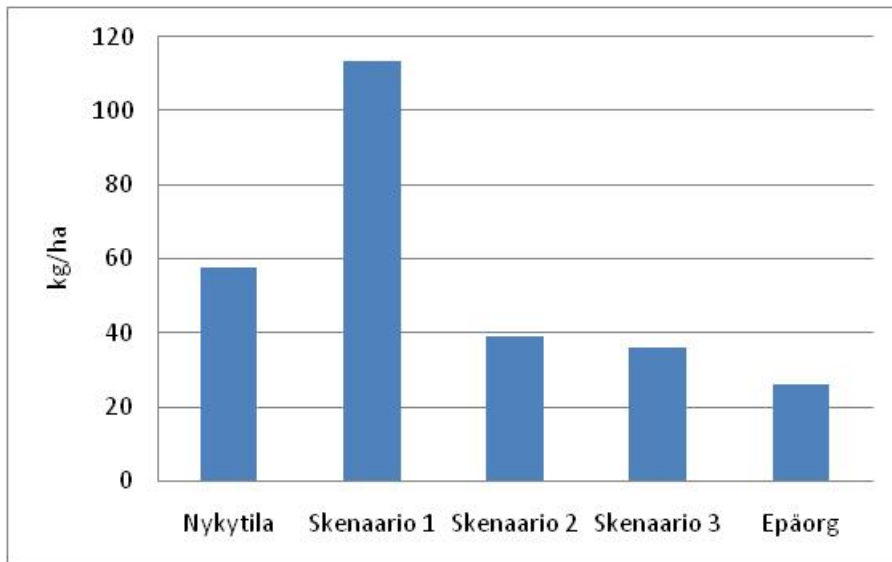
## 4.5 Tulokset ja tulosten tarkastelu

Tässä yhteydessä inventaarioanalyysin tuloksista esitellään yksityiskohtaisesti vain vesiin kohdistuvien ravinnepäästöjen arviointitulokset (Luku 4.5.1). Muiden päästöjen osalta on esitetty laskentaperusteet luvussa 4.4. Elinkaariarvioinnin mukaisen ympäristövaikutusten arvioinnin tulokset esitetään luvuissa 4.5.2 ja 4.5.3.

### 4.5.1 Ravinnekuormitusarviot

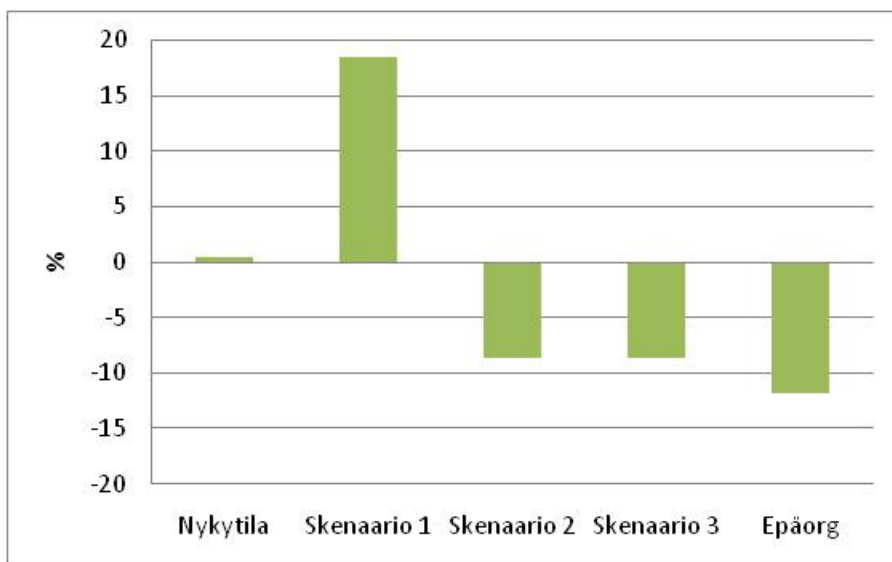
Lannan käyttö lannoitteena nostaa ravinnetaseita (Uusitalo ym. 2008, Salo ym. 2008) ja siten myös vesistöjen ravinnekuormituspotentiaalia erityisesti alueilla, joiden eläintiheys on suuri. Lanta on epäedullinen lannoite, sillä se sisältää kasvien tarpeeseen nähden liikaa fosforia suhteessa typeen. Peltomaassa liukoinen typpi on yleensä helposti huuhtoutuvassa muodossa nitraattina, kun taas fosfori kiinnittyy maahiukkasiin ja varastoituu maahan. Tämän varaston kokoa muuttamalla voidaan vaikuttaa liuenneen fosforin kuormitukseen, tosin vain hitaasti. Seuraavassa on esitetty kuormitusmuutokset Loimijoen Satakuntaan rajautuvalle osalle prosentuaalisina muutoksina vesistökuormituksesta. Lisäksi tarkasteltiin ravinnekuormituksen indikaattoreina typpitasetta ja maan helpoliukoisen fosforin muutosta.

Skenaariossa 1 (ympäristötuki ei rajoita lannan levittämistä) peltojen typpitase nousi tasolle 113 kg/ha (Kuva 29). Tällöin Vampulan kunnassa kevätiljoilla yllettiin nitraattiasetuksen mukaiseen rajoitteeseen 170 kg N/ha/a. Skenaarioissa 2 ja 3 (jakeistus ja biokaasukäsittely) typpitase laski tasolle 40 kg/ha. Tämä on alle kaikkien maaseutukeskusten alueellisen typpitaseen keskiarvoa 2000-luvulla (Salon ym. 2008). Vertailukohteeksi laskettiin tilanne, jossa lannoitteena käytettiin ainoastaan ympäristötuen mukaisia määriä epäorgaanista lannoitetta keväällä lisättynä (Epäorg). Tällöin typpitase laski alle 30 kg N/ha.



Kuva 29. Loimijoen alaosan kevätiljapeltojen typpitase eri skenaarioiden mukaisilla lannankäsittelytavoilla. Skenaariossa 1 ympäristötuki ei vaikuta lannoitukseen, skenaariossa 2 lanta jakeistetaan ja skenaariossa 3 käsitellään biokaasuprosessissa ja jakeistetaan. Viimeinen tilanne on lannoitus vain epäorgaanisilla lannoitteilla.

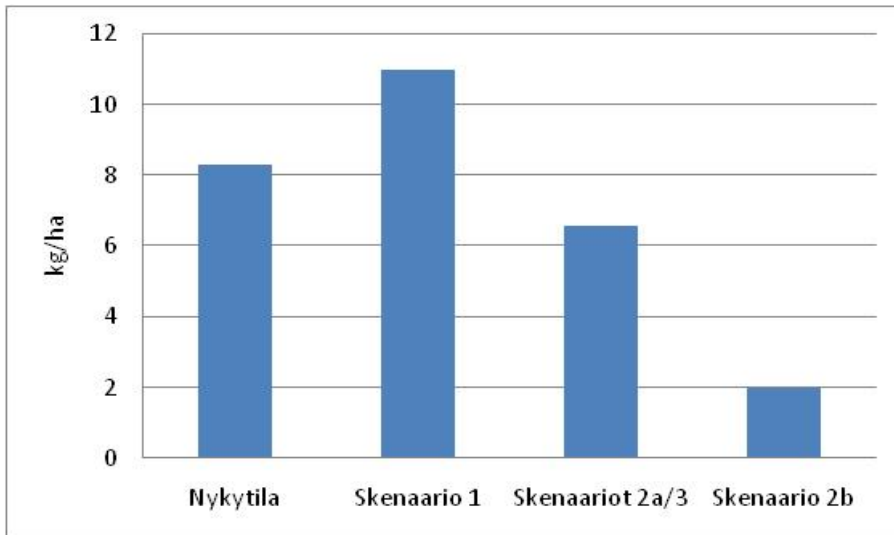
Typikuormitus kasvoi skenaarion 1 mukaisessa tilanteessa huomattavasti (Kuva 30). Vampulan osa-alueella kuormitus kasvoi jopa yli 40 %. Skenaarioissa 2 ja 3 (jakeistus ja biokaasukäsittely) typikuormitus laski lähes 10 %. Tämä johtui lähinnä oletuksesta, että lannan käsittely teki mahdolliseksi sen kuljettamisen laajemmalle alueelle sekä syyslevityksistä luopumisen. Pelkkää epäorgaanista lannoitetta käytettäessä kuormitus vesiin laski yli 10 %. Jakeistuksella ja biokaasukäsittelyllä ei päästy täysin samaan tulokseen, sillä epäorgaanisen lannoitteen liukoisuus on optimoitu vastaamaan viljelykasvien tarpeita.



Kuva 30. Mallinnettu ravinnekuormituksen muutos Loimijoen alaosassa eri skenaarioiden mukaisilla lannankäsittelytavoilla.

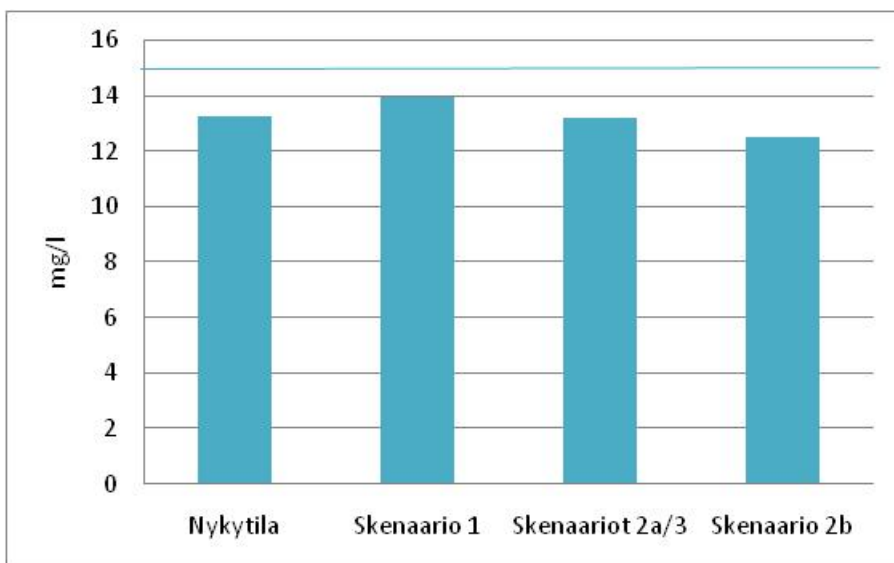
Nykytilassa Loimijoen alaosan fosforitase on 8,3 kg P/ha (Kuva 31). Skenaariossa 2 tehtiin kaksi erillistä tarkastelua, millä pyrittiin selvittämään lannan jakeistuksen vaikutusta alueen fosforitaseeseen ääritapauksissa. Skenaariossa 2a katsottiin, että jakeistus ei vaikuta alueella käytettävän epäorgaanisen fosforin käyttöön. Skenaariossa 2b puolestaan oletettiin, että tehokkaalla jakeistuksella ja kuivajakeen fosforin tehokkaalla lannoituskäytöllä voidaan epäorgaanisen fosforin käyttöä vähentää. Skenaarioissa 1, 2a ja 3 fosforitase pysyi korkeampana kuin Suomen keskimääräinen fosfo-

ritase (5,4 kg P/ha vuonna 2005; Lemola ym. 2009). Valkama ym. (2009) arvioivat, että savimailla fosforilannoituksella saadaan tilastollisesti merkitsevä sadonlisäys vain, kun maan helppoliukoinen fosfori on alle 6 mg/l. Koska Loimijoen alaosan helppoliukoinen fosfori oli 15 mg P/l, fosforilannoitus oli selvästi suurempi kuin kasvien tarve. Pelkästään Loimijoen valuma-alueella syntyvän lannan fosforisisältö ylitti kasvien oton, eli ilman epäorgaanisen lannoitteen lisäystä Loimijoen fosforitase olisi 2,2 kg/ha positiivinen. Skenaariossa 2b arvioitiin, että lannan jakeistus (Talousosion skenaario TS1, teho 40 % ja 69 %) laskisi B-tukialueen fosforitaseen tasolle 2 kg P/ ha vuoteen 2017 mennessä, jos epäorgaanisessa lannoitteessa annettavasta fosforista luovutaan.



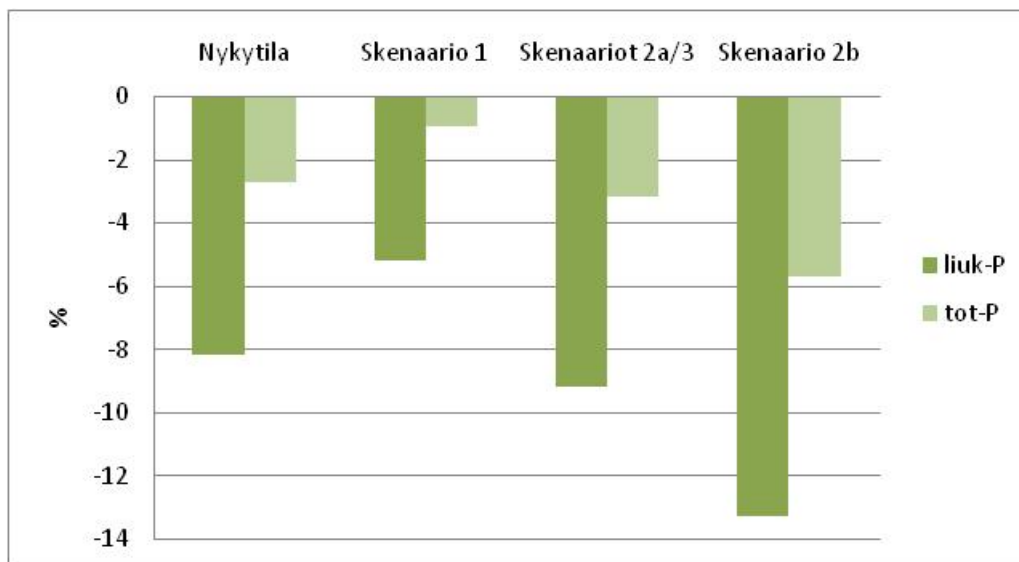
Kuva 31. Fosforitaseiden muutos eri skenaarioiden mukaisilla lannankäsittelytavoilla. Skenaariossa 1 ympäristötuki ei vaikuta lannoitukseen, skenaariossa 2a lanta jakeistetaan ja skenaariossa 3 käsitellään biokaasulaitoksessa ja jakeistetaan. Skenaariossa 2b luovutaan epäorgaanisesta fosforilisästä.

Kun viljelykäytännöt alueella jatkuivat nitraattiasetuksen ja ympäristötuen ehtojen mukaisina (nykytila), niin maan helppoliukoinen fosfori kuitenkin laski 10 vuodessa arvoon 13,3 mg/l (Kuva 32). Samaan arvoon päästiin myös skenaarioissa 2a ja 3 (jakeistus ja b). Skenaariossa 2b mukaisella fosforitaseella maan helppoliukoinen fosfori laski kymmenessä vuodessa 2,5 mg/l. Skenaariossa 1 (ei ympäristötukea) maan helppoliukoinen fosfori laski myös, mutta 10 vuodessa vain arvoon 14 mg/l. Tässä skenaariossa lannan levitystä rajoitti nitraattiasetus.



Kuva 32. Mallinnettu maan P-luvun muutos 10 vuodessa eri skenaarioiden mukaisilla lannankäsittelytavoilla. Lähtötila (15 mg/l) on merkitty vaakaviivalla.

Jopa nykytilan mukaisilla lannoitustasoilla kokonaisfosforin kuormitus laski lievästi (Kuva 33), koska lähtötaso oli korkea. Vaikutus oli selvempi liukoisen, leville suoraan käyttökelpoisen fosforin kuormituksessa. Lannan jakeistus (skenaariot 2a ja 3) vähensi kokonaisfosforikuormitusta 3 % ja liukoisen fosforin kuormitusta lähes 10 %. Skenaariossa 2b oletettiin, että viljelijät luopuisivat lisäksi epäorgaanisesta fosforilisästä, mikä johtaisi liukoisen fosforin kuormituksen vähenemiseen 13 %:lla ja kokonaisfosforikuormituksen vähenemiseen 6 %. Toisaalta, vaikka viljelijät luopuisivat ympäristötuesta (Skenaario 1), fosforikuormitus ei kääntyisi nousuun.



Kuva 33. Mallinnettu fosforikuormituksen muutos 10 vuodessa eri skenaarioiden mukaisilla lannankäsittelytavoilla

Vaikka lannan käsittelyllä ei saavutettu Valtioneuvoston asettamaa tavoitetta maatalouskuormituksen vähenemisestä, yksittäisenä vesiensuojelutoimenpiteenä se vähensi typen kuormitusta karjatalousalueilla. Toisaalta lannoituskäytäntöjä muuttamalla voitiin vaikuttaa ainoastaan liukoisen fosforin kuormitukseen. Loimijoen valuma-alueen peltojen maalaji on eroosioherkkä savi, joten kokonaisfosforikuormituksen laskemiseksi alueella tarvittaisiin myös eroosiontorjuntatoimenpiteitä. Ympäristötuesta luopuminen taas aiheutti riskin typpikuormituksen kasvulle, vaikka ei fosforikuormitukseen vaikuttanutkaan.

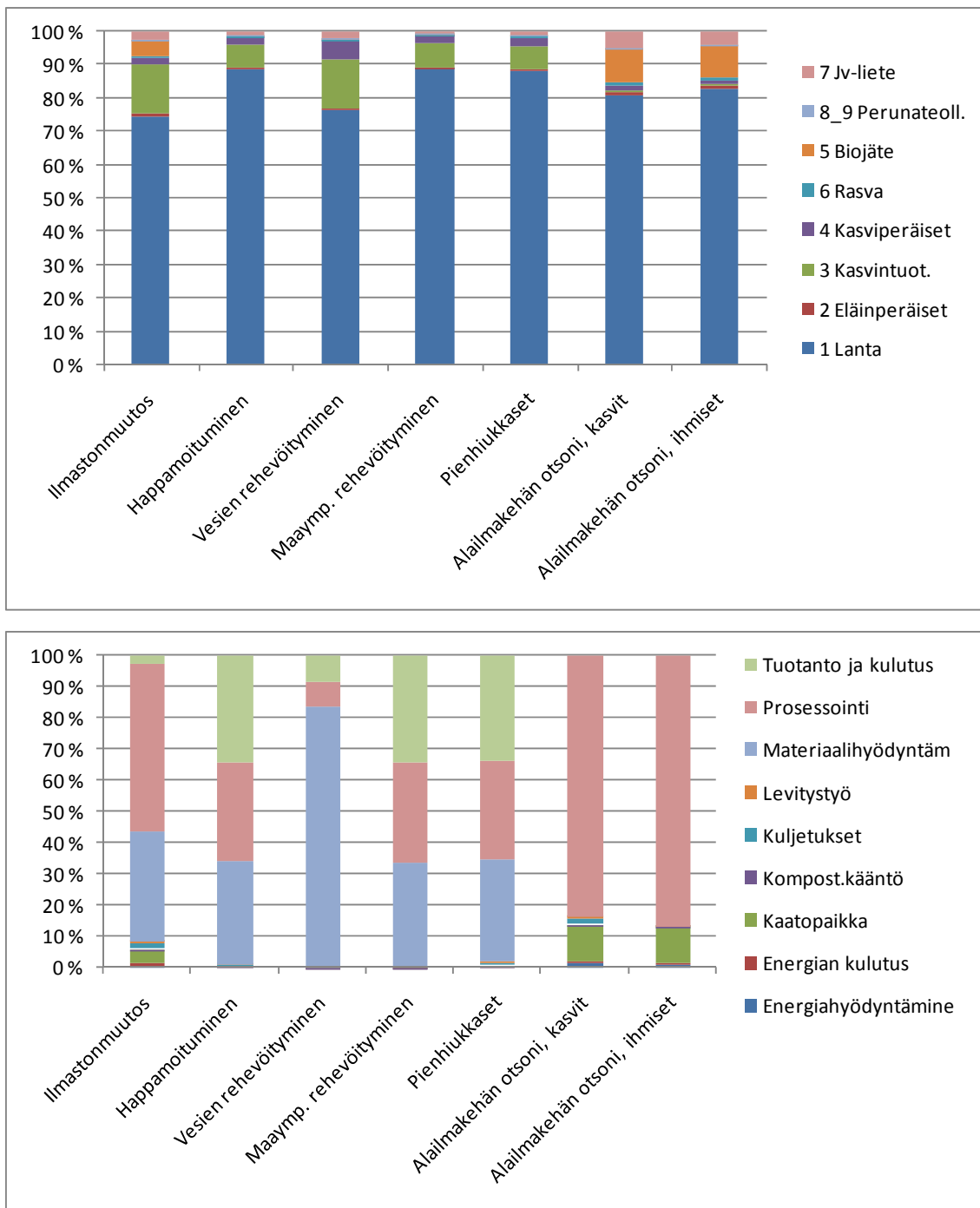
Tässä tutkimuksessa saadut tulokset ravinnekuormituksen muutoksista vastasivat hyvin MYTVAS3-tutkimuksessa saatuja tuloksia isojen jokivesistöjen ravinnekuormituksen muutosten tilastollisesta analyysistä (Rankinen ym. 2010). MYTVAS 3-tutkimuksessa nousseita typpikuormia selitti mm. karjatalouden keskittyminen, mutta karjatalouden vaikutus ei suoraan selittänyt fosforikuormituksen muutoksia. Laskenut fosforikuormitus selittyi lähinnä maan helppoliukoisen fosforin pitoisuuden alenemisella.

#### 4.5.2 Nykytilanteen ympäristövaikutukset

Satakunnan alueella muodostuvien biomateriaalien käsittelyn ja hyötykäytön ympäristövaikutukset johtuivat vaikutusluokasta riippuen 75–90 % lannasta (ns. vaikutusluokkaindikaattoritulokset; Kuva 34). Seuraavaksi merkittävimmän mutta huomattavasti lantaa pienemmän vaikutuksen aiheutti kasvintuotannon jätemassa, eli suurimmaksi osaksi pellolle sadonkorjuun tai niiton jälkeen jäävät oljet, nurmi ja naatit. Muiden massojen yhteenlaskettu vaikutusosuus jäi alle kymmeneen prosenttiin. Ympäristövaikutusten muodostumisen kannalta merkittävimmät osajärjestelmät liittyivät lannan käsittelyn kolmeen päävaiheeseen, eli kotieläinsuojaan (tuotanto ja kulutus), lantavarastoon (prosessointi) ja lannan peltokäyttöön (materiaalihyödyntäminen).

Erilaisten konetöiden ja kuljetusten osuus kokonaisympäristövaikutuksista oli hyvin pieni. Vaikutukset muodostuivat siis itse massoista vapautuvista päästöistä ilmaan ja vesiin. Tarkasteltavassa

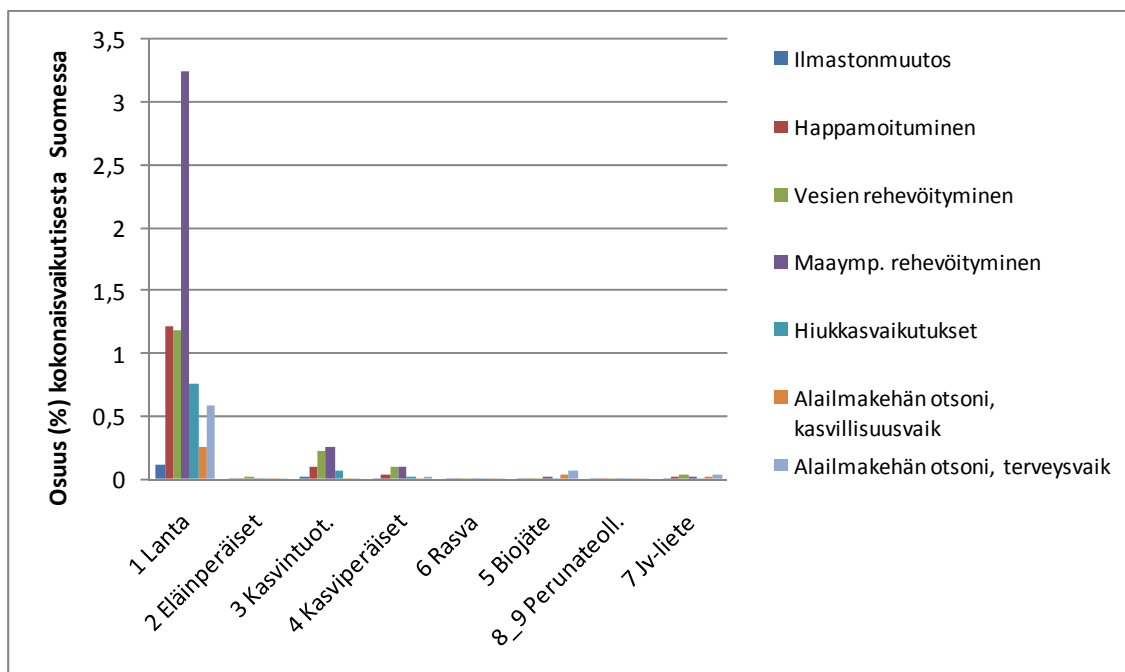
järjestelmässä alailmakehän otsonin muodostumisen kannalta tärkeässä roolissa olivat lannan varastoinnista ja biomateriaalien kaatopaikkakäsittelystä vapautuvat metaanipäästöt.



Kuva 34. Satakunnan alueen biomateriaalin käsittelystä nykytilanteessa aiheutuvien ympäristövaikutusten jakautuminen eri biomateriaalijakeiden (yläkuva; vrt. kuva 20) ja järjestelmän eri osien kesken (alakuva) vaikutusluokittain (karakterisoidut päästöt).

Vaikutusluokkaindikaattoritulosten normalisoinnilla selvitettiin, mikä on tarkasteltavan järjestelmän suhteellinen merkitys Suomen tai Satakunnan kokonaisvaikutuksissa. Normalisoiduista vaikutusarviointituloksista voitiin nähdä, että kohteena olevalla järjestelmällä oli tarkasteltavista vaikutusluokista ylivoimaisesti suurin merkitys vaikutusluokassa maaympäristön rehevöityminen (Kuva 35). Myös vaikutusluokissa happamoituminen ja vesien rehevöityminen sekä pienhiukkasten muodostuminen järjestelmällä oli suuri suhteellinen merkitys. Sen sijaan vaikutusluokassa Ilmastomuutos järjestelmän suhteellinen merkitys oli pieni, mikä johtui ennen kaikkea siitä, että Suomen

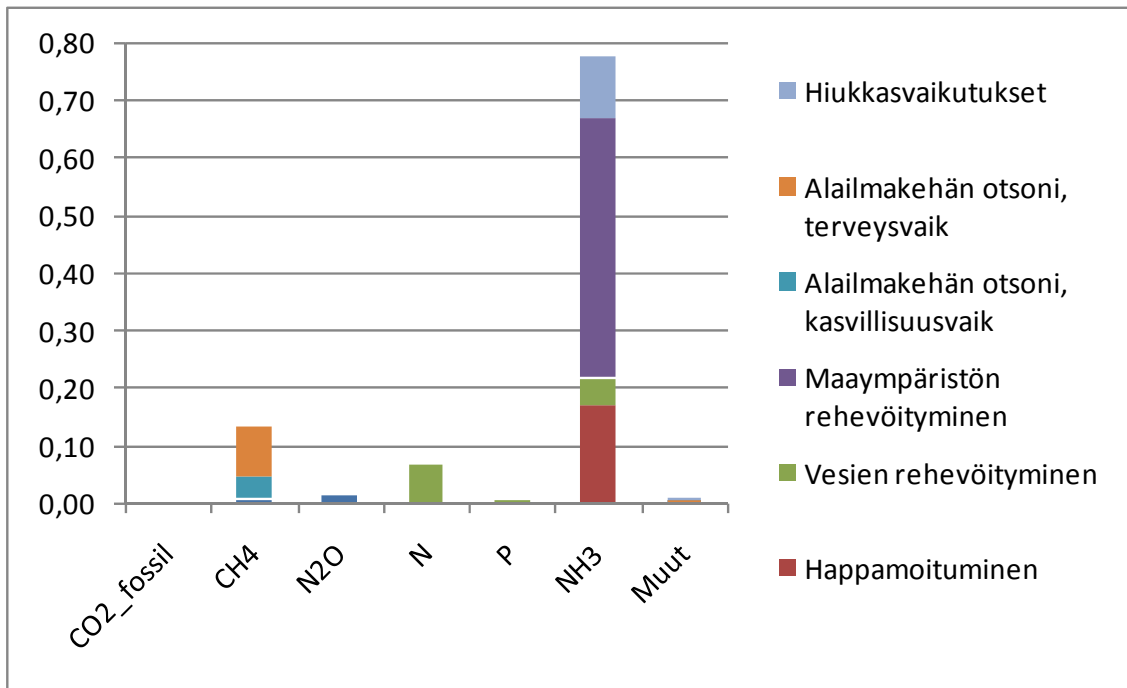
kasvihuonekaasupäästöt (ilman maankäyttömuutoksiin liittyvien päästöjen huomiointia) ovat valtaosin peräisin energian tuotannosta ja käytöstä maatalouden osuuden ollessa suhteellisen vähäinen (esim. Tilastokeskus 2010).



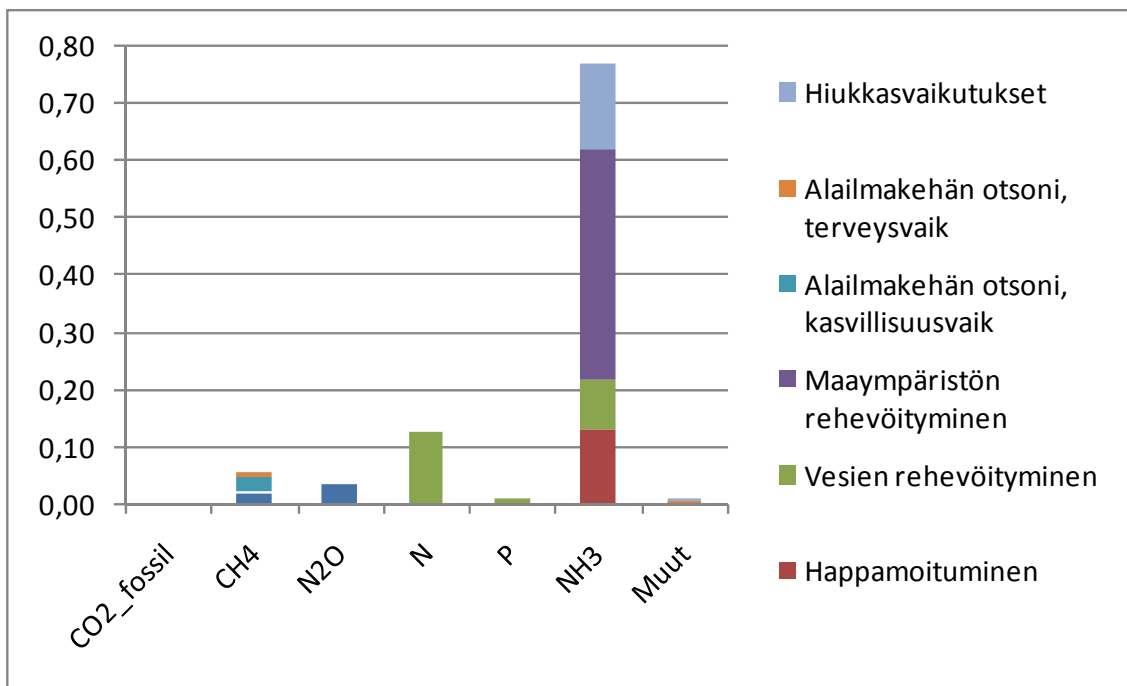
Kuva 35. Satakunnan alueen biomateriaalien käsittelystä nykytilanteessa aiheutuvien ympäristövaikutusten osuus (%) Suomen aiheuttamista kokonaisvaikutuksista eri vaikutusluokissa biomateriaalijakeittain (normalisoidut vaikutusarviointitulokset).

Jos oletetaan, että kaikkien em. vaikutuksia aiheuttavien päästöjen vähentäminen on yhtä tärkeää, voidaan normalisoidut vaikutusluokkakohtaiset tulokset laskea yhteen ja tehdä johtopäätökset ympäristön kannalta merkittävimmistä massatyypeistä, järjestelmän osista ja vaikutusluokista sekä ympäristökuormitteista. Selvästi merkittävin yksittäinen ympäristökuormite eli päästökijä oli ammoniakki (NH<sub>3</sub>), joka vaikutti vesien ja maaympäristön rehevöitymiseen, happamoitumiseen ja pienhiukkasten muodostumiseen (Kuva 36). Seuraavaksi merkityksellisin päästökijä oli lannasta vapautuva metaani (CH<sub>4</sub>). Metaanin tärkeyttä korosti erityisesti sen merkitys alailmakehän otsonin muodostajana. Kolmanneksi tärkein päästökijä oli veteen huuhtoutuva typpi (N).

Jos katsotaan, että eri ympäristövaikutuksilla on erilainen tärkeysrajoitus, ts. joidenkin vaikutusten vähentäminen on tärkeämpää kuin toisten, voidaan tasapainojen sijasta käyttää arvottamisen kautta saatuja vaikutusluokkapainoja. Tässä tutkimuksessa käytetyt valtakunnan tason vaikutusluokkapainot korostivat ilmastomuutoksen ja vesien rehevöitymisen tärkeyttä. Vaikka happamoituminen ja maaympäristön rehevöityminen saivatkin suhteellisen alhaiset tärkeysrajoitukset, nousi ammoniakki edelleen merkittävimmäksi kuormittavaksi tekijäksi kokonaisympäristövaikutustarkastelussa (Kuva 37). Samalla vesiin päätyvän typpikuormituksen rooli kasvoi ja metaanin pieneni. Ilmastomuutos-vaikutusluokan suuren painoarvon takia N<sub>2</sub>O-päästöjen merkitys kasvoi.



Kuva 36. Eri päästötekijöiden suhteellinen merkitys kokonaisympäristövaikutusindikaattorituloksen muodostumiseen ympäristövaikutusluokkiin jaettuna (normalisoitu painottamaton tulos, kunkin vaikutuksen vähentäminen yhtä tärkeää). Kyseessä ovat ykköseen normeeratut tulokset, joten päästötekijöiden yhteenlaskettu tulos on 1.

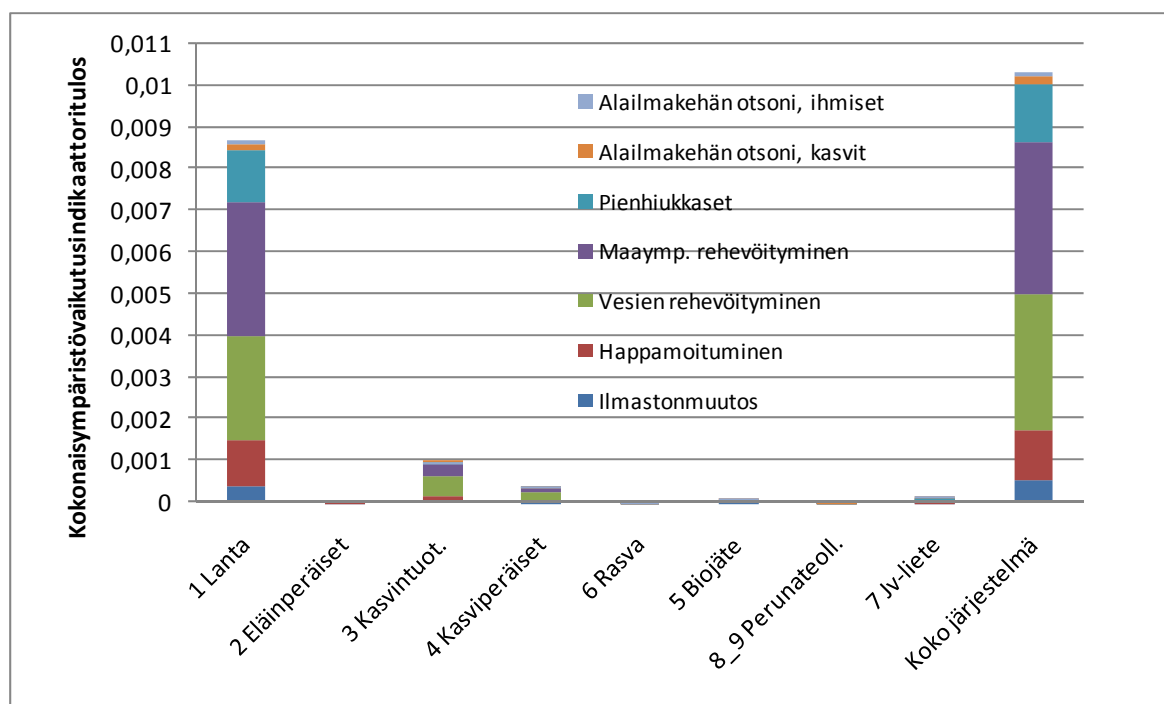


Kuva 37. Eri päästötekijöiden merkitys kokonaisympäristövaikutusindikaattorituloksen muodostumiseen ympäristövaikutusluokkiin jaettuna (normalisoitu ja painotettu tulos). Kyseessä ovat ykköseen normeeratut tulokset, joten päästötekijöiden yhteenlaskettu tulos on 1.

Kun normalisoidut ja painotetut vaikutusluokkaindikaattoritulokset laskettiin yhteen, saatiin kokonaiskuva eri tekijöiden vaikutuksesta kokonaisympäristövaikutukseen. Painotus ei muuttanut jo normalisoinnin yhteydessä saatuja tuloksia eri tekijöiden suhteellisesta merkityksestä. Lannasta aiheutuvat typpipäästöt veteen ja ilmaan muodostivat kokonaisympäristövaikutuksesta lähes 80 % (Kuva 38). Hiilidioksidipäästöillä ja niitä aiheuttavilla kuljetuksilla ja konetoilla oli lähes olematon



merkitys kokonaisympäristövaikutuksissa. Tarkastelun kohteena olevan järjestelmän ilmastovaikutus syntyi dityppioksiidi- ja metaanipäästöjen kautta (Kuvat 36 ja 37).

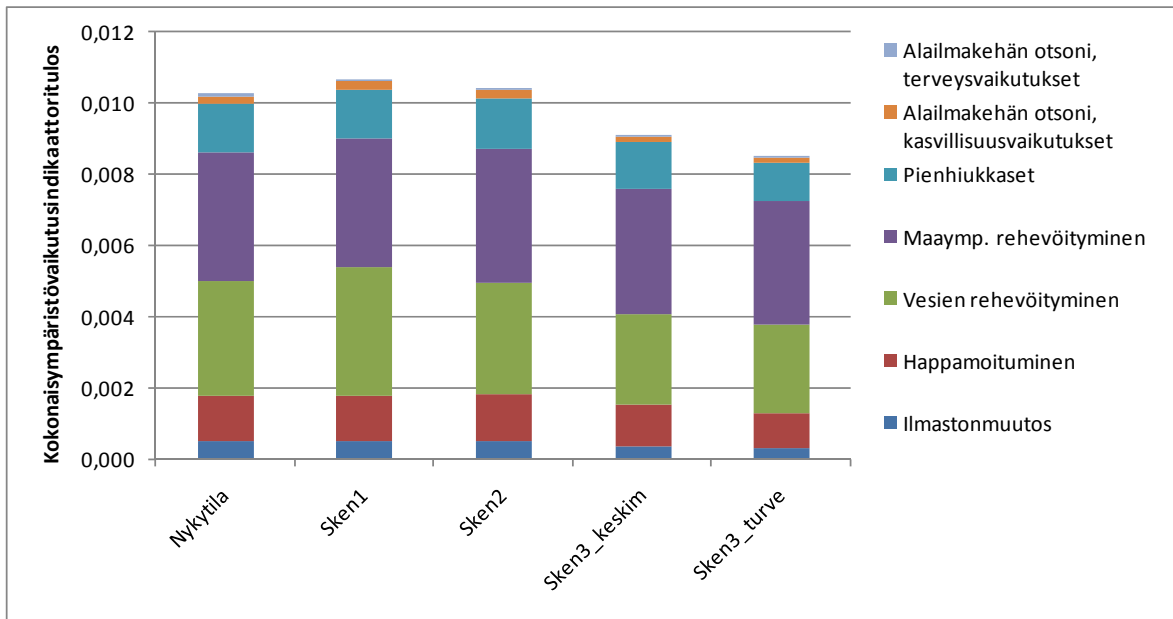


Kuva 38. Satakunnan alueen biomateriaalien käsittelystä nykytilanteessa aiheutuvat biomateriaali-kohtaiset ja koko järjestelmälle lasketut kokonaisympäristövaikutukset (normalisoidut ja painotetut vaikutusarvointitulokset).

#### 4.5.3 Skenaarioiden ympäristövaikutukset verrattuna nykytilaan

Skenaarioiden kokonaisympäristövaikutuseroja suhteessa nykytilaan ja toisiinsa verrattiin vaihtoehtoisille laskettujen kokonaisympäristövaikutusindikaattoritulosten pohjalta huolimatta siitä, että elinkaariarviointia koskevassa standardissa todetaan, että painotettuja tuloksia ei tule käyttää esitettäessä tuloksia tilanteissa, joissa elinkaariarviointiselvitystä on tarkoitus käyttää julkisesti esitettävissä vertailuväitteissä (ISO 2006b). Ratkaisuun päädyttiin, koska a) vaikutusarvointitulosten pohjalta tehdyt johtopäätökset eivät muutu, vaikka käytettäisiin pelkästään normalisoituja tuloksia (Luku 4.5.1), b) koska yhteenlasketut vaikutusarvointitulokset ovat helpommin tulkittavissa kuin jos esitetään pelkästään vaikutusluokkakohtaisia tuloksia, ja c) koska kokonaiskestävyydestä tarkastelua (Luku 5) varten olisi joka tapauksessa laskettu painotetut vaikutusarvointitulokset.

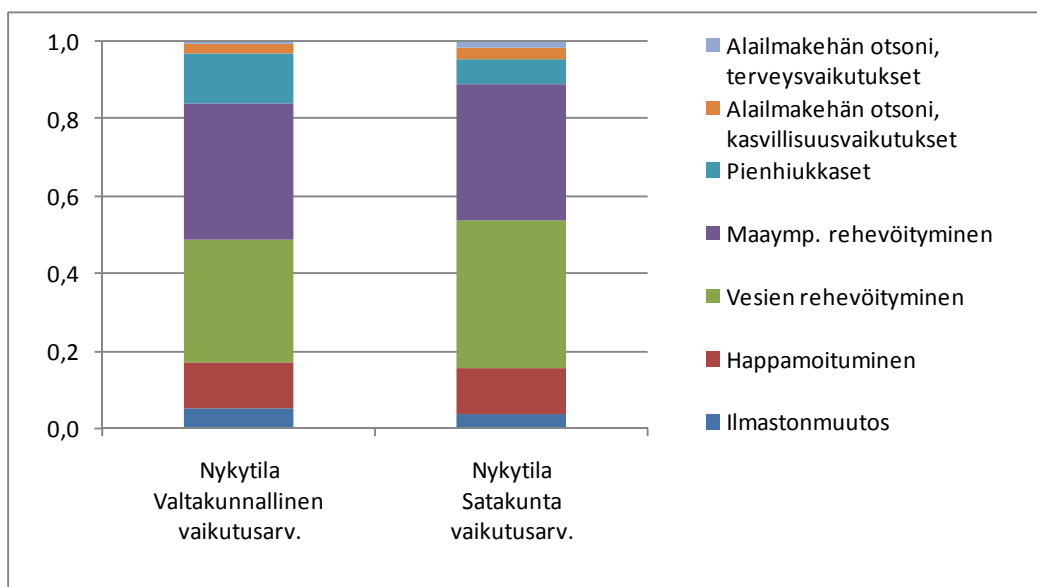
Koska vesiin kohdistuvien typpi- ja varsinkin fosforipäästöjen merkitys kokonaisympäristövaikutukseen oli suhteellisen pieni, muutokset ko. päästöissä eivät suuresti heilauttaneet kokonaisympäristövaikutustulosta. Skenaariossa 1 (ympäristötuki ei rajoita lannan levitystä) vesiin kohdistuva ravinnekuormitus kasvoi, mutta muut päästöt pysyivät ennallaan (Kuva 32). Typen huuhtoumaan voitiin vaikuttaa prosessoinnin ja paremman levityskäytännön kautta, mikä näkyi skenaarion 2 ja varsinkin skenaarion 3 nykytilannetta pienempänä arvona vesien rehevöitymiselle. Vaikka skenaariorissa 2 (lietelannan jakeistus ja lannan parempi levityskäytäntö) saavutettiin em. etuja, ne menetettiin, jos oletettiin jakeistuksen johtavan lisääntyneeseen ammoniakkin vapautumiseen lannasta varastoinnin aikana, kuten esimerkiksi Amon ym. (2006) ovat tutkimuksessaan raportoineet. Biokaasukäsittelyn vaikutus järjestelmän kokonaisympäristövaikutuksiin riippui hyvin paljon siitä, millä tavalla tuotettua energiaa biokaasusta tuotetulla energialla korvattiin. Jos korvattiin turpeella tuotettua sähköä ja lämpöä, voitiin saavuttaa suurempia päästöhyötyjä kaikissa vaikutusluokissa kuin jos korvattiin keskimääräistä valtakunnan tason sähköä ja lämpöä (Kuva 39).



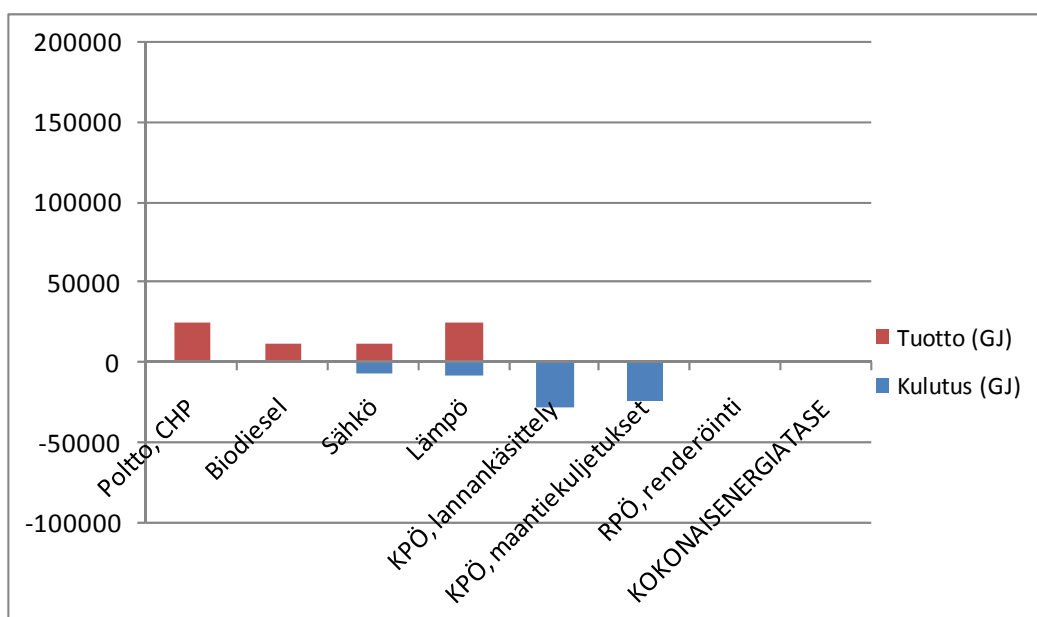
Kuva 39. Satakunnan alueen biomateriaalien nykytilanteen mukaisessa ja vaihtoehtoisissa käsitte-lyskenaarioissa muodostuvat kokonaisympäristövaikutukset (normalisoidut ja painotetut vaikutusarviointitulokset; mitä korkeampi tolppa, sitä suurempi kokonaisympäristövaikutus). Sken1 = lannoitus ilman ympäristötuen ehtoja; Sken2 = lannan jakeistus ja tehostettu lannoitekäyttö; Sken3\_keskim = biokaasukäsittely pienissä laitoksissa, saadulla energialla korvataan keskimääräistä valtakunnan tason sähköä ja lämpöä; Sken3\_turve = biokaasukäsittely pienissä laitoksissa, saadulla energialla korvataan turpeella tuotettua sähköä ja lämpöä. Sken3:ssa on huomioitu myös lannan tehostettu lannoituskäyttö.

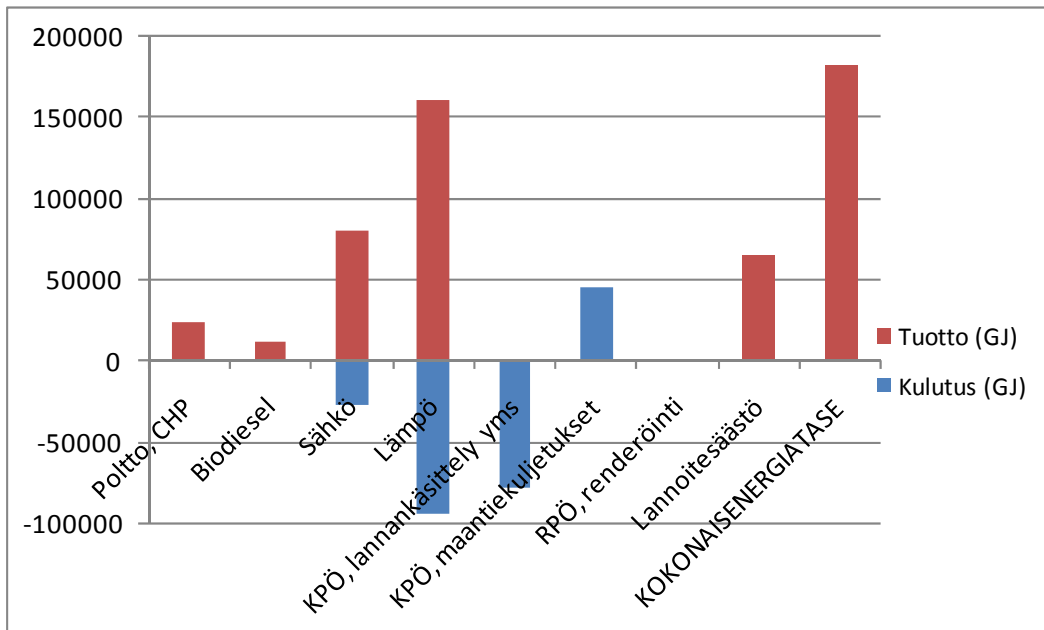
Ympäristövaikutusarviointitulokset laskettiin nykytilanteen mukaiselle Satakunnan biomateriaalien käsittelylle myös käyttämällä valtakunnallisten normalisointitekijöiden ja painokertoimien sijasta Satakunta-kohtaisia tekijöitä ja kertoimia (Kuva 40). Molemmat tekijät vaikuttivat vaikutusluokkien välisiin tärkeyseroihin. Valitulla vaikutusarviointimenetelmällä ei kuitenkaan ollut merkitystä lopputuloksen kannalta. Molemmissa menetelmissä korostuivat samat ympäristövaikutuksia aiheuttavat tekijät.

Biokaasuskenaariossa (3) tuotettiin energiaa, mikä parantaa alueen energiaomavaraisuutta, jos energia saadaan täysimittaisesti hyötykäyttöön. Nykytilanteessa järjestelmän energiatase on suunnilleen nolla, eli energian kulutus ja tuotto ovat lähes yhtä suuret (Kuva 41). Skenaarioiden 1 ja 2 energiataseet eivät merkittävästi eronneet nykytilanteesta. Skenaariossa 2, jossa lantaa jakeistettiin, oli energiankulutus hieman nykytilannetta suurempi, mutta ero oli hyvin pieni. Biokaasuskenaariossa energiatase oli selvästi positiivinen. Energiataseessa huomioitiin suoran energian tuoton ja kulutuksen lisäksi myös lannan paremman lannoituskäytön myötä saatava energiasäästö epäorgaanisten lannoitteiden tarpeen vähentyessä. Biokaasuskenaariossa energiatase oli noin 180 TJ suurempi kuin nykytilanteen (Kuva 34). Taseen ylijäämä kasvaisi nopeasti, jos biokaasukäsitellyn kuivalannan ja kasvijätteen osuutta kasvatettaisiin, koska kyseisillä massoilla biokaasun tuotto tuoretonnia kohti on moninkertainen lietelantaan verrattuna.



Kuva 40. Satakunnan alueen biomateriaalien nykytilanteen mukaisen käsittelyn aiheuttamien elinkaaristen kokonaisympäristövaikutusten muodostumisprofiili, kun vaikutusarviointissa on käytetty valtakunnallisia (vasemmanpuoleinen pylväs) tai Satakunta-kohtaisia (oikeanpuoleinen pylväs) normalisointitekijöitä ja painokertoimia (Luku 4.2.3, Liite 9).





Kuva 41. Satakunnan alueen biomateriaalien nykytilanteen mukaisen (yläkuva) ja biokaasuskenaari-  
on (skenaario nro 3; alakuva) energiataseet polttoaine/energiatyypeittäin ja koko järjestelmälle.

## 4.6 Johtopäätökset ja suositukset

Biomateriaalien käsittelyn ja hyötykäytön kokonaisympäristövaikutusten (ilmastonmuutos, happamoituminen, vesien ja maaympäristön rehevöityminen, pienhiukkasten muodostuminen, alailmakehän otsonin terveys- ja kasvillisuusvaikutukset) muodostumiseen vaikuttivat massojen määrät, ominaisuudet ja käsittelytavat. Satakunnan alueen tapauksessa lannat ja kasvintuotannon jätteet (oljet, naatit ja niittojätteet) muodostivat noin 81 % alueen kaikista biomateriaaleista. *Alueella syntyvien biomateriaalien käsittelyn ja hyötykäytön ympäristövaikutukset johtuivat eri vaikutusluokissa 75–90 % lannasta.* Lannoille on tyypillistä suhteellisen suuri ravinnesisältö ja käsittelyn monipolvisuus, jolloin ympäristövaikutusten muodostumiselle on suuri potentiaali.

Lannan tyyppi haihtuu herkästi ammoniakkinä ilmaan. Tarkastellussa järjestelmässä ammoniakkinä haihtunut tyyppi oli määrällisesti keskimäärin lähes kolminkertainen verrattuna siihen tyypimäärään, joka lannasta peltoon levityksen jälkeen huuhtoutui vesiin. Lannalla typpitappion suuruus oli normaalitilanteessa noin kolmasosa tuoreen lannan kokonaistypestä. Typpitappio jakaantui melko tasan kotieläinsuojan, lantavaraston ja levityksen kesken. Koska ammoniakki vaikuttaa useassa eri vaikutusluokassa (vesien ja maaympäristön rehevöityminen, happamoituminen ja pienhiukkasten muodostuminen), se oli selvästi keskeisin ympäristövaikutuksia aiheuttava päästötekijä. *Ammoniakkipäästöjä vähentämällä lannan ja biomateriaalien käsittelystä aiheutuvia kokonaisympäristövaikutuksia voidaan siis vähentää eniten.* Ammoniakkinä haihtuu kaikissa lannankäsittelyvaiheissa. Kotieläinsuojissa päästöjä voidaan vähentää esimerkiksi tihentämällä lannanpoistoväliä, erottamalla virtsa nopeasti tiiviiseen virtsasäiliöön tai jäähdyttämällä lantakanavia. Varastoinnin aikaisia päästöjä vähennetään kattamalla lantavarastot tiiviisti. Levityksen yhteydessä ja jälkeen tapahtuvia kaasumaisia typpitappioita vähennetään tehokkaimmin suosimalla lannan sijoituslevitystä, tai mikäli lanta on levitetty mullokselle tai sängelle, suosimalla lannan mahdollisimman nopeaa maahan muokkausta esimerkiksi kyntämällä.

*Biomateriaalien käsittelyn ja hyötykäytön kokonaisympäristövaikutuksissa ilmastonmuutoksen merkitys oli vaatimaton.* Tämä johtui siitä, että lannasta ja muista biomateriaaleista vapautuvan metaanin ja dityppioksidin, sekä materiaalien kuljettamisen ja levittämisen aiheuttamien hiilidioksidipäästöjen kokonaisvaikutus oli alueen tai valtakunnan aiheuttamaan kokonaisilmastovaikutukseen suhteutettuna pieni. Dityppioksidipäästöjä syntyy lannan varastoinnissa ja levityksen jälkeen, ja metaanipäästöjä lannan varastoinnissa. Vaikka näiden kaasujen absoluuttiset määrät olivat selvästi pienemmät kuin hiilidioksidin, olivat ne ilmasto vaikutusmielessä hiilidioksidia selvästi tärke-

ämpiä, koska niiden ilmastovaikutuspotentiaali on suurempi (CH<sub>4</sub>:n ja N<sub>2</sub>O:n GWP-kertoimet ovat 25 ja 298, kun hiilidioksidilla se on yksi). Hiilidioksidipäästöillä oli siis tarkasteltavan järjestelmän ilmastonmuutosvaikutukseen hyvin pieni merkitys. Näin ollen esimerkiksi biomateriaalien kuljettaminen ei ympäristömielessä ole ongelma. Se ei muodostunut merkittäväksi tekijäksi, vaikka kuljettamisetaisyyksiä kasvatettaisiin nykyisestä huomattavastikin.

Aikaisempien vuosien ja vuosikymmenten korkeat fosforilannoitustasot ovat nostaneet peltojen heppoliukoisien fosforin pitoisuuksia. Lannan levittäminen hidastaa maahan kertyneiden fosforivarojen pienenemistä ja siten fosforikuormituksen vähenemistä (Turtola ja Ylivainio 2009). Loimijoen alueella pelkäästään lannassa pelloille levitettävä fosforimäärä ylitti kasvien oton. Ravinnekiertojen sulkemista edistäisi, jos tällä ravinneylimäärällä voitaisiin korvata epäorgaanista fosforia sellaisilla alueilla, joilla on ravinnevajetta.

Peltoon levitetty lantatyppi ei sitoudu samalla tavalla maahan kuin fosfori, joten se on erityisen altis huuhtoutumaan syyslevityksistä kasvukauden päätyttyä. Lannan levittämiseen liittyy myös selvä riski typpikuormituksen kasvusta tilanteessa, jossa ympäristötuki ei aseta rajoitteita kasvien lannoitustasoille. Toisaalta lantatypen lannoituskäyttöä tehostamalla (mm. välttämällä syyslevitystä ja ottamalla huomioon lannan typen jälkivaikutus levitystä seuraavana vuonna) voitiin huuhtoutumisriskiä pienentää. Samalla voitiin vähentää epäorgaanisen lannoitetyypen käyttöä ja edelleen niistä aiheutuvaa ravinnehuuhtoumaa sekä epäorgaanisten lannoitteiden valmistuksesta aiheutuvia päästöjä. *Koska lannan kuljettamisesta aiheutuva ympäristövaikutus oli suhteellisen pieni, kannattaa lantaa kuljettaa kauaskin, jos sillä saavutetaan ympäristöhyötyjä.*

Parannusmahdollisuuksia lannan ravinteiden käytön tehostamisen lisäksi löytyy lannan ja muiden materiaalien energiasisällön hyödyntämisestä. Satakunta-esimerkissä tarkasteltiin tilannetta, jossa lietelannasta 75 % ja kasvintuotannon hyödyntämättömistä jätteistä 10 % ohjattiin biokaasulaitokseen. Prosessiin liittyi käsittelyjäännöksen jakeistus. Biokaasuprosessista saadulla biokaasulla korvattiin keskimääräistä suomalaista tai turpeeseen perustuvaa sähkön ja lämmön tuotantoa. *Biokaasuprosessin avulla voitiin vähentää alueen biomateriaalien käsittelystä aiheutuvaa ilmastovaikutusta korvattavasta energiantuotannosta riippuen 30-40 % verrattuna nykytilanteeseen.* Korvattavalla polttoaineella on huomattava merkitys lopputuloksen kannalta. Suurin ilmastohyöty saatiin, kun korvattava energia oli tuotettu turpeella. Turvetta korvattaessa saatiin suurempia päästövähennyksiä myös happamoittavissa päästöissä ja pienhiukkasissa. Koska lietelanta on suhteellisen huono biokaasutuotoltaan, *voidaan alueellista ilmastovaikutusta vähentää ja energiaomavaraisuutta lisätä käsittelemällä biokaasulaitoksissa suurempi osa kuivalannasta ja kasvijätteistä, joiden kaasuntuottopotentiaali tuoretonnia kohti on moninkertainen lietelantaan verrattuna.*

Jakeistus mahdollistaa myös lannan ajallisen ja paikallisen tehokkaamman hyödyntämisen, mm. syyslevityksistä luopumisen. Tarkastelussa lannan levitystä optimoitiin ajallisesti ja paikallisesti ja lannan typen jälkivaikutus huomioitiin. Koska biokaasuprosessi muuttaa typen liukoisuutta, saadaan kasvien ulottuville suurempi osa lannan tyyppistä verrattuna käsittelemättömään lantaan. Yhdessä paremman levityskäytännön kanssa voitiin typpiylijäämää ja –kuormitusta pienentää selvästi. Vaikka lannan käsittelyllä (jakeistus ja biokaasuprosessi yhdistettynä ajallisesti ja paikallisesti tarkoituksenmukaiseen levitykseen) ei yksittäisenä toimenpiteenä saavutettu Valtioneuvoston asettamaa tavoitetta maatalouden ravinnekuormituksen vähenemisestä, se vähensi typen kuormitusta karjatalousalueilla. Edelleen, jos lannan käsittely johtaa huomattavasti laskeneisiin fosforitaseisiin, niin liukoisien fosforin kuormitus laskee. Loimijoen valuma-alueen peltojen maalaji on eroosioherkkä savi, joten kokonaisfosforikuormituksen laskemiseksi alueella tarvittaisiin myös eroosiontorjuntatoimenpiteitä.

Jakeistetun lietelannan kuivajakeen typpi on kuitenkin vaarassa vapautua ammoniakkinä ilmaan, koska massa alkaa herkästi kompostoitua, jolloin typen haihtumiselle muodostuu edulliset olosuhteet. Kirjallisuuden mukaan haihtuvan ammoniakkin määrä voi olla selvästi suurempi jakeistetusta kuin jakeistamattomasta lietteestä johtuen kuivajakeen kompostoitumisesta. Biokaasuprosessi lisää massan typen liukoisuutta, mikä myös lisää typen haihtumisherkkyttä.

Tulosten perusteella suositeltavat ensisijaiset ympäristötoimenpiteet lannan käsittelyyn liittyen ovat lantavarastojen tiivis kattaminen ja lannan sijoituslevityksen suosiminen, nautojen, sikojen ja siipi-

karjan lannan fosforin ottaminen 100 % huomioon kasveille käyttökelpoisena lannoitusta suunniteltaessa ja toteutettaessa, sekä lannalla lannoittaminen aina pellon fosforitila huomioon ottaen, vaikka se tarkoittaisi pidempiä lannan kuljetusmatkoja. Tähän liittyen on myös suositeltavaa ottaa käyttöön sellaisia lannan jakeistusmenetelmiä, joilla voidaan tehokkaasti erottaa fosforipitoinen kuivajae typpipitoisesta nestejakeesta kuljetuskustannusten minimoimiseksi, sekä lannankäytön menetelmien kehittäminen niin, että syyslevityksestä voidaan luopua. Lisäksi lannan tehokkaampi hyötykäyttö saattaa monessa tapauksessa edellyttää lannan etävarastointia, mitä varten etävarastojen rakentamista tai olemassa olevien käytöstä poistuneiden mutta käyttökuntoisten lantavarastojen käyttöä etävarastoina olisi syytä edistää.

Myös lannan ja jakeistetun lannan eri jakeiden ravinnesisällön ja ravinteiden ominaisuuksien tarkka tunteminen, lannan levittäjän tietotaito sekä levitysvälineistön kunto ja ominaisuudet ovat tärkeitä ja huomionarvoisia seikkoja lannan hyötykäyttöä tehostettaessa. Olisi selvitettävä, pitäisikö lannan levityksestä vastaavilta henkilöiltä edellyttää kouluttautumista ja levityskalustolta toimivuuteen ja levitystasaisuuteen liittyvien ehtojen täyttymistä. *Lannan ja muiden eloperäisten jätteiden ja sivutuotteiden biokaasukäsittelyllä saadaan energiaa, joka tehokkaasti käytettynä auttaa saavuttamaan mm. maataloudelle asetettuja energia- ja ilmastotavoitteita. Jätepohjaisten materiaalien käyttö energiantuotannossa on ympäristön kannalta erityisen edullista, koska raaka-ainetta ei ole energiantuotantoa sitä silmällä pitäen tarvinnut erikseen tuottaa.*

---

## Lähteet

---

- Amon, B., Ktyvoruchko, V., Moitzi, G. ja Amon, T. 2006. Greenhouse gas and ammonia emission abatement by slurry treatment. *International Congress Series 1293*: 295–298.
- Ekholm, P., Turtola, E., Grönroos, J., Sēi, P. ja Ylivainio, K. 2005. Phosphorus loss from different farming systems estimated from soil surface phosphorus balance. *Agriculture, ecosystems and environment* 110: 266-278.
- Grönroos, J., Mattila, P., Regina, K., Nousiainen, J., Perälä, P., Saarinen, K. ja Mikkola-Pusa, J. 2009. Development of the ammonia emission inventory in Finland. Revised model for agriculture. *The Finnish Environment* 8/2009. 60 p.
- IPCC (International Panel on Climate Change). 2007. Working Group 1: The physical science basis of climate change. Technical summary.
- ISO (International Organization for Standardization). 2006a. ISO 14040. Environmental management. Life cycle assessment. Principles and framework. International Organization for Standardization, Brussels.
- ISO (International Organization for Standardization). 2006b. ISO 14044. Environmental management. Life cycle assessment. Requirements and guidelines. International Organization for Standardization, Brussels.
- Lemola, R., Nousiainen, J., Huhtanen, P. ja Turtola, E. 2009. Fosforikierron biologinen säätövara ja sen vaikutus maatalouden fosforikuormitukseen. Turtola, E. & Ylivainio, K. (Toim) Suomen kotieläintalouden fosforikierto-säätöpotentiaali maataloilla ja aluetasolla: 224-244.
- Myllymaa, T., Moliis, K., Tohka, A., Isoaho, I., Zevenhoven, M., Ollikainen, M. ja Dahlbo, H. 2008. Jätteiden kierrätyksen ja polton ympäristövaikutukset ja kustannukset – jätehuollon vaihtoehtojen tarkastelu alueellisesta näkökulmasta. *Suomen ympäristö* 39/2008. Helsinki. 192 s.
- Palva, R., Alasuutari, S. ja Harmoinen, T. 2009. Lannan käsittely ja käyttö. *ProAgraria Maaseutukeskusten Liitto. Tieto tuottamaan* 128. Keuruu. 94 s.
- Petersen, J. ja Sørensen, P. 2008. Fertilizer value of nitrogen in animal manures – Basis for determination of a legal substitution rate (Gødningsevirkning af kvælstof i husdyrgødning – Grundlag for fastlæggelse af substitutionskrav). Aarhus universitet. Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet. DJ F Markbrug nr. 138. 111 s. (Tanskaksi, sis. englanninkielisen yhteenvedon.)
- Rankinen, K., Ekholm, P., Sjöblom, H., Rita, H. ja Vesikko, L. 2010. Ainevirtaamat valuma-alueilla ja niihin vaikuttavat tekijät. Jyrki Aakkula, Tarja Manninen ja Minna Nurro (toim.) Maatalouden ympäristötuen vaikuttavuuden seurantatutkimus (MYTVAS 3) – väliraportti. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 1/2010: 122–131.
- Salo, T., Granlund, K., Rankinen, K., Lemola, R., Esala, M. ja Turtola, E. 2008. Typpikuormitukseen vaikuttavien tekijöiden muutokset ympäristöohjelmakausien aikana. Teoksessa: Turtola, E. & Lemola, R. Maatalouden ympäristötuen vaikutukset vesistökuormitukseen, satoon ja viljelyn talouteen v. 2000–2006 (MYTVAS 2): 24–30.
- Salo, T. ja Lemola, R. 2010. typpi- ja fosforitaseet. Teoksessa: Aakkula, J., Manninen, T. & Nurro, M. Maatalouden ympäristötuen vaikuttavuuden seurantatutkimus (MYTVAS 3) – väliraportti. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 1/2010: 30-41.
- Seppälä, J., Mäenpää, I., Koskela, S., Mattila, T., Nissinen, A., Katajajuuri, J-M., Härmä, T., Korhonen, M-R., Saarinen, M. ja Virtanen, Y. 2009. Suomen kansantalouden materiaalivirtojen ympäristövaikutusten arviointi ENVIMAT-mallilla. *Suomen ympäristö* 20/2009. Helsinki. 134 s.
- Tilastokeskus 2010. Greenhouse gas emissions in Finland 1990-2008. National Inventory Report under the UNFCCC and the Kyoto Protocol. Submission to the European Union. January 2010. 448 s.
- Uusitalo, R., Ekholm, P., Lemola, R. ja Turtola, E. 2008. Fosforikuormitukseen vaikuttavien tekijöiden muutokset ympäristöohjelmakausien aikana. Teoksessa: Turtola, E. & Lemola, R. Maatalouden ympäristötuen vaikutukset vesistökuormitukseen, satoon ja viljelyn talouteen v. 2000-2006 (MYTVAS 2). ss. 11-23.

- Valkama, E., Uusitalo, R., Ylivainio, K., Virkajärvi, P. ja Turtola, E. 2009. Phosphorus fertilization: A meta-analysis of 80 years of research in Finland. *Agriculture, Ecosystems and Environment* doi:10.1016/j.agee.2008.12.004.
- Wade, A., Durand, P., Beaujoan, V., Wessels, W., Raat, K., Whitehead, P.G., Butterfield, D. Rankinen, K. ja Lepistö, A. 2002. Towards a generic nitrogen model of European ecosystems: New model structure and equations. *Hydrology and Earth System Sciences* 6: 559-582.
- Whitehead, P. G., Wilson, E. J. ja Butterfield, D. 1998. A semi-distributed Integrated Nitrogen model for multiple source assessment in Catchments (INCA): Part I-model structure and process equations. *the Science of the Total Environment*; 210/211: 547-558.
- Ympäristöministeriö 2002. Ilmansuojeluohjelma 2010, Valtioneuvoston 26.9.2002 hyväksymä ohjelma direktiivin 2001/81/EY toimeenpanemiseksi. Suomen ympäristö 588. Helsinki. 38 s.
- Ympäristöministeriö 2007. Vesiensuojelun suuntaviivat vuoteen 2015, Valtioneuvoston periaatepäätös. Suomen ympäristö 10/2007. Helsinki. 90 s.



---

## 5 Lannankäsittelyn elinkaariset ympäristövaikutukset ja käsittelyvaihtoehtojen kokonaiskestävyyden arviointi OSA 2: Biomateriaalien käsittelyvaihtoehtojen kokonaiskestävyyden arviointi

---

### 5.1 Kokonaiskestävyyсарviointin tausta ja tavoitteet

Monitavoitteisessa päätöksenteossa on kyettävä arvioimaan käsiteltävien vaihtoehtojen erilaisia vaikutuksia samanaikaisesti. Esimerkiksi mietittäessä lannan käsittelyn tehostamiseen liittyviä toimenpiteitä, pitäisi päätöksentekotilanteessa osata yhtäaikaaisesti huomioida muun muassa taloudelliset ja ympäristölliset vaikutukset. Kun lisäksi vaikutukset jakaantuvat alatekijöihin eli alikriteereihin – ympäristövaikutuksissa on erotettavissa esimerkiksi ilmastovaikutukset ja rehevöityminen ja talousvaikutuksissa yritystalous ja aluetalous – on käsityksen muodostaminen kokonaisuuden kannalta parhaimmista vaihtoehdoista haastava. Haastavuutta lisää erityisesti se, että eri tekijöiden osalta vaihtoehdot ovat yleensä vaikutuksiltaan ristikkäisiä. Päätöksentekoa helpottamaan tällaisissa tapauksissa on kehitetty erilaisia päätösanalyysimenetelmiä (esim. Seppäläinen ja Hämäläinen 1986, Marttunen ym. 2008). Menetelmät eivät kuitenkaan tee varsinaista päätöstä päätöksentekijän sijasta, vaan ne toimivat päätöksenteon apuvälineinä.

Tässä yhteydessä kokonaiskestävyyden arvioinnilla tarkoitetaan Satakunnan alueelle hahmoteltujen, vaihtoehtoisten biomateriaalien käsittelyn toteutuskokonaisuuksien, eli skenaarioiden, taloudellisten, sosiaalisten ja ympäristövaikutusten sekä turvallisuuteen ja terveyteen liittyvien tekijöiden yhtäaikaista tarkastelua. Tarkastelussa sovelletaan arvopuuanalyysiä (Multi-Attribute Value Theory). Ongelmasta muodostetaan niin sanottu arvopuu, jossa ylimpänä on kokonaistavoite ja sen alle on kuvattu, mistä osatavoitteista, eli huomioon otettavista kriteereistä, kokonaistavoite muodostuu. Arvopuussa olevat kriteerit painotetaan niiden tärkeyden mukaan. Kriteeripainojen ja kriteereitä luonnehtivien attribuuttien (indikaattoriarvojen) avulla lasketaan vaihtoehdoille niiden hyvyyttä kuvaavat kokonaisarvot, eli hyötyindeksit.

Tavoitteena oli tuottaa esimerkki havainnollistamaan sitä, millä tavalla päätösanalyysimenetelmiä apuna käyttäen voidaan moniulotteista ongelmanratkaisua lähestyä tilanteessa, jossa etsitään Satakunnan alueen lannan sekä muiden eloperäisten jätteiden ja sivutuotteiden käsittelylle mahdollisimman hyvää vaihtoehtoa. Tavoitteena oli myös selvittää, kuinka tärkeinä erilaisia lannan ja muiden eloperäisten materiaalien käsittelyyn liittyviä tekijöitä alueella pidetään.

### 5.2 Käytetyn arviointimenetelmän kuvaus ja soveltamiskohde

Päätösanalyysitarkastelu voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen (Belton ja Stewart 2002, Leskinen ym. 2009):

- 1) Ongelman tunnistaminen ja jäsentely, jossa selvitetään, mitkä ovat tarkasteltavat vaihtoehdot ja kriteerit, joiden perusteella vaihtoehtoja vertaillaan;
- 2) Mallin rakentaminen ja käyttö, johon liittyy mm. tarkasteluun valittujen kriteerien painottaminen ja vaihtoehtojen ominaisuuksien arviointi tarkasteltavien kriteerien suhteen;
- 3) Tulosten tarkastelu ja herkkyys-/epävarmuusanalyysit, jossa suoritetaan vaihtoehtojen vertailua saatujen tulosten valossa ja jossa myös selvitetään, miten herkkiä/luotettavia tulokset ovat esimerkiksi lähtötietojen suhteen.

Kattavasti tehtynä päätösanalyysi edellyttää tiivistä yhteistyötä eri sidosryhmien, kuten ministeriöiden, alueellisten viranomaisten, varsinaisten toimijoiden sekä paikallisten asukkaiden kanssa. Tällöin voidaan yhdessä hahmottaa ongelmakokonaisuus, realistiset toteutusvaihtoehdot ja päätöksenteon kannalta kriittiset tekijät sekä saada selkeämpi kuva eri sidosryhmien näkemyksistä eri tekijöiden tärkeydestä. Tässä hankkeessa ongelman tunnistamiseen ja jäsentelyyn liittyvää työtä tehtiin

vaihtoehtojen määrittelyn osalta työryhmässä ja keskusteluissa TEHO-hankkeen kanssa. Maaliskuussa 2009 Huittisissa pidetyssä viljelijätilaisuudessa kartoitettiin lannankäsittelyn pullonkauloja ja ehdotuksia tilanteen parantamiseksi. Kriteerien tärkeysroja kuvaavia painoja hahmoteltiin alueen ympäristö-, jäte- ja maatalousalan asiantuntijoille lähetetyn painottamistehtävän avulla, johon saatiin 12 henkilön vastaukset. Kriteereitä luonnehtivat arvot tarkasteltaville vaihtoehdoille saatiin hankkeen eri osioiden tuloksena.

Hankkeessa luotiin erilaisia skenaarioita, joissa alueella syntyvä biomateriaali – lantaan keskittyen – käsitellään nykytilanteesta poikkeavalla tavalla (skenaariokuvaukset: Luku 4):

0. Nollaskenaario eli nykytilanne
1. Muuten kuin nykytilanne, mutta tilat eivät sitoudu maatalouden ympäristötukeen, ts. lannan levitystä rajoittaa vain nitraattiasetus
2. Lannan tehostettu lannoitekäyttö hyödyntämällä lannan jakeistuksen tuomia etuja
3. Biokaasukäsittely muutaman tilan yhteislaitoksissa + käsittelyjäännöksen jakeistus ja lannan tehostettu lannoitekäyttö (perusskenaarion, jossa tuotetulla energialla korvattiin keskimääräistä suomalaista sähköä ja lämpöä sekä turpeella tuotettua sähköä ja lämpöä).

Arviointikriteereitä luonnehtivat arvot tarkastelluille vaihtoehdoille saatiin hankkeen eri vaiheista. Kokonaisympäristövaikutuserot saatiin kokonaisympäristövaikutusindikaattorien tulosten eroista (Luku 4). Vaihtoehtojen liike- ja aluetaloudellisia eroja hahmoteltiin hankkeen talousosion (Luku 3) tulosten avulla. Työtaturmariskien (mekaaniset riskit) liittyvät kriteeriarvot saatiin erillisen arvioinnin (MTT/Jarkko Leppälä) tuloksena, kuten myös hygieniariskien ja viihtyisyshaittaerojen (hajut) arvioinnit (Helsingin yliopisto, Maataloustieteiden laitos; Liite 12).

Soveltamiskohtena oli Satakunnan alueella syntyvän lannan ja muiden eloperäisten jättemateriaalien vaihtoehtoisten käsittely- ja hyötykäyttötapojen muodostama kokonaisuus. Vertailukohtana eli referenssinä toimi kyseisellä alueella muodostuvien eloperäisten jättemateriaalien nykyinen käsittelytapa. Tavoitteena oli hahmottaa, millä tavalla vaihtoehtoiset käsittelytavat eroavat kokonaiskestävyydeltään toisistaan ja millä tekijöillä on mahdollisiin eroihin suurin merkitys.

## 5.3 Tulokset

### 5.3.1 Arviointikriteerien asiantuntijapainot

Kriteerit, joiden valossa vaihtoehtoja vertailtiin, on esitetty arvopuumuodossa taulukossa 25, jossa on myös esitetty kriteerien asiantuntijakyselyn kautta saamat tärkeyspainot. Kriteerit on kuvattu tarkemmin liitteessä 11.

Taulukko 25. Kokonaiskestävyyden arviointiin liittyvät kriteerit ja niiden saamat tärkeyspainot. Pääkriteerit, eli talous, ympäristö ja sosiaaliset vaikutukset on ensin painotettu keskenään, sen jälkeen kunkin ao. pääkriteerin alla olevat alikriteerit. Yhden alikriteerin alla on lisäksi erotettu alialikriteerit, jotka on myös painotettu keskenään.

Biomateriaalien käsittelyn kokonaiskestävyys Satakunnassa		
Talousvaikutukset (0,38)	Ympäristövaikutukset (0,45)	Sosiaaliset vaikutukset (0,17)
Liiketaloudelliset vaikutukset (0,66)	Ilmastonmuutos (0,29)	Työllisyys (0,34)
Aluetaloudelliset vaikutukset (0,34)	Maaympäristön rehevöityminen (0,12)	Turvallisuus (0,41)
	Vesien rehevöityminen (0,28)	- työtaturmariskit (0,43)
	Happamoituminen (0,14)	- hygieenisuus (0,57)
	Hiukkaset (0,10)	Viihtyisyys (0,25)
	Alailmakehän otsonin kasvillisuusvaikutukset (0,07)	
	Alailmakehän otsonin terveysvaikutukset (0,01)	

### 5.3.2 Arviointikriteereitä vastaavat indikaattoriarvot

Eri vaihtoehdoille lasketut kokonaisympäristövaikutusindikaattorien tulokset ja taloudelliset tunnusluvut olivat sellaisenaan käytettävissä kokonaiskestävyydestarkastelussa, koska niistä saatiin suoraan eri vaihtoehtojen väliset suhteelliset erot kyseisissä vaikutuksissa. Turvallisuus- ja viihtyisyyskriteerien osalta kriteerien välisten suhteellisten erojen selvittäminen toteutettiin kirjallisuuden ja asiantuntija-arvioiden pohjalta (Liite 12). Taulukossa 26 on esitetty eri arviointikriteereitä vastaavat ykköseen normeeratut indikaattoriarvot. Ennen normeerausta alkuperäiset ympäristö-, turvallisuus- ja viihtyisyyskriteeriarvot muutettiin muotoon, jossa vaikutuksiltaan vähäriskisin skenaario sai suurimman arvon ja suuririskisin pienimmän skenaarioiden välisten suhteellisten erojen pysyessä ennallaan. Näin lopullisissa kokonaiskestävyytuloksissa kokonaiskestävyydeltään paras sai suurimman kokonaiskestävyyttä kuvaavan hyötyindeksin arvon.

Taulukko 26. Satakunnan alueen biomateriaalien käsittelyvaihtoehtojen kokonaiskestävyyssvertailussa käytetyt kriteerikohtaiset ykköseen normeeratut indikaattoriarvot. Mitä suurempi luku, sitä parempi (= pienempi ympäristövaikutus, suurempi taloudellinen tulos, pienempi turvallisuus- ja viihtyisyysriski, suurempi työllisyysvaikutus).

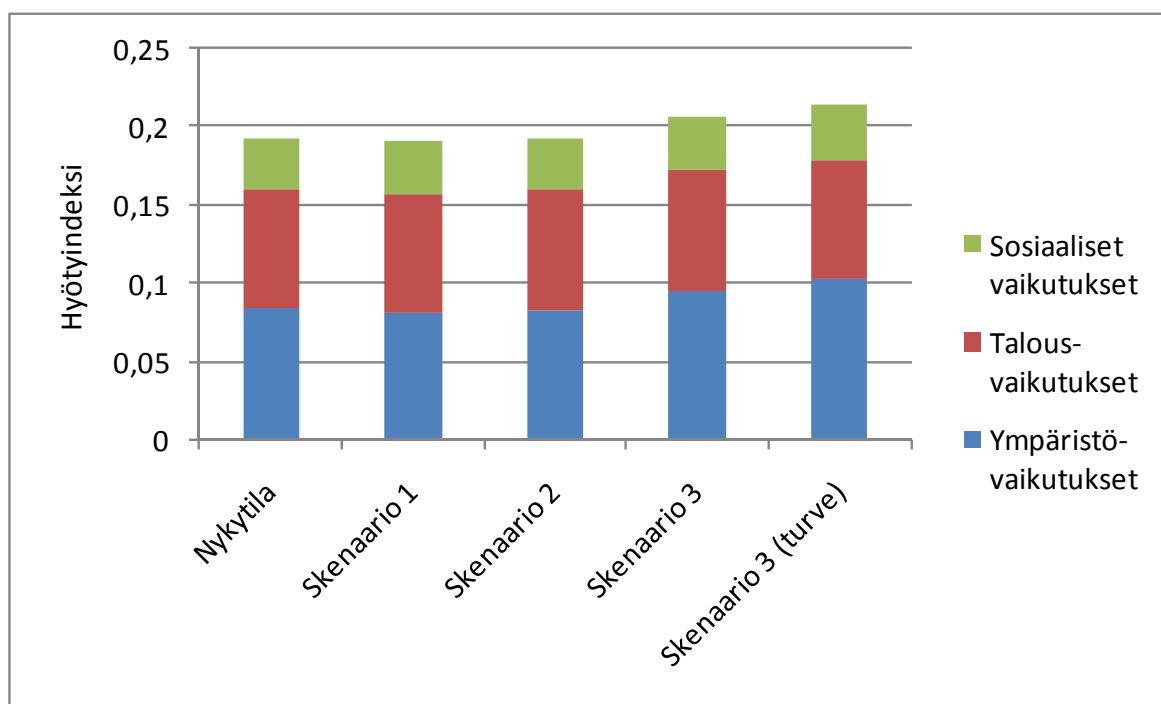
	Ympäristö	Liiketalous	Aluetalous	Työtaturmariski	Hygieniariski	Hajut	Työllisyys
Nykytila	0,19	0,20	0,20	0,22	0,18	0,18	0,20
Skenaario 1	0,18	0,20	0,20	0,18	0,19	0,19	0,20
Skenaario 2	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20	0,19	0,20
Skenaario 3	0,21	0,20	0,20	0,20	0,21	0,22	0,20
Skenaario 3	0,23	0,20	0,20	0,20	0,21	0,22	0,20
SUMMA	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

## 5.4 Kokonaiskestävyyssarviointituloksen laskenta

Kun tiedetään vaihtoehtojen väliset suhteelliset erot eri kriteereissä sekä eri kriteerien välisiä tärkeyseroja kuvaavat painokertoimet, voidaan kullekin vaihtoehdolle laskea kokonaiskestävyyttä kuvaava hyötyindeksin arvo. Tässä laskettua tulosta on tulkittava siten, että mitä pienempi on vaihtoehdon saama hyötyindeksi, sitä epäedullisempi vaihtoehto on kokonaiskestävyydeltään verrattuna muihin.

Koska ympäristö- ja talousvaikutusten saamat tärkeysainot ovat huomattavasti sosiaalisille vaikutuksille annettua painoa suuremmat, on teorian mukaan kahdella ensiksi mainitulla pääkriteerillä myös lopputulokseen suurin vaikutus. Tässä tehdyssä tarkastelussa lopputuloksen kuitenkin käytännössä ratkaisi se, että muissa vaikutuksissa kuin ympäristövaikutuksissa vertailtavien skenaarioiden väliset erot muodostuivat hyvin pieniksi, minkä takia skenaarioiden väliset ympäristövaikutuserot määräsivät skenaarioiden paremmuusjärjestyksen myös kokonaiskestävyyserojen suhteen.

Ympäristövaikutuksiltaan skenaario 3 (biokaasukäsittely) oli vähiten haitallinen. Sen rinnakkaiskkenaario, jossa saadulla biokaasulla korvattiin turpeella tuotettua sähköä ja lämpöä (skenaario 3 turve), oli kuitenkin parempi verrattuna keskimääräisen suomalaisen sähkön ja lämmön tuotannon korvaamiseen (skenaario 3; Kuva 42). Liiketaloudellisilta vaikutuksiltaan skenaarioiden väliset erot olivat muutamien prosenttiyksiköiden suuruusluokkaa, ja koska aluetalousvaikutukset olivat mallien välillä samat, ei skenaarioiden välillä käytännössä ollut talousvaikutuseroja (Taulukko 26). Sosiaaliin vaikutuksiin katsottiin sisältyvän turvallisuus-, viihtyisyys- ja työllisyysnäkökohtia. Työllisyysvaikutuksiltaan skenaariot eivät eronneet toisistaan, mutta turvallisuus- ja viihtyisyysvaikutuksissa skenaario 3 suoriutui muita skenaarioita paremmin, mikä oli yhdenmukaista ympäristövaikutustuloksen kanssa. Näiden tulosten valossa skenaario 3 osoittautui tarkastelluista vaihtoehdoista kokonaiskestävyydeltään parhaimmaksi ja skenaario 1 (ei ympäristötukea) niukasti muita skenaarioita vaatimattomammaksi suurempien ympäristöriskiensä takia.



Kuva 42. Kokonaiskestävyyssarviointilaskennan mukaiset lopulliset hyötyindeksit tarkastelluille vaihtoehdoille.

## 5.5 Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

Satakunnan alueen lannan ja muiden eloperäisten jätteiden ja sivutuotteiden kokonaiskestävyydestä tarkastelussa käsitellyt vaihtoehdot poikkesivat toisistaan vain lannan käsittelyn osalta. Koska muiden biomateriaalien merkitys massamääräisesti on alueella suhteellisen pieni, niillä todennäköisesti olisi ollut myös suhteellisen vähän merkitystä lopputulokseen. Näiden materiaalien mukaan otto olisi myös vaatinut huomattavasti monimutkaisempia kriteerikohtaisia arviointilaskelmia, koska kyseisten massojen käsittelymuutosten heijastevaikutukset eri toimialoihin on vaikea arvioida.

Ympäristö- ja talousvaikutusten suuri tärkeysnäkökulma suhteessa sosiaalisiin vaikutuksiin, joiden tässä yhteydessä katsottiin sisältävän turvallisuuden ja viihtyisyyden sekä työllisyyden liittyviä tekijöitä, johti siihen, että kahden ensiksi mainitun pääkriteerin merkitys lopputulokseen oli selvästi suurin. Koska skenaariot erosivat taloudellisilta ja sosiaalisilta vaikutuksiltaan toisistaan hyvin vähän, määräisivät erot skenaarioiden ympäristövaikutuksissa myös kokonaiskestävyyserot.

Tarkastelu osoitti sen, että annetuilla kriteeripainoilla voi olla huomattava merkitys lopputulokseen, mikäli tarkasteltavat vaihtoehdot ovat eri tekijöiden osalta vaikutuksiltaan ristikkäisiä. Mikäli tässä yhteydessä pääkriteereistä sosiaalisia vaikutuksia painotettaisiin enemmän, ei lopputulos kuitenkaan muuttuisi, sillä suhteelliset erot vaihtoehtojen välillä ovat kyseisen pääkriteerin osalta hyvin pienet. Lisäksi skenaarioiden paremmuusjärjestys oli sama sosiaalisissa ja ympäristövaikutuksissa.

Kokonaiskestävyydestä tarkastelussa energiatase ei ollut mukana arviointikriteeristöissä, koska se on osittain päällekkäinen ympäristö- ja talouskriteerien kanssa. Tämän vuoksi sen huomioiminen omana kriteerinään olisi aiheuttanut kyseisen tekijän huomioon ottamisen useaan kertaan. Energia-taseeltaan skenaario 3 oli ylivoimainen muihin nähden.

---

## Lähteet

---

- Belton, V. ja Stewart, T.J. 2002. Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach. Kluwer Academic Publishers.
- Leskinen, P., Hujala, T., Tikkanen, J., Kainulainen, T., Kangas, A., Kurttila, M., Pykäläinen, J. ja Leskinen, L. 2009. Adaptive decision analysis in forest management planning. Forest Science 55: 95-108.
- Marttunen, M., Mustajoki, J., Verta, O-M. ja Hämäläinen, R.P. 2008. Monitavoitearviointi vuorovaikutteisessa ympäristösuunnittelussa. Menetelmä ja sen soveltamisesimerkkejä vesistöjen käytössä ja hoidossa. Suomen ympäristö 11/2008. Helsinki. 71 s.
- Seppäläinen, T.O. ja Hämäläinen, R.P. 1986. Päätösanalyysi ja sen energiapoliittiset sovellukset. TKK OFFSET, Otaniemi. Teknillinen korkeakoulu, systeemianalyysin laboratorion tutkimusraportti B8.

## 6 Tutkimusohjelman yhteenveto ja johtopäätökset

HYÖTYLANTA-tutkimusohjelmassa lannan hyötykäytön edellytyksiä tarkasteltiin laajasti ottaen huomioon lannankäsittelyvaihtoehtojen agronomiset, teknologiset, taloudelliset, ympäristölliset sekä sosiaaliset ja terveystieteelliset kohdat. Lanta on kallisarvoinen ravinnelähdettä ja maanparannusaine, jonka tehokas hyödyntäminen vähentää ostolannoitteiden tarvetta. Toisaalta lannan ravinnepitoisuutta rajoittavat monet seikat ja lannankäsittelyn kustannukset voivat olla huomattavia.

Lannalla on suuri ympäristövaikutuspotentiaali, koska sen käsittelylle ja käytölle on tyypillistä suuret massat ja tilavuudet, suhteellisen suuret ravinnepitoisuudet ja käsittelyn monivaiheisuus. Vaikutusarvioinnissa mukana olleiden biomateriaalien käsittelyn ja hyötykäytön ympäristövaikutukset aiheutuvat tutkimuksen mukaan valtaosin nimenomaan lannasta. Lannan merkittävin ympäristövaikutus syntyy typen haihtumisesta ammoniakkinäkökulmasta ilmaan, minkä seurauksena typpihävikin hallinta ja typen saaminen tehokkaasti viljelykasvien käyttöön on merkittävin tekijä lannan kestävästä ravinnepitoisuudesta.

### Ruokinta

Eläinten ruokinta on ensimmäinen vaihe, jossa muodostuvan lannan ravinneominaisuuksiin pystytään vaikuttamaan. Lannan ravinnesisältöön ja sen ravinteiden liukoisuuteen voidaan vaikuttaa ravinnon sisältämän fosforin ja typen määrän sekä laadun kautta. Uusimmissa ruokintasuosituksissa (MTT 2010) dieetin fosforipitoisuutta onkin laskettu. Fytaaasiensaantia avulla voidaan lisätä kasviperäisen fosforin käyttökelpoisuutta sikojen ja siipikarjan ravitsemuksessa ja siten vähentää kivennäisfosforin käyttöä sekä laskea kokonaisfosforipitoisuutta. Useiden sivutuoterehujen fosfori on hyvin sulavaa, ja epäorgaanisen fosfaatin käyttötarve on pienempi vilja-soijapohjaiseen ruokintaan verrattuna. Toisaalta sianlannan fosfori on helpommin veteen liukenevaa, kun viljapohjaisessa ruokinnassa käytetään valkuaislähteenä liemimäisiä viljavalkuaisrehuja soija- ja rypsi tuotteiden sekä palkoviljojen sijasta.

Ruokinnan optimoinnissa ollaan siirtymässä kohti kohdeneuvojille ja viljelijöillekin soveltuvia käytännön laskentamalleja, joilla rehujen energia- ja ravinnepitoisuudet sekä ruokinnan vaiheistaminen voidaan hallita. Fosforilannoituksen alenemisen vaikutusta viljojen fosforipitoisuuteen ei tunneta tarkasti, mutta jyvien fosforipitoisuutta ei ole ruokinnan eikä ympäristön näkökulmasta kannattavaa nostaa lannoittamalla. Sikojen ja siipikarjan riittävän fosforin saannin turvaamiseksi on tehokkaampaa optimoida ruokintaa käyttäen rehuseoksissa fosfaatti- ja/tai fytaasilisiä.

Suositus: Viljan fosfori- ja fytiinihappopitoisuuksien vuosittaista ja alueellista vaihtelua sekä mahdollista muutossuuntaa olisi seurattava yhdistämällä fosforianalyysi Eviran Viljaotanta-näytteisiin. Sikojen ja siipikarjan ruokinnassa suositellaan vaiheruokintaa ja fytaasi-entsyymien lisäämistä rehuihin parantamaan kasviperäisen fosforin hyväksikäyttöä. Nautojen ruokinnan koostamisessa tulee huomioida perusrehujen fosforipitoisuus siten, että rehuannokseen ei turhaan valita useita runsaasti fosforia sisältäviä raaka-aineita.

### Lanta ja orgaaniset lannoitevalmisteet tilakäytössä

Lanta on yleensä maatalojen ensisijainen kierrätysmateriaali. Nykyisin raakalanta hyötyy ympäristötukijärjestelmän sisältämistä fosforin käyttömäärien poikkeuksista, joiden avulla lannan fosforia voidaan käyttää 15–30 kg/ha/vuosi, kun viljavuusluokka on pienempi kuin arveluttavan korkea. Lannoitevalmisteiden käyttöä voi lisätä niiden kasveille käyttökelpoisen fosforin aliarviointi lukuun ottamatta lietepohjaisia lannoitevalmisteita. Lannan kuljetusetäisyydet ovat yleensä lyhyemmät kuin orgaanisten lannoitevalmisteiden. Lisäksi lietelannan ja virtsan sijoittaminen on tukielpoista ympäristötuessa. Lannan imago on edelleen parempi kuin yhdyskuntien jätevesilietteillä ja teollisuuden biohajoavilla jätteillä ja sivutuotteilla.

Ravinteiden ja orgaanisen aineksen palauttaminen maatalouteen myös yhdyskuntien ja teollisuuden kierrätysmateriaaleista on kuitenkin pitkällä tähtäimellä ravinnekiertojen sulkemisen ja materiaali-tehokkuuden kannalta välttämätöntä. Näiden kierrätysmateriaalien määrät ovat merkittäviä suhteeseen

sa levitysmahdollisuuksiin lähinnä vain pääkaupunkiseudulla. Orgaanisen lannoitevalmisteen liukoisen typen arvo ei kata välttämättä edes levityskustannusta, mutta fosforia tarvitsevilla lohkokilla kierrätysmateriaalien fosfori nostaa sitä sisältävien lannoitevalmisteiden arvoa viljelijälle. Kuivatut lannoitevalmisteet ovat logistisesti parempia, mutta niiden liukoisen typen pitoisuus suhteessa fosforin pitoisuuteen on pienempi, sillä jakeistuksessa typpi väkevöityy nestejakeeseen. Lisäksi termisessä rakeistuksessa typen tappio on suuri. Kuivatuissa lannoitevalmisteissa myös haitallisten metallien pitoisuudet ovat suuremmat kuin lähtömateriaalissa.

Maataloudessa kierrätysmateriaalien maanparannusvaikutus on vähäinen, koska typen, fosforin ja/tai haitallisten metallien käyttö- ja kuormitusrajojen takia levitysmäärät ovat vain 20–50 t/ha 4–5 vuodessa. Jotta kuivattujen orgaanisten lannoitevalmisteiden liukoisen typen levitysmäärä ja sen tasaisuus vastaisivat kasvinviljelyn vaatimuksia sadon määrän ja laadun kannalta, olisi mielekkäintä käyttää kuivia orgaanisia maanparannusaineita vuodessa vain yhden vuoden fosforilannoitustarvetta vastaava määrä ja kattaa loppu noin 80 % typpilannoitustarpeesta epäorgaanisella lannoitetyppellä. Tällöin kuljetus- ja levityskustannukset potentiaalisesti lisääntyvät verrattuna suurempien, enimmillään 4–5 vuoden tarvetta vastaavien kertalevitysmäärien vastaaviin kustannuksiin nähden. Orgaanisen typen mineralisaatio on lannassa ja orgaanisissa lannoitevalmisteista yleensä hyvin hidasta, joten siitä typpilannoitusvaikutusta saadaan vain runsaassa ja pitkäaikaisessa käytössä. Toisaalta liete- ja nestemäisissä orgaanisissa lannoitevalmisteissa typpipitoisuus on korkeampi ja epäorgaanista typpilannoitetta voidaan niiden tehokkaalla käytöllä korvata merkittävästi. Tämä on ympäristön kannalta olennaista.

### **Ravinnepitoisuuksien mukainen lannoituskäyttö**

Lannan ja lannoitevalmisteiden käyttömääriin vaikuttavat kokonaistyyppi (nitraattiasetuksessa 170 kg/ha/a), liukoinen typpi sallitun typpilannoituksen mukaan sekä fosfori (enintään viiden vuoden kerta-annos eli viljakasveilla tyydyttävän fosforiluvun omaavalla maalla noin 75 kg/ha kasveille käyttökelpoista fosforia ja kadmium lannoitevalmisteillä enintään 6 g/ha neljässä vuodessa). Niiden orgaanisten lannoitevalmisteiden käyttö, joilla vesiliukoisen fosforin pitoisuutta käytetään levitysmäärän perusteena ympäristötuessa, voi nostaa maan fosforilukua, koska vesiliukoinen fosfori aliarvioi kasveille käyttökelpoisen fosforin pitoisuutta. Myös orgaanisten lannoitevalmisteiden aiheuttama kadmiumkuormitus voi rajoittaa levitysmääriä vuosittain tai neljän vuoden tasausjakson aikana. Erityisesti puhdistamolietepohjaisia sivutuotteita käytettäessä Valtioneuvoston päätöksen mukainen kadmiumkuormituksen ja muiden haitallisten metallien seuraamisvelvollisuus sekä pitoisuuksien että maanäytteiden kautta vaativat viljelijältä erityistä tarkkaavaisuutta.

Suositus: Lannan ja etenkin lannoitevalmisteiden käyttöä koskevan lainsäädännön (Nitraattiasetus, Lannoitevalmistelaki, Valtioneuvoston päätös puhdistamolietteen käytöstä, Maatalouden ympäristötuki) käsitteet ja tulkinnat on yhtenäistettävä. Yhtenäistämisen jälkeen pelisäännöt on tiedotettava mahdollisimman laajasti.

Syyslevityksen liukoisen typen käyttökelpoisuus riippuu syksyn, talven ja kevään säästä, ja riskit liukoisen typen huuhtoutumiseen ovat suuret. Syyslevitykseen soveltuvatkin parhaiten runsaasti fosforia suhteessa liukoiseen tyypeen sisältävät lannoitevalmisteet.

Maan pinnalle muokkaamatta jäävät ravinteet ovat alttiina huuhtoutumiselle pintavalunnan myötä. Jos pintalevityksiä joudutaan tekemään, nestemäisten jakeiden olisi imeydyttävä mahdollisimman hyvin maahan ja kiinteiden jakeiden fosforin olisi oltava mahdollisimman hidasliukoista. Ympäristönäkökulmasta runsaasti fosforia sisältävien materiaalien pintalevitys kasvukaudenkin aikana aiheuttaa huuhtoutumisriskin, erityisesti mikäli kasvukausi on vähäsateinen, jolloin käyttämättä jääneet ravinteet huuhtoutuvat vasta syyssateiden myötä. Siksi erityisesti eroosioalttiilla alueilla vesistöjen läheisyydessä tällaisten valmisteiden pintalevitystä tulee välttää kasvukaudenkin aikana.

Suositus: Fosforia sisältävien materiaalien levittämistä pintaan on kasvukaudellakin pyrittävä välttämään erityisesti eroosioherkillä alueilla.



## Lannan prosessointi ja lannoituskäyttö

Lannan prosessoinnilla voidaan muokata sen epäedullisia ravintesuhteita, mikä parantaa mahdollisuuksia lannan tehokkaampaan ajalliseen ja paikalliseen hyödyntämiseen. Lisäksi prosessoinnilla voidaan vähentää lantaan liittyviä haittoja, kuten hajuhaittoja, hygieenisiiä riskejä, vesi- ja ilmasto-kuormitusta tai käsiteltävän massan määrää. Tutkimuksessa tarkasteltiin kolmeen eri mittakaavaan soveltuvia teknologioita ja teknologiaketjuja, joita olivat tilakohtainen, usean tilan yhteinen sekä keskitetty lannan ja muiden materiaalien prosessointi. Esimerkkituloina käytettiin nauta- ja sikatiloja ja teknologioista keskityttiin erityisesti lannan jakeistukseen kiinteään ja nestejakeeseen sekä biokaasuprosessiin. Mekaanisten erottelumenetelmien kyky erottaa kiintoainetta ja ravinteita vaihtelee huomattavasti, samoin kuin niiden investointikustannukset. Parhaan erottelukyvyn laitteiden investointikustannus on huomattava, jolloin investointia on vaikea saada kannattavaksi useamman tilan yhteishankintana.

Lannan energiapotentialin hyödyntäminen on mahdollista mm. biokaasuteknologian avulla. Biokaasulaitos tuottaa energiaa yhden tyyppitilan (lanta 3000 t/a) lietelannasta bruttona 320–330 MWh/a. Säilörehun lisäys (300 t/a tuorepainona) lannan mukaan kaksinkertaistaa tyyppitilan bruttoenergiantuoton ja käsittelyjäännöksen ravinteet vastaavat kasvien lannoitustarpeita. Viiden tilan yhteislaitos voi käyttää yhden tilan lietelannan sellaisenaan ja neljän muun tilan lannan esimerkiksi ruuvikuivaimella esijakeistettuna. Käsittelyjäännöksen jakeistaminen edelleen tuottaa erittäin fosforirikkaan kuivajakeen ja alhaisen fosforipitoisuuden nestejakeen. Jos kaikilta viideltä tilalta tulee biokaasuprosessiin ainoastaan kuivajakeita, syötettä joudutaan laimentamaan. On myös huomattava, että jakeistuksessa tiloille jätettävän nestejakeen mukana metaanintuottopotentialista menetetään huomattava osa. Metaanintuottopotentialin menetyksiä voidaan vähentää jakeistamalla lietelanta ruuvikuivainta tehokkaammalla menetelmällä, kuten lingolla. Samalla fosforin erotustehokkuus kuivajakeeseen paranee.

Lannan keskitetty käsittely (10 tilaa + muuta biomateriaalia) biokaasulaitoksessa merkitsee sitä, että lopputuote luokitellaan lannoitevalmisteeksi, jolloin levityspinta-alojen laskennassa on huomioitava kokonaistyyppi, liukoinen tyyppi ja vesiliukoinen fosfori analyysin mukaan tai puhdistamolietepärisiä raaka-aineita käsittelevissä laitoksissa 40 % kokonaisfosforista (vrt. lantalaitoksissa 85 % kokonaisfosforista). Keskitetyissä laitoksissa on kuitenkin parhaimmat mahdollisuudet tuottaa merkittäviä määriä uusiutuvaa energiaa sekä erityyppisiä lannoitevalmisteita ja ravinnetuotteita erilaisiin käyttötarkoituksiin, myös maatalouden ulkopuolelle.

Tutkimuksen perusteella yksittäisten tilojen ei Suomessa kannata tällä hetkellä investoida lannan jakeistukseen, mutta jo 2-3 suuren tilan yhteisinvestoinnit voivat olla kannattavia. Lannan kiintoaineksen ja fosforin erottamista suunnittelevan tilan/tytymän tulee arvioida,

- (1) kuinka lantatypen hyväksikäyttö muuttuu, jos kiintoainetta erotetaan, toisin sanoen kuinka paljon liikafosfori rajoittaa lantatypen hyödyntämistä tilan olosuhteissa. Huomattava parannus tässä voi edellyttää sijoituslevitystä.
- (2) kuinka suuri osa lannan fosforista tarvitaan tilan omaan käyttöön – loput voidaan luovuttaa pois paikallisten lantamarkkinoiden ehdoilla
- (3) kuinka pian tarvittavat investoinnit maksavat itsensä takaisin – tavoitteena tulisi olla alle 10 vuotta.

Kiintoaineksen ja sen sisältämän fosforin erottaminen lietelannasta helpottaa tyypipitoisen nesteosan levittämistä ja imeyttämistä maahan sekä vähentää oleellisesti hygieniariskiä eli lantamikrobin jäämistä kasvustoon. Erotettua tyypipitoista, mutta vähäfosforista nesteosaa voidaan levittää hehtaaria kohden enemmän kuin raakaliettä, jonka levitysmäärää rajoittavat ympäristötuen säädökset fosforilannoituksesta. Parhaassa tapauksessa tyypilannoitustarve voidaan hoitaa kokonaan lantatypellä. Samalla lannan kuljetustarve voi alentua jopa alle puoleen. Sijoituslevitys sopii näin ollen hyvin yhteen lietelannan jakeistamisen kanssa parantaen tyypin hyväksikäyttöä ja jakeistamisen kannattavuutta. Yhdessä sijoituslevitys ja jakeistaminen voivat edistää merkittävästi lantaravinteiden kiertoa tilan lähialueella.

Lannan kiintoaineksen ja samalla fosforin erottaminen lannasta tarjoaa ainakin periaatteessa mahdollisuuden fosforin kierrätykseen, mikäli löydetään kustannustehokas järjestely ja toimintatapa erotetun kuivajakeen kuljettamiseen ja levittämiseen pelloille, joilla on fosforilannoitustarvetta. Tulosten mukaan olennaista ei aina, varsinkaan lypsy- ja nautakarjavaltaisilla alueilla, ole suuri erotustehokkuus. Riittävä osa eläintiheiden alueiden ylijäämäfosforista voidaan erottaa keskinkertaisella tai heikollakin erotustehokkuudella, jos se voidaan kohtuukustannuksella kerätä ja levittää fosforia ja orgaanista ainesta tarvitsevien viljelijöiden pelloille. Kustannusten tulisi olla pienempiä kuin epäorgaanisen lannoitefosforin hinta. Kierrätysfosforin käytön taloudellisuus paranee, jos ja kun epäorgaanisten lannoitteiden hinnat nousevat energian hintojen noustessa ja mineraalifosforivarojen huetessa.

### **Ympäristövaikutukset ja suositukset haittojen vähentämiseksi**

Lannan käsittelyn ja käytön aiheuttamien kokonaisympäristövaikutusten muodostumiseen vaikuttaa eniten lannasta haihtuva ammoniakki. Sen suora vaikutus ulottuu maa- ja vesiympäristön rehevöitymiseen, happamoitumiseen ja pienhiukkasten muodostumiseen. Lannan tuestä menetetään koko lannankäsittelyketjun aikana helposti kymmeniä prosentteja ammoniakkin muodossa. Se vähentää lannan lannoitusarvoa sekä yleistä käyttökelpoisuutta ainoana kasvinravinteiden lähteenä, koska typen haihtuessa lannan typpi:fosfori –suhte huononee entisestään suhteessa kasvien ravinnetarpeisiin. Lannan typen hävikkien estäminen vähentää epäorgaanisen lannoitetyypin tarvetta. Kotieläinsuojissa päästöjä voidaan vähentää esimerkiksi tihentämällä lannanpoistoväliä, erottamalla virtsa nopeasti tiiviiseen virtsasäiliöön tai jäädyttämällä lantakanavia. Varastoinnin aikaisia päästöjä vähennetään kattamalla lantavarastot tiiviisti. Levityksen yhteydessä ja jälkeen tapahtuvia kaasumaisia typpitappioita vähennetään tehokkaimmin suosimalla lannan sijoituslevitystä, tai mikäli lanta on levitetty mullokselle tai sängelle, suosimalla lannan mahdollisimman nopeaa maahan muokkausta esimerkiksi kyntämällä.

Suositus: Lannan typen haihtumista tulee vähentää kaikissa lannan käsittelyvaiheissa. Lantavarastojen kattaminen ja lannan sijoituslevitys ovat esimerkkejä tehokkaista vähentämismenetelmistä.

Lannan ravinnesisällön tarkka tuntemus on edellytys lannan hyötykäytön optimoimiselle. Jos ei ole tietoa siitä miten ammoniakkipäästöjen vähentämistoimenpiteet vaikuttavat lannan typpipitoisuuteen tai jos ei tiedetä miten lannan jakeistaminen vaikuttaa eri jakeiden ravinnepitoisuuksiin, ei kyseisten toimenpiteiden tuomia hyötyjä voida siirtää käytännön lannoittamiseen.

Suositus: Lannan ravinnepitoisuuden nopeaan määrittämiseen on kehitettävä uusia välineitä, jotta perusedellytykset lannan ravinteiden paremmaksi huomioimiseksi täyttyvät. Vaihtoehtoisesti on kehitettävä taulukkoarvot tai laskentamenetelmät, joiden avulla voidaan arvioida erilaisten käsitteilymuutosten vaikutusta ravinteisiin, myös typen liukoisuuteen. Myös neuvontaa on lisättävä.

Lannan käsittelyketjun kasvihuonekaasupäästöt ja niiden vaikutus ilmastonmuutokseen on pieni verrattuna lannan merkitykseen muissa vaikutusluokissa. Lannan käsittelystä aiheutuvaa ilmastovaikutusta hallitsevat lannan varastoinnin ja levityksen aikaiset metaani- ja dityppioksidipäästöt. Työkoneista ja kuljetuksista aiheutuvien hiilidioksidipäästöjen merkitys on hyvin pieni. Tästä seuraa, että ympäristömielessä lantaa kannattaa kuljettaa pitkiäkin matkoja, jos sillä saavutetaan jonkin muun vaikutuksen osalta ympäristöhyötyjä.

Vuosittain levitetystä lannasta typen huuhtoutuminen vesistöihin on suurempi ongelma kuin fosforin huuhtoutuminen. Ns. fosforiongelman aiheuttaa aikaisempien vuosien ja vuosikymmenten korkeat lannoitustasot, joilla peltojen helppoliukoisien fosforin pitoisuuksia on nostettu. Toisaalta lannan levittäminen hidastaa maahan kertyneiden fosforivarojen pienenemistä, ja siten fosforikuormituksen vähenemistä. Lantatyyppi on erityisen altis huuhtoutumaan syyslevityksistä kasvukauden päätyttyä. Myös kasvin ravitsemuksen kannalta typpi on keskeinen ravinne, joten typen hyödyntämisastetta on järkevä parantaa. Lannan lannoituskäyttöä tehostamalla voidaan huuhtoutumisriskiä pienentää. Samalla voidaan vähentää epäorgaanisten lannoitteiden käyttöä ja edelleen niistä aiheutuvaa ravinnehuuhtoumaa sekä valmistuksesta aiheutuvia päästöjä.

Suositus: Lannan kevät- ja kesälevitystä on suosittava ja menetelmiä on kehitettävä niin, että lannan syyslevityksestä voidaan vähitellen luopua. Jos lantaa levitetään syksyllä, periaatteena tulisi

olla, että ympäristösyistä tuestä huomioidaan seuraavan vuoden lannoituksessa 100 %. Lannan fosforin käyttökelpoisuus on nostettava 100 %:iin ja lisäksi lannan fosforipokkeuksista luopuminen asteittain johtaisi fosforilukujen laskemiseen pelloilla, joihin sitä sovelletaan. Tämä aiheuttaa tarvetta lisätä lannan kuljettamista ja etävarastointia, joiden edistäminen edellyttää tukijärjestelmän kehittämistä sekä kotieläintalouden sijoittumista paremmin lannan fosforin käyttömahdollisuuksia vastaavasti. Fosforin kasveille käyttökelpoisen osuuden nosto motivoi myös lannan ravinteiden jakeistamiseen. Ympäristölupia pitäisi tarkistaa tai myöntää uusia vain kasvien tarpeisiin perustuville lantamäärille perustuen.

Lannan ravinteiden käytön tehostamisen lisäksi myös lannan ja muiden materiaalien energiasisällön hyödyntämistä voidaan kehittää mm. biokaasuteknologian avulla. Jakeistus mahdollistaa myös lannan ajallisen ja paikallisen tehokkaamman hyödyntämisen, mm. syyslevityksistä luopumisen. Koska biokaasukäsittely parantaa typen liukoisuutta, saadaan kasvien ulottuville suurempi osa lannan tuestä verrattuna käsittelemättömään lantaan, tosin vaikutus on melko pieni. Yhdessä paremman levityskäytännön kanssa voidaan typpiylijäämää ja –kuormitusta pienentää selvästi. Edelleen, jos lannan käsittely johtaa huomattavasti laskeneisiin fosforitaseisiin, niin myös liukoisen fosforin kuormitus laskee.

Jakeistetun lietelannan kuivajakeen tyyppi on kuitenkin vaarassa vapautua ammoniakkinä ilmaan, koska massa alkaa herkästi kompostoitua, jolloin typen haihtumiselle muodostuu edulliset olosuhteet. Kirjallisuuden mukaan haihtuvan ammoniakkin määrä voi olla selvästi suurempi jakeistetusta kuin jakeistamattomasta lietteestä johtuen kuivajakeen kompostoitumisesta. Koska myös biokaasukäsittely lisää massan typen liukoisuutta, myös biokaasulaitoksen käsittelyjäännöksessä olevan typen haihtumisherkkyys lisääntyy. Jakeistusmenetelmän tehoon on kuitenkin kiinnitettävä huomiota, sillä jos menetelmällä ei pystytä erottamaan fosforia kuivajakeeseen, ei menetelmästä käytännössä ole hyötyä.

Lannan biokaasukäsittelyllä tuotetaan biokaasua jolla voidaan korvata muita energianlähteitä. Jos korvataan fossiilisia polttoaineita, saavutetaan ilmastohyötyjä. Jotta biokaasuprosessista saadaan maksimihyöty, tulee tuotettu energia hyödyntää täysimääräisesti. Biokaasuprosessilla aikaansaatu lannan typen liukoisuuden paraneminen on vaatimatonta, joten se ei ole riittävä perustelu biokaasuteknologian käytölle.

Suositus: Ympäristömielessä lannan biokaasukäsittely on kannatettavaa, mutta se edellyttää, että tuotettu biokaasu saadaan täysimittaisesti hyödynnettyä ja että käsittelyjäännöksen typpitappiot pidetään mahdollisimman pieninä.

### **Aluetason tarkastelu**

Hyötylanta-hankkeessa arvioitiin myös lannankäsittelyn kokonaisvaikutuksia. Tulosten mukaan tehokkaamman lannan käytön vuosihyödyt voivat olla maataloudelle noin 10 miljoonan euron luokkaa. Epäorgaanisen lannoitefosforin vähentämispotentiaali on jopa 30–50 %, jos lannan fosfori voidaan kohdentaa tarvetta vastaavasti. Satakunnan esimerkkialueella arvioidut lannankäsittelyvaihtoehtojen aluetalouden vaikutukset osoittautuivat tutkimuksessa pieniksi suhteessa maatalouden ja alueiden kokonaistuotantoon. Jos kuitenkin tiettyyn kuntaan, jossa paljon isoja kotieläintiloja, rakennetaan esimerkiksi useita 5 tilan yhteislaitoksia, taloudelliset vaikutukset ja työllisyysvaikutukset voivat olla kuntatasolla merkittäviä.

Satakunnan alueen lannan ja muiden eloperäisten jäte- ja sivuvirtamassojen kokonaiskestävyydestä tarkastelussa käsitellyt vaihtoehdot poikkesivat toisistaan vain lannan käsittelyn osalta, koska muiden massojen määrä oli lantaan verrattuna pieni. Koska skenaariot erosivat taloudellisilta ja sosiaalisilta vaikutuksiltaan toisistaan hyvin vähän, määräisivät erot skenaarioiden ympäristövaikutuksissa myös kokonaiskestävyyserot. Tarkastelluista skenaarioista lannan pisimmälle viety prosessointi (biokaasun käsittely muutaman tilan yhteislaitoksessa + käsittelyjäännöksen jakeistus ja lannan tehostettu lannoitekäyttö) oli kokonaiskestävyydeltään edullisin.

## Liiketoiminnan kehittäminen ja politiikkasuositukset

Lannankäsittelyn tehostaminen edellyttää toimenpiteitä uusien teknologioiden ja liiketoimintamallien käyttöönoton edistämiseksi. Kokonaisuuden kannalta on tärkeää kannustaa toimiiin, jotka edistävät useiden eri ympäristötavoitteiden saavuttamista ja parantavat maatalojen taloutta. Lannan hyötykäyttö ja sen ravinteiden ja energian parempi hyödyntäminen palvelee maatalouspolitiikan, ruokastrategian, ilmasto-, maaperä- ja energiastrategian, vesiensuojelun sekä luonnon monimuotoisuuden tavoitteita. Tämän, sekä merkittävän fosforikiertopotentiaalain ja muiden ympäristöhyötyjen kanssa (epäorgaanisen typen ostotarpeen väheneminen kotieläintiloilla, orgaanisen aineksen hyödyntäminen laajemmalla peltoalalla) julkisen vallan olisi perusteltua edistää kiintoaineiden ja fosforin erottamista lannasta. Ensisijaisesti tulee kuitenkin pyrkiä fosforin kierrätykseen markkinaehtoisesti, eli luomalla toimintamalleja kustannustehokkaaseen ja orgaanisille lannoitteille kokonaisuutena kilpailukykyiseen toimintatapaan.

*Keskeistä on löytää toimintamalleja, joilla tilat voivat yhdessä päästä kannattavaan lantaravinteiden kierrätykseen ja pääomakustannusten ja epävarmuuksien jakamiseen.* Erityisesti tulee varmistua siitä, että lantaravinteita vastaanottavien kasvitilojen kokonaishyöty – paitsi lantaravinteiden hinnan, myös käytännön toimintatavan ja työnjaon tulee olla kilpailukykyinen epäorgaanisiin teollisiin lannoitteisiin nähden. Samoin tulee olla varmuus pellolle levitettävien lantajakeiden ravinnepitoisuuksista. *Toimivaan työnjakoon ja luotettavaan informaatioon hinnoista ja ravinnepitoisuuksista voidaan päästä riittävän monien ja isojen tilojen välisellä tehokkaalla toimintatavalla ja työnjaolla – esimerkiksi lannan kuivajakeen keräily tiloilta ja markkinointi kasvitiloille on yhteistoimintana todennäköisesti edullisempaa kuin yksittäisten tilojen tekemänä. Tällainen alueellinen toiminta tarjoaa mahdollisuuksia myös urakointiin ja yritystoiminnan kehittämiseen.*

Julkista tukea lantaravinteiden tehokkaampaan hyödyntämiseen todennäköisesti tarvitaan ainakin alkuvaiheessa, koska investointeihin sisältyy aina riskejä. Esimerkiksi lietelannan jakeistuslaitteista ja useamman tilan yhteisistä biokaasulaitoksista on varsin vähän kokemuksia, eivätkä niihin liittyvät toimintamallit ole vielä vakiintuneet. Lisäksi poisto aika on lannankäsittelylaitteilla tyypillisesti varsin lyhyt, noin 10 vuotta, mikä ylläpitää investoinnin riskejä.

Maatalouden, yhdyskuntien ja teollisuuden materiaalivirtojen sisältämien ravinteiden tuotteistus on mahdollista keskitettyjen biokaasulaitosten perään sijoitettavissa kierrätyslannoitetehtaissa. *Konseptin yleistymisen edellyttää taloudellista tukea kierrätyslannoitteiden valmistusteknologioiden kehittämisessä ja tuotantoon siirtämisessä.* Lisäksi luotettavuus, helppo varastoitavuus sekä tasalaatuisuus (standardointi) ovat välttämättömiä, jotta markkinat voivat syntyä. On myös tärkeää saattaa viljelijöille ja neuvojille uusin tieto paikallisista lannoitevalmisteista ja tuotava esille niiden edut ja haitat suhteessa epäorgaanisiin lannoitteisiin.

Tehokas biokaasun tuotanto edellyttää tapauskohtaisesti soveltuvien materiaalien, kuten teollisuuden ja yhdyskuntien sivuvirtojen, lannan ja peltobiomassojen, käytön edistämistä. Ravinnetuotteiden jatkojalostusteknologioiden kehittämistä tulee tarkastella myös markkinoiden tarpeiden kautta. Jalostettujen lannoitevalmisteiden tuottaminen markkinoille ja siirtäminen ravinnekeskittymien ulkopuolelle edellyttää siitä huolimatta taloudellisia kannustimia jalostusteknologioiden kehittämiseen ja käyttöönottoon kaikissa mittakaavoissa.

## Liite 1. Lantojen keskimääräiset ominaisuudet Suomessa

Suomalaisten lantojen keskimääräiset ominaisuudet (Viljavuuspalvelu Oy:n yhteenveto 2000–2004, jonka arvoihin on lisätty 15 % arviona vedenkulutuksen vähenemisestä sekä sadevesien johtamisesta pois varastoaltaista).

Lantatyyppi	Nauta, lietelanta	Nauta, kuivalanta	Sika, lietelanta	Sika, kuivalanta	Kana, kuivalanta
Kuiva-aine (%)	6,3	25	4,0	34	55
Ntot (kg/t)	3,5	6,2	4,4	8,5	19
Nliuk (kg/t)	2,1	2,0	2,9	2,6	8,2
P (kg/t)	0,58	1,8	0,92	4,9	9,2
K (kg/t)	3,8	5,4	2,5	5,5	12
Mg (kg/t)	0,46	1,4	0,4	1,7	3,6
Ca (kg/t)	0,92	2,8	1,0	7,7	27
Na (kg/t)	0,35	0,46	0,60	0,92	2,2

## Liite 2. Testatut lannat ja lannoitevalmisteet

Testatut lannat ja lannoitevalmisteet typen ja fosforin liukoisuusmääryyksissä, Hedleyn fraktioinnissa, hiilen ja typen vapautumista mittaavassa muhituskokeessa ja viljelykokeissa.

	Typen ja fosforin liukoisuus	Hedley	Muhitus	Viljelykoe
Naudan lietelanta	x	x	x	2009
Sian lietelanta	x	x	x	x
Sian lietelanta, nestejäte	x			x
Sian lietelanta, kuivajäte	x			2010
Kananlanta	x			2010
Minkin lanta	x	x		2010
Hevoslanta				
- turvekuivike	x			2009
- purukuivike	x			2010
Kalkkistabiloitu raakaliete	x	x		2008–2009
Biokaasuprosessin käsittelyjäännös	x	x		2008
Käsittelyjäännöksen kuivajäte				
- lanta	x	x	x	2008–2010
- puhdistamoliete	x	x	x	2008–2010
Käsittelyjäännöksen nestejäte				
- lanta	x	x		2008–2009
- puhdistamoliete		-		-
- ammoniumsulfaatti	x			x
Kuivarae (erityyppisiä)	x	x	x	2008–2010
Biojätekomposti	x	x	x	2008–2010
Puhdistamolietekomposti	x	x	x	2008–2010
Kemicond-liete	x	x	x	2008–2009
Perunan soluneste	x	x	x	2009

## Liite 3. Kokeissa käytettyjen materiaalien pitoisuuksia ja pitoisuuksien vaikutuksia levitysmääriin

	KokN	Liuk. N	Kok. P	Liuk. P (1:5)	Cd
	kg/tTP				g/tTP
Biojätekomposti	10,5	1,7	1,7	0,10	0,07
Kuivajae_lanta	8,9	5,1	6,6	0,25	0,04
Kuivajae_puhdistamoliete	8,6	2,7	7,6	0,01	0,19
Kuivarae_1	14,4	2,4	21,7	1,41	0,19
Kuivarae_2	46,3	3,6	69,7	0,37	0,09
Puhdistamolietekomposti_1	7,4	1,9	4,5	0,01	0,41
Puhdistamolietekomposti_2	6,3	1,6	5,3	0,00	0,14
Kemicond	8,5	0,4	5,2	0,00	0,14

	Kok-N170 kg/ha	Liuk-N 90 kg/ha	Kok-P 15 kg/ha	Liuk. P 15 kg/ha	Cd 1,5g/ha
	Levitysmahdollisuus tn/ha/a				
Biojätekomposti	16,2	52,6	8,9	150,3	21,7
Kuivajae_lanta	19,1	17,6	2,7	60,0	33,4
Kuivajae_puhdistamoliete	19,9	33,8	4,9		8,1
Kuivarae_1	11,8	37,6	1,7		7,9
Kuivarae_2	3,7	25,3	0,5	40,7	16,0
Puhdistamolietekomposti_1	23,1	48,0	8,3		3,6
Puhdistamolietekomposti_2	27,2	56,6	7,1		10,6

	Kok-N170 kg/ha	Liuk-N 90 kg/ha	Kok-P 75 kg/ha	Liuk. P 75 kg/ha	Cd 6 g/ha
	Levityksessä sallitaan 5 vuoden fosforimäärä tai 4 vuoden kadmiumannos.				
Levitysmahdollisuus	tn/ha/a	tn/ha/a	tn/ha/5a	tn/ha/5a	tn/ha/4a
Biojätekomposti	16,2	52,6	44,7	751,4	87,0
Kuivajae_lanta	19,1	17,6	13,3	300,1	133,6
Kuivajae_puhdistamoliete	19,9	33,8	24,7		32,2
Kuivarae_1	11,8	37,6	8,6		31,6
Kuivarae_2	3,7	25,3	2,7	203,4	63,8
Puhdistamolietekomposti_1	23,1	48,0	41,3		14,6
Puhdistamolietekomposti_2	27,2	56,6	35,4		42,2
Kemicond	19,9	204,4	36,3		43,6

Tummennettu luku kuvaa pienintä mahdollista levitysmäärää.

## Liite 4. Teknologiakenaarioiden tiedot tyyppitiloilla

Taulukko 1. Tyyppitilojen biokaasulaitoksissa käsiteltävät raaka-aineet ja niiden energiasisältö, laitoksen energian kulutus, investointikustannus sekä käsittelyjäännöksen ravinnemäärät ja N:P-suhde.

Tyyppitila	Raaka-aine	Määrä (t/a)	Käsittely	Metaanintuotto-potentiaali (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /t-VS <sub>lis</sub> )	Reaktori-tilavuus (m <sup>3</sup> )	Investointi-kustannus (k€)	Energiasisältö (MWh/a)	Energian kulutus (MWh/a)		Energian kulutus (% energiasisällöstä)	Lopputuotteet	Levitys-indeksi (N:P-indeksi) <sup>1</sup>
								Lämpö	Sähkö			
Nautatila	lietelanta	3 000	Biokaasulaitos	200	~210	320	321	52,6	32,1	26	<u>Käsittelyjäännös:</u> 3 000 tTP/a Ntot 10,5 t/a NH <sub>4</sub> -N 7,56 t/a Ptot 1,8 t/a	1,1
	lietelanta säilörehu	3 000 300	Biokaasulaitos	200 350	~230	320+20 <sup>2</sup>	615	53,9	61,5	19	<u>Käsittelyjäännös:</u> 3 300 tTP/a Ntot 12,6 t/a NH <sub>4</sub> -N 7,72 t/a Ptot 2,05 t/a	1
Sikatila	lietelanta	3 000	Biokaasulaitos	320	~210	320	326	52,6	32,6	26	<u>Käsittelyjäännös:</u> 3 000 tTP/a Ntot 13,2 t/a NH <sub>4</sub> -N 11,3 t/a Ptot 2,7 t/a	1,1
	lietelanta säilörehu	3 000 300	Biokaasulaitos	320 350	~230	320+20 <sup>1</sup>	620	53,9	62,0	19	<u>Käsittelyjäännös:</u> 3 300 tTP/a Ntot 15,3 t/a NH <sub>4</sub> -N 11,5 t/a Ptot 2,95 t/a	1

<sup>1</sup> Levitysindeksin (N:P-indeksin) laskentaperiaate: 90 kg NH<sub>4</sub>-N/ha ja 20 kg Ptot/ha. Huomioidaan NH<sub>4</sub>-N sellaisenaan ja 85 % Ptot:sta.

<sup>2</sup> Kasvibiomassan syöttölaite



Taulukko 2. Biokaasu- ja jakeistusskenaariot usean tilan lannan yhteisprosessoinnissa.

Vaihtoehto	Raaka-aine	Määrä (t/a)	Metaanintuottopotentiaali (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /t-VS <sub>liis</sub> )	Käsittely	Reaktori-tilavuus (m <sup>3</sup> )	Energiasäältä (MWh/a)	Energian kulutus biokaasulaitoksella (MWh/a)		Energian kulutus (% energiasisällöstä)	Biokaasulaitoksen investointikustannus (k€)	Lopputuotteet	N:P-suhde <sup>1</sup>
							Lämpö	Sähkö				
A1	Naudan lietelanta	15 000	200	Biokaasulaitos	~1000	1 610	197	101	19	~1000	<u>Käsittelyjäännös:</u> 15 000 tTP/a Ntot 52,5 t/a NH4-N 37,8 t/a Ptot 9 t/a	1,1
A2	Naudan lietelanta	15 000	200	Biokaasulaitos (Käsittelyjäännöksen linkous)	~1100	2 490	210	174	15	~1000	<u>Käsittelyjäännös:</u> 16 000 tTP/a Ntot 59,5 t/a NH4-N 42,4 t/a Ptot 9,8 t/a <b>TAI</b> <u>Nestejää:</u> 14 400 tTP/a Ntot 45,2 t/a NH4-N 39,9 t/a Ptot 2,2 t/a <u>Kuivajää:</u> 1 600 tTP/a Ntot 14,3 t/a NH4-N 2,1 t/a Ptot 6,8 t/a	1,1
	Säilörehu/ kasvibiomassa	1 000	350									(45)
A3	Naudan kuivafraktio	1 575	160	Ruuvi-kuivaus tilalla, kuivajakeen tavoite-TS 20 % Biokaasulaitos	170	427	42,7	34,2	18	~300	<u>Nestejää:</u> 1 015 tTP/a Ntot 2,66 t/a NH4-N 2,08 t/a Ptot 0,23 t/a <u>Kuivajää:</u> 560 tTP/a Ntot 1,55 t/a NH4-N 0,16 t/a Ptot 0,94 t/a <u>Nestefraktio:</u> Ntot 48,3 NH4-N 29,9 Ptot 7,83	2,4
	Kierrätysvesi lingolta	860	20									Käsittelyjäännöksen linkous laitoksella
	Tiloille jäävä nestefraktio	13 425										1,0

Vaihtoehto	Raaka-aine	Määrä (t/a)	Metaanintuotopotentiaali (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /t-VS <sub>is</sub> )	Käsittely	Reaktori-tilavuus (m <sup>3</sup> )	Energiasäilytys (MWh/a)	Energian kulutus biokaasulaitoksella (MWh/a)		Energian kulutus (% energiasisällöstä)	Biokaasulaitoksen investointikustannus (k€)	Lopputuotteet	N:P-suhde <sup>1</sup>
							Lämpö	Sähkö				
A4.1	Naudan kuivafraktio 4 tilalta 1 tilan lanta sellaisenaan	840 3 000	160 200	Ruuvikuivaus 4 tilalla Biokaasulaitos	270	661	67,3	52,8	18	~350	<u>Käsittelyjäännös</u> : 3 840 tTP/a Ntot 13,9 t/a NH4-N 8,8 t/a Ptot 2,74 t/a	0,84
	Tiloille jäävä nestefraktio	11 160									<u>Nestefraktio</u> : Ntot 38,6 t/a NH4-N 24,2 t/a Ptot 6,3 t/a	1,0
A4.2	Naudan kuivafraktio 4 tilalta, 1 tilan lanta sellaisenaan	840 3 000	160 200	Ruuvikuivaus 4 tilalla Biokaasulaitos Käsittelyjäännöksen linkous bklaitoksella	270	661	67,3	52,8	18	~300  11,5	<u>Nestejäännös</u> : 2 960 tTP/a Ntot 10,5 t/a NH4-N 8,3 t/a Ptot 0,83 t/a	2,6
	Tiloille jäävä nestefraktio	11 160									<u>Kuivajäännös</u> : 880 tTP/a Ntot 3,3 t/a NH4-N 0,44 t/a Ptot 1,9 t/a <u>Nestefraktio</u> : Ntot 38,6 t/a NH4-N 24,2 t/a Ptot 6,3 t/a	0,06  1,0
A5	Naudan kuivafraktio 4 tilalta lingolla jakeistettuna, 1 tilan lanta sellaisenaan Säilörehu/kasvibiomassa Kierrätysvesi lingolta	2 040 3 000 952 870	160 200 350 20	Linkous 4 tilaa Biokaasulaitos Käsittelyjäännöksen linkous bklaitoksella	~470	1 810	90,2	126	12	~500  20,6 1	<u>Nestejäännös</u> : 4 410 tTP/a Ntot 20,9 t/a NH4-N 13,6 t/a Ptot 2,06 t/a <u>Kuivajäännös</u> : 1 580 tTP/a Ntot 9,7 t/a NH4-N 3,1 t/a Ptot 5,5 t/a <u>Nestefraktio</u> : Ntot 28,6 t/a NH4-N 21,2 t/a	1,7  0,15  2,5
	Tiloille jäävä nestefraktio	9 960										

Vaihtoehto	Raaka-aine	Määrä (t/a)	Metaanintuotopotentiaali (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /t-VS <sub>lis</sub> )	Käsittely	Reaktori-tilavuus (m <sup>3</sup> )	Energiasäilytys (MWh/a)	Energian kulutus biokaasulaitoksella (MWh/a)		Energian kulutus (% energiasisällöstä)	Biokaasulaitoksen investointikustannus (k€)	Lopputuotteet	N:P-suhde <sup>1</sup>
							Lämpö	Sähkö				
Ptot 2,23 t/a												
B1	Sian lietalanta	15 000	320	Biokaasulaitos	~1000	1 630	197	103	19	~1000	<u>Käsittelyjäännös:</u> 15 000 tTP/a Ntot 66 t/a NH <sub>4</sub> -N 56,6 t/a Ptot 13,5 t/a	1,1
B2	Sian lietalanta Säilörehu/ kasvibiomassa	15 000 1 000	320 350	Biokaasulaitos	~1100	2 510	210	176	15	~1000	<u>Käsittelyjäännös:</u> 16 000 tTP/a Ntot 73,0 t/a NH <sub>4</sub> -N 61,1 t/a Ptot 14,3 t/a	1,1
B3	Sian kuivafraktio	900	256	Ruuvikuivaus 4 tilalla							<u>Nestejää:</u> 664 tTP/a Ntot 2,9 t/a NH <sub>4</sub> -N 2,4 t/a Ptot 0,32 t/a	1,9
	Kierrätysvesi lingolta	280	20	Biokaasulaitos Käsittelyjäännöksen linkous biokaasulaitoksella	<100	340	20,7	27,2	14	~300	<u>Kuivajää:</u> 236 tTP/a Ntot 2,4 t/a NH <sub>4</sub> -N 0,21 t/a Ptot 1,6 t/a	0,04
	Tiloille jäävä nestefraktio	14 100								<<<100 <sup>2</sup>	<u>Nestefraktio:</u> Ntot 60,7 t/a NH <sub>4</sub> -N 41,8 t/a Ptot 11,6 t/a	0,94
B4.1	Sian kuivafraktio	720	256	Ruuvikuivaus 4 tilalla							<u>Käsittelyjäännös:</u> 3 720 tTP/a Ntot 17,4 t/a NH <sub>4</sub> -N 10,1 t/a Ptot 4,21 t/a	0,63
	4 tilalta 1 tilan lanta sellaisenaan	3 000	288	Biokaasulaitos	260	598	65,2	47,8	19	~350	<u>Nestefraktio:</u> Ntot 48,6 t/a NH <sub>4</sub> -N 33,4 t/a Ptot 9,3 t/a	0,94
	Tiloille jäävä nestefraktio	11 280										

Vaihtoehto	Raaka-aine	Määrä (t/a)	Metaanintuotopotentiaali (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /t-VS <sub>lis</sub> )	Käsittely	Reaktori-tilavuus (m <sup>3</sup> )	Energiasäilytys (MWh/a)	Energian kulutus biokaasulaitoksella (MWh/a)		Energian kulutus (% energiasisällöstä)	Biokaasulaitoksen investointikustannus (k€)	Lopputuotteet	N:P-suhde <sup>1</sup>
							Lämpö	Sähkö				
B4.2	Sian kuivafraktio 4 tilalta,	720	230	Ruuvikuivaus 4 tilalla							<u>Nestejäte:</u> 3 420 tTP/a	2,0
	1 tilan lanta sellaisenaan	3 000	288	Biokaasulaitos Käsittelyjäännöksen linkous bklaitoksella	260	598	65,2	47,8	19	~300	Ntot 14,5 t/a NH <sub>4</sub> -N 9,8 t/a Ptot 1,3 t/a	
	Tiloille jäävä nestefraktio	11 280						11,2	<2	<<<100	<u>Kuivajäte:</u> 300 tTP/a Ntot 3,0 t/a NH <sub>4</sub> -N 0,30 t/a Ptot 2,95 t/a	0,03
											<u>Nestefraktio:</u> Ntot 48,6 t/a NH <sub>4</sub> -N 33,4 t/a Ptot 9,3 t/a	0,94
B5	Sian kuivajäte 4 tilalta linkolla jakeistettuna,	960	256	Linkous 4 tilalla							<u>Nestejäte:</u> 4 030 tTP/a	1,8
	1 tilan lanta sellaisenaan	3 000	320	Biokaasulaitos Käsittelyjäännöksen linkous bklaitoksella	~330	1 580	84,0	110	12	~350	Ntot 22,4 t/a NH <sub>4</sub> -N 21,6 t/a Ptot 3,22 t/a	
	Säilörehu/kasvibiomassa	832	350							<<100	<u>Kuivajäte:</u> 770 tTP/a Ntot 5,60 t/a NH <sub>4</sub> -N 1,14 t/a Ptot 7,52 t/a	0,04
	Tiloille jäävä nestefraktio	11 040									<u>Nestefraktio:</u> Ntot 43,8 t/a NH <sub>4</sub> -N 28,9 t/a Ptot 3,46 t/a	2,2

<sup>1</sup> Levitysindeksin (N:P-indeksin) laskentaperiaate: 90 kg NH<sub>4</sub>-N/ha ja 20 kg Ptot/ha. Huomioidaan NH<sub>4</sub>-N sellaisenaan ja 85 % Ptot:sta.

<sup>2</sup> Käsittelyjäännöstä vain 1 200 tTP/a, jälkijakeistuksen tarpeellisuus/mahdollisuus? Kierrätysvetenä voidaan käyttää jotain muutakin vettä.

Taulukko 3. Keskitetyn biokaasulaitoksen vaihtoehdot ja lopputuotteet.

Vaihtoehto	Raaka-aine	Määrä (t/a)	Metaanintuotopotentiaali (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /t-VS <sub>lis</sub> )	Käsittely	Reaktori-tilavuus (m <sup>3</sup> )	Energiasäältäö (MWh/a)	Biokaasulaitoksen energian kulutus (MWh/a)		Energian kulutus (% energiasisällöstä)	Biokaasulaitoksen investointikustannus (k€)	Lopputuotteet	Levituspinta-alat (ha)
							Lämpö	Sähkö				
A1.1	Naudan lietelanta	30 000	180	Biokaasulaitos	4100	22 100	526	663	5	~5 000	<u>Käsittelyjäännös:</u> 60 000 tTP/a Ntot 285 t/a NH <sub>4</sub> -N 90 t/a Ptot 33 t/a P vesiliuk. 8,25 t/a	Ntot 1676 NH <sub>4</sub> -N 1000 Ptot 660 <sup>2</sup> P vesiliuk. 413
	Muu biohajoava	30 000	400									
A1.2	Naudan lietelanta	30 000	180	Biokaasulaitos Linkous bk-laitoksella	4100	22 100	526	664	5	~5 000	<u>Nestejäte:</u> 46 200 tTP/a Ntot 200 t/a NH <sub>4</sub> -N 86,4 t/a Ptot 10,2 t/a P vesiliuk. 5 t/a	Ntot 1176 NH <sub>4</sub> -N 960 (Ptot 204) <sup>1,2</sup> P vesiliuk. 250
	Muu biohajoava	30 000	400									
A2.1	Naudan kuivafraktio	2 100	180	Ruuvikuivaus tilalla	3500	20 030	443	601	5	~5 000	<u>Nestejäte:</u> 20 460 tTP/a Ntot 98,6 t/a NH <sub>4</sub> -N 15,1 t/a Ptot 3,2 t/a P vesiliuk. 1,6	Ntot 580 NH <sub>4</sub> -N 168 (Ptot 64) <sup>1,2</sup> P vesiliuk. 80
	Muu biohajoava	30 000	400	Biokaasulaitos Linkous bk-laitoksella								
	Kierrätysvesi lingolta	18 500	20									
	Tiloille jäävä nestefraktio	27 900									<u>Nestefraktio:</u> Ntot 96,6 t/a NH <sub>4</sub> -N 60,5 t/a Ptot 15,7 t/a	Ntot 658 NH <sub>4</sub> -N 672 Ptot 667

Vaihtoehto	Raaka-aine	Määrä (t/a)	Metaanintuotopotentialiaali (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /t-VS <sub>liis</sub> )	Käsittely	Reaktori-tilavuus (m <sup>3</sup> )	Energiasäilytös (MWh/a)	Biokaasulaitoksen energian kulutus (MWh/a)		Energian kulutus (% energiasisällöstä)	Biokaasulaitoksen investointikustannus (k€)	Lopputuotteet	Levituspinta-alat (ha)
							Lämpö	Sähkö				
A2.2	Naudan lietelanta (5 tilaa)	15 000	180	Ruuvikuivaus 5 tilalla							<u>Nestejäte:</u> 34 080 tTP/a Ntot 157 t/a NH4-N 41,1 t/a Ptot 7,0 t/a P vesiliuk. 4,5 t/a	Ntot 924 NH4-N 457 (Ptot 140) <sup>1,2</sup> P vesiliuk. 225
	Naudan kuivajae (5 tilaa)	1 050	144	Linkous biokaasulaitoksella	3600	21 050	456	632	5	~5 000		
	Muu biohajava	30 000	400					160	<1	200	<u>Kuivajae:</u> 11 970 tTP/a Ntot 79,3 t/a NH4-N 5,4 t/a Ptot 18,2 t/a P vesiliuk. 0,4 t/a	Ntot 466 NH4-N 60 Ptot <sup>2</sup> 364 P vesiliuk. 20
	Kierrätysvesi lingolta	6 000	20									
	Tiloille jäävä nestefraktio	13 950									<u>Nestefraktio:</u> 13 950 t/a Ntot 48,3 t/a NH4-N 30,2 t/a Ptot 7,8 t/a	Ntot 284 NH4-N 336 Ptot 332
A3	Naudan lietelanta	30 000	180	Biokaasulaitos Linkous	4100	22 100	526	663	5	~5 000	<u>Kuivajae:</u> 13 800 tTP/a Ntot 85,5 t/a NH4-N 3,6 t/a Ptot 22,8 t/a P vesiliuk. 0,5 t/a	Ntot 503 NH4-N 40 Ptot <sup>2</sup> 456 P vesiliuk. 25
	Muu biohajava	30 000	400	Strippaus			?	2780	12,5	~500		
			20	Struviittikiteytys			-	?	?	?	<u>Ammoniumsulfatti:</u> 1 300 tTP/a Ntot=NH4-N 65 t/a <u>Struviitti:</u> 50 tTP/a NH4-N 2,1 t/a PO4-P 5 t/a	NH4-N 722 NH4-N 23 P vesiliuk. 250

Vaihtoehto	Raaka-aine	Määrä (t/a)	Metaanintuotopotentiaali (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /t-VS <sub>liis</sub> )	Käsittely	Reaktori-tilavuus (m <sup>3</sup> )	Energiasäilytys (MWh/a)	Biokaasulaitoksen energian kulutus (MWh/a)		Energian kulutus (% energiasisällöstä)	Biokaasulaitoksen investointikustannus (k€)	Lopputuotteet	Levityspinta-alat (ha)
							Lämpö	Sähkö				
B1.1	Sian lietelanta	30 000	288	Biokaasulaitos	4100	22 140	526	664	5	~5 000	<u>Käsittelyjäätös:</u> 60 000 tTP/a Ntot 312 t/a NH <sub>4</sub> -N 127 t/a Ptot 42 t/a P vesiliuk. 10,5 t/a	Ntot 1835 NH <sub>4</sub> -N 1417 Ptot 840 <sup>2</sup> P vesiliuk. 525
	Muu biohajoava	30 000	400									
B1.2	Sian lietelanta	30 000	288	Biokaasulaitos Linkous bk-laitoksella	4100	22 140	526	664	5	~5 000	<u>Nestejäte:</u> 48 000 tTP/a Ntot 212 t/a NH <sub>4</sub> -N 120 t/a Ptot 13,5 t/a P vesiliuk. 6,8 t/a <u>Kuivajäte:</u> 12 000 tTP/a Ntot 99,8 t/a NH <sub>4</sub> -N 7,7 t/a Ptot 28,6 t/a P vesiliuk. 0,6 t/a	Ntot 1247 NH <sub>4</sub> -N 1333 (Ptot 270) <sup>1,2</sup> P vesiliuk. 340 Ntot 587 NH <sub>4</sub> -N 86 Ptot 572 <sup>2</sup> P vesiliuk. 30
	Muu biohajoava	30 000	400									
B2.1	Sian kuivafraktio	1 800	230	Ruuvikuivaus tilalla							<u>Nestejäte:</u> 20 740 tTP/a Ntot 104 t/a NH <sub>4</sub> -N 20,5 t/a Ptot 3,9 t/a P vesiliuk. 2 t/a	Ntot 612 NH <sub>4</sub> -N 228 (Ptot 78) <sup>1,2</sup> P vesiliuk. 100
	Muu biohajoava	30 000	400	Biokaasulaitos Linkous bk-laitoksella	3300	19 900	421	597	5	~5 000		
	Kierrätysvesi lingolta	16 300	20				-	144	<1	100-200		
	Tiloille jäävä nestefraktio	28 200									<u>Kuivajäte:</u> 11 070 tTP/a Ntot 87,1 t/a NH <sub>4</sub> -N 2,3 t/a Ptot 14,9 t/a P vesiliuk. 0,75 t/a <u>Nestefraktio:</u> Ntot 121,4 t/a NH <sub>4</sub> -N 83,5 t/a Ptot 23,2 t/a	Ntot 512 NH <sub>4</sub> -N 261 Ptot <sup>2</sup> 298 P vesiliuk. 37,5 Ntot 714 NH <sub>4</sub> -N 928 Ptot 986

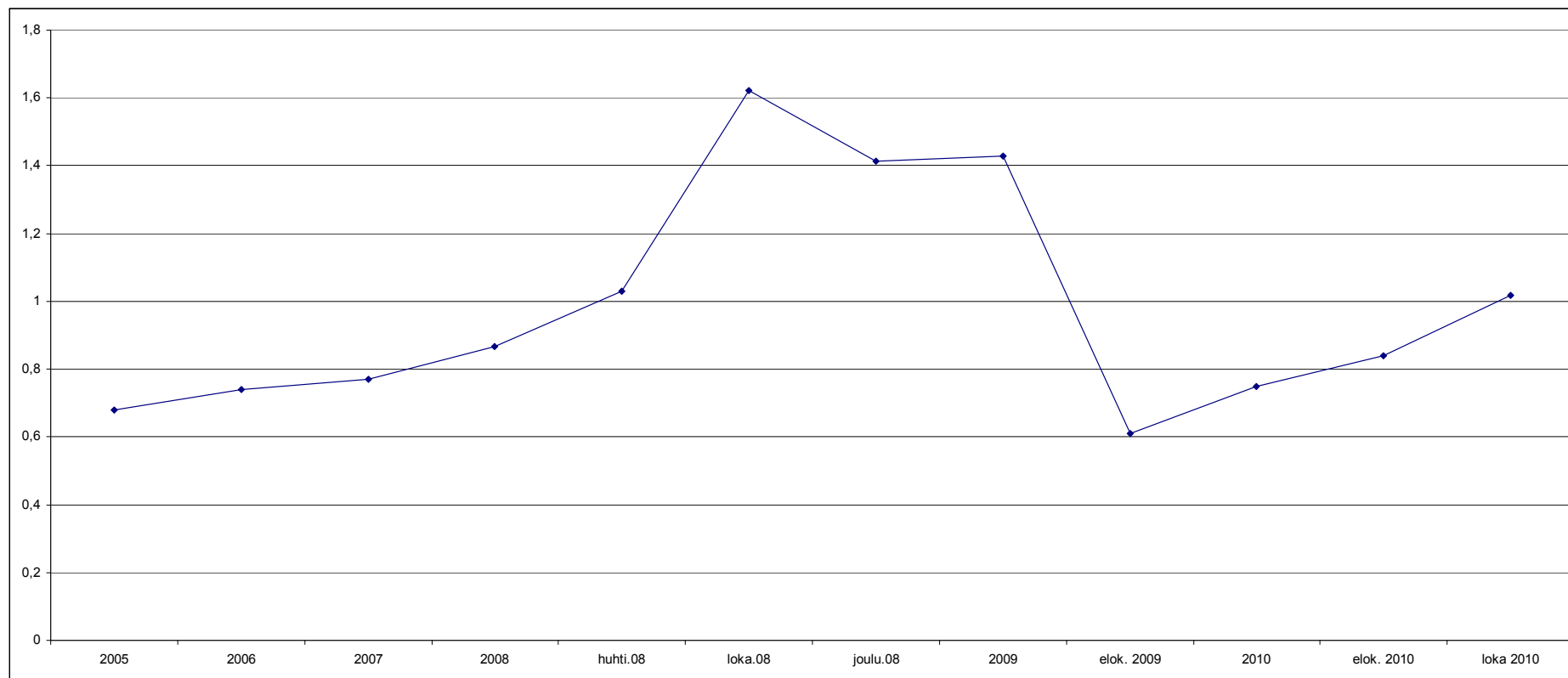
Vaihtoehto	Raaka-aine	Määrä (t/a)	Metaanintuotopotentiaali (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /t-VS <sub>liis</sub> )	Käsittely	Reaktori-tilavuus (m <sup>3</sup> )	Energiasäilytys (MWh/a)	Biokaasulaitoksen energian kulutus (MWh/a)		Energian kulutus (% energiasisällöstä)	Biokaasulaitoksen investointikustannus (k€)	Lopputuotteet	Levityspinta-alat (ha)
							Lämpö	Sähkö				
B2.2	Sian lietelanta (5 tilaa)	15 000	288	Ruuvikuivaus 5 tilalla							<u>Nestejäte</u> : 35 000 tTP/a Ntot 169 t/a NH4-N 50,8 t/a Ptot 9,4 t/a P vesiliuk. 4,7 t/a	Ntot 994 NH4-N 564 (Ptot 188) <sup>1,2</sup> P vesiliuk. 235
	Sian kuivafraktio (5 tilaa)	900	230	Linkous bk-laitoksella	3250	21 000	415	630	5	~5 000		
	Kierrätysvesi lingolta	1 500	20				-	142	<1	100-200	<u>Kuivajäte</u> : 10 900 tTP/a Ntot 82,7 t/a NH4-N 5,9 t/a Ptot 20,9 t/a P vesiliuk. 0,4 t/a	Ntot 486 NH4-N 66 Ptot 418 <sup>2</sup> P vesiliuk. 20
	Tiloille jäävä nestefraktio	14 100									<u>Nestefraktio</u> : Ntot 61 t/a NH4-N 42 t/a Ptot 11,6 t/a	Ntot 359 NH4-N 467 Ptot 493
B3	Sian lietelanta	30 000	288	Biokaasulaitos	4100	22 140	526	664	5	~5 000	<u>Kuivajäte</u> : 12 000 tTP/a Ntot 99,8 t/a NH4-N 7,7 t/a Ptot 28,6 t/a P vesiliuk. 0,6 t/a	Ntot 587 NH4-N 86 Ptot 572 <sup>2</sup> P vesiliuk. 30
	Muu biohajoava	30 000	400	Linkous Strippaus Struviittiketytys			-	180	<1	100-200	<u>Ammoniumsulfatti</u> : 1 700 tTP/a Ntot=NH4-N 84 t/a <u>Struviitti</u> : 68 tTP/a NH4-N 2,7 t/a PO4-P 6,8 t/a	Ntot 587 NH4-N 86 Ptot 572 <sup>2</sup> P vesiliuk. 30 NH4-N 933 NH4-N 30 P vesiliuk. 340

<sup>1</sup> Puhdistamolietettä sisältävä nestejäte ei ole lannoitevalmisteasetuksen hyväksymä lannoitevalmiste.

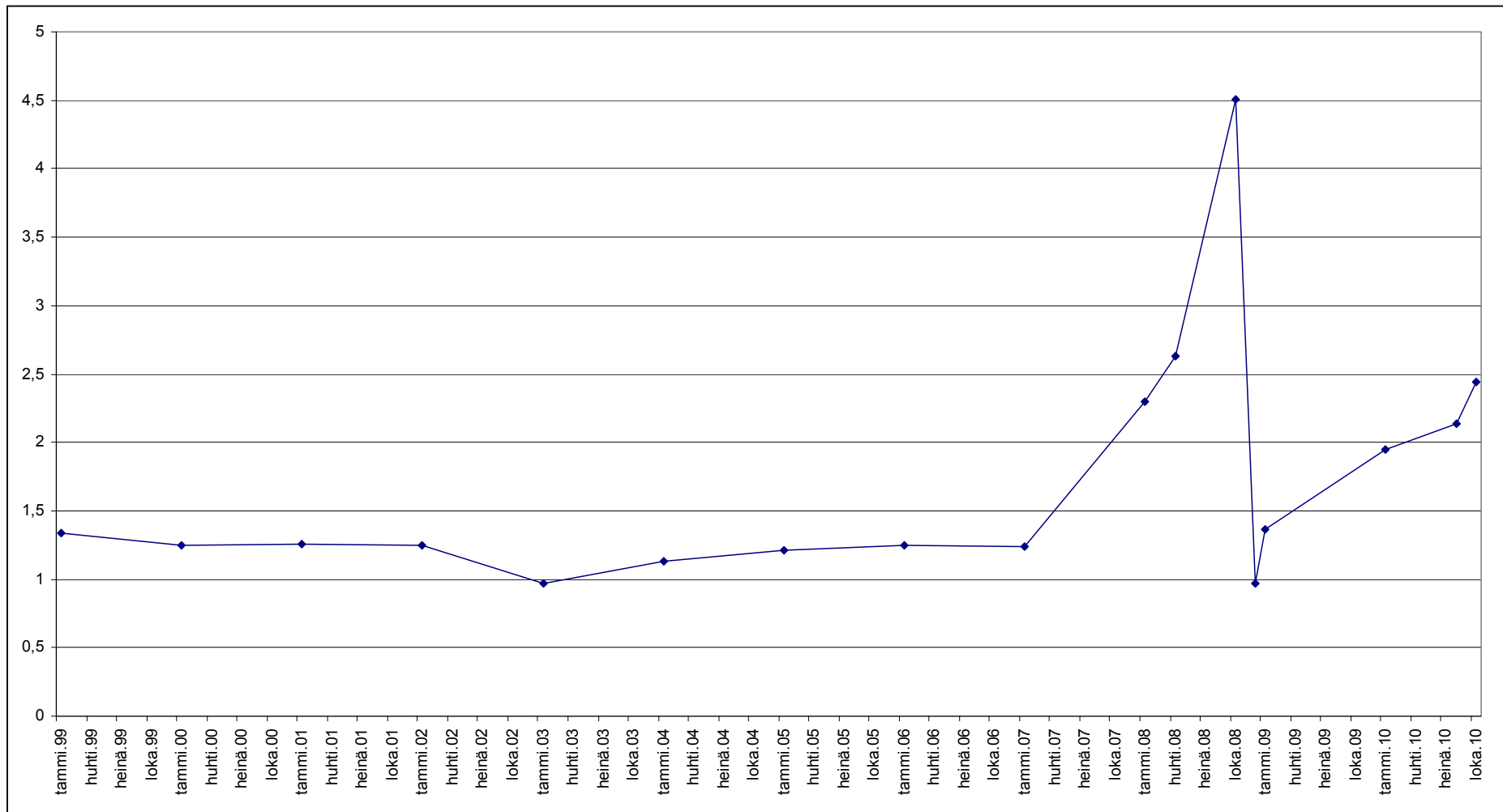
<sup>2</sup> Jos oletetaan, että raaka-aineet sisältävät puhdistamolietettä, niin kokonaisfosforista huomioidaan 40 %.



## Liite 5. Typen ja fosforin hinnat epäorgaanissa lannoitteissa 2005-2010.



Kuva 1. Typen hinta (€/kg) salpietari-lannoitteessa 2005–2010. Lähde: MTT taloustutkimuksessa ylläpidetyt keskihintalaskelmat. Huom! kuvan aika-akseli ei ole tasavälinen ajan suhteen.



Kuva 2. Fosforin keskihinta (€/kg) epäorgaanisissa teollisissa lannoitteissa 1999–2010. Lähde: MTT taloustutkimuksessa ylläpidetyt keskihintalaskelmat. Huom! kuvan aika-akseli ei ole tasavälinen ajan suhteen.

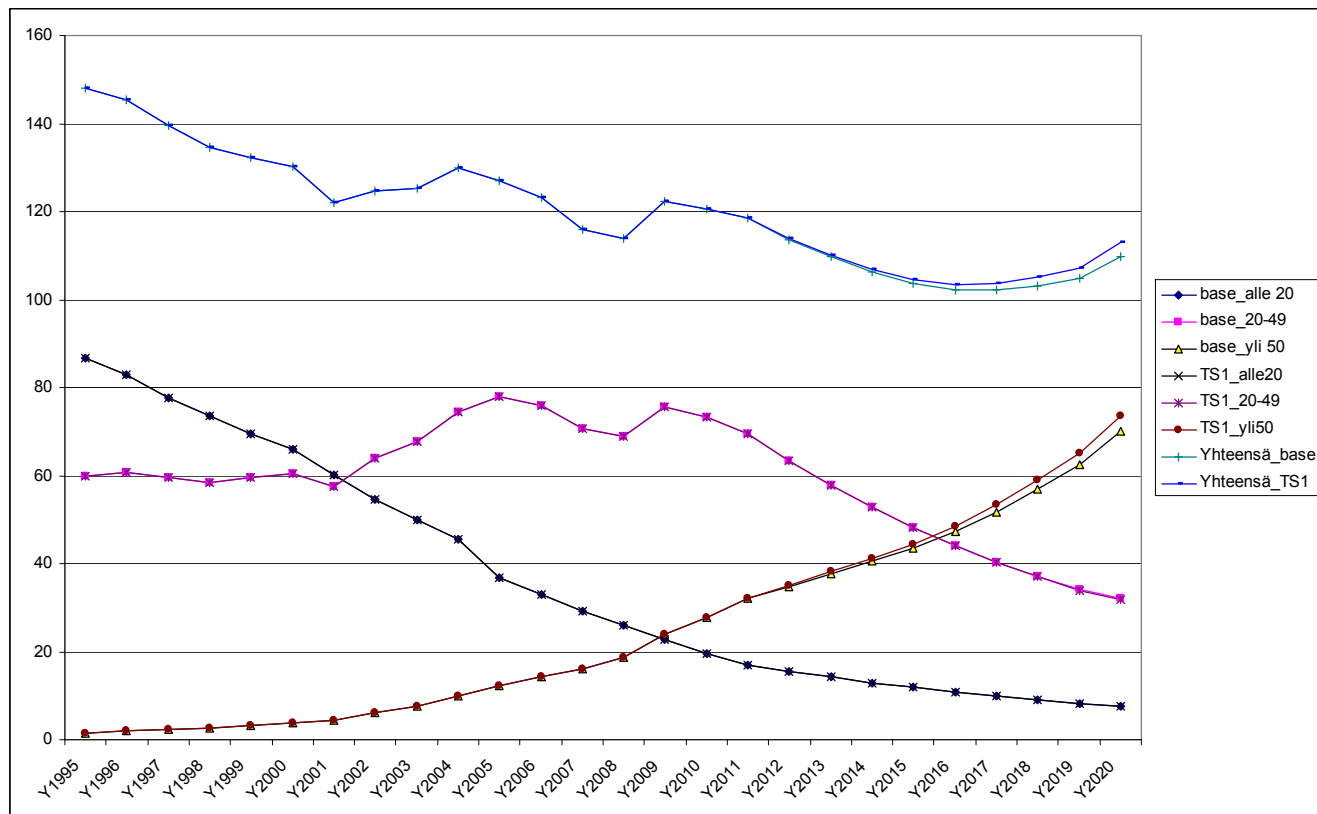
## Liite 6. Tyyppitilan määritykset

Laskentojen helpottamiseksi oletettiin, että tyyppitilan suuruusluokkaa oleva sika-, lypsykarja- tai nautatila tuottaa 3 000 m<sup>3</sup> vuodessa lietelantaa (tai yleensä sonta + virtsa + kuivike- ja rehujäännöksiä). Tämä tarkoittaa sitä, että sikatilalla on noin 1500 lihasikapaikkaa (345 eläinyksikköä) ja lypsykarjatilalla 125 eläinyksikköä (esimerkiksi 100 lypsylehmää, kasvatushiehot ja vasikat, jos sonnin- ja lihahiehon kasvatus ulkoistettu) ilman laidunnusta ja laiduntavalla tilalla 150–180 eläinyksikköä (125 lypsylehmää + nuori karja ja kasvatushiehot).

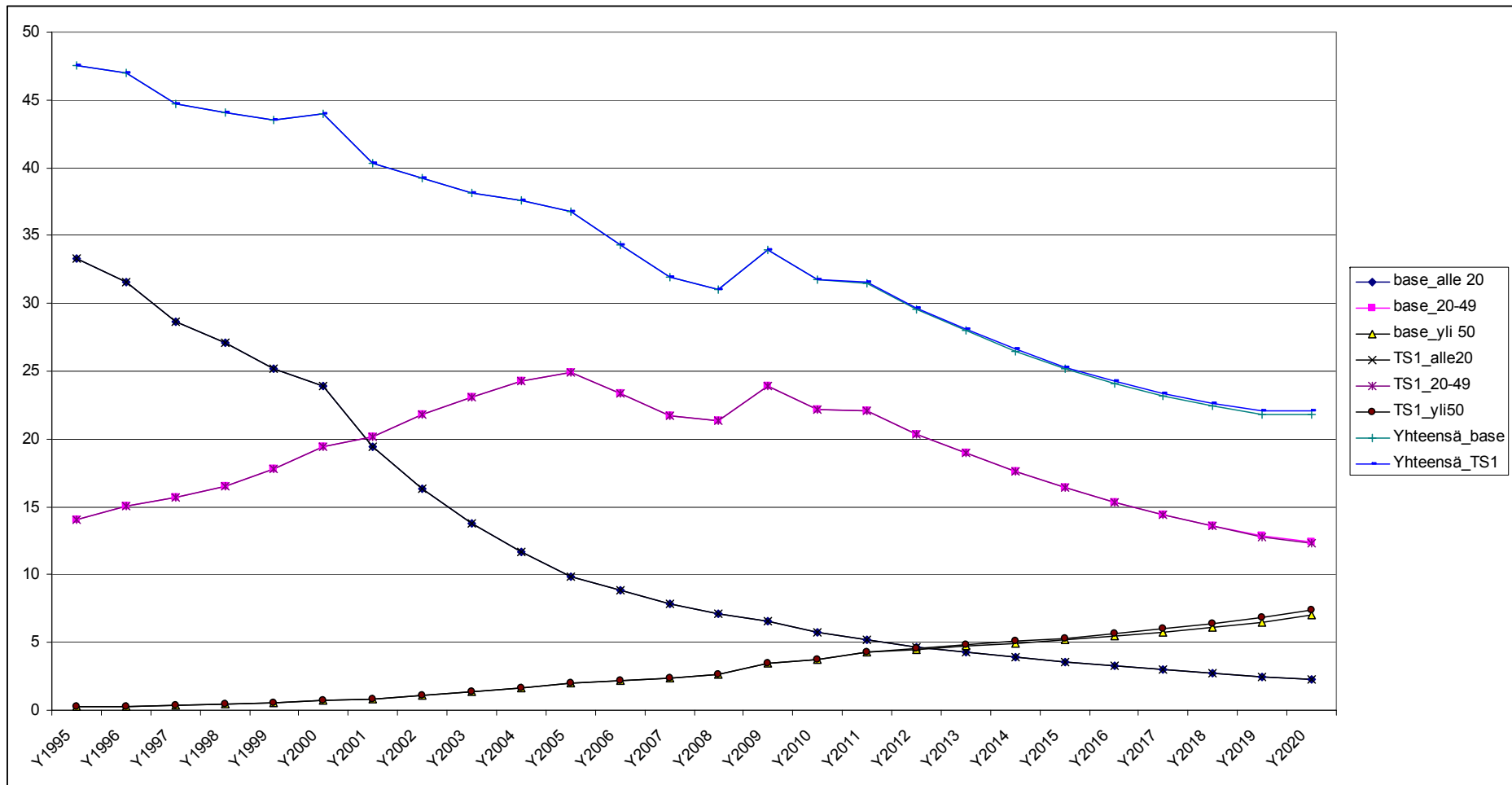
Tyyppitilan määritykset.

	Eläinyksikköjä	Eläimiä	Lantaa m <sup>3</sup> per eläin	Lantaa yhteensä	yh-nestejäte, m <sup>3</sup>	Omaa peltoa	EY/ha	Raakaliete/ha	N (kg/m <sup>3</sup> )	P (kg/m <sup>3</sup> )	pit
Lihasikatila	345	1500	2	3000	2760	45	7,67	66,7	2,9	0,9	
Maito/Nautatila	125	125–210	24	3000	2490	45	2,78	66,7	2,1	0,6	

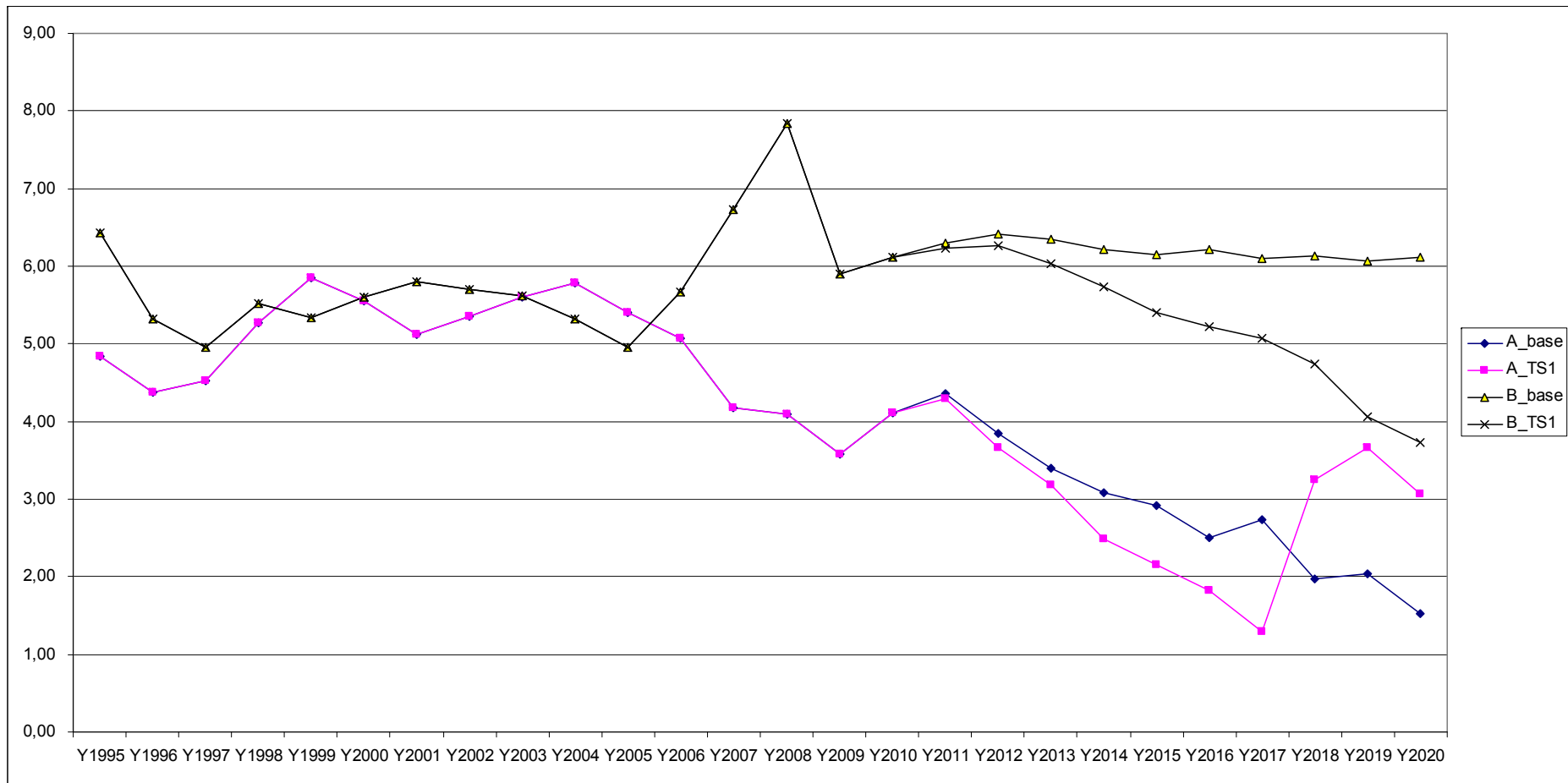
## Liite 7. DREMFA-mallin tuloskaavioita



Kuva 1. Lypsylehmäpaikkojen kehitys eri kokoisilla lypsykarjatililla (alle 20 lehmää, 20-49 lehmää, 50 ja yli) Pohjanmaan suuralueella perus (base) ja teknologiaskenaariossa 1 (TS1; pelkkä fosforin erottaminen tehokkuudella 69 %).



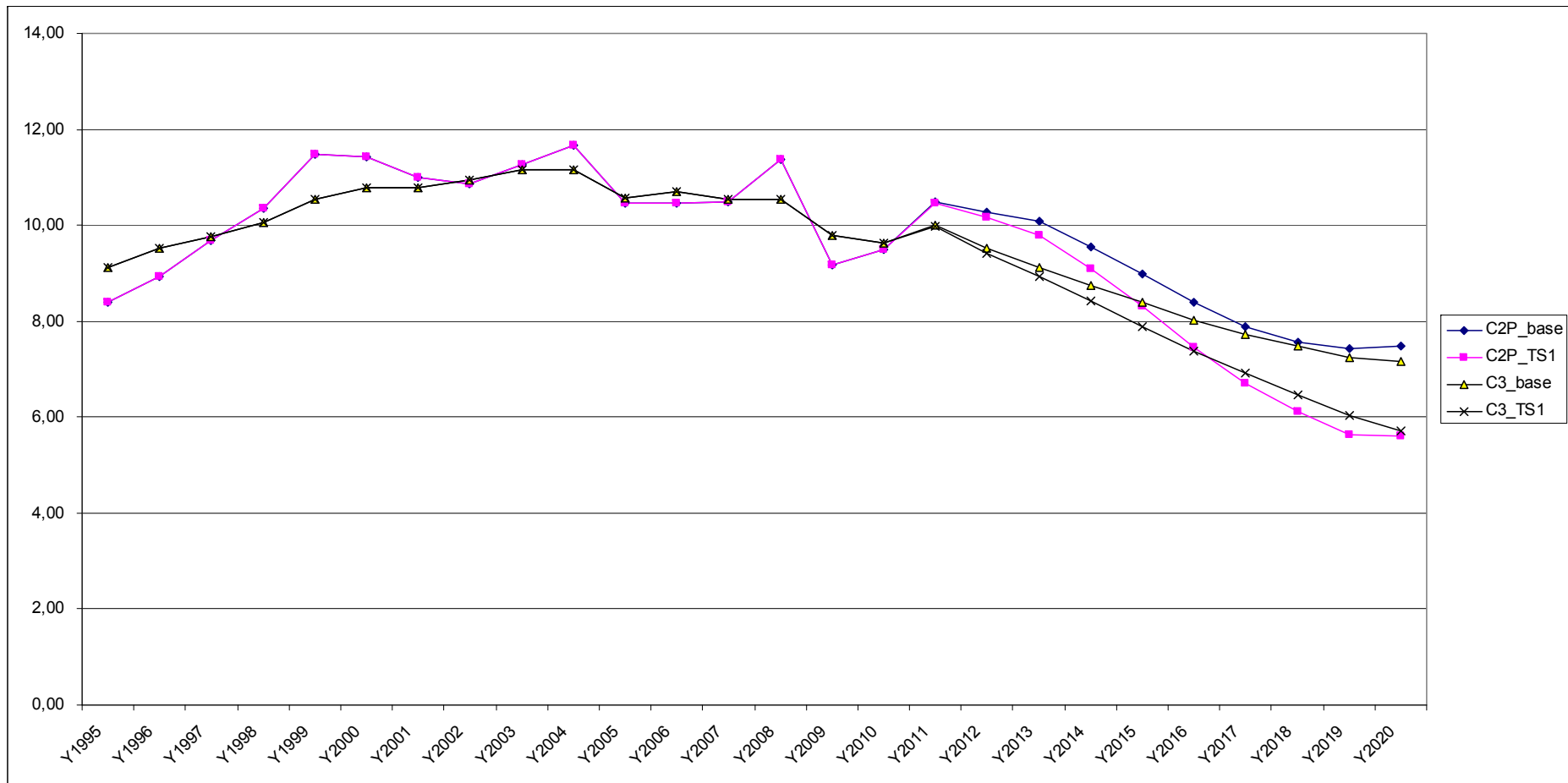
Kuva 2. Lypsylehmäpaikkojen kehitys eri kokoisilla lypsykarjatililla (alle 20 lehmää, 20-59 lehmää, 50 ja yli) Pohjois-Suomen suuralueella perus (base) ja teknologiskenaariossa 1 (TS1; pelkkä fosforin erottaminen tehokkuudella 69 %).



Kuva 3. Fosforitase AB –tukialueilla keskimäärin perus (base) ja teknologiaskenaariossa 1 (TS1; fosforin erottaminen tehokkuudella 13 %).

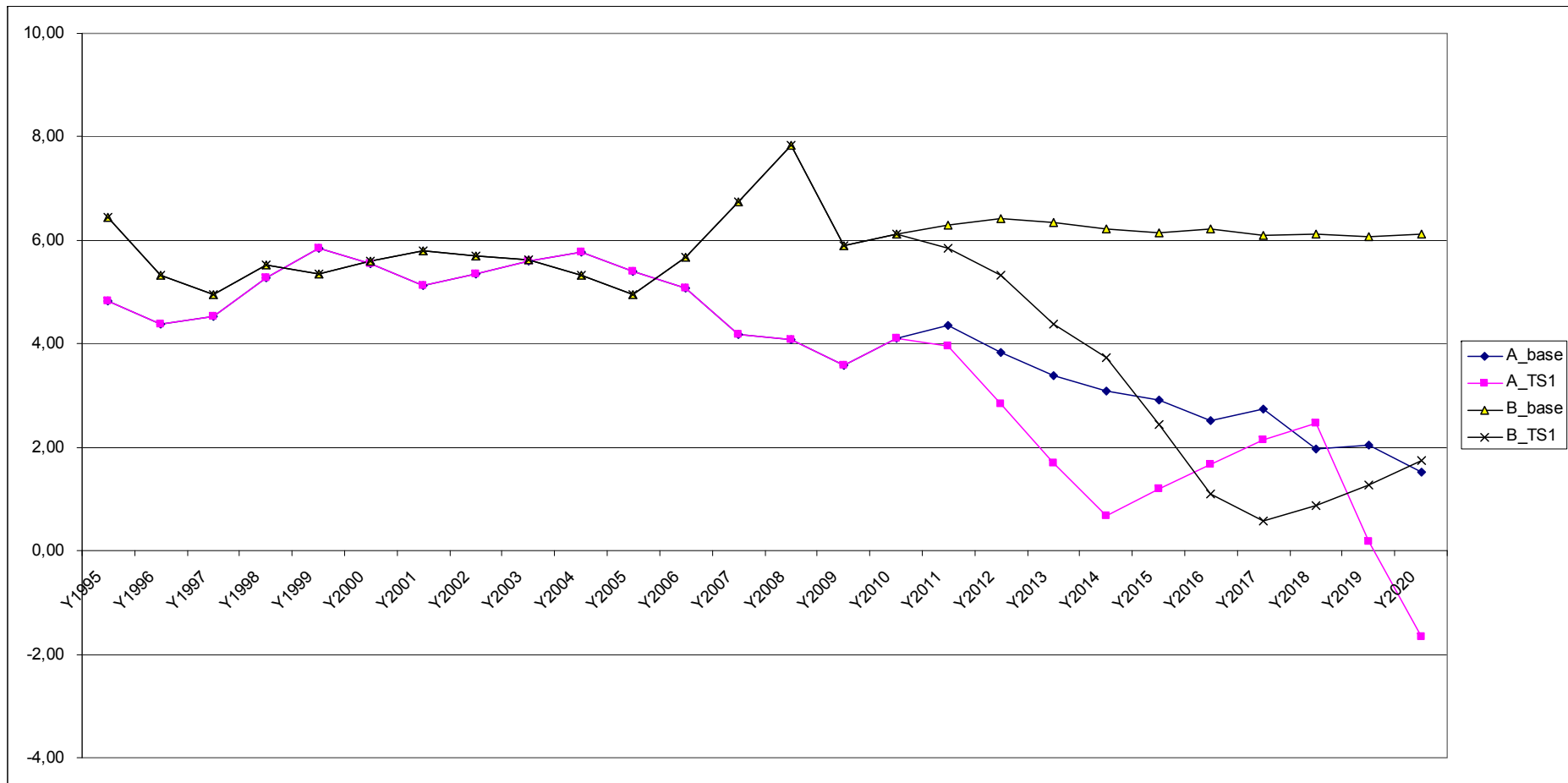


Kuva 4. Fosforitase C1- ja C2-tukialueilla keskimäärin perus (base) ja teknologiaskenaariossa 1 (TS1; fosforin erottaminen tehokkuudella 13 %).

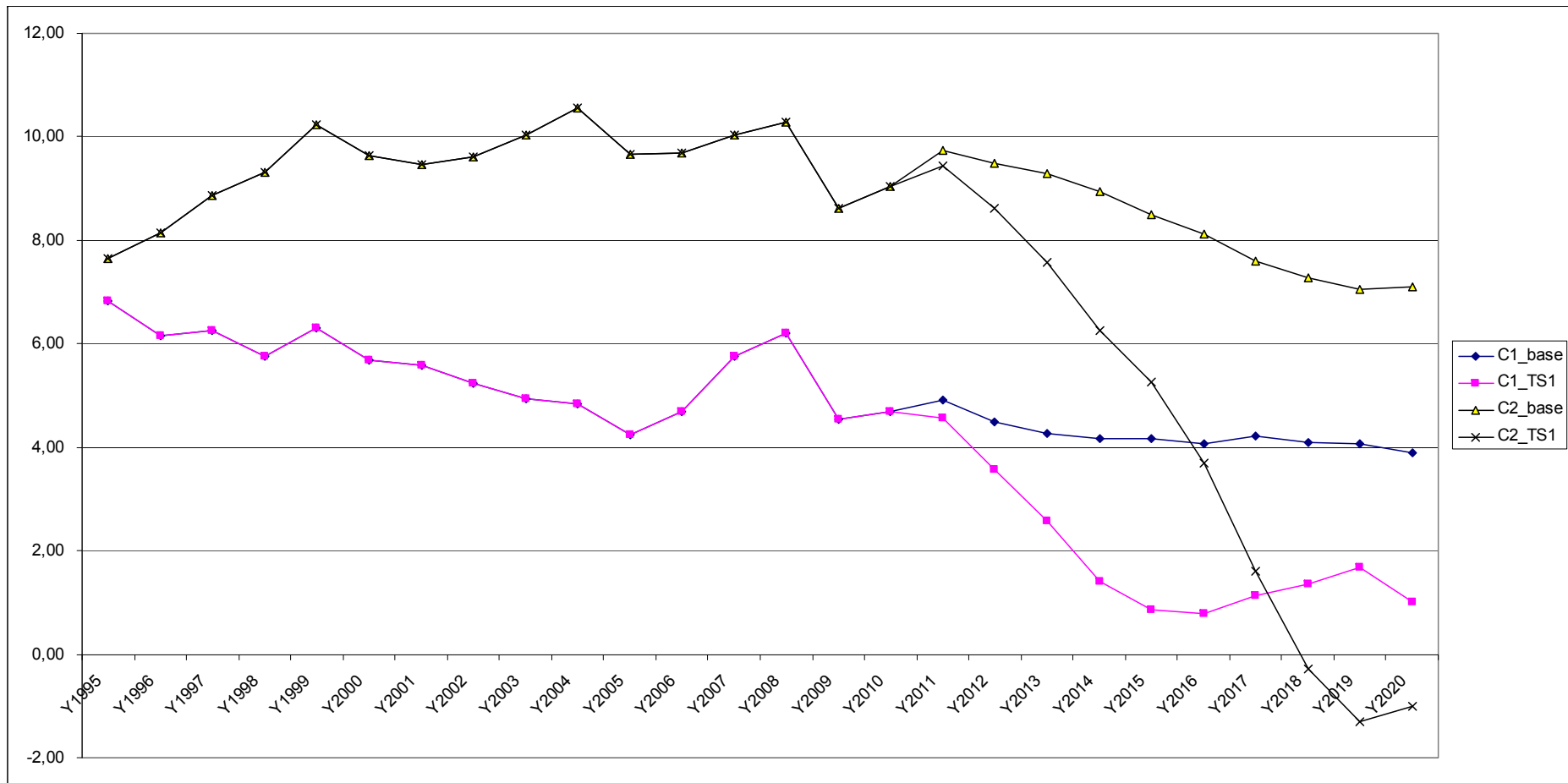


Kuva 5. Fosforitase C2p- ja C3-tukialueilla keskimäärin perus (base) ja teknologiaskenaariossa 1 (TS1; fosforin erottaminen tehokkuudella 13 %).

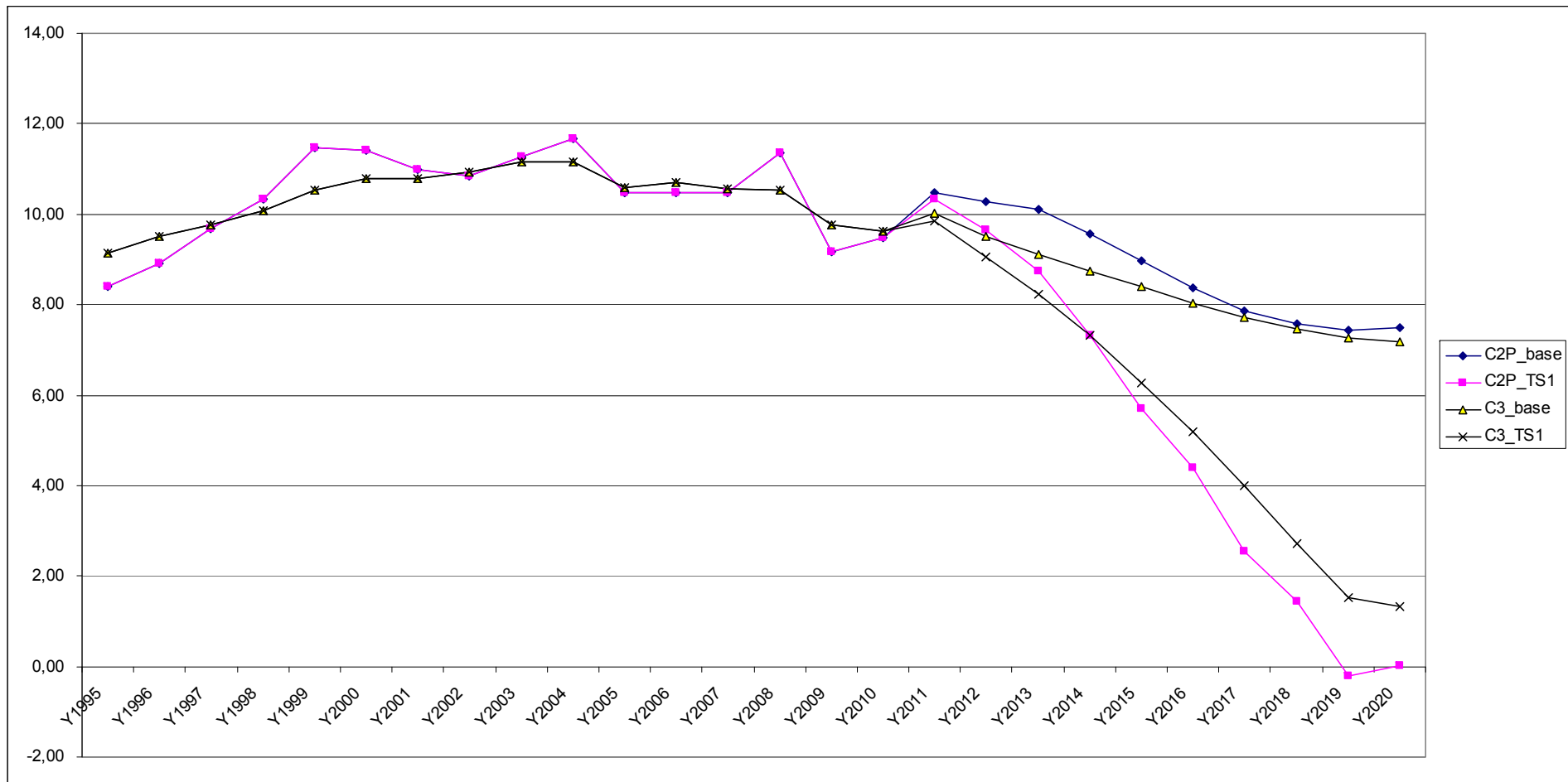




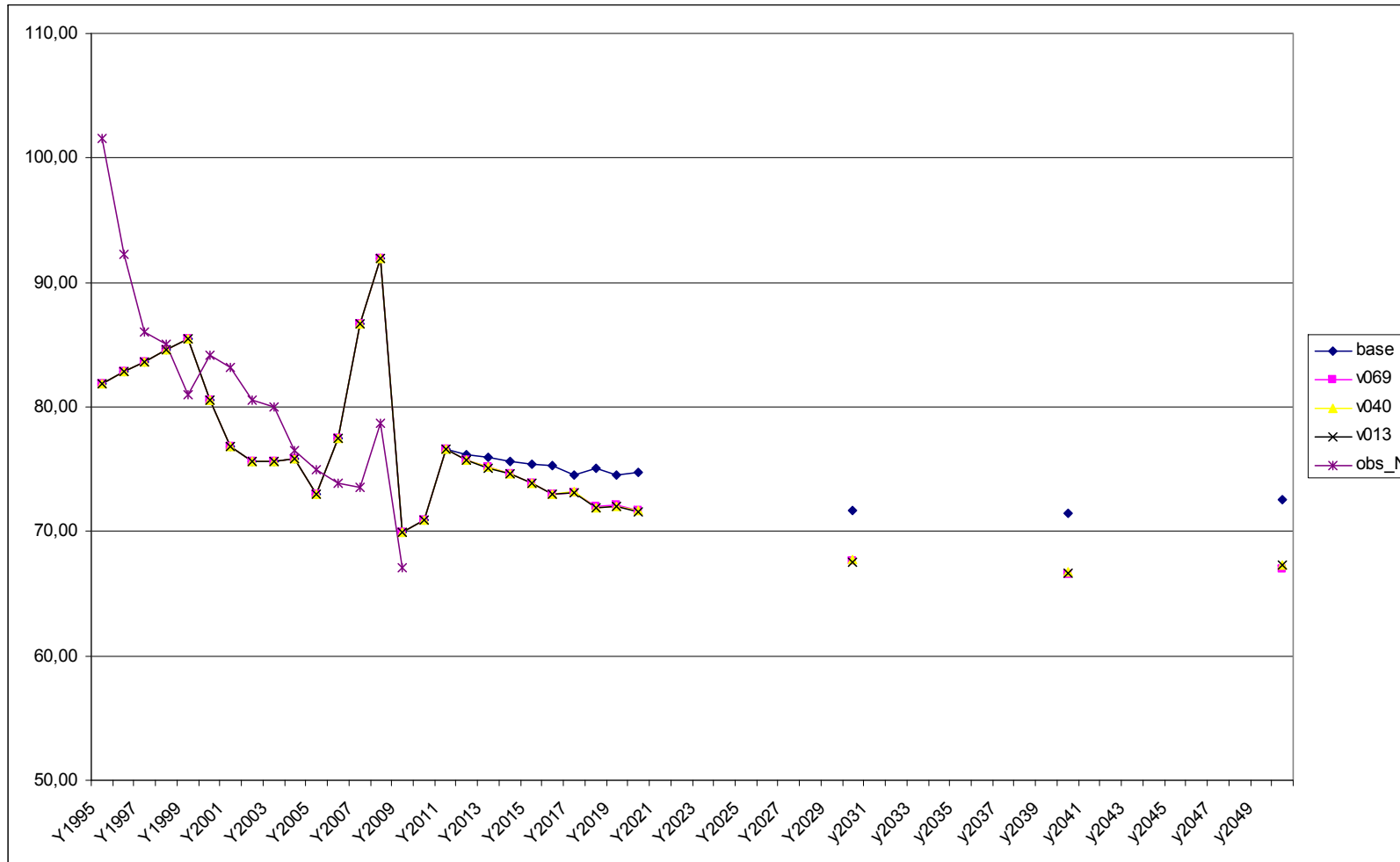
Kuva 6. Fosforitase A- ja B -tukialueilla perus (base) ja teknologiaskenaariossa 1 (TS1; fosforin erottaminen tehokkuudella 69 %).



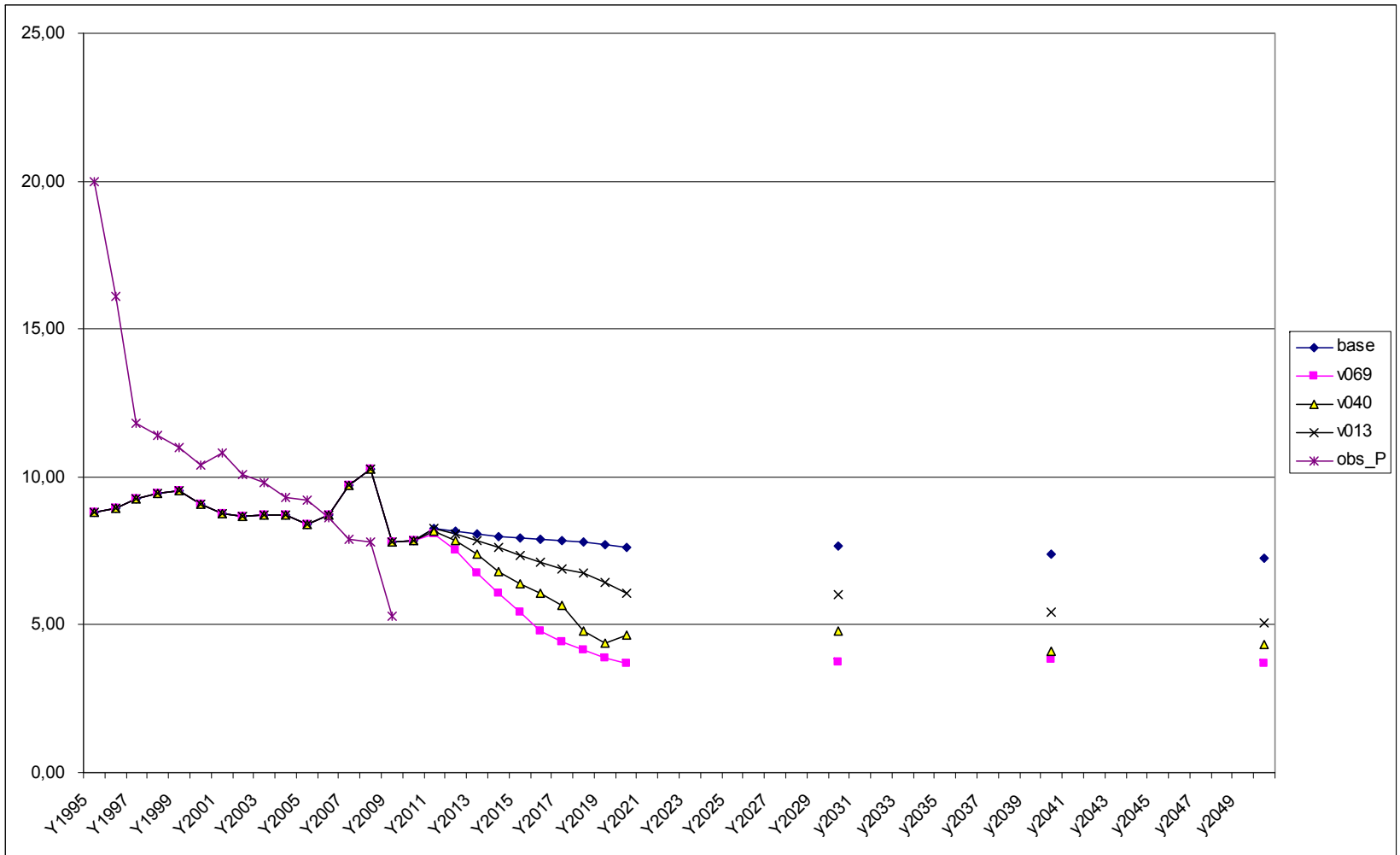
Kuva 7. Fosforitase C1- ja C2-tukialueilla perus (base) ja teknologiaskenaariossa 1 (TS1; fosforin erottaminen tehokkuudella 69 %).



Kuva 8. Fosforitase C2p- ja C3-tukialueilla perus (base) ja teknologiaskenaariossa 1 (TS1; fosforin erottaminen tehokkuudella 69 %).



Kuva 9. Epäorgaanisen lannoitetyypen käyttö (kg/ha) eri fosforin erotustehokkuuksilla, koko maa, pitkä aikaväli (huom! alenema vain noin 4 % vuoteen 2020 ja 7 % vuoteen 2050), obs\_N = tilastojen mukainen epäorgaanisen tyyppisen lannoituksen ha 1995–2009.



Kuva 10. Epäorgaanisen lannoitefosforin käyttö, kg/ha, eri fosforin erotustehokkuuksilla, koko maa, obs\_P = tilastojen mukainen fosforilannoitus epäorgaanisissa lannoitteissa kg/ha 1995–2009.

## Liite 8. Esimerkkilaskelmat 5 tilan (sianlanta ja naudanalanta) yhteislaitoksen tuotoista ja kustannuksista

Laskelmassa mitoitus, energiantuotto, orgaanisen aineksen tarve, investointikustannukset ja mädätysjäännösten ravinnepitoisuudet tarkistettu laskelmien ja asiantuntija-arvioin – kustannukset lähinnä esimerkinomaisia tavoitekustannuksia, joilla mahdollisuus päästä nollatulokseen annetuilla energian ja lannoitteiden hinnoilla.

### Sianlantaa hyödyntävä 5 tyyppitilan yhteinen biokaasulaitos

- 5 tilan yhteislaitos, johon yhden tilan lietelanta 3000 tonnia + 4 tilan jakeistettu lanta + säilörehutäydennys 1000 tonnia  
 - säilörehua siksi 1000 tonnia, koska jakeistuksessa tiloilla menetetään kuiva-ainetta, tämä korvattava jotta päästään 1524 MWh bruttoenergiaan  
 - jakeistuksen kustannukset ja tuotot tiloilla sisältävät lannan kuivajakeen kuljetuksen biokaasulaitokseen  
 - Samoin myytyjen käsittelyjäännösten poisventi ja levitys lannoitteeksi ostajan vastuulla

#### TUOTOT

bruttoenergia			1524	MWh
nettoenergia	0,88		1341	
sähköenergia	0,42		563	
lämpöenergia	0,58		778	
2005-2010 markkinasähkön keskihinta 30-51 €/MWh - tavoitehinta tuuli- ja biokaasusähkölle 83,5 €/MWh				
Spot-sähkön hintataso noin 50 €/MWh syksyllä 2010				
sähkön hinta			84	€/MWh
tilalla kulutetun sähkön vaihtoehtoiskustannus siirtomaksuineen ja veroineen			167	€/MWh
lämmön hinta, 30% sähkön hinnasta			25	€/MWh
tulo myydystä sähköstä			37013	€
säästö tilalla käytetystä sähköstä	120	MWh	20040	€
tulo lämmöstä, oletettu osuus	0,33	osuus	6430	€

Tämä sähkönkulutus vastaa suurten maito- ja sikatilojen sähkömenoja 2005-2007 Taloustohtori-järjestelmän mukaan

Jos lämpöä saadaan myytyä, se parantaa tulosta			
Yhteensä energiasta		63483	€
Lantaa lietelantana		15000	
- yhden tilan lietelanta, 4 tilalta toimitetaan jakeistettu kuivajae	0,08	3960	tonnia
Tuoresäilörehua		1000	
Yhteensä tonneja		4960	
-Tiloille jäävä nestejae 11 040 tTP/a, Ntot 43,8 t/a, NH4-N 28,9 t/a, Ptot 3,46 t/a - Ei mukana tässä laskelmassa			
-Nestejae bk-laitoksesta 3 528 tTP/a, Ntot 22,4 t/a, NH4-N 21,6 t/a, Ptot 3,2 t/a - Tämä huomioidaan			
-Kuivajae bk-laitoksesta 672 tTP/a, Ntot 5,6 t/a, NH4-N 1,14 t/a, Ptot 7,52 t/a -Tämä huomioidaan			
Fosforia käsittelyjäännöksessä, nestejae		3,2	tonnia
Fosforia käsittelyjäännöksessä, kuivajae		7,52	tonnia
Fosforin hinta	2000	€/tonni	
Fosforin arvo yhteensä		21440	€
Vaihtelu 1000-4500 €/tonni 1999-2010; vuoden 2010 aikana vaihtelu 1940-2440 €/tonni			
Liukoista typpeä käsittelyjäännöksessä, nestejae		21,6	tonnia
Liukoista typpeä käsittelyjäännöksessä, kuivajae		1,140	tonnia
Orgaanista typpeä käsittelyjäännöksessä, nestejae		0,8	tonnia
Orgaanista typpeä käsittelyjäännöksessä, kuivajae		4,5	tonnia
Epäorgaanisen lannoitetyypin hinta	1000	€/tonni	
Vaihtelu 600-1600 €/tonni 1999-2010; vuoden 2010 aikana vaihtelu 750-1020 €/tonni			
Liukoisen typen arvo käsittelyjäännöksessä, nestejae		21600	€
Liukoisen typen arvo käsittelyjäännöksessä, kuivajae		1140	
Orgaanisen typen arvo käsittelyjäännöksessä, % liukoisesta		0	€
- orgaanisella aineksella myös maanparannusarvoa, vaikka orgaanisen typen arvo epävarma			
Typen arvo yhteensä		22740	
Tulo lannoitteista		44180	
Tulo porttimaksuista	0	tonnia	
- ylijäävää säilörehua tai muuta peltokasvimassaa annettujen ehtojen mukaan	3	€/tonni	0 €
- voi olla myös suojaväyhykkeiltä korjattua nurmirehua, annettujen ehtojen mukaan			

Tuotot yhteensä		107663
Tuotot energiasta ja fosforista		84923
- vain nämä tuottoina aluetalouslaskelmiin		

## KUSTANNUKSET

<b>Investointikustannus</b>	450000		
Poistot	0,0667		21011
- investointimeno 0,5 milj. € sisältää myös tehokkaan jakeistuslingon	0,3		
- tähän päädytty, koska teknologiaosion vaihtoehtojen B4 arvioitu kustannus 350 t € + linko			
- oltava kuitenkin suurempi laitos ja investointi koska nyt säilörehua 2000 tonnia			
- joka tapauksessa tätä suurempi ei investointimenon saisi olla, jotta perusteltavissa olevilla hinnoilla päästäisiin nollatulokseen			
- investointimeno alenee 30 % jos investointituki			
- Nyt oletettu takaisinmaksuaika 15 vuotta ja korko 5 % - annuiteettikerroin 0,09634			
- Tuottovaatimus liian korkea jos takaisinmaksuaika olisi 10 vuotta JA korko 5 %			
Korot	0,05		9337
- keskimäärin per vuosi - ensimmäisinä vuosina tätä korkeampi korko jos tasalyhennys, nyt vuotuinen tasaerä annuiteettina			
palkat ja sivukulut - puolipäiväinen työntekijä			25000
huolto - 50 % työkustannuksista	0,5		12500
Säilörehukustannus	832	1	28288
- ProAgrian mallilaskelmissa 2010 esikuivatun säilörehun tuettu omakustannushinta 34 €/tonni	34		
- todellisuudessa saadaan halvemmalla koska tehdään työhuipun ulkopuolella			
- lisäksi rehun laatu saa olla heikko, kunhan riittävästi kuiva-ainetta			
- tämä tarkoittaa sitä, että voidaan korjata esim. kesantopelloilta, jolloin lannoite- ym. kustannus alhainen			
- nyt oletettu, siilovarastointi (ei muovikäärintää) huomioon ottaen, että			
- kustannus on puolet rehuksi säilöttävän ja käärittävän säilörehun kustannuksesta			
- Tämä mahdollista jos esimerkiksi 3. satoa ei säilörehusta laadun takia hyödynnetä, mutta se on pakko korjata			
Tässä sikatilan tapauksessa arvioitu, että ei päästä yhtä edulliseen säilörehuun kuin nautatilojen yhteislaitoksen tapauksessa			
Yleiskustannukset (jotka eivät sisälly edellisiin, yleismenot kuten vakuutukset, toimistokulut, markkinointi yms.) -10% liikevaihdosta	0,1		10766
<b>Kustannukset yhteensä</b>			106902
<b>Voitto / liikkumavara</b>			761



### Naudanlantaa hyödyntävä 5 tyyppitilan yhteinen biokaasulaitos

5 tilan yhteislaitos, johon yhden tilan lietelanta 3000 tonnia + 4 tilan jakeistettu lanta + säilörehutäydennys 1000 tonnia

- säilörehua siksi 1000 tonnia, koska jakeistuksessa tiloilla menetetään kuiva-ainetta, tämä korvattava jotta päästään 1750 MWh bruttoenergiaan

- jakeistuksen kustannukset ja tuotot tiloilla sisältävät lannan kuivajakeen kuljetuksen biokaasulaitokseen

- Samoin myytyjen käsittelyjäännösten poisvienti ja levitys lannoitteeksi ostajan vastuulla

---

#### TUOTOT

---

bruttoenergia			1747	MWh
nettoenergia	0,88		1537,36	
sähköenergia	0,42		645,6912	
lämpöenergia	0,58		891,6688	
2005-2010 markkinasähkön keskihinta 30-51 €/MWh - tavoitehinta tuuli- ja biokaasusähkölle 83,5 €/MWh				
Spot-sähkön hintataso noin 50 €/MWh syksyllä 2010				
sähkön hinta			83,5	€/MWh
tilalla kulutetun sähkön vaihtoehtoiskustannus siirtomaksuineen ja veroineen			167	€/MWh
lämmön hinta, 30% sähkön hinnasta			25,05	€/MWh
tulo myydystä sähköstä			43895	€
säästö tilalla käytetystä sähköstä	120	MWh	20040	€
tulo lämmöstä, oletettu osuus	0,33	osuus	7371	€
Tämä sähkönkulutus vastaa suurten maito- ja sikatilojen sähkömenoja 2005-2007 Taloustohtori-järjestelmän mukaan				
Jos lämpöä saadaan myytyä, se parantaa tulosta				
Yhteensä energiasta			71306	€
Lantaa lietelantana			15000	
- yhden tilan lietelanta, 4 tilalta toimitetaan jakeistettu kuivajae	0,08		3960	tonnia
Korjattua tuoresäilörehua			952	
Muuta vastaanotettua säilörehua/ peltokasvimassaa			0	
Yhteensä tonneja			4912	

-Tiloille jäävä nestejäte 9960 tTP/a, Ntot 28,56 t/a, NH4-N 21,17 t/a, Ptot 2,23 t/a - Ei mukana tässä laskelmas-  
sa

-Nestejäte bk-laitoksesta 4414 tTP/a, Ntot 20,9 t/a, NH4-N 13,6 t/a, Ptot 2,06 t/a - Tämä huomioidaan

-Kuivajäte bk-laitoksesta 1 578 tTP/a, Ntot 9,7 t/a, NH4-N 3,1 t/a, Ptot 5,5 t/a - Tämä huomioidaan

Fosforia käsittelyjäännöksessä, nestejäte			2,06	tonnia
Fosforia käsittelyjäännöksessä, kuivajäte			5,5	tonnia
			7,56	tonnia
Fosforin hinta	2000	€/tonni		
Fosforin arvo yhteensä			15120	€
Vaihtelu 1000-4500 €/tonni 1999-2010; vuoden 2010 aikana vaihtelu 1940-2440 €/tonni				
Liukoista typpeä käsittelyjäännöksessä, nestejäte			13,6	tonnia
Liukoista typpeä käsittelyjäännöksessä, kuivajäte			3,100	tonnia
Orgaanista typpeä käsittelyjäännöksessä, nestejäte			7,3	tonnia
Orgaanista typpeä käsittelyjäännöksessä, kuivajäte			6,6	
Epäorgaanisen lannoitetyypin hinta	1000	€/tonni		
Vaihtelu 600-1600 €/tonni 1999-2010; vuoden 2010 aikana vaihtelu 750-1020 €/tonni				
Liukoisen typen arvo käsittelyjäännöksessä, nestejäte			13600	€
Liukoisen typen arvo käsittelyjäännöksessä, kuivajäte			3100	
Orgaanisen typen arvo käsittelyjäännöksessä, % liukoisesta	0		0	€
- orgaanisella aineksella myös maanparannusarvoa, vaikka orgaanisen typen arvo epävarma				
Typen arvo yhteensä			16700	
Liukoisen typen arvo yhteensä			16700	
Tulo lannoitteista			31820,0	
Tulo porttimaksuista	500	tonnia		
- ylijäävää säilörehua tai muuta peltokasvimassaa annettujen ehtojen mukaan	3	€/tonni	1500	€
- voi olla myös suojavähyhykkeiltä korjattua nurmirehua, annettujen ehtojen mukaan				
<b>Tuotot yhteensä</b>			104626	
Tuotot energiasta ja fosforista			86426	
- vain nämä tuottoina aluetalouseläskelmiin				

---

**KUSTANNUKSET**

---

<b>Investointikustannus</b>	600000		
Poistot	0,0667	28014	€
- investointimeno 0,5 milj. € sisältää myös tehokkaan jakeistuslingon			
- tähän päädytty, koska teknologiaosion vaihtoehtojen B4 arvioitu kustannus 350 t € + linko			
- oltava kuitenkin suurempi laitos ja investointi koska nyt säilörehua 2000 tonnia			
- joka tapauksessa tätä suurempi ei investointimenon saisi olla, jotta perusteltavissa olevilla hinnoilla päästäisiin nollatulokseen			
- investointimeno alenee 30 % jos investointituki	0,3		
- Nyt oletettu takaisinmaksuaika 15 vuotta ja korko 5 %			
- Tuottovaatimus liian korkea jos takaisinmaksuaika olisi 10 vuotta JA korko 5 % - annuiteettikerroin 0,09634			
<b>Korot</b>	0,05	12450	€
- keskimäärin per vuosi - ensimmäisinä vuosina korkeampi korko jos tasalyhennys, nyt vuotuinen tasaerä annuiteettina			
palkat ja sivukulut - puolipäiväinen työntekijä		25000	€
huolto - 50 % työkustannuksista	0,5	12500	€
<b>Säilörehukustannus</b>	452	1	15368 €
- ProAgrian mallilaskelmissa 2010 esikuivatun säilörehun tuettu omakustannushinta 34 €/tonni	34 €/t		
- todellisuudessa saadaan halvemmalla koska tehdään työhuipun ulkopuolella			
- lisäksi rehun laatu saa olla heikko, kunhan riittävästi kuiva-ainetta			
- tämä tarkoittaa sitä, että voidaan korjata esim. kesantopelloilta, jolloin lannoite- ym. kustannus alhainen			
- nyt oletettu, siilovarastointi (ei muovikäärintää) huomioon ottaen, että			
- kustannus on puolet rehuksi säilöttävän ja käärittävän säilörehun kustannuksesta			
- Tämä mahdollista jos esimerkiksi 3. satoa ei säilörehusta laadun takia hyödynnetä, mutta se on pakko korjata			
<b>HUOM!</b> Nyt säilörehutäydennys tuotava edullisesti että päästään nollatulokseen			
Tällöin korjattava säilörehu ylijäämä säilörehua, josta halutaan eroon / kesantopelloilta korjattua kasvimassaa			
Yleiskustannukset (jotka eivät sisälly edellisiin, yleismenot kuten vakuutukset, toimistokulut, markkinointi yms.) -10% liikevaihdosta	0,1	10463	€
<b>Kustannukset yhteensä</b>		103795	€
<b>Voitto / liikkumavara</b>		832	

## Liite 9. Elinkaariarvioinnin mukaisessa ympäristövaikutusten arvioinnissa käytetyt karakterisointikertoimet ja vaikutusluokkakohtaiset normalisointitekijät ja painokertoimet

Taulukko 1. Ympäristövaikutusten arvioinnissa käytetyt karakterisointikertoimet.

Ympäristöä kuormittava ja muuttava tekijä (a=päästö ilmaan, w=päästö veteen)	Karakterisointitekijä						
	IM	HAP (kg eq kg <sup>-1</sup> )	VR (kg PO <sub>4</sub> eq kg <sup>-1</sup> )	MR (kg eq kg <sup>-1</sup> )	TO_w (m <sup>2</sup> *ppm* h kg <sup>-1</sup> )	TO_hh (pers*ppm* h kg <sup>-1</sup> )	PM (yr kg <sup>-1</sup> )
CO <sub>2</sub> (a)	1						
CH <sub>4</sub> (a)	25				0,33	0,034	
N <sub>2</sub> O(a)	298						
NH <sub>3</sub> (a)		0,49	0,04	10,215			0,000020
NO <sub>x</sub> (a)		0,17	0,015	1,411	0,35	0,00051	0,000013
SO <sub>2</sub> (a)		0,47					0,000013
NMVOC(a)					0,27	0,00031	
PM10							0,000029
N(w)			0,315*				
P(w)			2,142**				
Lähde:	IPCC (2007)	Seppälä ym. (2006)	Seppälä ym. (2004)	Seppälä ym. (2006)	Hauschild ym. (2004)	Hauschild ym. (2004)	van Zelm ym. (2008), Krewitt ym. (2001)

IM=ilmastonmuutos; HAP=happamoituminen; VR=vesien rehevöityminen; MR=maaympäristön rehevöityminen; TO\_w=alailmakehän otsoni, kasvillisuusvaikutukset; TO\_hh=alailmakehän otsoni, terveysvaikutukset; PM=hiukkasten terveysvaikutukset

\* ekvivalenssikerroin 0,42, kulkeutumistekijä 0,75, vaikutustekijä 0,95 (kokonaistypelle)

\*\* ekvivalenssikerroin 3,06, kulkeutumistekijä 1,0, vaikutustekijä 0,70 (kokonaisfosforille)

Lähteet:

Hauschild, M., Bastrup-Birk, A., Hertel, O., Schöpp W. ja Potting, J. 2004. Photochemical ozone formation. In: Potting, J. & Hauschild, M. (eds.), Background for spatial differentiation in life cycle assessment – the EDIP 2003 methodology. Institute of Product Development, Copenhagen.

IPCC (International Panel on Climate Change). 2007. Working Group 1: The physical science basis of climate change. Technical summary.

Krewitt, W., Trukenmüller, A., Bachmann, T. M. ja Heck, T. 2001. Country-specific damage factors for air pollutants: A step towards site dependent life cycle impact assessment. International Journal of Life Cycle Assessment 6: 199-210.

Seppälä J., Knuutila S. ja Silvo K. 2004. Eutrophication of aquatic ecosystems. A new method for calculating the potential contributions of nitrogen and phosphorus. International Journal of LCA 9 (2): 90-100.

Seppälä J., Posch M., Johansson M. ja Hettelingh J-P. 2006. Country-dependent characterization factors for acidification and terrestrial eutrophication based on accumulated exceedance as an impact category indicator. International Journal of LCA 11 (6): 403-416.

Van Zelm, R., Huijbregts, M.A.J., Den Hollander, H.A., Van Jaarsveld, H.A., Sauter, F.J., Struijs, J., Van Wijnen, H.J. ja Van de Meent, D. 2008. European characterization factors for human health damage of PM10 and ozone in life cycle impact assessment. Atmospheric Environment 42, p.p. 441-453.

Taulukko 2. Ympäristövaikutusten arvioinnissa käytetyt normalisointitekijät ja vaikutusluokkapainot käytettäessä Suomi- tai Etelä-Savo-tason vaikutusarviointilaskentaa.

	Normalisointitekijä		Painokerroin	
	Valtakunnallinen*	Satakunta*	Valtakunnallinen**	Satakunta
Ilmastonmuutos (1000 kg)	71646000	4405000	0,35	0,29
Happamoituminen (1000 kg)	79554	6976	0,09	0,14
Vesien rehevöityminen (1000 kg)	22416	1333	0,21	0,28
Maaympäristön rehevöi- tyminen (1000 kg)	581141	38308	0,10	0,12
Alailmakehän otsonin kasvillisuusvaikutukset (1000 m <sup>2</sup> *ppm* kg <sup>-1</sup> )	157148	6175	0,07	0,07***
Alailmakehän otsonin terveysvaikutukset (1000 pers*ppm*h kg <sup>-1</sup> )	6942	154	0,01	0,01***
Pienhiukkasten terveysvaikutukset (1000 yr kg <sup>-1</sup> )	5,264	0,370	0,16	0,10

\* Perustuu vuoden 2008 päästömääriin

\*\* Lähde: Seppälä ym. 2009

\*\*\* käytetty samaa vaikutusluokkapainoa kuin valtakunnan tason vaikutusarvioinnissa koska alueellista tietoa ei ollut käytettävissä.

---

## Liite 10. Satakunnan elinkaarimallinnuksessa käytetyt lannankäsittelytiedot

---

Perusoletuksena lantaketjujen elinkaarimallinnuksessa on, että Satakunnan alueella kaikki sian lanta on liettelantaa. Liete levitetään pääasiassa keväällä, jolloin levitetään edellisestä syksystä siihen asti kertynyt lanta. Keväällä levitetyn lannan osuus on noin 65 % koko vuoden aikana syntyvästä lantamäärästä ja levitys tapahtuu puoliksi hajalevityksenä ja puoliksi letkulevityksenä mullokselle. Levityksen jälkeen lanta kylvömuokkauksen yhteydessä mullataan maahan. Levitysmäärä on 22 t/ha (perustuu levitysmäärään, jossa ympäristötuen taulukkoarvojen mukaisesti tulee kasveille käyttökelpoista fosforia 15 kg/ha). Kylvömuokkauksen ei katsota sisältyvän lannan käsittelyketjuun, joten LCA-mallinnuksessa se on rajattu järjestelmän ulkopuolelle. Lietteestä levitetään kesällä noin 10 %. Levitystapa on letkulevitys oraille. Levitysmäärä on 22 t/ha.

Syksyllä sian lietteestä levitetään noin 25 %. Syyslevitys tapahtuu puoliksi hajalevityksenä ja puoliksi letkulevityksenä sängelle. Levityksen jälkeen lanta mullataan maahan perusmuokkauksen yhteydessä. Levitysmäärä on nitraattiasetuksen mukainen maksimi 15 tn/ha. Perusmuokkauksen ei katsota sisältyvän lannan käsittelyketjuun, joten LCA-mallinnuksessa se on rajattu järjestelmän ulkopuolelle. Sian lietevarastoista kattamattomia on 60 %, 20 %:lla on betonikansi ja 20 %:lla kelluva tai telttamainen kate.

Nautojen lannasta 25 % oletetaan päätyvän laitumelle, eikä sitä sisällytetä lantaketjujen LCA-mallinnukseen. Lantalalannasta oletuksena LCA-mallinnuksessa on, että lypsykarjan lannasta käsitellään Satakunnan alueella liettelantana 50 % ja lihanaudoilla 15 %.

Naudan liettelanta levitetään pääosin keväällä. Vuotuisesta lantalalantamäärästä (laidunlanta ei mukana) keväällä levitettävän lannan osuus on 65 %. Levitys tapahtuu mullokselle puoliksi letkulevityksellä ja puoliksi hajalevityksenä. Kesällä kasvustoon (nurmille) levitetään noin 20 % lantalalannasta, ja levitys tapahtuu letkulevityksenä. Syksyllä nurmille levitetään noin 15 % lantalalannasta levityksen tapahtuessa puoliksi hajalevityksenä ja puoliksi letkulevityksenä. Keväällä ja kesällä naudan liettelannan levitysmäärä on 35 tn/ha. Tämä perustuu levitysmäärään, jossa ympäristötuen taulukkoarvojen mukaisesti tulee kasveille käyttökelpoista fosforia 15 kg/ha. Syksyllä levitysmäärä on nitraattiasetuksen mukainen maksimi 20 t/ha.

Naudan lietevarastoista kattamattomia on 60 %, mutta lietteen pinnalle muodostuu näillä luonnollinen kuorettuma. Lopuista varastoista 20 %:lla on betonikansi ja 20 %:lla kelluva tai telttamainen kate.

Lypsykarjan lannasta 50 %, lihanautojen lannasta 85 % ja siipikarjan, hevosten, lampaiden ja vuohien sekä turkiseläinten lanta kokonaisuudessaan käsitellään kuivalantana. Lanta on kuivikelantaa, eli virtsa on kuivikkeisiin sidottuna, ei erikseen kerättyä. Elinkaarimallinnuksessa kyseisten eläinten kuivalanta käsitellään yhtenä kokonaisuutena, lukuun ottamatta broilerin lannasta sitä osaa, joka päättyy Biolan Oy:lle (40 % broilerilannasta) tai Mykora Oy:lle (30 % broilerilannasta) jatkojalostettavaksi.

Lihanautojen, hevosten, lampaiden ja vuohien lannasta 35 % päättyy laitumelle eikä sitä huomioida elinkaarimallinnuksessa. Loppuosa (65 %) näiden eläinten lannasta, 30 % broilerin lannasta ja kaikki hevosten, lampaiden, vuohien ja turkiseläinten lanta levitetään hajalevityksenä keväällä mullokselle (70 %) tai syksyllä sängelle (30 %). Keväällä levitysmäärät ovat 18 t/ha (25 m<sup>3</sup>/ha) naudan, hevosen, lampaan ja vuohen kuivikelannalla, 7 t/ha (10 m<sup>3</sup>/ha) siipikarjan kuivikelannalla ja 5 t/ha (7,5 m<sup>3</sup>/ha) turkiseläinten lannalla. Lannan syyslevitysmäärät ovat samat, vaikka nitraattiasetuksen mukaiset enimmäiskäyttömäärät syksyllä ovat 30 t/ha naudan, hevosen, lampaan ja vuohen kuivikelantaa ja 10 t/ha siipikarjan ja turkiseläinten lanta.

---

## Liite 11. Satakunnan biomateriaalien käsittelyn kokonaiskestävyyden arvioinnissa tärkeiksi havaitut arviointikriteerit

---

### **Pääkriteerit:**

#### Taloudelliset vaikutukset

Taloudellisilla vaikutuksilla tarkoitetaan biomateriaalien käsittelystä ja hyötykäytöstä Satakunnassa aiheutuvia vaikutuksia liiketalouteen (yritysten kannattavuuteen ja liikevaihtoon) ja aluetalouteen (alueen yritysten tuotannon arvoon ja arvonlisäykseen, joka huomioi myyntitulot sekä ostot alueelta ja alueen ulkopuolelta). Aluetaloudellisiin vaikutuksiin sisältyvät yleensä myös työllisyysvaikutukset (kuten palkkasumma ja kulutuskysyntä alueella), joka kuitenkin työllisten lukumäärän osalta katsotaan sisältyvän sosiaalisiin vaikutuksiin.

#### Ympäristövaikutukset

Ympäristövaikutuksilla tarkoitetaan biomateriaalien käsittelystä ja hyötykäytöstä Satakunnassa aiheutuvia vaikutuksia vesien rehevöitymiseen, maaympäristön rehevöitymiseen, happamoitumiseen, ilmastonmuutokseen ja uusiutumattomien luonnonvarojen ehtymiseen. Ympäristövaikutukset selitetään tarkemmin kohdassa "Ympäristövaikutukset".

#### Sosiaaliset vaikutukset

Tässä yhteydessä sosiaalisten vaikutusten katsotaan sisältävän alueelliset työllisyysvaikutukset (työllisten lukumäärä ja työllisyysaste), terveysvaikutukset (työtapaturomariski, hygieniariski) ja viihtyisyysvaikutukset (hajut), jotka aiheutuvat biomateriaalien käsittelystä ja hyötykäytöstä Satakunnassa.

### **Taloudelliset vaikutukset:**

#### Liiketaloudelliset vaikutukset

Biomateriaaleja käsittelevien yritysten kannattavuus tarkoittaa sitä, kuinka suuri on kaikkien kustannusten jälkeen jäljelle jäänyt voitto suhteessa yrityksen liikevaihtoon. Maatalousyritysten tapauksessa kannattavuus ymmärretään Suomessa yleisesti maatalousyrityksen kassasta ulos maksettujen maksujen jälkeen jäljelle jäävää katetta viljelijän omalle työlle ja omalle pääomalle (kun vieraan pääoman korko on maksettu), kun ne hinnoitellaan maatalousyrittäjän koulutusta vastaavan yleisen palkkatason mukaisesti (työtunnin kokonaishinta, jos tilan työt teetetään vieraalla työvoimalla) ja vallitsevan korkotason mukaisesti (usean vuoden markkinakorot). Jakamalla omalle työlle ja pääomalle yrityksen kassaan jäänyt kate (ennen omalle työlle ja omalle pääomalle vaadittavaa korvausta) oman työn markkinahintaisella arvolla ja oman pääoman markkinaehtoisella tuottoväkimuksella voidaan laskea ns. kannattavuuskerroin.

#### Aluetaloudelliset vaikutukset

Alueella biomateriaalien käsittelystä syntyvä kokonaistuotos on eri tuotosten yhteenlaskettu markkinahintainen arvo. Jos tällaista arvoa ei ole suoraan määritettävissä (jos kyseessä ei ole valmis markkinoitava tuote, vaan paikallisesti hyödynnettävä välituote tai sen kaltainen tuote, kuten esim. karjanlanta), arvo voidaan määrittää lähimmän vastaavan kaupallisen tuotteen avulla. Esimerkiksi karjanlannan arvo voidaan määrittää sen typpipitoisuuden perusteella hinnoitteleamalla typpi halvimman saatavilla olevan kemiallisen typpilannoitteen mukaan, lisättynä lannan sisältämien muiden ravinteiden, kuten fosforin ja kaliumin, vastaavilla arvoilla, mikäli niillä on arvoa käyttäjälle (ellei pellolla ole jo ennestään riittävästi fosforia ja kaliumia).

Aluetaloudellisiin vaikutuksiin sisältyy tuotetun tuotoksen arvon lisäksi toiminnan kautta syntynyt arvonlisä, joka on tuotoksen arvo vähennettynä sen tuottamiseen kuluneiden panosten arvolla. Osa panoksista on voitu hankkia alueelta (jolloin on kyse biomateriaalien käsittelyn välillisistä vaikutuksista) tai sen ulkopuolelta (jolloin toiminnan välillinen vaikutus osuu toisille alueille). Alueellisiin vaikutuksiin kuuluu yleensä myös vaikutukset yrittäjien ja työntekijöiden tuloihin, mikä vaikuttaa kulutusmenoihin alueella (mikä aiheuttaa edelleen välillisiä vaikutuksia). Työllisten lukumäärä sinänsä lasketaan usein myös aluetaloudellisiin vaikutuksiin, mutta se voidaan laskea sen sijaan sosiaalisiin vaikutuksiin, kuten tässä.

### **Ympäristövaikutukset:**

#### Vesien rehevöityminen

Vesien rehevöitymisellä tarkoitetaan vesiekosysteemin häiriintymisestä johtuvaa veden eliöstön lisääntynyttä kasvunopeutta, mikä johtuu ravinteiden, lähinnä typen ja fosforin, liiallisesta kulkeutumisesta vesiekosysteemiin. Peruskriteerinä pidetään kasviplanktonin ja korkeampien vesikasvien lisääntynyttä tuotantoa (mitattuna tavallisimmin veden a-klorofyllipitoisuutena). Vesiekosysteemin lisääntyvän tuotannon seurauksena kuolleitten eliöiden hajoamiseen kuluu yhä enemmän happea. Rehevöitymisen ekosysteemivaikutukset (kasviplanktonien, kalojen ja muiden vesieliöiden laji- ja määrämurtoiset, sinileväkukinnot, makrofytytien (kaislojen yms.) lisääntyminen ranta-alueilla) aiheuttavat haittaa vesien virkistyskäytölle (verkkojen limoittuminen, uimavesien heikkeneminen) ja pintavesien talousvesikäytölle.

#### Maaympäristön rehevöityminen

Maaympäristön rehevöitymisellä tarkoitetaan ravinteiden, lähinnä typen, liiallisesta kulkeutumisesta maaekosysteemiin aiheutuvia haitallisia vaikutuksia kasveille ja kasvilajistoon. Rehevöitymisen seurauksena kasvilajisto luonnontilaisissa tai lähes luonnontilaisissa ympäristöissä (mm. metsissä, niityillä ja soilla) saattaa yksipuolistua, kun kasvien keskinäistä kilpailukykyä kontrolloivan typen saatavuus muuttuu. Lisäksi kasvien kyky vastustaa kylmyyttä, kuivuutta, tauteja, ja kasvinsyöjiä voi heikentyä. Ammoniakin ja typen oksidien päästöt ilmaan ovat pääasiallinen syy maaympäristön rehevöitymistä aiheuttavaan typpilaskeumaan.

#### Happamoituminen

Happamoitumisella tarkoitetaan luonnon vastustuskyvyn heikkenemistä happamoittavaa laskeumaa vastaan. Kullakin alueella on alueelle ominainen kyky vastustaa happamoittavaa laskeumaa (ts. neutraloida vetyioneja). Tätä ominaisuutta kutsutaan puskurikyvyksi. Puskurikyky vaihtelee muun muassa alueen geologisten olojen mukaan. Suomi ja muut Pohjoismaat ovat erityisen herkkiä happamalle laskeumalle. Happamoituminen vaikuttaa muun muassa metsäkasvuun ja pienten vesiekosysteemien pH-tasoon. Erityisen uhanalaisia ovat latvapurojen eliölajit, metsäjärvet ja karujen metsien kasvillisuus. Lisäksi happamoitumien aiheuttaa rakennetussa ympäristössä materiaalivauriota.

#### Ilmastonmuutos

Ilmastonmuutos tarkoittaa ns. kasvihuonekaasujen aiheuttamaa ilmakehän lämpenemistä. Ilmaston lämpeneminen on keskeisimpiä globaaleja ympäristöongelmia. Ilmaston lämpenemisen vaikutuksia on mahdoton ennustaa tarkasti. Uhkana on, että ilmaston lämpeneminen saa aikaan merkittäviä muutoksia eri ekosysteemeissä ja uhkaa myös ihmisen toiminta- ja elinmahdollisuuksia (aavikoituminen, kuivuusjaksot, tulvat jne.).

#### Hiukkaset

Primääri- ja sekundäärihiukkasten päästöt lisäävät hiukkaspitoisuutta ilmassa. Primäärihiukkasilla tarkoitetaan esimerkiksi puun pienpoltossa, liikenteessä ja energiantuotannossa suoraan hiukkasmuodossa syntyneitä hiukkasia. Sekundäärihiukkaset muodostuvat ilmakehässä eri kaasuista (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>, VOC), jotka pääosin ovat ihmisperäisiä. Hiukkaspitoisuuksilla on ihmisiin akuutteja ja kroonisia terveysvaikutuksia: hengityselinsairaudet sekä sydän- ja verisuonitaudit. Hiukkaset vai-



kuttavat merkittävästi maapallon luontoon ja ympäristöön, mm. ilmastoon. Hiukkaset osallistuvat veden kiertokulkuun toimimalla pilvipisaroiden muodostajina. Hiukkaset ovat osallisina myös monissa ympäristöä kuormittavissa prosesseissa, kuten otsonikadossa ja happamoitumisessa. Monet ympäristömyrkyt kuten raskasmetallit ja radioaktiiviset aineet voivat kulkeutua hiukkasmuodossa kauaksi lähteistään. Korkea hiukkaspitoisuus huonontaa ilmanlaatua ja näkyvyyttä. Happamat hiukkaset edistävät kulttuurihistoriallisesti arvokkaiden rakennusten ja muistomerkkien rapautumista.

Alailmakehän otsonin muodostuminen: kasvillisuusvaikutukset ja terveysvaikutukset

Alailmakehän otsonipitoisuus saattaa nousta hiilivetyjen ja typen oksidien päästöjen ja auringonvalon yhteisvaikutuksesta. Otsoni on voimakas hapetin, ja sen korkeat pitoisuudet alailmakehässä ovat haitallisia sekä ihmisten terveydelle että kasvillisuudelle. Hengitettynä otsoni ärsyttää limakalvoja ja haittaa hengityselimien toimintaa. Pysyvä altistuminen voi vaurioittaa keuhkoja pysyvästi. Otsoni vaurioittaa kasien soluja heikentäen niiden yhteyttämiskykyä ja vastustuskykyä kasvintuhoojia vastaan.

### **Sosiaaliset vaikutukset:**

Työllisyys

Työllisyydellä tarkoitetaan biomateriaalien käsittelyn suoraan ja epäsuoraan työllistävien henkilöiden yhteenlaskettua lukumäärää ja työllisyysastetta (työssäkävien osuus koko käytettävissä olevasta työvoimasta).

Turvallisuus

Turvallisuudella tarkoitetaan työturvallisuutta biomateriaalien kanssa työskentelevien ihmisten kannalta ja hygieenisää riskejä ihmisille ja eläimille elintarvikkeiden ja rehun laadun kautta.

Viihtyisyys

Viihtyisyydellä tarkoitetaan biomateriaalien käsittelystä aiheutuvaa hajuhaittaa lähiympäristön asukkaille.

### **Turvallisuustekijät:**

Työtapaturmariski

Tässä yhteydessä työtapaturmariskeihin katsotaan kuuluvan ns. mekaaniset riskit, kuten koneiden käyttöön liittyvät onnettomuudet. Työntekijöiden altistuminen mikrobiologisille riskeille käsitellessään hygieniariskien kohdalla. Mekaanisessa tapaturmassa mekaaninen energia siirtyy ihmiseen haitallisesti tai kun ihmisen oma liike on vahingollisesti kosketuksissa työympäristön kanssa.

Hygieniariski

Hygieniariskillä tarkoitetaan ihmisiin ja eläimiin kohdistuvia mikrobiologisia ja raskasmetalliriskejä. Ihmisiin kohdistuviin riskeihin katsotaan kuuluvaksi biomateriaalien kanssa työskentelevien henkilöiden altistuminen mikrobiologisille haitoille ja elintarvikkeiden kautta kuluttajille mahdollisesti aiheutuva terveysriski tuotteiden hygieenisen laadun ja raskasmetallispitoisuuden myötä. Eläimiin kohdistuva hygieniariski liittyy rehun mikrobiologiseen laatuun.

## Liite 12. Satakunnan biomateriaalien käsittelyvaihtoehtojen kokonaiskestävyyden arvioinnissa huomioitujen turvallisuus- ja viihtyisyyšnäkökohtien arviointi

Turvallisuustekijät jaettiin mekaanisiin työtapaturmariskeihin ja hygieenisiin riskeihin. Jälkimmäisten katsottiin voivan kohdistua työntekijöihin, kuluttajiin ja tuotantoeläimiin. Viihtyisyysvaikutuksilla tarkoitettiin materiaalien käsittelystä aiheutuvia hajuhaittoja.

### Mekaaniset työtapaturmariskit

Mekaanisessa tapaturmassa mekaaninen energia siirtyy ihmiseen haitallisesti tai kun ihmisen oma liike on vahingollisesti kosketuksissa työympäristön kanssa. Toisinaan on myös syytä tarkastella syy- ja tapahtumaketjuja, joista ketjun viimeisenä lenkkinä aiheutuu mekaaninen tapaturmariski. Tällöin syytekijöinä voivat olla esimerkiksi huono työn suunnittelu, omien voimavarojen ehtyminen, väsymys, kiire tai stressi (Rautiainen ym. 2009; Karttunen ym. 2006; Suutarinen 2003).

Vuosina 2007–2008 viljelijöiden lantatyössä tapahtuvia tapaturmia tapahtui 2-3 % kaikista maatilayrittäjien tapaturmista. Maataloustapaturmien korvauskustannukset olivat vuonna 2009 yhteensä 39 miljoonaa €oa ja noin 5200 €oa/tapaturma (Mela 2010a). Suurin tapaturmia aiheuttava työvaihe oli tilastojen mukaan lannanpoisto eläinrakennuksessa, äkilliset työliikkeet ja liukastumiset. Lannanajossa ja levityksessä tapahtui 25 tapaturmaa kahden vuoden aikana. Lannankuljetuksissa tilan nopeudet suhteessa ajoväyliin ja niiden kuntoon on riskitekijä kuljettajille sekä ajoväylien lähellä kulkeville ihmisille tai eläimille. Eri koneilla ja menetelmillä työturvallisuusriskien yleiset syytekijät ovat käytännössä samoja, mutta aiheuttajat ja työn vaihtelevat eroavat hieman. Konfakojien tapaturmat lannanlevityksessä olivat vähäisiä (yksi tapaus). Työturvallisuusriski piilee kuitenkin melko suurissa työmäärissä päivän aikana, työtaukojen epäsäännöllisyydessä ja kiireisessä työtahdissa. Lannanvarastoinnissa ongelmia ovat aiheuttaneet mahdolliset lantakaasut suljetuissa tiloissa (Mela 2003, Mela 2010b).

Tässä keskitytään tarkastelemaan nautakarjan ja siantuotannon lannankäsittelyn työturvallisuusriskejä. Lannankäsittelyyn liittyviä tapaturmia tutkittiin Mela:n toimittamasta Mata- tapaturmaaineistosta vuosilta 2007–2008 (Mela 2010a). Lisäksi tässä osiossa tarkastelun kohteena olivat erityisesti Satakunnan alueen kokonaiskestävyys ja siinä lannan käsittelyn turvallisuusriskit. Tapaturmariskien tarkistuslistamalli käytiin siten lävitse kahden lantaa käsittelevän satakuntalaisen, samalla alueella vaikuttavan maatilayrittäjän kanssa. Tiloille tehtiin puhelinhaastattelu sekä tiläkäynti. Tämän jälkeen tehtiin skenaarioarviointi työturvallisuusriskeistä lietalannan ja kuivalannan käsittelyn osalta.

Lannankäsittelyn työturvallisuutta arvioitiin yleisten maataloustapaturmien tekijöiden avulla. Riskit priorisoitiin tilaesimerkeissä merkityksettömiin, kohtalaisiin ja merkittäviin riskeihin. Maatila- RH riskienhallinnan välineissä (Agronet 2008) maatalouden tapaturmien ja ammattisairauksien aiheuttajat on luokiteltu neljääntoista osa-alueeseen seuraavasti:

- Melu	- Koneet ja laitteet	- Toiminnan suunnittelu
- Lämpö	- Käsityökalut	- Omat voimavarat
- Kulkureittien kunto	- Sähkölaitteet	- Kuljetukset
- Kemikaalit	- Työn fyysinen kuormittavuus	- Eläinten käsittely
- Pölyt ja homeet	- Työmäärä	

Tarkasteltavien skenaarioiden työtapaturmariskien eroja kuvaavat skenaariokohtaiset tulokset tuotettiin luvun 4 skenaariomallinnuksen mukaisesti, lannan käsittelyn työturvallisuusriskeistä kerätyn aineiston pohjalta. Skenaarioiden nimen jälkeen on merkitty skenaarion saama haitallisuusindeksi-arvo. Nykytila sai arvon 100 ja muut skenaariot suhteutettiin siihen. Mitä suurempi luku, sitä suurempi on työtapaturmariski.

#### **Skenaario 0: Lannan käsittelyn nykytila (haitallisuusindeksi = 100):**

Vuosina 2007–2008 viljelijöiden lantatyöhön liittyviä tapaturmia oli 2–3 % kaikista maatilayrittäjien tapaturmista. Suurin tapaturmia aiheuttava työvaihe oli tilastojen mukaan lannanpoisto eläinrakennuksessa, äkilliset työliikkeet ja liukastumiset. Lannanajossa ja levityksessä tapahtui 25 tapaturmaa kahden vuoden aikana. Huolestuttavia ovat lannanajossa ja lannan varastoinnissa tapahtuneet vakavat tapaturmat ja kuolemantapaukset. Lannankuljetuksissa, kuten muissakin maatalouskoneilla tehtävissä materiaalikuljetuksissa kuljetetaan suuria massoja. Tilannenopeudet suhteessa ajoväyliin ja niiden kuntoon ovat riskitekijä kuljettajille sekä ajoväylien lähellä kulkeville ihmisille tai eläimille. Koneiden käytössä riskit hieman vaihtelevat riippuen siitä, millä tavalla lantaa käsitellään. Navettarakennuksissa riskinä ovat puristuminen lantakoneen liikkuvien osien väliin ja lannanlevityksessä koneiden leikkaavat, pyörivät, puristavat ja lentävät osat. Taukojen pitäminenkin saattoi yrittäjien mukaan olla epäsäännöllistä. Konekajojien tapaturmat lannanlevityksessä olivat vähäisiä (yksi tapaus). Työturvallisuusriski piilee kuitenkin melko suurissa työmäärissä päivän aikana ja kiireisessä työtahdissa. Lannanvarastoinnissa ongelmia ovat aiheuttaneet mahdolliset lantakaasut suljetuissa tiloissa (Mela 2003, Mela 2010b). Kaasujen aiheuttamaa riskiä on pyritty pienentämään tehokkaalla tiedotuksella alan lehdissä ja Melan tiedotteiden avulla. Tiloilla tulisi varmistaa suljettujen tilojen hapettomuus, ilmanvaihto ja tunnistaa kaasujen muodostumisriski ennistä paremmin. Niitä ei välttämättä tunnisteta maataloudessa vielä kovin hyvin.

#### **Skenaario 1: Lannan käsittelyn nykytila ilman ympäristötukea (vain nitraattiasetus rajoittaa lannan käyttöä; haitallisuusindeksi = 100):**

Skenaariossa oletetaan, ettei lantaa tarvitse levittää ympäristötuen nykyisten ehtojen mukaan. Lisäksi tukijärjestelyillä varmistettaisiin viljelijöiden tulotaso ennallaan. Näillä oletuksilla haitallisuusindeksi olisi sama kuin nykytilanteella, eli 100. Jos ympäristötuen tulotukikomponenttia ei korvattaisi, ympäristötuen vähentyminen voisi lisätä viljelijöiden stressiä ja työn kuormitusta kuitenkin henkisesti puolella. Stressi ja kiire kasvattavat hyvin helposti tapaturmariskiä etenkin maataloudessa. Paine kasvattaa yksikkökustannusten tehokkuutta ja investointeja suurenisi, jolloin tarvittaisiin isompia koneita ja tehokkaampia laitteita. Tuotot tuloutuisivat kuitenkin pitkällä aikavälillä. Osalle viljelijöistä tämä olisi henkisesti vaikeaa, mikä voisi aiheuttaa masennusta ja psykososiaalisia ongelmia. Näillä oletuksilla haitallisuusindeksi olisi 120.

#### **Skenaario 2: Lannan tehostettu lannoitekäyttö ja jakeistuksen etujen hyödyntäminen (haitallisuusindeksi = 110):**

Ei merkittävää työturvallisuusriskien lisäystä. Mikäli lisää työn määrää, kuormittavuutta ja kustannuksia lannanajossa, lisää urakoitsijoiden käyttöä lannanajossa. Nykytilastojen mukaan erikoistuneiden ammattilaisten käyttö on tapaturmien osalta myönteinen asia.

#### **Skenaario 3: Lannan biokaasukäsittely muutaman tilan yhteisessä laitoksessa (haitallisuusindeksi = 110):**

Lisää ja keskittää massan kuljetuksia yhteislaitoksen läheisyydessä. Kuljetuksen riskit voivat kasvaa nykyisellä tiverkostolla (raskasliikenne heikkokuntoisilla hiekkateilla, kuljetukset vilkkailla teillä, tienristeykset). Lantakaasutapaturmien riskit voivat kasvaa, mikäli varastoinnin turvallisuuteen ei kiinnitetä enemmän huomiota. Yrittäjien työmäärä voi lisääntyä, jolloin tarvitaan työjärjestelyjen uudelleenorganisointia. Uudet työtehtävät ei-ammattilaisten tekemänä voivat olla työturvallisuusriski. Turvallisuusneuvonta uusissa työtehtävissä on oltava ajan tasalla. Jakeistuskoneiston tai uusien lantakoneiden hankkiminen ei ollut haastateltujen tilallisten mielestä houkutteleva vaihtoehto, elleivät sen tuotot ole hyvin ilmeiset. Luultavasti muutama viljelijärengas voisi sen hankkia Satakunnan alueella. Yhteistoiminnan ongelmia ovat, miten toiminta järjestetään, sovitaan ja toteutetaan yrittäjärenkaaseen kuuluvien kanssa tasapuolisesti ja oikeudenmukaisesti.

## Hygieniariski ja viihtyisyyshaitta

Tarkasteluperusteet:

1. Käsittelyn vaikutus lannan "käyttöketjuun", esimerkiksi työvaiheiden lisääntymisen merkitys tarkasteltavien tekijöiden kannalta
2. Lannan käsittelytavan vaikutus levitysalaan
3. Käsittelyn vaikutus levitettävän materiaalin hygieni- ja hajuominaisuuksiin

Kukin skenaario arvioitiin muutoksena nykytilanteeseen nähden, ja sitä kuvaa riski-indeksi-arvo 100. Tarkastelun perusteella skenaariot laitettiin paremmuusjärjestykseen ja niille annettiin suhdeluku, joka kuvaa niiden suorituskykyä nykytilaan ja toisaalta muihin skenaarioihin nähden. Mitä suurempi on riski, sitä suurempi riski-indeksi-arvo. Arvio on kvalitatiivinen asiantuntija-arvio. Tarkastelu ulottuu vain levitysvuoden hygieni- ja hajuvaikutukseen.

### Peruste 1:

Skenaario 1 ei eroa nykytilanteesta eli nollaskenaariosta. Skenaarioissa 2 ja 3 on enemmän työvaiheita kuin muissa skenaarioissa. Tämä mm. pidentää altistumisaikaa hajuille. Käytettävissä olevan tiedon perusteella ei kuitenkaan pystytty arvioimaan skenaarioiden 2 ja 3 eroa muihin hygieni- ja hajuvaikutusten osalta.

### Peruste 2:

Oletuksena oli, että skenaariossa 2 nestejakeessa on vähemmän fosforia kuin alkuperäisessä lannassa, jolloin levitysmäärä rajoittaa fosforin sijasta typpiä.

Skenaarioissa 1 ja 2 (nestejake) materiaali levitetään oletettavasti pienemmälle alueelle kuin skenaariossa 0, vaikka skenaariossa 2 fosforin käyttökelpoisuus on 100 % (nollaskenaariossa 85 %) ja liukoisien typen 100 % (nollaskenaariossa käyttökelpoisuus on syksyllä 75 % ja keväällä 100 %) ja osa lannan orgaanisen typen jälkivaikutuksesta huomioidaan seuraavana vuonna käytettävissä olevana ravinteena. Tämä pienentää hygieniariskiä ja hajuhaittaa (ala ja aika, jolloin hajuhaittaa syntyy). Jakeistuksessa syntyvä kuivajake levitetään eri levityskerralla kuin nestejake ja oletettavasti myös eri pelloille kuin nestejake, mikä lisää ajokertoja ja levitysalaa. Kokonaisarvio jakeistuksesta perustuu jakeiden yhteistarkasteluun. Skenaariossa 3 arvion perusteet ovat hyvin samanlaiset kuin skenaariossa 2.

### Peruste 3:

Skenaariossa 1 ei ole eroa hygienian ja hajun suhteen verrattaessa nollaskenaarioon. Oletuksena on, että skenaarioissa 2 ja 3 jakeistuksessa syntynyt kuivajake kompostoidaan. Jakeistuksessa syntynyt nestejake on oletettavasti juoksevampaa kuin lietelanta, mikä nopeuttaa sen imeytymistä maahan. Arvio perustuu oletukselle, että biokaasuprosessi hygienisoi lähtömateriaalia. Zhaon ym. (2008) tutkimuksessa lietelannan biokaasukäsittelyn todettiin vähentävän hajua 70–80 % käsittelemättömään lietelantaan verrattuna, mutta ilmastuksen todettiin vähentävän hajua vielä tätäkin enemmän. Samaisessa tutkimuksessa todettiin, että lietelannan nesteen ja kiinteän aineen erotus mekaanisesti ei vaikuta merkittävästi hajun vähenemiseen. Toisaalta on todettu, että laguunissa hapeton liete haisee, jos lämpötila on matala ja lietteen mikrobitoiminta vähäistä. Vähentämällä haihtuvien orgaanisten yhdisteiden määrää lietteessä esim. jakeistamalla, pienentyvät samalla myös lietteen hajuhaitat (Zhao ym. 2008).

Yhteenveto skenaarioiden välisistä hygieniariski- ja hajuhaittaeroista on esitetty alla. Nykytilalle on molempien tekijöiden kohdalla annettu arvo 100, johon muut skenaariot on suhteutettu. Mitä suurempi arvo, sitä suurempi haitta tai riski.

	Hygieniariski	Hajuhaitta
Skenaario 0: Nykytila	100	100
Skenaario 1: Ei ymp. tukea	95	95
Skenaario 2: Jakeistus	90	95
Skenaario 3; Biokaasu	85	85

#### Lähteet:

- Agronet 2008. Maatila – RH (FarmRM) 2008. Maatilan riskien hallinta – verkkosivusto. Julkaistu internetissä 21.1.2008. [https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/AGRONET/Tilan\\_johtaminen/09](https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/AGRONET/Tilan_johtaminen/09)
- Karttunen, J., Suutarinen, J., Leppälä, J., Louhelainen, K. ja Tuure, V-M. 2006. Suhteellisesti vaarallisimmat maataloustyöt. Työtehoseuran julkaisuja 397. Helsinki.
- Mela. 2010a. Mela- turvan kehitys 1970-2009. Maatalousyrittäjien eläkelaitos. Mela. Espoo. Julkaistu internetissä: [http://www.mela.fi/julkaisut/til70\\_09\\_a4.pdf](http://www.mela.fi/julkaisut/til70_09_a4.pdf).
- Mela. 2010b. Lietelanta voi tappa. Maatalousyrittäjien eläkelaitos. Mela. Espoo.
- Mela. 2003. MTOT- raportti 1/2003. Maatalousyrittäjien eläkelaitos. Mela. Espoo.
- Rautiainen, L., Ledolter, J., Ohsfeldt, R., Donham, K ja Zwerling, C. 2009. Risk factors for serious injury in Finnish agriculture. *Am J Ind Med.* 52. 419–428.
- Suutarinen, J. 2003. Occupational accidents in Finnish Agriculture – causality and managerial aspects for prevention. Doctoral dissertation. Agrifood Research Reports 39. Vihti: MTT. 75 s.
- Zhao, L., Rausch, J. ja Combs, T. 2008. Overview of Odor Control for Manure Storage Facilities. The Ohio State University.

MTT TEKEE TIETEESTÄ ELINVOIMAA

# MTT RAPORTTI

[www.mtt.fi/julkaisut](http://www.mtt.fi/julkaisut)

MTT Raportti -julkaisusarjassa julkaistaan maatalous- ja elintarviketutkimusta sekä maatalouden ympäristötutkimusta käsitteleviä tutkimusraportteja. Lukijoille tarjotaan tietoa MTT:n kaikilta tutkimusaloilta eli biologiasta, teknologiasta ja taloudesta.

MTT, 31600 Jokioinen.  
Puh. (03) 41881, sähköposti [julkaisut@mtt.fi](mailto:julkaisut@mtt.fi)

