



Luonnonvara- ja
biotalouden
tutkimus 33/2016

Lantaravinteiden kestävä hyödyntäminen tiloilla ja keskitetyssä biokaasulaitoksessa

Teija Paavola, Erika Winquist, Ville Pyykkönen, Sari Luostarinen,
Juha Grönroos, Kaisa Manninen, Katri Rankinen

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 33/2016

Lantaravinteiden kestävä hyödyntäminen tiloilla ja keskitettyssä biokaasulaitoksessa

Teija Paavola, Erika Winqvist, Ville Pyykkönen, Sari Luostarinen, Juha Grönroos,
Kaisa Manninen, Katri Rankinen

Luonnonvarakeskus, Helsinki 2016



ISBN: 978-952-326-257-7 (Painettu)

ISBN: 978-952-326-258-4 (Verkkajulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkajulkaisu)

URN: [http://urn.fi/URN:ISBN: 978-952-326-258-4](http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-258-4)

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Teija Paavola, Erika Winqvist, Ville Pyykkönen, Sari Luostarinen, Juha Grönroos, Kaisa Manninen, Katri Rankinen

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2016

Julkaisuvuosi: 2016

Kannen kuva: Maarit Hellstedt, Luke

Painopaikka ja julkaisumyynti: [Juvenes Print, http://luke.juvenesprint.fi](http://luke.juvenesprint.fi)

Tiivistelmä

Teija Paavola, Biovakka Suomi Oy

Erika Winqvist, Ville Pyykkönen ja Sari Luostarinen, Luonnonvarakeskus Luke

Juha Grönroos, Kaisa Manninen ja Katri Rankinen, Suomen ympäristökeskus SYKE

Kotieläintiloilla lannan kestävä hyödyntämisen haasteena on useimmiten ylimäärä fosforia suhteessa typpeen, kasvien tarpeisiin ja levityspinta-aloihin. Tällöin lannan ravinteita ei pystytä hyödyntämään kasvintuotannossa optimaalisesti, mikä rasittaa tilan taloutta ja aiheuttaa haitallisia ympäristövaikutuksia. Haaste korostuu etenkin sikataloudessa. Tilojen kannalta olisi tärkeää löytää uusia ja kustannustehokkaita hyödyntämismalleja ylimääräiselle fosforille. Lannan sisältämä typpi tarvitaan yleensä oman tilan kasvintuotantoon.

Tässä tutkimuksessa selvitettiin linkouksen soveltuvuutta ja ravinteiden erottelutehoa erilaisten sian lietelantojen käsittelyssä, koska sian lietelannan linkouksesta ei ole juuri kokemusta Suomessa. Samalla selvitettiin tuoreen sian lietelannan ja siitä erotettujen jakeiden metaanintuottopotentialit. Linkotestauksen tuloksia sovellettiin tilatason ja aluetason tarkasteluissa. Tilatasolla tarkasteltiin linkouksen rinnalla ruuvipuristinta ja molempien erottelumenetelmien taloudellista kannattavuutta ja ympäristövaikutuksia. Aluetason tarkastelu tehtiin Vakka-Suomeen, jonka sikojen, nautojen ja munituskanojen lantamäärät sekä typpi- ja fosforimäärät laskettiin alueellisen ravinnetaseen lähtökohdaksi. Aluetasolla keskityttiin erityisesti sikatalouteen ja linkousmenetelmien vaikutuksiin aluetason ravinnetaseisiin. Lisäksi tehtiin vertailua laskeutuksesta tilatason fosforin erottelumenetelmänä. Keskitettynä lannankäsittelymenetelmänä tarkasteltiin biokaasulaitosta, joka ottaa väkevöitynä talteen mädätysjäännöksen ravinteet. Keskitetyn biokaasulaitoksen taloudellista kannattavuutta tarkasteltiin kolmella erilaisella maatalouden massoihin perustuvalla käsittelykonseptilla sekä erilaisilla biokaasun hyödyntämisvaihtoehdoilla. Lopuksi arvioitiin myös aluetason ympäristövaikutuksia tilatason tarkastelujen pohjalta.

Linkous todettiin tehokkaaksi fosforin erotusmenetelmäksi, mutta sen kustannukset olivat suuremmat kuin ruuvipuristimen ja lietelantana hyödyntämisen. Yksikkökoon kasvaessa erot kuitenkin pienenevät. Tutkimuksessa tarkastelluilla separointimenetelmillä ei ole mahdollista päästä kuivajakeessa 30 % kuiva-ainepitoisuuteen ilman kustannusten kasvua ja/tai fosforin erotustehokkuuden heikkenemistä. Kuivajakeen peltovarastoauomojen peittäminen vähentää varastoinnin aiheuttamia ammoniakkipäästöjä selvästi, samoin kuin se, että ne levitetään sijoittaen tai levityksen jälkeen nopeasti maahan mullaten. Ylipäänsä aumojen peittäminen ja altaiden kattaminen on ammoniakkipäästöjen kannalta olennaista sekä raakalannalla että biokaasulaitoksen tuottamilla ravinnetuotteilla. Biokaasukäsittelyyn lanta tai sen jakeet tulisi saada mahdollisimman tuoreena, että mahdollisimman suuri osa energiantuotantopotentialista säilyy käsittelyyn saakka. Lyhyillä varastointiajoilla voidaan myös alentaa lannankäsittelyn ympäristövaikutuksia. Lantojen keskitetyssä käsittelyssä on mahdollista tuotteistaa ja uudelleenjakaa merkittävä määrä alueellisesta lantafosforista edellyttäen, että laitos käyttää mädätysjäännöksen jalostamisessa ravinteiden talteeotto- ja väkevöintimenetelmiä, joiden ravinnehävikit minimoidaan. Lannan keskitetty biokaasulaitoskäsittely on mahdollista toteuttaa kannattavasti sähkön tuotantotuella tai biokaasun myynnillä liikennepolttoaineeksi. Jos biokaasulaitos tuottaa päästöt minimoiden kannattavasti kuljetettavia ravinnetuotteita, jotka voidaan hyödyntää niitä tarvitseville alueille ravinneylijäämän alueen sijaan, saavutetaan ympäristöhyötyjä.

Asiasanat: biokaasu, separointi, ravinteet, keskitetty, kannattavuus, ympäristövaikutukset

Abstract

Teija Paavola, Biovakka Finland Ltd

Erika Winqvist, Ville Pyykkönen and Sari Luostarinen, Natural Resources Institute Finland (Luke)

Juha Grönroos, Kaisa Manninen and Katri Rankinen, Finnish Environmental Institute SYKE

The challenge for sustainable manure use on animal farms is usually a surplus of manure phosphorus in relation to manure nitrogen, plant need and available field area. This makes optimal use of manure nutrients difficult and results in restrained farm economy and a risk for emissions into the environment. The challenge is especially profound in Finnish pig production. The farms need new, cost-efficient solutions for managing the surplus of manure phosphorus. Manure nitrogen is usually needed in farms' own plant production.

In this study, the feasibility and nutrient separation efficiency of decanter centrifuge was tested with different pig slurries. There was little previous experience of it in Finland. Simultaneously the biological methane production potentials (BMP) of the slurries and the separated fractions were determined. The results of the tests were used in assessing the impact of increased centrifuging on farm-scale and regionally as compared to using slurry as such. On farm-scale, a screw press was also considered and the economic and environmental impacts of both separation methods were assessed.

Regional assessments were made for Vakka-Suomi – a group of municipalities in South-West Finland. The manure and manure nutrients produced by the cattle, pigs and poultry in the region were included as the basis for regional manure nutrient balance. The assessment focused on pig production and the potential impact of centrifuging pig slurry on regional manure nutrient balance. Additional comparisons were made to settling of pig slurry as the separation method. The centralised manure processing unit included was a biogas plant which produces concentrated nutrient products out of digestate. The economic profitability of the biogas plant was assessed for three different concepts based on agricultural raw materials and different biogas utilisation options. Finally, rough estimates of regional environmental impacts were made.

Decanter centrifuge was found an efficient separation method, but its costs were significantly higher than those of screw press or using slurry as such. With increasing farm size, however, the costs decreased. On farm-scale, 30% dry matter content in the solid fraction was difficult to reach without significant increase in costs or decrease in phosphorus separation efficiency. The manure and separated fractions should be delivered to the biogas plant as fresh as possible to minimize losses of BMP and nitrogen. Storage of the solid fraction in covered field heaps decreases ammonia emissions, as does quick incorporation after its spreading. Overall it is environmentally important to cover all storages for manure, separated fractions and the end-products from the biogas plant and keep the storage periods as short as possible.

Centralised manure processing in biogas plants enables productisation and regional redistribution of manure nutrients, provided the digestate is refined with nutrient recovery and concentration technologies and the emissions in each step are minimised. The plant reaches economic profitability with either the current Finnish feed-in tariff for electricity or via biomethane production for transportation fuel. If the nutrient recovery into transportable products can be achieved with minimised emissions and the products can be distributed to regions needing the nutrients, environmental benefits can be achieved.

Keywords: biogas, separation, nutrients, centralised, profitability, environmental impacts

Sisällys

1. Tausta	6
2. Erotusprosessien perusteet	7
3. Sian lietelannan linkoukkoet	10
3.1. Koejärjestelyt	10
3.2. Tulokset.....	11
3.2.1. Massa-, typpi- ja fosforitaseet.....	11
3.2.2. Kalium, hivenravinteet ja haitalliset metallit	13
3.2.3. Metaanintuottopotentiali	14
4. Separoinnin kannattavuus ja ympäristövaikutukset sikatilalla	18
4.1. Separoinnin kannattavuus esimerkkitalalla	18
4.1.1. Tila 1: Sian lietelantaa 3 000 m ³ /vuosi	22
4.1.2. Tila 2: sian lietelantaa 6 000 m ³ /vuosi	24
4.2. Separoinnin ympäristövaikutukset esimerkkitalalla	27
4.2.1. Menetelmät	27
4.2.2. Tulokset ja tulosten tarkastelu	31
5. Lantafosforin uudelleenjako keskitetyn biokaasulaitoksen kautta Vakka-Suomessa	35
5.1. Vakka-Suomen lanta- ja ravinnemäärät	35
5.2. Keskitetty lannankäsittelykonsepti ja laskentaskenaariot.....	36
5.3. Ravinteiden siirtyminen ja energiapotentiaali.....	38
5.4. Keskitetyn käsittelyn taloudellinen kannattavuus	42
5.4.1. Lähtötiedot.....	42
5.4.2. Kannattavuuslaskennan tulokset	43
6. Tulosten tarkastelu ja alueelliset vaikutukset	47
6.1. Tilakohtaiset tarkastelut	47
6.2. Käsittely keskitetyssä biokaasulaitoksessa	47
6.3. Alueellisen ravinnekierron edistämisen mahdollisuudet	48
7. Johtopäätökset ja jatkotutkimustarpeet.....	50
7.1. Johtopäätökset	50
7.2. Jatkotutkimustarpeet.....	51

1. Tausta

Kotieläintiloilla lannan hyödyntämisen haasteena on yleensä ylimäärä fosforia suhteessa typpeen, kasvien tarpeisiin ja levityspinta-aloihin. Tällöin lannan ravinteita ei pystytä hyödyntämään kasvintuotannossa optimaalisesti, mikä rasittaa tilan taloutta ja aiheuttaa haitallisia ympäristövaikutuksia. Haaste korostuu etenkin sikataloudessa, jonka viljelykasvina on pääosin ohra. Ohran ravinteiden tarve on karjaloudessa yleisemmin viljeltyä nurmea vähäisempää. Keskittyneillä sikatalousalueilla, kuten Vakka-Suomessa, nurmea ei välttämättä ole viljelykierrossa juuri lainkaan, koska sille ei ole käyttäjiä. Vakka-Suomen peltojen fosforiluvut ovat korkeahkot ja alueella on myös intensiivistä kananmunan tuotantoa, mikä lisää alueen lantaravinteiden määrää. Lannan kuljetus- ja levityspinta-alan tarpeet ovatkin alueella kasvaneet ja alkavat paikoin käydä taloudellisesti kestävämmiksi. Tilojen kannalta olisi tärkeää löytää uusia ja kustannustehokkaita hyödyntämisreittejä ylimääräiselle fosforille. Käytännössä vaihtoehdot ovat joko lannan luovutus toiselle tilalle tai toimitus keskitettyyn käsittelylaitokseen. Molemmissa tapauksissa optimaalisinta olisi jakaa nimenomaan fosforia pois tilalta, koska typpi tarvitaan yleensä oman tilan kasvintuotantoon.

Tilatasolla fosforia voidaan erottaa lietalannasta mm. laskeuttamalla ja erilaisilla mekaanisilla menetelmillä (separointi, jakeistaminen), kuten ruuvipuristimella tai lingolla. Fosforia erotetaan tällöin nimenomaan kuivajakeeseen, joka on kannattavammin kuljetettavissa tilalta pois. Linkoa pidetään separointilaitteista tehokkaimpana ravinteiden erottelijana. Sian lietalannan linkouksesta ei kuitenkaan ole juuri kokemusta Suomessa.

Keskitetty lannan prosessointi koostuu tilatason toimenpiteistä ja keskitetystä käsittelylaitoksesta. Käsittelylaitos voi käyttää erilaisia prosessointiketjuja, kuten biokaasuprosessia ja erilaisia mädätysjäännöksen jatkojalostusprosesseja. Keskitetyllä lannan prosessoinnilla voidaan saavuttaa mitta-kaavaetuja. Keskitetty käsittelylaitos mahdollistaa pitkälle viedyn jatkuvatoimisen ja jatkuvasti valvotun prosessointiketjun, jolla lannan ravinteita voidaan jalostaa pidemmälle paremmin kuljetettavaan ja hyödynnettävään muotoon kuin ainakaan toistaiseksi tilamittakaavassa on mahdollista. Kokonaisuuden on kuitenkin oltava taloudellisesti kestävä sekä tilan että käsittelylaitoksen näkökulmasta.

Tässä hankkeessa selvitettiin linkouksen soveltuvuutta ja erottelutehoa erilaisten sian lietalantojen käsittelyssä. Samalla tutkittiin hivenravinteiden jakaantumista. Lisäksi selvitettiin tuoreena erotetun lannan eri jakeiden metaanintuottopotentiaalit. Linkotestauksen tuloksia sovellettiin tilatason ja aluetason tarkasteluissa. Tilatasolla tarkasteltiin kahden eri separointimenetelmän, ruuvipuristimen ja dekantterilingon, taloudellista kannattavuutta sekä käsittelyketjujen ympäristövaikutuksia. Aluetason tarkastelu kiinnitettiin Vakka-Suomeen, jonka sikojen, nautojen ja munituskanojen lantamäärät sekä typpi- ja fosforimäärät selvitettiin alueellisen ravinnetaseen lähtökohdaksi. Aluetasolla keskityttiin erityisesti sikatalouteen ja linkousmenetelmien vaikutuksiin aluetason ravinnetaseisiin. Vertailuna tarkasteltiin tilatason fosforin erottamisessa laskeutusmenetelmää. Keskitettynä käsittelylaitoksena tarkasteltiin keskitettyä biokaasulaitosta, joka ottaa väkevöitynä talteen mädätysjäännöksen ravinteet. Taloudellista kannattavuutta tarkasteltiin kolmella erilaisella maatalouden massoihin perustuvalla käsittelykonseptilla. Tarkastelussa huomioitiin erilaiset biokaasun hyödyntämismuodot sekä erilaiset reunaehdot, joilla peruslaskennassa kannattamattomiksi osoittautuneet konseptit voisivat olla kannattavia. Lisäksi arvioitiin aluetason ympäristövaikutuksia tilatason arviointien pohjalta.

2. Erotusprosessien perusteet

Lietelantaa ja muita vastaavia materiaaleja voidaan separoida (jakeistaa, erotella) mekaanisten erotusmenetelmien avulla. Erottelun peruslähtökohtana on pyrkiä erottamaan kiintoaine erilleen, mutta usein samalla haetaan myös fosforin mahdollisimman tehokasta erotusta. Erotusprosesseja on lukuisia ja ne voidaan jakaa toimintaperiaatteeltaan kolmeen ryhmään eli eroteltavien komponenttien ominaispainoeroihin perustuviin menetelmiin, partikkelikokoon perustuviin menetelmiin ja haihdutus-/kuivausmenetelmiin (Taulukko 1).

Taulukko 1. Erotusprosessien toimintaperiaatteet ja menetelmät (Luostarinen ym. 2011).

Toimintaperiaate	Menetelmä
Ominaispainoeroihin perustuvat	Laskeutus, linko
Partikkelikokoon perustuvat	Seula, suotonauha, ruuvikuivain, kalvotekniikat
Termiset	Haihdutus, kuivaus

Ominaispainon ja partikkelikokoon eroihin perustuvissa erotusprosesseissa muodostuneet jakeet, kuivajae ja nestejake, sisältävät edelleen sekä tyyppiä että fosforia, mutta ravintesuhteet ovat muuttuneet. Kuivajakeessa on fosforia suhteessa kasveille käyttökelpoiseen tyyppiin, eli liukoiseen tyyppiin, selvästi enemmän kuin lietelannassa. Nestejakeessa taas suurin osa tyypeistä on liukoisessa muodossa ja fosforia on vähäisempiä määriä.

Yleisimmin mekaanisessa erottelussa käytetään ruuvipuristinta, suotonauhakuivainta tai linkoa. Menetelmien kuiva-aineen ja ravinteiden erotteluteho on kuitenkin hyvin erilainen. Myös laskeuttamista voidaan jossain tapauksessa hyödyntää, jos eroteltavan materiaalin kuiva-ainepitoisuus on riittävän alhainen. Lannan separointiin termiset menetelmät ovat yleensä liian kalliita tai muutoin teknisesti soveltumattomia toisaalta lannan kiintoainepitoisuuden ja toisaalta taas kosteuspitoisuuden vuoksi. Termisiä menetelmiä, kuten haihdutusta, voidaan kuitenkin hyödyntää keskitetyssä käsittelyssä, kuten keskitetyllä biokaasulaitoksella mädätysjännöksestä erotetun nestejakeen jatkokäsittelyssä.

Erotustehoon voidaan vaikuttaa kemikaalein, ja yleisesti käytetäänkin polymeerejä (polyelektrolyyttejä), etenkin suotonauha- ja linkokuivauksessa. Nykyisin käytössä olevat polymeerit ovat pääsääntöisesti pitkäkejuisia, vesiliukoisia, synteettisiä orgaanisia kemikaaleja, joilla on suuri molekyylipaino. Yleisin polymeeri on polyakryyliamidi. Polymeerit jaotellaan varauksen mukaan kationisiin, anionisiin ja varauksettomiin. Lisäksi jaotellaan tehtävään molekyylipainon ja joskus myös muodon (haaroittunut, haaroittumaton) mukaan. Polymeerien tehtävänä on muuttaa erikokoisten partikkelien varauksia siten, että mahdollistetaan partikkelien yhdistyminen (flokkautuminen) isommiksi partikkeleiksi, jotka erottuvat paremmin. Polymeerien tarkempia rakennekaavoja ei yleensä luovuteta julkisuuteen. Yleistäen kationisia polymeerejä käytetään mekaanisten ja biologisten prosessien yhteydessä ja anionisia kemiallisen lietteen käsittelyn yhteydessä.

Ruuvipuristimella saadaan useimmiten tuotettua hyvinkin kuivaa kuivajakeetta riippuen käytetystä seula- ja puristusvoimasta. Laite kuitenkin puristaa helposti hienojakoista ainetta seulan läpi nestejakeeseen, jolloin ravinteiden erotteluteho jää massataseena tarkasteltuna alhaiseksi.

Suotonauhan toiminta riippuu erityisesti veden ja kiintoaineen erottuvuusominaisuuksista. Yleensä sillä ei yllätä yhtä kuivaan kuivajakeeseen kuin lingolla tai ruuvipuristimella. Kuivajakeen saaminen kasalla pysyvään muotoon voi olla haastavaa. Suotonauhoihin on saatavilla erilaisia viirakankaita, joiden valinnalla laitteen toimintaa voi optimoida. Suotonauha on melko tilaa vievä ja teknisesti haastava ratkaisu, eikä niitä tilamittakaavassa juurikaan hyödynnetä.

Tehokkaimpana menetelmänä, erityisesti ravinteiden erotuksen näkökulmasta, on pidetty linkoa. Lingot ovat yleisesti käytössä isommilla biokaasulaitoksilla (Kuva 1) ja jätevedenpuhdistamoilla, mutta lietelannan linkoamisesta on niukalti kotimaista kokemusta. Linko toimii useimmiten myös sellaisissa tapauksissa, joissa käsiteltävä materiaali on hyvin hienojakoista eikä enää juurikaan sisällä mitään kuituja, toisin kuin ruuvipuristin. Linko vie myös vähemmän tilaa kuin suotonauha.



Kuva 1. Vehmaan biokaasulaitoksella mädätysjäännöksen erottelussa käytetään linkoa (Noxon DC20). Kuvan mukaisten linkojen kapasiteetti on 800 kg kuiva-ainetta/tunti.

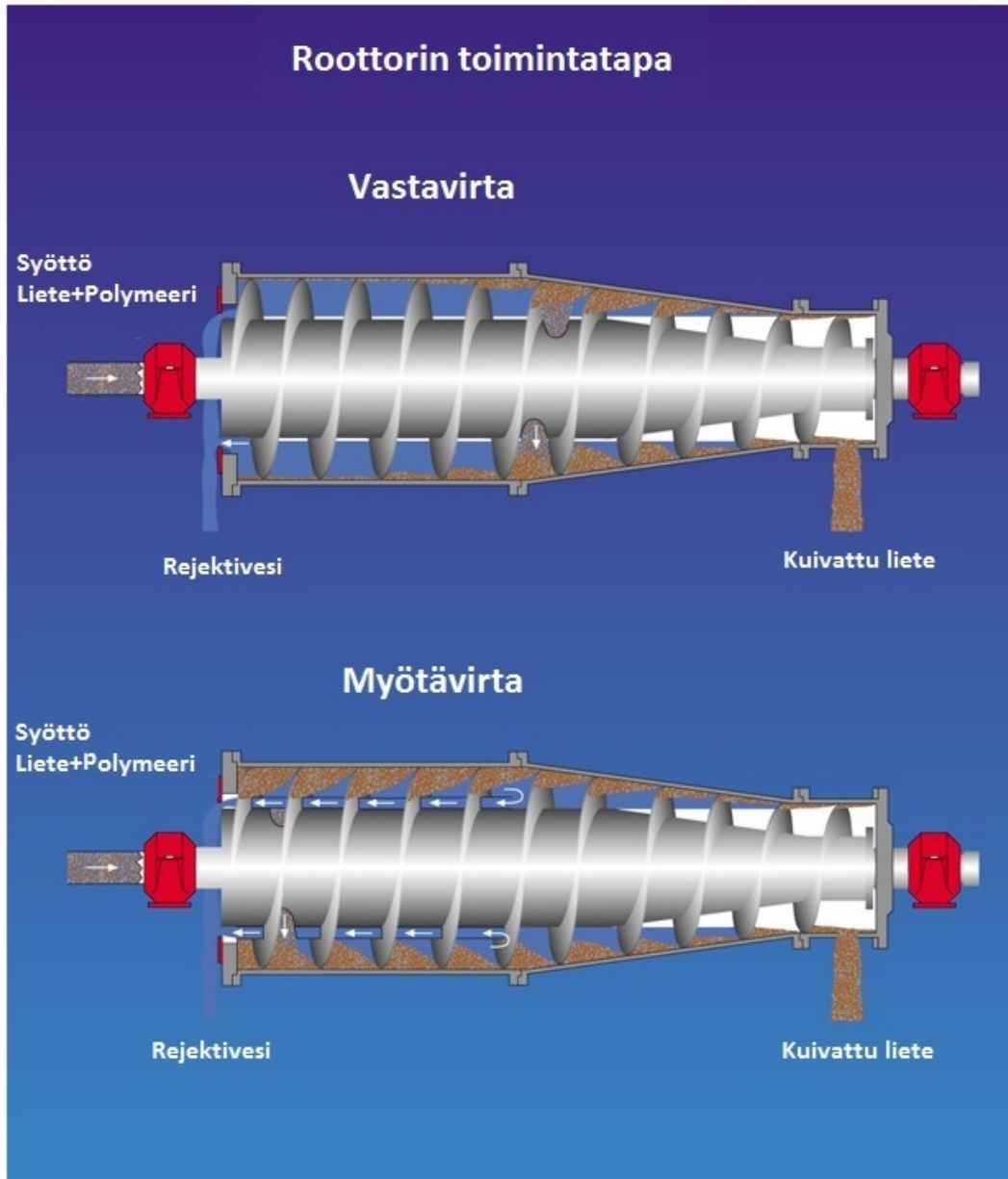
Linkoamisessa eli sentrifugoinnissa hiukkasiin kohdistetaan pyörivän rummun aiheuttama keskipaikoisvoima. Pyörintänopeutta kasvattamalla voidaan saavuttaa 1000–4000-kertainen kiihtyvyys verrattuna maan vetovoimaan. Useimmiten lietteisiin lisätään polymeeriä ennen linkoamista veden erottamisen tehostamiseksi. Yleisimmin käytössä ovat dekanterilingot (Kuvat 1 ja 2), joissa käsiteltävä liete pumpataan pyörivän rummun sisään. Pyöritys ajaa ominaispainoltaan muita raskaammat hiukkaset rummun ulkoreunalle. Rummun sisällä on laakeroitu ruuvi, jonka nopeus poikkeaa hieman rummun nopeudesta. Nopeuseron vuoksi ruuvi siirtää ulkokehälle kertynyttä kiintoainetta kohti rummun kartiomaiseksi muotoiltua kiintoaineen poistopäätä. Rummun vastakkaisessa päässä ovat nestejakeen poistaukot, jotka sijaitsevat kuivajakeen poistaukkoja ulommalla kehällä.

Dekanterilingon erotteluominaisuuksiin, kapasiteettiin ja energiankulutukseen vaikuttavat laitteen ominaisuuksien lisäksi käyttösäädöt, kuten pyörimisnopeus, pyörimisnopeuden ero, patolevyjen korkeus, viipymä ja erottelutilavuus. Yleensä tavoitteena on mahdollisimman kirkas nestejake ja mahdollisimman kuiva, kasalla pysyvä kuivajake. Kaikilla materiaaleilla tämä ei kuitenkaan aina ole edes mahdollista.

Apuaineena käytettäviä polymeerivaihtoehtoja on vähintäänkin kymmeniä erilaisia, jotka toimivat eri tavoin eri raaka-aineilla ja eri lämpötiloissa. Myös polymeerin syöttökohdalla eli reagointiajalla käsiteltävän lietteen kanssa ennen varsinaista veden erotuskohtaa on merkitystä, ja se vaihtelee eri polymeerien kesken. Liian lyhyt reagointiaika ei mahdollista optimaalista flokkautumista. Vastaavasti liian pitkä reagointiaika voi aiheuttaa lingon tukkeutumista tai flokin hajoamisen jo ennen veden erotusvaihetta. Optimaalisen polymeerin löytymiseen saattaa mennä hieman aikaa, mutta polymeeritoimittajat auttavat toiminnanharjoittajia tämän haasteen ratkaisemisessa. Käytännössä käsiteltävälle materiaalille pyritään löytämään tavoitteeseen nähden mahdollisimman hyvä kompromissi kaikista säädöistä ja polymeereistä.

Lietelantaa voidaan separoida myös laskeuttamalla fosforipitoisempi kiintoaine lietesäiliön pohjalle ja hyödyntämällä levityksessä ensin erottunut, typpifosforisuhteeltaan edullisempi pintaneste (ei sekoitusta). Laskeutunut fosforipitoisempi lanta hyödynnetään lopuksi fosforia enemmän sallivilla peltolohkoilla. Menetelmä on yleisesti käytössä hieman eri tavoin sovellettuna erityisesti sikatiloilla, joiden lietelanta on helposti laskeutuvaa. Mikäli tilalla on useita lietesäiliöitä, voidaan niitä hyödyntää sarjassa. Lietelanta johdetaan yhteen säiliöön, josta pintaneste johdetaan seuraavaan säiliöön jne.

Keskitettyssä lannankäsittelyssä laskeutettu pohjalanta täytyisi kuitenkin optimitilanteessa saada laitoskäsittelyyn jatkuvatoimisemmin ympäri vuoden, mikä edellyttää tähän soveltuvan teknologian kehittämistä.



Noxon valmistaa sekä myötävirta- ja vastavirtaperiaatteella toimivia rottoreita



Kuva 2. Dekanterilingon (DC10) läpileikkauskuva (Kuva: Noxonin arkisto).

3. Sian lietelannan linkoukkoet

Linkoukkoetiden päätavoitteena oli saada käytännön tietoa lingon soveltuvuudesta erilaisten sian lietelantojen käsittelyyn sekä kuiva-aineen että ravinteiden erotuksen näkökulmasta. Sian lietelannan linkousta testattiin ensin eri kokoluokan laitteistoilla käytännön mittakaavassa (liikuteltava konttiratkaaisu, Turun biokaasulaitoksen uusi linko). Koeajoissa oli varsin paljon teknisiä haasteita, mutta niiden perusteella kävi selväksi, että sian lietelannan linkoaminen ilman polymeeriä on hyvin haasteellista, ellei jopa mahdotonta. Koska tavoitteena oli kuitenkin saada luotettavaa tietoa ravinteiden erottuvuudesta massataseiden tasolla, toteutettiin kolmas koeajo kolmella erilaisella lietelannalla pilot-mittakaavan lingolla.

3.1. Koejärjestelyt

Koeajoissa tutkittiin kolmen erilaisen sian lietelannan käyttäytymistä linkouksessa. Lannat olivat peräisin välikasvattamosta ja kahdesta lihasikalasta, ja niiden kuiva-ainepitoisuudet (TS) vaihtelivat 2,7–10,1 % (Taulukko 2). Yhtä lannoista testattiin yhden päivän ajan. Lannat otettiin tuoreina suoraan eläinsuojista ja kuljetettiin Vehmaan biokaasulaitokselle, jossa kuorma purettiin välivarastona toimivaan konttiin (Kuva 3). Kontissa oli jatkuva sekoitus laskeutumisen estämiseksi ja lannan pitämiseksi tasalaatuisena koeajon ajan.

Taulukko 2. Linkokoeajoissa tutkittujen sian lietelantojen kuiva-aineen ja orgaanisen aineen sekä pääravinteiden pitoisuudet (tulokset tuorepainona; lisää analyysituloksia taulukossa 5).

	TS (%)	VS (%)	Nkok (kg/t)	Nliuk (kg/t)	Pkok (kg/t)	Pliuk (kg/t)	K (kg/t)
Lanta 1: Välikasvattamo	10,1	8,3	5,8	3,6	1,6	0,21	3,9
Lanta 2: Lihaskala	6,9	6,4	4,3	2,6	1,4	0,16	2,7
Lanta 3: Lihaskala	2,7	1,9	3,7	2,5	0,5	0,34	1,1

TS=kuiva-aine, VS=orgaaninen aine, Nkok=kokonaistyyppi, Nliuk=vesiliukoinen tyyppi, Pkok=kokonaisfosfori, Pliuk=vesiliukoinen fosfori, K=kalium

Linkouksen apuaineena käytettiin kahta nestemäistä polymeeriä (Flopam EM 640 CT ja Flopam EM 840 CT) polymeeritoimittajan esikokeiden perusteella. Nestemäiset polymeerit ovat jauhemaisia kalliimpia, mutta esikokeissa toimivat jauhemaisia paremmin. Koeajossa nestemäiset polymeerit laimennettiin varastoliuoksesta (40 %) syöttöliuokseksi (0,1 %) ennen käyttöä. Polymeeriannokset laskettiin kiloina kuivaa polymeeriä (100 %).

Koeajossa säädetyt parametreja olivat: lannan syöttömäärä, polymeeri, polymeeriannos, polymeerin syöttöpaikka (vaikutusaika), lingon kierrosnopeus ja lingon patolevyjen korkeus. Varsinainen linkokoeajo ostettiin alihankintana VTT:ltä. Koeajossa käytettiin liikuteltavaa linkoa (Vestfalia UCD 205; kapasiteetti 0–4 m³/h, g-arvo max. 3400 ja kierrosnopeus max. 3 000 rpm).

Koeajon lähtökohtana oli saada aikaan mahdollisimman kirkas nestejake siten, että erottuva kuivajake pysyi kasalla. Linkouksen aikana optimaalisia säätöjä (lingon säädöt, polymeerin syöttö) haettiin silmämääräisesti kuiva- ja nestejakeen ominaisuuksia arvioimalla (kuivajakeen läjitysominaisuudet, nestejakeen sameus; Kuva 3). Silmämääräisen arvioinnin perusteella valittiin parhaat näytepisteet, joista mitattiin virtaamat (lantavirtaama, neste- ja kuivajaevirtaama) sekä otettiin näytteet kaikista jakeista tarkempia analyysejä varten. Valittujen näytepisteiden näytteiden kuiva-ainepitoisuudet mitattiin myös paikanpäällä pikakuiva-aineanalyysointilla, mutta tässä raportoinnissa käytetään standardimenetelmin analysoituja tuloksia (Eurofins Viljavuuspalvelu).



Kuva 3. Koeajolinko (yläkuvat), nestejakeen sameuden arviointia eri polymeeriannoksilla (vasen alakulma) ja lannan välivarastokontti Vehmaan biokaasulaitoksella (oikea alakulma).

3.2. Tulokset

Näytepisteitä oli tutkistusta lietalannasta riippuen kolmesta viiteen. Tulosten tarkastelussa huomioitiin 2–4 parhaimman näytepisteen tulokset jokaista tutkittua lantaa kohden.

3.2.1. Massa-, typpi- ja fosforitaseet

Lannoilla 1 ja 2 nestejakeetta muodostui 75–87 % ja lannalla 3 vastaavasti 93–96 % lingon syöttövirtaamasta (lanta+polymeeriliuos). Polymeerin kulutus oli alhaisimman kuiva-ainepitoisuuden lannalla (lanta 3, TS 2,7 %) selvästi suurempaa kuin kuiva-ainepitoisuuksiltaan 10,1 %:n ja 6,4 %:n lannoilla 1 ja 2 (Taulukko 3).

Lanta 2 oli kaikkein helpoin lingottava. Tuloksissa ei ollut merkittäviä eroja eri asetusten ja polymeerien välillä. Lannalla 1 linkoaminen saatiin myös onnistumaan hyvin. Parhaimmillaan nestejakeen fosforipitoisuudeksi jäi vain 0,05 kg/t (Taulukko 4) ja Nkok:Pkok-suhde oli 40–50 (raakalietteissä 1,7–3,6; Taulukko 2). Tällöin myös kuivajakeet olivat varsin kuivia (TS 28 %; Taulukko 4).

Alhaisimman kuiva-ainepitoisuuden lanta 3 (TS 2,7 %) oli haastava lingottava. Tämänkin lannan kiintoaineen ja ravinteiden erottuvuus oli saatavissa lähes vastaavalle tasolle kuin korkeamman kuiva-aineen lannoilla, mutta polymeeriä kului paljon. Syöttövirtaama lingolle oli selvästi alkuperäistä lantavirtaamaa suurempi, jolloin linkouksessa muodostuvan nestejakeen määrä nousi jopa kolminkertaiseksi alkuperäiseen lantamäärään verrattuna (Taulukko 3). Toisaalta, jos jakeiden laatuavoitteista hiukan tingittiin, niin melko hyvä linkoustulos saavutettiin kohtuullisella polymeerin kulutuksella. Tällöin nestejakeetta muodostui 1,6-kertainen määrä verrattuna alkuperäiseen lantamäärään (Taulukko 4, Lanta 3B).

Taulukko 3. Linkokoeajon tulokset testatuilla lannoilla näytepisteiden keskiarvona tai vaihteluvälinä.

	Lanta 1	Lanta 2	Lanta 3
TS (%)	10,1	6,4	2,7
Lantavirtaama (m ³ /h)	1–2	1–2	1–2
Kierrosnopeus (rpm)	2000–3000	2000–3000	3000
Patolevyjen asento	keski	matala – keski	matala – keski
Polymeeriannos ¹ (l/t-FM)	400–900	500–600	700–2000
Polymeerin kulutus ² (kg/t-TS)	4,8–7,9	8,0–9,4	25–73
Nestejae (% virtaamasta)	75–77	79–87	93–96
Nestejae:			
-TS (%)	0,9	0,9	0,6
-Nkok (kg/t)	2,6	2,0	1,2
-N vesiliukoinen (kg/t)	1,9	1,6	0,8
-Pkok (kg/t)	0,06	0,06	0,1
-P vesiliukoinen (kg/t)	0,03	0,03	0,08
Kuivajae:			
-TS (%)	23	25	22
-Nkok (kg/t)	7,4	10,9	10,2
-N vesiliukoinen (kg/t)	2,3	2,0	2,3
-Pkok (kg/t)	3,2	5,8	3,6
-P vesiliukoinen (kg/t)	0,3	0,4	0,7
Nestejakeen määrä suhteessa alkuperäiseen lantamäärään	1,1–1,5	1,3–1,4	1,6–2,9

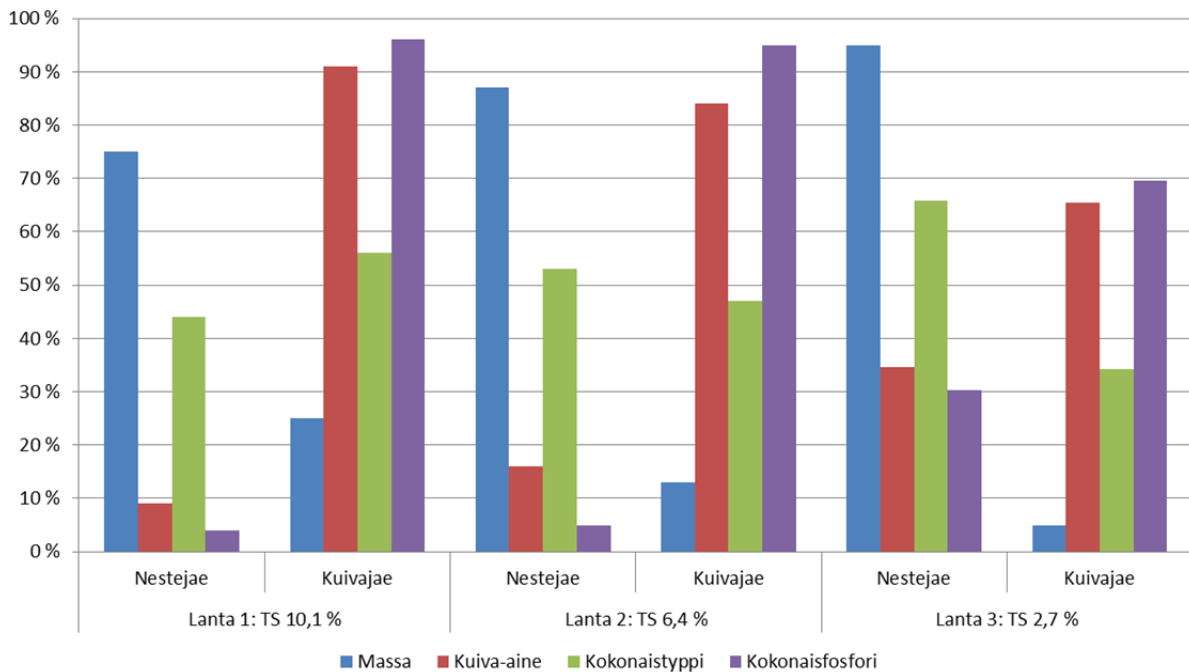
¹ Polymeeriannos käyttövahvuudessa 0,1 %; ² Polymeerin kulutus 100 %:na lannan kuiva-ainekiloa kohden

Taulukko 4. Linkokoeajojen parhaat tulokset testatuilla lannoilla.

	Lanta 1	Lanta 2	Lanta 3A	Lanta 3B
TS (%)	10,1	6,4	2,7	2,7
Lantavirtaama (m ³ /h)	1	2	1	2
Kierrosnopeus (rpm)	2000	3000	3000	3000
Patolevyjen asento	keski	matala	keski	matala
Polymeeriannos ¹ (l/t-FM) ja käytetty polymeeri	400 EM 640	500 EM 840	2000 EM 640	700 EM 840
Polymeerin kulutus ² (kg/t-TS)	4,8	8,0	73	25
Nestejae (% virtaamasta)	75	87	96	94
Nestejae:				
-TS (%)	0,9	0,8	0,5	0,7
-Nkok (kg/t)	2,5	2,0	0,85	1,3
-N vesiliukoinen (kg/t)	2,0	1,6	<0,5	1,0
-Pkok (kg/t)	0,05	0,05	0,08	0,11
-P vesiliukoinen (kg/t)	0,04	0,03	0,06	0,10
Kuivajae:				
-TS (%)	28	28	25	21
-Nkok (kg/t)	9,8	12,0	13,0	12,0
-N vesiliukoinen (kg/t)	2,6	1,7	2,2	2,3
-Pkok (kg/t)	3,8	6,8	4,9	4,4
-P vesiliukoinen (kg/t)	0,4	0,4	0,3	0,4
Nestejakeen määrä suhteessa alkuperäiseen lantamäärään	1,1	1,3	2,9	1,6

¹ Polymeeriannos käyttövahvuudessa 0,1 %; ² Polymeerin kulutus 100 %:na lannan kuiva-ainekiloa kohden

Lannan kuiva-ainepitoisuus vaikutti fosforin erotustehoon myös massataseina tarkasteltaessa. Korkeamman TS-pitoisuuden lannoilla kuivajakeita muodostui 13–25 % lingo kokonaisvirtaamasta sisältäen 93–96 % kokonaisfosforista (Kuva 4). Nestejakeeseen jäi pienen fosforimäärän lisäksi 44–53 % kokonaistypestä, josta vesiliukoista tyyppiä oli 70–80 %. Nkok:Pkok-suhde muuttui lietalannan 3,1–4,6:sta nestejakeen 28–55:een. Alhaisimman TS-pitoisuuden lannan kokonaisfosforista keskimäärin 70 % erottui kuivajakeeseen. Nkok:Pkok-suhde muuttui siten myös selvästi vähemmän (7,4:stä 8,5–14:ään) kuin korkeamman kuiva-aineen lannoilla.



Kuva 4. Sian lietalantojen 1-3 linkouksen massatase massan, kuiva-aineen, tyyden ja fosforin jakautumisesta neste- ja kuivajakeisiin.

Liukoisen fosforin osuus kokonaisfosforista vaihteli tutkittujen lietalantojen välillä. Korkeamman kuiva-ainepitoisuuden lannoilla 1 ja 2 vesiliukoisen fosforin osuus oli 11–13 %, kun taas lietalannassa 3 vesiliukoista oli 68 % kokonaisfosforista. Lannan 3 nestejakeen fosforipitoisuus jäi myös lingoissa hiukan muita lantoja korkeammalle tasolle.

Tulosten perusteella voidaan todeta, että polymeerin kulutus kasvaa kuiva-ainepitoisuuden alentuessa, mikä lisää nestejakeen määrää. Lisävarastotarve voi olla varsin suuri ja aiheuttaa siten merkittäviä lisäkustannuksia tilalle. Taloudellista kannattavuutta tarkastellaan tarkemmin luvussa 4.

3.2.2. Kalium, hivenravinteet ja haitalliset metallit

Linkokoeajojen näytteistä analysoitiin pääravinteista myös kalium ja hivenravinteista rikki, mangaani ja boori sekä haitalliset metallit (Cd, Cr, Cu, Ni, Zn, As, Hg ja Pb). Kaliumin havaittiin jakaantuvan pitoisuutena tarkasteltuna melko tasan kuiva- ja nestejakeiden välillä (Taulukko 5). Massataseen keskiarvona kuitenkin 88 % kaliumista päätyi nestejakeeseen. Kaliumin jakaantuminen tutkituilla lietalannoilla vastasi massan jakaantumista eri jakeisiin. Muiden analysoitujen hivenravinteiden havaittiin päätyvän enemmän kuivajakeeseen, koska niiden pitoisuudet ovat nestejakeessa alemmat kuin lietalannassa. Täsmällisemmän massatase-tarkastelun tekeminen ei aineistosta onnistu, koska useat pitoisuudet ovat hyvin lähellä alimpia määrittäjärajvoja tai sen alle, jolloin laskennan virhemarginaali kasvaa suureksi.

Taulukko 5. Linkokoeajossa testattujen lantojen, kuiva- ja nestejakeiden kaliumin, hivenravinteiden ja haitallisten metallien pitoisuudet sekä tuorepainoa että kuiva-ainetta kohden.

	K	S	Mn	B	Cd	Cr	Cu	Ni	Zn
	kg/tFM	kg/tFM	g/tFM	g/tFM	g/t-FM	g/t-FM	g/tFM	g/tFM	g/tFM
	g/kgTS	g/kgTS	g/kgTS	mg/kgTS	mg/kgTS	mg/kgTS	mg/kgTS	mg/kgTS	mg/kgTS
Lanta 1:	3,9	0,6	20	3,8	0,02	0,85	12,7	0,85	61
Välikas-	38	6,0	0,2	38	0,21	8,4	125	8,1	600
vattamo									
Lanta 1/	1,3	1,1	49	6,1	0,04	2,8	30	2,2	125
kuivajae	5,6	4,5	0,2	26	0,17	11,5	130	9,2	545
Lanta 1/	1,4	0,10	<10	0,65	<0,1	<3	0,1-<1,5	0,10	0,35
nestejaje	160	6,9	0,05	74	<0,12	<3	9,6	5,2	43
Lanta 2:	2,7	0,4	<10	2,6	0,02	<0,2	7,4	0,5	37
Liha-	42	6,2	0,3	41	0,33	<3	120	7,2	570
sikala									
Lanta 2/	1,4	1,3	100	7,0	0,10	1,1	40	2,2	190
kuivajae	5,8	5,2	0,4	27	0,4	4,4	157	8,7	740
Lanta 2/	1,4	0,10	<10	2,8	<0,1	0,20	<1,5	0,13	0,10
nestejaje	160	7,0	0,10	76	<0,1	5,7	4,0	12	13
Lanta 3:	1,1	0,2	<10	1,3	0,01	0,2	5,4	0,3	16
Liha-	40	8,1	0,3	48	0,26	7,5	200	9,6	600
sikala									
Lanta 3/	0,73	1,3	100	5,5	0,073	3,8	64	3,3	187
kuivajae	3,8	7,4	0,4	31	0,41	20	355	18	1025
Lanta 3/	0,68	0,10	<10	0,60	<0,1	<3	0,30	0,10	0,75
nestejaje	107	13	0,2	99	0,22	<3	45	7,2	122

K=kalium, S=rikki, Mn=mangaani, B=boori, Cd=kadmium, Cr=kromi, Cu=kupari, Ni=nikkeli, Zn=sinkki
 Arseenin (As), elohopean (Hg) ja lyijyn (Pb) pitoisuudet olivat alle määrittärajien.

3.2.3. Metaanintuottopotentiaali

Metaanintuottopotentiaali (BMP) määritettiin yhteensä 14 linkokeajon näytteelle. Näistä kolme oli alkuperäisiä sian lietelantoja ja loput niistä separoituja neste- ja kuivajakeita. Kokeessa olleet materiaalit ja niistä määritettyjen kuiva-aineen (TS) ja orgaanisen kuiva-aineen (VS) pitoisuudet on esitetty taulukossa 6. TS- ja VS-määritykset tehtiin standardin SFS 3008 mukaisesti.

Taulukko 6. Näytteiden TS- ja VS-pitoisuudet tuorepainoa kohti.

Näytteen nimi	TS (g/kg)	VS (g/kg)
Lanta 1	7,37	58,06
Lanta 1: piste 2, neste	0,75	2,36
Lanta 1: piste 2, kuiva	24,07	205,82
Lanta 1: piste 3, neste	1,14	4,95
Lanta 1: piste 3, kuiva	28,78	246,09
Lanta 2	5,34	39,16
Lanta 2: piste 1, kuiva	16,04	132,62
Lanta 2: piste 3, neste	0,82	3,25
Lanta 2: piste 3, kuiva	26,54	219,86
Lanta 3	3,56	24,42
Lanta 3: piste 1, neste	0,56	3,99
Lanta 3: piste 1, kuiva	21,88	183,22
Lanta 3: piste 4, neste	0,602	3,95
Lanta 3: piste 4, kuiva	21,41	182,95

Metaanipotentiaalikoe suoritettiin kolmena rinnakkaisena käsittelyä. Koe toteutettiin 500 ml lasipulloissa, joihin kaikkiin lisättiin mikrobiympäristöä. Lietelannoille ja kuivajakeille näytteen ja ympin VS/VS -suhde kokeessa oli 0,75. Nestejakeille näytteen ja ympin VS/VS -suhde oli 0,15 (poislukien yksi näyte, jonka TS ja VS määritykset tehtiin myöhemmin). Näytemäärä mitoitettiin siten, että lisätyssä näytemäärässä oli lietelannoilla ja kuivajakeilla keskenään sama määrä orgaanista kuivaainetta. Samoin nestenäytteillä oli keskenään sama määrä orgaanista kuivaainetta. Pullot täytettiin ionivaihdetulla vedellä 400 ml nestetilavuuteen, paitsi yhden nestenäytteen kohdalla tilavuus oli jo näytteen myötä suurempi, 433 ml.

Koe toteutettiin 37 ± 1 °C:ssa ja kokeen kokonaiskesto oli 31 vuorokautta. Ympinä käytettiin täyden mittakaavan biokaasulaitoksen reaktorilietettä (Envor Biotech Oy, Forssa).

Pulloihin lisättiin pH:n puskuroimiseksi natriumbikarbonaattia (NaHCO_3) annostuksella 3 g/l. Näyteseosten pH:t olivat ennen koetta tasolla 7,5–7,9, eikä pH:n nostoa tarvittu.

Pullot suljettiin kaasutiiviisti korkeilla, joihin kiinnittyi kaasuletkut. Pulloissa muodostuva biokaasu johdettiin letkuilla CO_2 -sitomisyksikköön, jossa biokaasun sisältämä hiilidioksidi reagoi natriumhydroksidin kanssa. Jäljelle jäävä metaani johdettiin edelleen kaasun tilavuusmittaukseen, joka perustuu nesteensyrjäytykseen. Ennen kokeen alkua pullojen kaasutila ja letkulinjat huuhdeltiin hiilidioksidilla, jotta olosuhteet saatiin hapettomiksi.

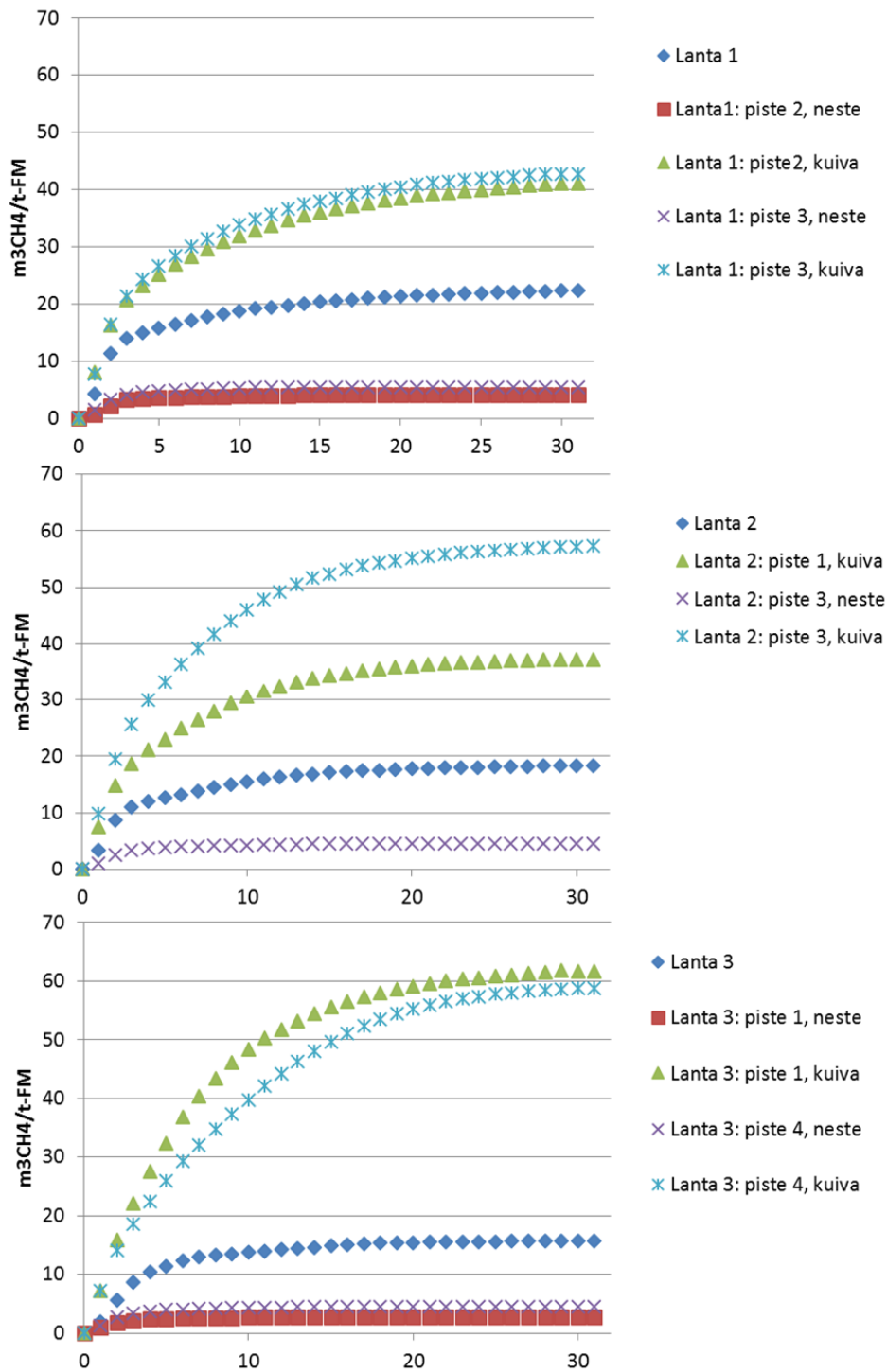
Tulokset

Lietelantojen metaanintuottopotentiaali orgaanista ainetta kohden vaihteli välillä $384\text{--}643 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{t-VS}$ (Taulukko 7) ollen korkein alhaisimman kuiva-ainepitoisuuden lannalla 3 ja alhaisin korkeimman kuiva-ainepitoisuuden lannalla 1. Tuorepainoa (FM) kohden tulos oli päinvastainen metaanintuottopotentiaalien ollessa välillä $15,7\text{--}22,3 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{t-FM}$.

Tuorepainoa kohti kuivajakeet tuottivat odotetusti eniten metaania ($37\text{--}62 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{t-FM}$) ja nesteet vähiten ($2,7\text{--}5,4 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{t-FM}$; Taulukko 7). Kuiva-ainetta ja orgaanista kuiva-ainetta kohti tilanne oli luonnollisesti päinvastainen. Nestejakeiden VS-kohtaiset metaanintuotot ovat erittäin korkeita, koska nestejakeessa on paljon liuennutta orgaanista ainetta, mikä ei näy VS-analyysissä. Nestejakeille kuvaavampi analyysi olisikin kemiallisen hapenkulutuksen (COD) määrittäminen ja metaanintuoton suhteuttaminen COD:n määrään. Kaikki näytteet hajosivat varsin nopeasti (Kuva 5), ts. 20 päivän viiptymän jälkeen 94–100 % kokonaismetaanintuotosta oli jo saavutettu.

Taulukko 7. Tutkittujen näytteiden metaanintuottopotentialit tuorepainoa, kuiva-ainetta ja orgaanista kuiva-ainetta kohden (tulokset NTP, lämpötila 0 °C = 273,15 K, paine 1 atm). Mikrobiympin vaikutus on vähennetty.

Metaanintuottopotentialit					
	(m³ CH₄/t-FM)	(m³ CH₄/t-TS)	(m³ CH₄/t-VS)	keskihajonta	
Lanta 1	22,3	302	384	0,88 %	N = 3
Lanta 1: piste 2, neste	4,0	540	1715	3,42 %	N = 2
Lanta 1: piste 2, kuiva	41,1	171	200	2,61 %	N = 3
Lanta 1: piste 3, neste	5,4	471	1085	0,89 %	N = 3
Lanta 1: piste 3, kuiva	42,7	148	174	4,89 %	N = 2
Lanta 2	18,3	342	466	1,67 %	N = 3
Lanta 2: piste 1, kuiva	37,3	233	281	0,45 %	N = 3
Lanta 2: piste 3, neste	4,6	558	1407	4,19 %	N = 3
Lanta 2: piste 3, kuiva	57,3	216	261	0,58 %	N = 3
Lanta 3	15,7	441	643	0,26 %	N = 3
Lanta 3: piste 1, neste	2,7	475	667	3,22 %	N = 3
Lanta 3: piste 1, kuiva	61,7	282	337	5,24 %	N = 2
Lanta 3: piste 4, neste	4,5	743	1132	8,62 %	N = 3
Lanta 3: piste 4, kuiva	58,8	275	322	1,17 %	N = 3



Kuva 5. Metaanintuottopotentialikuvaajat tuorepainoa kohden lanta-/jaekohtaisesti. Mikrobiympin vaikutus on vähennetty.

Lietelannoista erotettujen kuivajakeiden metaanintuottopotentialit tuorepainoa kohden olivat selvästi korkeammat kuin lietelantojen, mikä parantaa sen kuljetettavuutta mahdollisen biokaasuhyödyntämisen energiatehokkuuden näkökulmasta. Huomattavaa on myös, että kokeessa käytetyn tuoreena eläinsuojasta kerätys lannan ja siten siitä erotetun kuivajakeiden metaanintuottopotentialit orgaanista ainesta kohden olivat selvästi korkeammat kuin usein erilaisissa laskennoissa keskiarvona käytetyt luvut, jotka on usein määritetty varastoidusta lannasta (lietelanta kokeessa 384–643 m³CH₄/t-VS vs. kirjallisuudessa ~300 m³CH₄/t-VS, kuivajae kokeessa 174–337 m³CH₄/t-VS vs. kirjallisuudessa ~200 m³CH₄/t-VS).

4. Separoinnin kannattavuus ja ympäristövaikutukset sikatilalla

4.1. Separoinnin kannattavuus esimerkkitalalla

Separointitarkastelua varten luotiin kaksi kuvitteellista esimerkkiä sikatiloista, jotka sijaitsevat kotieläintuotannon ja siten lannan keskittymässä:

<p><u>Tila 1. Lihasukkala:</u> 1500 sikapaikkaa 3000 m³/a lantaa 100 ha omaa peltoa</p>	<p><u>Tila 2. Lihasukkala:</u> 3000 sikapaikkaa 6000 m³/a lantaa 100 ha omaa peltoa</p>
--	--

Tila 1 voi levittää lietelanta omille pelloilleen ilman, että EU:n nitraattidirektiivin ja sen kansallisen asetuksen (1250/2015) mukaista typpirajaa (170 kg/ha) ylitetään. Ympäristökorvausjärjestelmässä (Maaseutuvirasto 2015) mukana oleminen (fosforiraja <15 kg/ha) vaatii kuitenkin, että noin puolet lannasta luovutetaan joko naapuritalalle tai läheiseen biokaasulaitokseen. Tilan 2 tuotanto on kaksinkertainen. Tällöin lietelantaa täytyy joka tapauksessa kuljettaa tilalta pois, koska omat pellot eivät riitä levitykseen edes nitraattidirektiivin ehtojen täyttymiseksi.

Lietelannan separointi neste- ja kuivajakeeseen tuo tiloille mahdollista hyötyä erityisesti kuljetus- ja levityskustannuksissa. Separoinnin kustannuksia ja hyötyjä tiloille selvitetiin kummassakin tarkastellussa vaihtoehdossa arvioimalla erilaisten lannankäsittelyn ratkaisujen kannattavuutta. Vaihtoehdoissa tilan lietelantaa joko ei separoida tai se separoidaan ruuvipuristimella tai dekantterilingolla (Taulukko 8). Lähtötilanteeksi valittiin lannankäsittely A, jossa tila jättäytyy ympäristökorvausjärjestelmän ulkopuolelle. Muissa lannankäsittelyissä (B – E) tila on ympäristökorvausjärjestelmässä mukana.

Taulukko 8. Esimerkkitalojen vaihtoehtoiset tavat lietelannan käsittelyyn.

Tila 1:	<p>1A Ei separointia, ei ympäristökorvausta. Lietelannan levitys omille pelloille.</p>	<p>1B Ei separointia, ympäristökorvaus. Lietelannan levitys omille ja naapurin pelloille.</p>
	<p>1C Ruuvipuristin. Nestejakeen levitys omille ja naapurin pelloille, kuivajakeen levitys naapurin pelloille.</p>	<p>1D Dekantterilinko. Nestejakeen levitys omille pelloille, kuivajakeen levitys omille ja naapurin pelloille.</p>
Tila 2:	<p>2A Ei separointia, ei ympäristökorvausta. Lietelannan levitys omille ja naapurin pelloille.</p>	<p>2B Ei separointia, ympäristökorvaus. Lietelannan levitys omille ja naapurin pelloille.</p>
	<p>2C Ruuvipuristin. Nestejakeen levitys omille ja naapurin pelloille, kuivajakeen levitys naapurin pelloille.</p>	<p>2D Dekantterilinko. Nestejakeen levitys omille pelloille, kuivajakeen levitys omille ja naapurin pelloille.</p>

Lietelannalle on kehitetty useita erilaisia separointitekniikoita, joiden kuiva-aineen ja ravinteiden erotuskyky vaihtelevat. Tässä hankkeessa tarkasteltaviksi valittiin ruuVIPuristin ja dekantterilinko, koska niillä molemmilla saadaan aikaan kasalla pysyvää kuivajakeetta. RuuVIPuristin on tilalle huomattavasti edullisempi hankinta, mutta erityisesti fosforin erotusteho kuivajakeeseen ei ole yhtä korkea kuin dekantterilingolla. Dekantterilingon hankintahinta on ruuVIPuristimeen verrattuna moninkertainen, mutta sillä saavutetaan myös parempi erotusteho (Taulukko 9).

Taulukko 9. Sian lietelannan (Taulukot 13 ja 16) ja siitä separoitujen neste- ja kuivajakeiden ominaisuudet. Sekä kuiva- että nestejakeiden tyyppien pitoisuuksissa huomioitiin häviöt varastoinnissa (Taulukko 15).

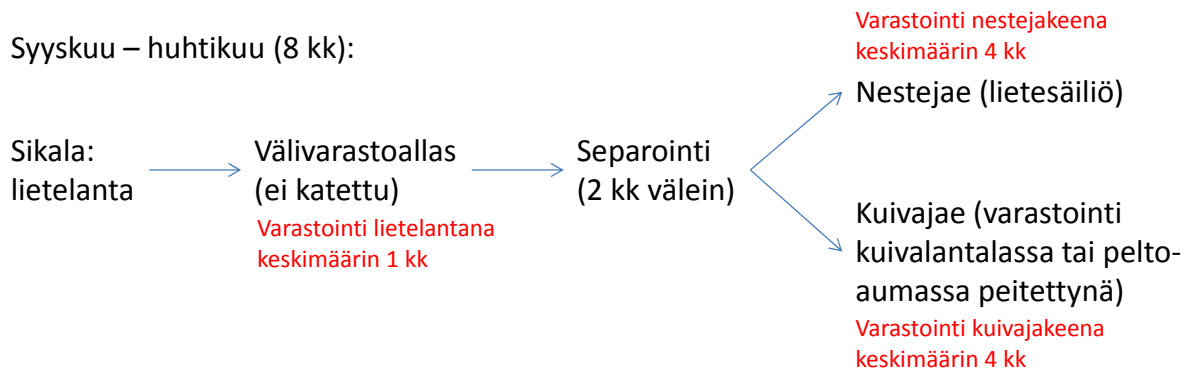
RuuVIPuristin				
	Lietelanta	Erottelukerroin¹	Kuivajae	Nestejae
Massa (t)	1,0	6	1,0	1,0
Kuiva-aine (kg/t)	59	26	257	47
Orgaaninen aines (kg/t)	48	26	210	38
N kok (kg/t)	3,7	8	4,0	3,5
N liuk (kg/t)	2,4	4	1,7	2,4
P kok (kg/t)	1,0	14	2,4	0,9
K (kg/t)	1,7	4	1,1	1,7
Dekantterilinko				
	Lietelanta	Erottelukerroin²	Kuivajae	Nestejae
Massa (t)	1,0	15	1,0	1,0
Kuiva-aine (kg/t)	59	82	220	8,4
Orgaaninen aines (kg/t)	48	88	190	4,6
N kok (kg/t)	3,7	48	6,4	1,4
N liuk (kg/t)	2,4	37	2,8	1,1
P kok (kg/t)	1,0	94	4,3	0,05
K (kg/t)	1,7	15	1,1	1,1

¹ Luostarinen ym. 2011; ² Tämän hankkeen tulokset, ks. Taulukko 4 (Lanta 2).

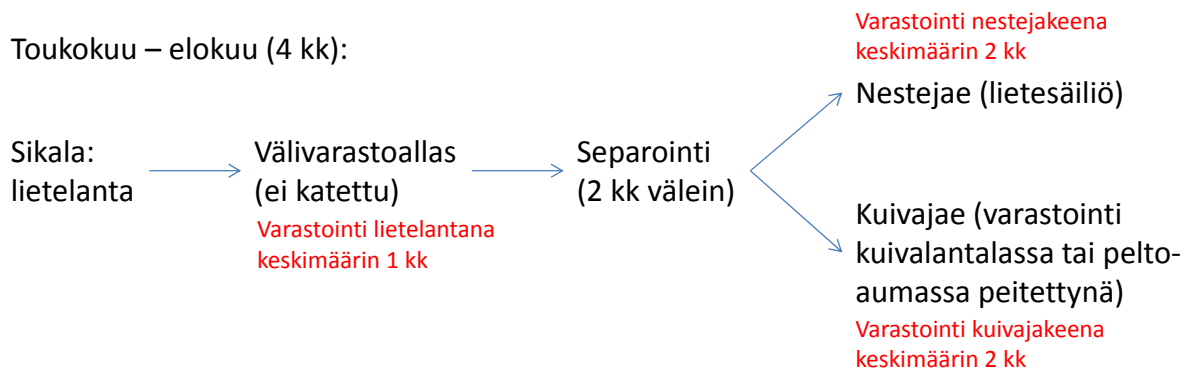
Lietelantaa separoitiin tiloilla noin 2 kuukauden välein erissä (Kuva 6) ja lietelantaa varastoitettiin täten välivarastoaltaassa vain lyhyesti (keskimäärin 1 kk) ennen separointia. Näin lyhyelle varastoinnille ei huomioitu typpihävikkiä. Typpihävikki laskettiin sen sijaan separoitujen kuiva- ja nestejakeiden varastoinnille ennen levitystä. Myös pelkälle lietelannalle ilman separointia oletettiin typpihävikiksi 6,2 % kokonaistypestä ja 9,5 % liukoisesta tyyppistä (Taulukko 15).

Separoitu nestejae varastoitettiin tilalle investoitavassa lietesäiliössä. Separoitua kuivajakeetta varastointiin aluksi jonkin aikaa tilan olemassa olevassa avoimessa kuivalantalassa, josta se siirrettiin peltoaumaan varastoitavaksi peitettyä. Vaikka Nitraattiasetuksen (VNA 1250/2015) mukaan aumavarastoitavan separoidun kuivajakeen kuiva-ainepitoisuuden tulisi olla vähintään 30 % ja laskennassa käytetyn kuivajakeen kuiva-ainepitoisuus jää hieman sen alle (22–26 %), peltovarastointia käytettiin siitä huolimatta (kork. 4 vko separoivalle sikatilalle, naapurituloille pidempi varastointi).

Syyskuu – huhtikuu (8 kk):



Toukokuu – elokuu (4 kk):



Kuva 6. Lietelannan ja separoitujen jakeiden varastointi esimerkkituloilla ja kuivajaeita vastaanottavilla naapuri-tiloilla.

Suurimmat säästöt separoinnilla saavutetaan kuljetus- ja levityskustannuksissa. Tilan voi myös olla helpompi järjestää kuivajakeen kuljetus tilan ulkopuolelle, jolloin mahdollisuudet olla mukana ympäristökorvausjärjestelmässä paranevat. Pientä säästöä saadaan lisäksi vähentyneestä varastointitilan tarpeesta, jos separointi tehdään ruuvipuristimella. Dekantterilingolla polymeerin käyttö päinvastoin lisää nestejakeelle tarvittavaa varastokapasiteettia. Merkittävä säästö saavutetaan myös lannan ravinteiden optimaalisemmalla käytöllä. Muodostuvan nestejakeen N:P-suhde on korkeampi kuin liete-lannalla. Koska liete-lannan levitystä rajoittaa fosforin määrä, pystytään nestejaetta käyttämällä levittämään peltoon enemmän lantaperäistä tyyppiä ja saavutetaan säästöjä mineraalityppilannoitteiden käytössä. Kaikkia separoinnin hyötyjä, kuten vähentyneet hajuhaitat ja nestejakeen helpompi käsiteltävyys, ei kuitenkaan voi mitata suoraan rahassa, vaikka niilläkin saattaa olla vaikutusta investointipäätöstä tehtäessä.

Separoinnin kustannukset muodostuvat separaattorin hankinta- ja ylläpitokustannuksista, työajasta ja sähkönkulutuksesta. Molemmille mallituloille ja tarkastelluille lannankäsittelyvaihtoehdoille laskettiin separoinnin kustannukset ja hyödyt käyttäen taulukossa 10 esitettyjä lähtöarvoja.

Taulukko 10. Kustannuslaskennassa käytettyjä lähtöarvoja.

	Hinta	Yksikkö	Lähde	
Ravinteiden hinnat:				
N	0,95	€/kg	Kasper-fosforilaskuri	
P	1,95	€/kg	Kasper-fosforilaskuri	
K	0,90	€/kg	Kasper-fosforilaskuri	
Lannan kuljetus ja levitys:				
Lietelannan sijoituslevitys	2,75	€/m ³	Palva 2015	
Kuivalannan levitys	2,45	€/m ³	Palva 2015	
Lannan siirtoajo levityksen yhteydessä	0,40	€/m ³ /km	Palva 2015	
Omien peltojen keskimääräinen etäisyys tilakeskuksesta (Varsinais-Suomi)	2,9	km	Hiironen ja Ettanen 2012	
Kuljetus, traktori ja perävaunu (15 m³)	57,00	€/h	Palva 2015	
Traktorin ajonopeus	30	km/h		
Kuljetus, kuorma-auto (20 m³)	63,00	€/h	Palva 2015	
Kuorma-auton ajonopeus	50	km/h		
Kuormaustyö	47,20	€/h	Palva 2015	
Separointi:				
Työmenekki, separointi	0,025	h/m ³ lietelanta	Kässi ym. 2013	
Työ	16,30	€/h	Palva 2015	
Sähkönkulutus, ruuvipuristin	0,173	kWh/m ³	Kässi ym. 2013	
Sähkönkulutus, dekantterilinko	0,345	kWh/m ³	Kässi ym. 2013	
Sähkönkulutus, lietepumppu	0,173	kWh/m ³	Kässi ym. 2013	
Sähkö	0,094	€/kWh	www.sahkonhinta.fi	
Polymeerinkulutus	1,28	l/t tp	Tämä hanke	
Polymeeri	2,60	€/kg	Biovakka Suomi Oy, suullinen tiedonanto	
Investointikustannuksia:			käyttöikä:	
Ruuvipuristin (kiinteästi asennettu)	23 500	€	12	Kässi ym. 2013
Dekantterilinko	80 000	€	12	Paavola ym. 2015
Huolto ja varaosat	2	% investointikustannuksista		Kässi ym. 2013
Lietepumppu	4 500	€	12	Kässi ym. 2013
Lietesäiliö	24	€/m ³	20	MMM 2015
Kuivalantala, avoin	23	€/m ³	20	MMM 2015
Kuivalantalan kiinteä vesikatto ja seinät	100	€/m ²	20	MMM 2015
Annuiteetin laskennassa käytetty korkokanta	5	%		

Ympäristökorvaus

Vaihtoehtoa A lukuun ottamatta molempien mallitilojen oletettiin olevan mukana ympäristökorvausjärjestelmässä. Ympäristökorvauksesta huomioitiin seuraavat:

- Ravinteiden tasapainoinen käyttö (54 €/ha)
- Sijoituslevitys (40 €/ha)
- Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys (54 €/ha)

Todennäköisesti tiloilla olisi käytössä myös suojavyöhykenurmet vesistöön rajoittuvilla pelloilla, mutta niiden pinta-alaa on vaikea arvioida, joten toimenpidettä ei otettu mukaan tarkasteluun. Sijoituslevityksen käytöstä saatavaa tukea arvioitiin myönnettävän enintään 60 %:lle tarkasteltavan alueen

(Vakka-Suomi) peltolohkoista, jolloin hehtaarikohtaiseksi tueksi saatiin 24 €/ha. Yhteensä ympäristökorvausjärjestelmässä mukana oleva viljelijä voisi siis saada ympäristötukea 132 €/ha.

Lannoitusuusitukset

Tilalla oletettiin olevan viljelyssä rehuohra, jolle suositeltaviksi lannoitusmääräksi oletettiin 14 kgP/ha, 90 kgN/ha ja 20 kgK/ha (Raisio Agro 2012). Lisälannoituksena tarvittiin ainoastaan typpeä. Lisäksi tilan 2 lannankäsittelyissä A (ei separointia, ei ympäristökorvausta) ja D (dekanterilinko) ei tarvittu lainkaan lisälannoitusta. Typpilannoitustarve laskettiin lannan sisältämän liukoisen typen mukaan. Sen sijaan nitraattidirektiivin mukainen typenlevityksen yläraja (170 kg / ha) laskettiin lannan sisältämän kokonaistypen mukaan. Fosforin levitystä rajoitti ympäristökorvausjärjestelmä. Alueen peltolohkoista on viljavuusluokassa hyvä noin 60 % ja korkea noin 40 % (Lemola 2015). Fosforitasoltaan hyvälle peltolohkoille saa levittää fosforia lantapoikkeusta hyödyntäen enintään 15 kg/ha ja korkean fosforin lohkoille satotasokorjausta maksimaalisesti hyödyntäen enintään 6 kg/ha (Maaseutuvirasto 2015). Laskuissa käytettiin aluetason (Vakka-Suomi) keskiarvona fosforin levitykselle rajaa 11,4 kg/ha.

4.1.1. Tila 1: Sian lietelantaa 3 000 m³/vuosi

Tilalle 1 laskettiin kustannukset perusvaihtoehdolle, jossa tila jättäytyi pois ympäristökorvausjärjestelmästä (Taulukko 11). Tällöin tilan lannat mahtuivat omille pelloille ilman, että nitraattidirektiivin typpirajaa ylitettiin. Rehuohrasadon maksimoimiseksi pelloille oletettiin levitettävän lannan lisäksi mineraalityppeä (25 kg/ha). Lietelannan kuljetus ja levityskustannuksia arvioitaessa kuljetusmatka laskettiin kertomalla kuljetusetäisyys (omat pellot: 2,9 km) kahdella (meno- ja paluumatka). Lietelannan varastointitilavuuden tarve arvioitiin 12 kk:n lantamäärän mukaan ja lietesäiliöön laskettiin 10 %:n varmuusvara. Kaikille lannankäsittelyvaihtoehdoille laskettiin uuden lietesäiliön rakennuskustannus. Tällä tavoin pystyttiin huomioimaan separoinnin vaikutus varastointikustannukseen vaihtoehtoja vertailtaessa.

Jotta tila 1 voisi olla mukana ympäristökorvausjärjestelmässä, olisi sen luovutettava noin kaksi kolmasosaa lietelannasta naapuritiloille. Naapuritilojen oletettiin olevan mukana ympäristökorvausjärjestelmässä ja siis noudattavan fosforin enimmäislevitysmäärää (11,4 kg/ha). Lannankäsittelyllä 1B tila sai ympäristökorvausta, mutta kuljetus- ja levityskustannukset sekä mineraalilannoitustarve kasvoivat. Naapurin peltojen keskimääräisenä kuljetusetäisyytenä käytettiin kolme kertaa omien peltosten kuljetusetäisyyttä (8,7 km), jolloin kuljetusmatkaksi saatiin 17,4 km (meno- ja paluumatka). Luovutettava tila maksoi sekä lietelannan kuljetuksen että levityksen, koska tarkastelussa mukana olevat tilat sijaitsivat kotieläinkestäessä, jossa lannasta oli ylitarjontaa ja lannan levitysalasta puutetta.

Lannankäsittelyissä 1C ja 1D tarkasteltiin tilannetta, jossa tilan lannat separoidaan. Omille pelloille levitettiin lähinnä nestejakeetta ja naapurin pelloille loput nestejakeesta sekä kuivajakeetta. Ruuvipuristin (C: 23 500 €) oli huomattavasti dekanterilinkoa (D: 80 000 €) edullisempi vaihtoehto. Lisäksi separointia varten tarvittiin lietepumppu (4 500 €) ja dekanterilinkoa käytettäessä myös polymeeriä. Dekanterilingon etuna oli kuitenkin parempi kiintoaineen ja fosforin erotusteho, mikä säästi kuljetus-, levitys- ja lannoituskustannuksissa. Tämä siksi, että nestejake levitettiin lähimmille pelloille ja kuivajake kauimmaisille. Nestejakeen N:P-suhde oli viljelykasvien tarpeen kannalta parempi ja lisätyppilannoituksen tarve väheni tai jopa poistui.

Tilan 1 lietelantamäärällä ei separaattorin hankinnalla tilalle saavutettu riittävän suurta hyötyä, vaan lietelanta kannatti levittää sellaisenaan (1B; Taulukko 11). Jos taas lähiseudun naapuritiloilla ei ole halukkuutta vastaanottaa lietelantaa, tilan kannatti jättäytyä pois ympäristökorvausjärjestelmästä ja levittää lietelanta omille pelloilleen (1A).

Taulukko 11. Esimerkkitalan 1 lietalannan käsittelyvaihtoehtojen kustannukset ja hyödyt.

Tila 1	A: Ei ympäristökorvausta			B: Ympäristökorvaus		
KULJETUS & LEVITYS	t	km	€	t	km	€
Lietelanta, omat pellot	3 000	5,8		1 107	5,8	
Lietelanta, naapurille				1 893	17,4	
kuljetus & levitys			-12 810			-21 594
MINERAALITYPPI	kg	€/kg	€	kg	€/kg	€
Tarve	2 484	-0,95	-2 360	6 596	-0,95	-6 266
Yht.			-15 170			-27 861
YMPÄRISTÖKORVAUS	ha	€/ha	€	ha	€/ha	€
Ympäristökorvaus	100	0	0	100	132	13 200
MUUTTUVAT YHT.			-15 170			-14 661
INVESTOINNIT		€	€/a		€	€/a
Separattori		-			-	
Pumppu		-			-	
Lieteallas		79 200	-6 355		79 200	-6 355
KIINTEÄT YHT.			-6 355			-6 355
KAIKKI YHT.			-21 525			-21 016

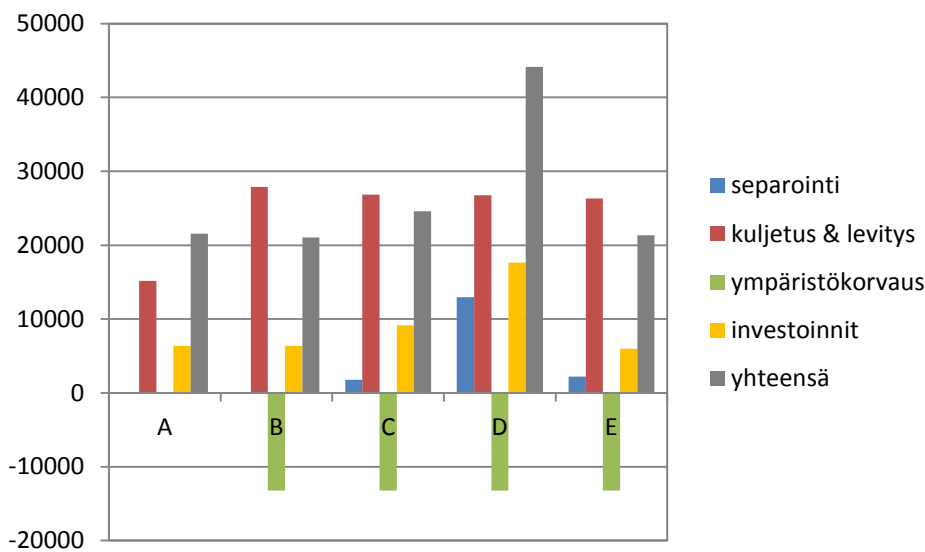
Tila 1	C: Ruuvipuristin			D: Dekantterilinko		
SEPAROINTI			€			€
Separointityö			-1 223			-1 223
Sähkönkulutus			-98			-146
Polymeerikustannus						-9 984
Ylläpito			-470			-1 600
Yht.			-1 790			-12 953
KULJETUS & LEVITYS	t	km	€	t	km	€
Nestejae, omat pellot	1 210	5,8		3 824	5,8	
Nestejae, naapurille	1 610	17,4		-		
Kuivajae, omat pellot	-			222	5,8	
Kuivajae, naapurille	180	17,4		453	17,4	
Kuljetus & levitys			-21 063			-22 915
MINERAALITYPPI	kg	€/kg	€	kg	€/kg	€
Tarve	6 084	-0,95	-5 780	4 021	-0,95	-3 820
yht.			-26 843			-26 735
YMPÄRISTÖKORVAUS	ha	€/ha	€	ha	€/ha	€
Ympäristökorvaus	100	132	13 200	100	132	13 200
MUUTTUVAT YHT.			-15 433			-26 488
INVESTOINNIT		€	€/a		€	€/a
Separattori		23 500	-2 651		80 000	-9 026
Pumppu		4 500	-508		4 500	-508
Lieteallas		74 448	-5 974		100 980	-8 103
KIINTEÄT YHT.			-9 133			-17 637
KAIKKI YHT.			-24 566			-44 124

Vaihtoehtona separaattorin hankinnalle saattaa lähiseudulla olla mahdollisuus ostaa separointipalveluja urakoitsijalta. Jos lisäksi lähiseudulla on biokaasulaitos, kannattaisi tilan 1 ehkä hyödyntää urakoitsijan separointipalveluja, kuljettaa kuivajae biokaasulaitokseen ja päästä mukaan ympäristökorvausjärjestelmään. Käyttämällä seuraavia urakointihintoja, laskettiin kustannus urakointina tehtävälle separoinnille sekä kuljetukselle biokaasulaitokseen (www.separointi.fi):

- perusmaksu: 80 €/tila
- separointikustannus: 0,70 €/m³
- separointikaluston kuljetusmaksu: 0,98 €/km

Biokaasulaitoksen etäisyys (26 km) oletettiin kolme kertaa pidemmäksi kuin etäisyys naapuritilalle ja kuljetuskustannus laskettiin meno- ja paluumatkalle (52 km). Separointi tehtiin ruuvipuristimella. Nestejäte levitettiin omille ja naapurin pelloille. Tila säästi separaattorin hankintakuluissa ja kuivajakeen levityskuluissa. Vaihtoehdon kokonaiskustannuksiksi saatiin 21 315 €, joka on kilpailukykyinen lietalannan levityksen kanssa (Kuva 7, lannankäsittely E). Mitä lyhyempi etäisyys biokaasulaitokseen oli, sitä houkuttelevammaksi vaihtoehto muodostui.

Lietelannan eri käsittelyvaihtoehtojen kustannukset koostuivat separoinnista tilalla, kuljetuksesta ja levityksestä, ympäristökorvauksesta ja investoinneista (Kuva 7). Kaikkein edullisimmaksi muodostui vaihtoehto 1B, jossa ylimääräinen lietalanta kuljetettiin sellaisenaan naapuritilan pelloille. Naapuritila sai kuitenkin sijaita enintään 8,7 km:n etäisyydellä (kolme kertaa kauempana kuin omat pellot), jotta saatu ympäristökorvaus riitti kattamaan lisääntyneet kuljetuskustannukset.



Kuva 7. Esimerkkitalan 1 lietalannan käsittelyvaihtoehtojen kustannukset. Lannankäsittelyt A – E on kuvattu taulukossa 8.

Separoattorin hankinta tilalle 1 ei ollut kannattavaa. Investointi oli liian suuri saavutettuun hyötyyn nähden. Dekantterilingon (1D) käyttökustannuksia nostivat lisäksi polymeerikustannus ja lisääntynyt varastointikapasiteetin tarve. Varastointikustannukset olisivat nousseet vieläkin suuremmiksi, jos kustannuslaskentaan olisi olemassa olevan kuivalantalan ja aumavarastoinnin sijaan sisällytetty katetun kuivalantalan rakentaminen separoidulle kuivajakeelle. Ruuvipuristimen (1C) tapauksessa katettu kuivalantala olisi maksanut 16 000 € (kuivajaetta 180 m³/a) ja dekantterilingon (1D) tapauksessa 51 500 € (kuivajaetta 575 m³/a). Investoinnin vuosittainen kustannus 20 vuoden käyttöiällä olisi vastaavasti ollut 1 300 € (1C) ja 4 130 € (1D). Separoinnin teettäminen urakointina ja kuivajakeen kuljetus biokaasulaitokseen (1E) oli kilpailukykyinen vaihtoehto lietalannan peltolevitykselle. Tosin vaihtoehdon houkuttelevuutta lisäsi se, että kuivajakeelle ei oletettu porttimaksua.

4.1.2. Tila 2: sian lietalantaa 6 000 m³/vuosi

Tilan 2 lannat eivät enää mahdu omille pelloille ilman, että nitraattidirektiivin typpiraja ylitetään. Osa lietalannasta on siis joka tapauksessa vietävä tilan ulkopuolelle. Lannankäsittelyssä 2A oletettiin, että tila jättäytyy pois ympäristökorvausjärjestelmästä ja omille pelloille levitetään nitraattidirektiivin sallima lietalantamäärä. Loput lietalannasta kuljetetaan naapuritilan pelloille. Naapuritilan oletettiin olevan mukana ympäristökorvausjärjestelmässä ja etäisyytenä käytettiin samaa kuin tilalla 1 (8,7 km,

edestakainen matka 17,4 km). Kustannuslaskennassa oletettiin, että luovuttava tila maksaa lietalannan kuljetuksen ja levityksen (Taulukko 12).

Jotta tila 2 voisi olla mukana ympäristökorvausjärjestelmässä, on sen luovutettava suurin osa lietalannasta naapurituloille (2B). Vastaavasti kuin tilalle 1, laskettiin, mitä hyötyä separoinnista voisi olla, kun lietalantaa lähdetään kuljettamaan tilan ulkopuolelle (2C ja 2D). Näillä oletuksilla edullisin lannankäsittelyn vaihtoehto oli 2A, jossa tila jättäytyy pois ympäristökorvausjärjestelmästä (Taulukko 12).

Lannankäsittelyt 2B – 2D perustuivat oletukseen, että lähiseudulta (etäisyys enintään 8,7 km) löytyy tiloja, jotka ovat halukkaita vastaanottamaan lietalantaa, separoitua nestejaetta tai kuivajaetta. Tiheimmillä sikatalousalueilla lisää lannanlevitysalaa on kuitenkin vaikea löytää. Ratkaisu tähän voisi olla keskitetty biokaasulaitos, joka vastaanottaisi separoidun kuivajakeen, hyödyntäisi sen biokaasupotentiaalin ja väkevöisi mädätysjäännöksen ravinteet muotoon, jossa niitä on mahdollista kuljettaa kauemmas ja käyttää joko lannoitteina tai teollisuudessa korvaamaan typpi- ja fosforipitoisia kemikaaleja.

Tilalle 2 laskettiin lisäksi kustannukset urakoitsijalta ostetulle separoinnille ja kuivajakeen kuljetukselle biokaasulaitokseen (2E). Vaihtoehdon kokonaiskustannuksiksi saatiin 55 532 €, joka on vain hiukan kalliimpi verrattuna vaihtoehtoon 2B, jossa tila on luovuttaa osan lietalannasta sellaisenaan naapuritalalle. Tilalle, joka haluaa olla mukana ympäristökorvausjärjestelmässä, mutta jolla ei ole mahdollisuutta luovuttaa lietalantaa naapurituloille, keskitetyn biokaasulaitoksen hyödyntäminen voisi hyvinkin olla toimiva ratkaisu.

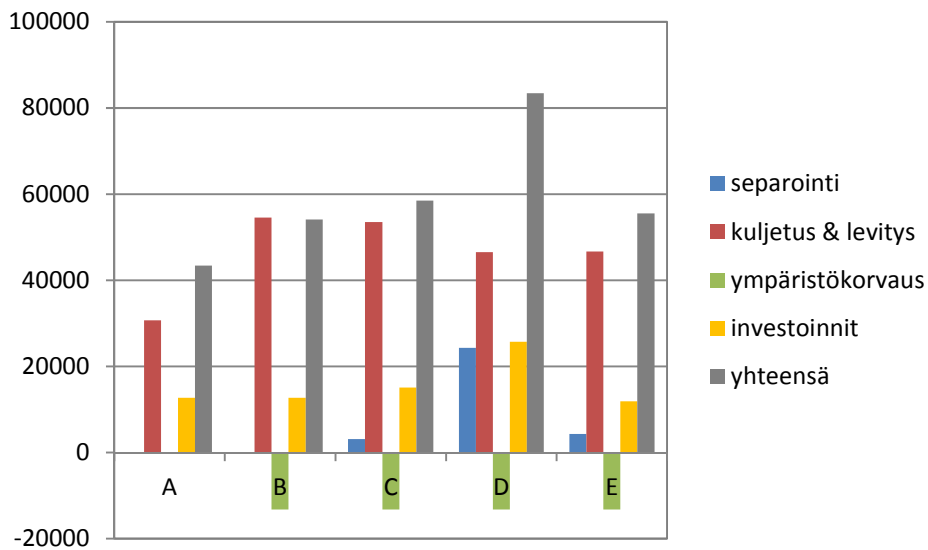
Kun kuivajae kuljetetaan biokaasulaitokseen, vältetään myös mahdollisesti tarvittavan uuden katetun kuivalantalan rakennuskustannukset. Ruuvipuristimen (2C) tapauksessa katettu kuivalantala olisi maksanut 32 000 € (kuivajaetta 360 m³/a) ja dekantterilingon (2D) tapauksessa 103 000 € (kuivajaetta 1 150 m³/a). Investoinnin vuosittainen kustannus 20 vuoden käyttöiällä olisi vastaavasti ollut 2 600 € (2C) ja 8 300 € (2D). Tässä kuitenkin oletettiin käytettävän tilalla olevaa kuivalantala ja aumavarastointia vaihtoehdoissa, joissa tila käyttää itse ja/tai luovuttaa kuivajakeen naapureille.

Tilalle 2 saadun ympäristökorvauksen suhteellinen merkitys oli tilaa 1 pienempi (Kuva 8). Selkeästi edullisin vaihtoehto oli jättäytyä pois ympäristökorvausjärjestelmästä (2A) ja levittää nitraattidirektiivin ylittävä lietalanta naapuritalan pelloille. Tilalla, joka haluaa olla mukana ympäristökorvausjärjestelmässä, on kuitenkin useampia vaihtoehtoja: kuljettaa lietalantaa sellaisenaan levitettäväksi naapuritalan pelloille (2B), separoida lietalanta ruuvipuristimella (2C) tai teettää separointi urakoitsijalla ja kuljettaa kuivajae biokaasulaitokseen (2E). Vaikka oman ruuvipuristimen hankinta on edelleen näistä vaihtoehdoista kallein, on suhteellinen ero suuremmalla lantamäärällä pienempi. Sen sijaan dekantterilinko on edelleen selvästi kallein vaihtoehto.

Taulukko 12. Esimerkkitalan 2 lietalannan käsittelyvaihtoehtojen kustannukset ja hyödyt.

Tila 2	A: Ei ympäristökorvausta			B: Ympäristökorvaus		
KULJETUS & LEVITYS	t	km	€	t	km	€
Lietelanta, omat pellot	4 898	5,8		1 107	5,8	
Lietelanta, naapurille	1 102	17,4		4 893	14,7	
Kuljetus & levitys			-30 732			-48 324
MINERAALITYPPI	kg	€/kg	€	kg	€/kg	€
Tarve	0	-0,95	0	6 596	-0,95	-6 266
Yht.			-30 732			-54 591
YMPÄRISTÖKORVAUS	ha	€/ha	€	ha	€/ha	€
Ympäristökorvaus	100	0	0	100	132	13 200
MUUTTUVAT YHT.			-30 732			-41 391
INVESTOINNIT		€	€/a		€	€/a
Separattori		-			-	
Pumppu		-			-	
Lieteallas		158 400	-12 710		158 400	-12 710
KIINTEÄT YHT.			-12 710			-12 710
KAIKKI YHT.			-43 442			-54 101

Tila 2	C: Ruuvipuristin			D: Dekantterilinko		
SEPAROINTI			€			€
Separointityö			-2 445			-2 445
Sähkönkulutus			-195			-293
Polymeerinkulutus						-19 968
Ylläpito			-470			-1 600
Yht.			-3 110			-24 306
KULJETUS & LEVITYS	t	km	€	t	km	€
Nestejæ, omat pellot	1 210	5,8		7 650	5,8	
Nestejæ, naapurille	4 430	14,7		-		
Kuivajæ, omat pellot	-			179	5,8	
Kuivajæ, naapurille	360	14,7		1 171	14,7	
Kuljetus & levitys			-47 739			-46 520
MINERAALITYPPI	kg	€/kg	€	kg	€/kg	€
Tarve	6 084	-0,95	-5 780	0	-0,95	0
Yht.			-53 519			-46 520
YMPÄRISTÖKORVAUS	ha	€/ha	€	ha	€/ha	€
Ympäristökorvaus	100	132	13 200	100	132	13 200
MUUTTUVAT YHT.			-43 429			-57 625
INVESTOINNIT		€	€/a		€	€/a
Separattori		23 500	-2 651		80 000	-9 026
Pumppu		4 500	-508		4 500	-508
Lieteallas		148 896	-11 948		201 960	-16 206
KIINTEÄT YHT.			-15 107			-25 740
KAIKKI YHT.			-58 536			-83 365



Kuva 8. Esimerkkitalan 2 lietalannan käsittelyvaihtoehtojen kustannukset. Vaihtoehdot A – E on kuvattu taulukossa 8.

4.2. Separoinnin ympäristövaikutukset esimerkkitalalla

4.2.1. Menetelmät

Yleinen menetelmäkuvaus

Ympäristövaikutuksia tarkasteltiin elinkaariarviointiin (Life cycle assessment, LCA) perustuvalla menetelmällä. Elinkaariarviointi koostuu neljästä vaiheesta seuraavasti (ISO 14040):

1. Tavoitteen ja soveltamisalan määrittelyssä määritellään muun muassa arvioinnin yksityiskohtaisuus (järjestelmärajaus) ja tarkasteltava ajanjakso. Lisäksi päätetään, mitkä ympäristövaikutusluokat tarkasteluun sisällytetään ja valitaan toiminnallinen yksikkö. Toiminnallinen yksikkö on elinkaariarvioinnin yksi peruselementeistä, jota kohden ympäristövaikutukset kohdennetaan.

2. Inventaariotiedon keräämisessä kerätään tarvittavat tiedot tarkastelun kohteena olevasta järjestelmästä. Tyypillisimpiä tietoja ovat energiankulutus- ja päästötiedot. Tiedon luotettavuuteen tulisi kiinnittää huomioita ja käyttää mahdollisimman hyvin tarkasteltavaa järjestelmää tai sen osaa kuvaavaa tietoa. Tarkat mittaukset tuotantoprosessista ovat yleensä luotettavia, mutta käytännössä tietoa joudutaan yleensä keräämään useita eri reittejä hyödyntämällä kirjallisuutta, tietokantoja, asiantuntija-arvioita ja mallilaskelmia. Kerättyjä inventaariotietoja käytetään vaikutusarvioinnissa.

3. Vaikutusarvioinnissa inventaariotiedot muutetaan ympäristövaikutuksiksi. Sitä varten eri päästöt karakterisoidaan, eli muutetaan yhteismitallisiksi kunkin ympäristövaikutusluokan sisällä. Esimerkiksi ilmastonmuutoksen osalta kaikki kasvihuonekaasupäästöt muutetaan hiilidioksidiekvivalenteiksi. Lisäksi yhteismitallistetut ympäristövaikutusluokkatulokset voidaan normalisoida. Normalisointi voidaan toteuttaa esimerkiksi suhteuttamalla tuotteen ilmastonmuutosvaikutukset koko Euroopan ilmastonmuutosvaikutukseen. Tällöin voidaan arvioida, kuinka merkittäviä eri ympäristövaikutukset ovat toisiinsa nähden. Normalisoidut ympäristövaikutusluokkatulokset voidaan lisäksi painottaa vaikutusten vähentämisen tärkeyden mukaan, minkä jälkeen erilaisia vaikutuksia voidaan laskea yhteen. Normalisointi ja painotus ovat kuitenkin vapaaehtoisia vaiheita.

4. Tulosten tulkinnan aikana arvioidaan tuloksiin vaikuttavia tekijöitä sekä arvioidaan tulosten herkkyyttä, täydellisyyttä ja johdonmukaisuutta. Johtopäätökset tehdään tulosten pohjalta. Tulokset esitetään kohderyhmälle ja laaditaan jatkotoimenpiteet.

Ympäristövaikutusten arviointi toteutettiin käyttäen seurannaisvaikutuksellista elinkaariarviointimenetelmää. Siinä esimerkkitalan nykytilannetta (sian lietelannan käsittely nykyään; ei separointia) verrataan vaihtoehtoiseen tapaan käsitellä lantaa (sian lietelannan separointi). Tarkastelussa otettiin huomioon suorat vaikutukset päästöihin ja energiankulutukseen varsinaisessa järjestelmässä, mutta myös seurannaisvaikutukset muihin tuotejärjestelmiin, kuten energian- ja lannoitteiden tuotantoon ja niistä aiheutuviin ympäristövaikutuksiin. Elinkaariarviointimallinnus toteutettiin käyttämällä Sima-Pro-ohjelmistoa, johon on kytketty laaja Ecoinvent-tietokanta.

Tavoite ja soveltamisala

Arvioinnin tarkoitus

Työn tarkoituksena oli arvioida sian lietelannan separoinnista aiheutuvat muutokset tilan lantaketjun elinkaarissa ympäristövaikutuksissa.

Toiminnallinen yksikkö

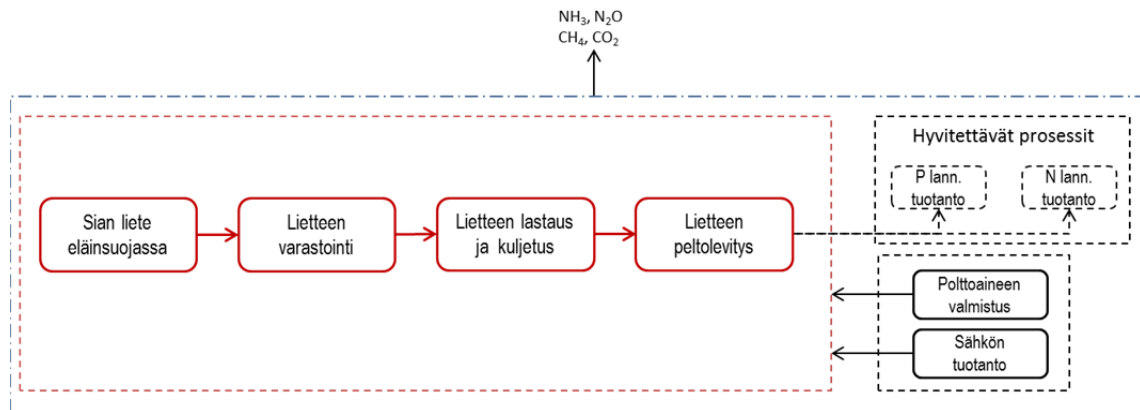
Tässä tutkimuksessa toiminnallisena yksikkönä oli 1000 kg eläinsuojasta ulos tulevaa sian lietelantaa.

Järjestelmä ja sen rajaukset

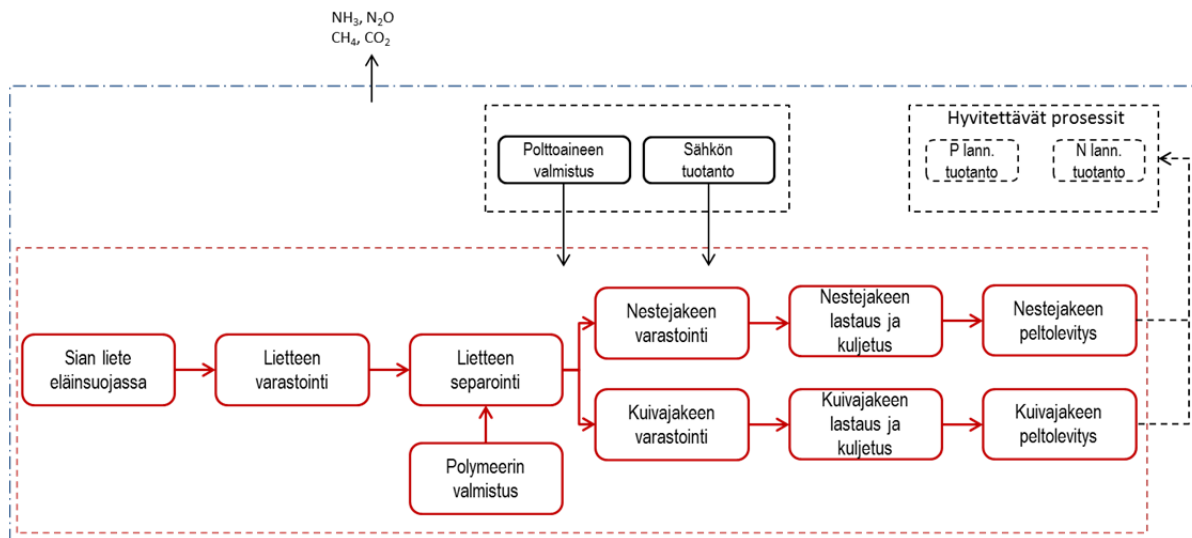
Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin perustilanteen (tavanomainen lietelannan käsittelyketju; Kuva 9) rinnalla yhtä lietelannan separointiin perustuvaa lannan käsittelyvaihtoehtoa (Kuva 10), jossa esimerkkitalan kaikki lietelanta käsitellään dekantterilingolla polymeerilisäyksellä. Linkous oletetaan tapahtuvan tilalla kahden kuukauden välein, ja varastoidut jakeet levitetään pääosin (loka-toukokuun aikana muodostunut lanta, eli noin 70 % lannasta) toukokuussa, osin myös syyskuussa (kesä-syyskuun aikana muodostunut lanta, eli noin 30 % lannasta). Perustilanteessa lietelannan jakautuminen levitysjankohdittain on keväällä 90 % ja syksyllä 10 %. Perustilanteen lietelannan tapaan myös nestejake varastoidaan pääosin kattamattomissa lietesäiliöissä. Kuivajake oletettiin varastoitavan peitettyinä peltoaumoissa, vaikka sen kuiva-ainepitoisuus jääkin alle aumavarastoinnille asetetun 30 %:n vähimmäisrajan (ks. luku 4.1).

Perustilanteessa lietelanta ja separointivaihtoehdossa nestejake levitetään kaksoiskiekkomul-taimella. Kuivajake levitetään pellon pinnalle ja muokataan maahan 12 - 24 tunnin sisällä levityksestä. Keväällä lietelanta tai nestejake levitetään ennen kevätviljan kylvöä. Syksyllä levitys tapahtuu mahdollisuuksien mukaan syysviljan alle.

Tarkasteluun sisällytettiin suoraan päätuotejärjestelmiin (lannankäsittelyketjut) liittyvät muut tuotejärjestelmät, joita ovat energian (sähkö) ja mineraalilannoitteiden tuotanto sekä polymeerin valmistus (Kuva 14). Lietelannan käsittely eläinsuojassa oli kaikissa vaihtoehdoissa samanlainen, mutta myös se sisällytettiin tarkasteluun, jotta nähtäisiin siitä aiheutuvat ympäristövaikutukset suhteessa käsittelyketjun muiden osien vaikutuksiin.



Kuva 9. Perustilanne eli tavanomainen lietalannan käsittelyketju.



Kuva 10. Vaihtoehtoinen käsittelyketju lietalannan separoinnilla.

Laskennassa käytettyjen tietojen lähteet ja laskentatavat

Päästöjen arvioiminen lannankäsittelyketjun eri vaiheissa pohjautui samoihin menettelytapoihin kuin Baltic Manure –hankkeessa (Hamelin ym. 2013), ja mahdollisuuksien mukaan hyödynnettiin kyseisessä hankkeessa lihasikojen lannan käsittelyketjuille käytettyjä päästöjen laskentamenetelmiä. Käytännössä kaikki päästöt ammoniakkipäästöjä lukuunottamatta laskettiin ko. hankkeessa käytetyillä, IPCC:n ja EMEP/EEA:n päästölaskentaohjeita noudattavilla menetelmillä. Ammoniakkipäästöjen arvioinnissa hyödynnettiin kansallista maatalouden typpimallia (Grönroos ym. 2009). Päästölaskelmien pohjana toimivat lietalannan ja separointijakeiden laskennalliset ominaisuustiedot (Taulukko 13) sekä tiedot lannankäsittelymenetelmistä esimerkkitalilla.

Vesiin kohdistuvan ravinnekuormituksen arvioinnissa keskityttiin fosforiin. Lannan fosforikuormituspotentiaalissa tapahtuvaa muutosta arvioitiin lannan levityskohteen ja siten sen ominaisuuksien muuttumisen kautta. Tarkastelussa käytettiin Ekholmin ym. (2005) arviointimallia, joka hyödyntää Suomessa tehtyjä pitkäaikaisia kokeita erilaisten fosforilannoitustasojen vaikutuksesta maan helppoliukoisen fosforin pitoisuuteen ja fosforipäästöihin vesiin. Sekä perustilanteessa että separointivaihtoehdossa oletuksena oli, että peltoja lannoitetaan ympäristökorvauksen ehtojen mukaisesti. Tarkastelluille vaihtoehdoille sovellettiin seuraavia oletuksia:

- Perustilanteessa lietalannan fosforista 60 % levitetään viljavuusluokan ”hyvä” pelloille levitysmäärällä 15 kg/ha (lantapoikkeus hyödynnetty) ja 40 % viljavuusluokan ”korkea” pelloille

levitysmäärällä 6 kg/ha (maksimi satotasokorjaus hyödynnetty). Satotaso-oletus ohralle: 6000 kg/ha.

- Separointivaihtoehdossa lähes kaikki lannan fosforista on kuivajakeessa. Kuivajakeen fosforista 50 % levitetään viljavuusluokan ”välttävä” pelloille levitysmäärällä 19 kg/ha (satotasokorjausta hyödynnetty) ja 50 % viljavuusluokan ”tyydyttävä” pelloille levitysmäärällä 15 kg/ha (lantapoikkeus hyödynnetty). Satotaso-oletus ohralle: 5000 kg/ha. Nestejakeessa oleva fosfori levitetään tilan omille pelloille, joiden viljavuusluokka on perustilanteen tavoin ”hyvä” ja ”korkea”.

Kuljetusten osalta tehtiin seuraavat oletukset:

- Perustilanne: lietelannan levitys omille ja naapurin pelloille. Käytetään kappaleessa 4.1 esitettyjä peltojen keskimääräisiä etäisyyksiä tilalta, jotka ovat omille pelloille 2,9 km ja naapurin pelloille 8,7 km, jolloin keskiarvo on 5,8 km yhteen suuntaan.
- Separointivaihtoehto: nestejakeen levitys omille pelloille, kuivajakeen levitys omille ja naapurin pelloille, jolloin nestejakeelle kuljetusetäisyys 2,9 km ja kuivajakeelle sama kuin perustilanteessa, eli 5,8 km yhteen suuntaan. Lisäksi tehtiin tarkastelu, jossa kuivajae kuljetetaan 50 km:n päähän, jotta nähdään paremmin kuljetusten vaikutus kokonaistulokseen.

Taulukko 13. Tarkastelussa käytetyn sian lietelannan ominaisuudet ennen varastointia ja varastoinnin jälkeen, sekä neste- ja kuivajakeiden ominaisuudet varastoinnin jälkeen. Varastoitujen massojen ominaisuuksissa on huomioitu varastoinnin aikaiset pitoisuusmuutokset.

	Lietelanta eläin- suojusta (perustilanne ja separointivaih- toehto)	Lietelanta lanta- varastosta (perustilanne)	Nestejake lanta- varastosta (separointi- vaihtoehto)	Kuivajake lanta- varastosta (separointi- vaihtoehto)
TS (%)	5,9	4,9	0,8	22,0
N (kg/t)	3,7	3,22	1,4	6,4
NH ₄ -N (kg/t)	2,4	2,09	1,1	2,8
P (kg/t)	1,0	0,96	0,05	4,3
K (kg/t)	1,7	1,57	1,1	1,1
C (kg/t)	28,1	23,3	4,0	104,7

Hyvitykset

Lannoitekorvaavuudet

Perustilanteelle ja separointivaihtoehdolle laskettiin hyvitykset, jotka saadaan, kun peltoon levitetyn lietelannan ja separointijakeiden ravinteilla korvataan mineraalilannoitteita. Laskennassa otettiin huomioon ympäristökorvausjärjestelmän mukaiset lannoitusrajat lantapoikkeuksineen edellä kohdassa ”Laskennassa käytettyjen tietojen lähteet ja laskentatavat” mukaan.

Orgaanisten lannoitteiden liukoinen typi korvaa kokonaisuudessaan mineraalityppeä, joten siinä typpihyvitys lasketaan koko liukoisen typen määrän pohjalta. Fosforilla otetaan huomioon lantapoikkeuksen mahdollistava lantafosforin suurempi käyttö verrattuna tilanteeseen, jossa lannoitetaan kokonaan tai osittain mineraalifosforilla, ja joka vertautuu kasvien todelliseen ravinnetarpeeseen. Sen vuoksi hyvitystä ei voida laskea koko lantafosforimäärälle, vaan se on perustilanteessa lietelannan fosforille 80 %, ja separointiskenaariossa kuivajakeen fosforille 95 % ja nestejakeen fosforille 100 %.

4.2.2. Tulokset ja tulosten tarkastelu

Ilmaan kohdistuvat päästöt

Ilmaan kohdistuvat lietalannankäsittelyn vaiheittaiset päästöt perustilanteessa on esitetty taulukossa 14 (per 1000 kg lietalantaa). Taulukoissa 15 on esitetty vastaavat tulokset separointivaihtoehdolle.

Kokonaisammoniakkipäästöiltään tarkasteltavat järjestelmät eivät käytännössä eronneet toisistaan. Perustilanteessa ammoniakkipäästöjä voitaisiin vähentää kattamalla kaikki lietesäiliöt. Separointivaihtoehdossa varastoinnin ammoniakkipäästöpotentiali on perustilannetta suurempi kuivajakeen kompostoitumisen takia. Kuivajae on tässä tarkastelussa kuitenkin oletettu varastoitavan peitettyinä peltoaumassa, mikä vähentää ammoniakkin haihtumista lantalavarastointiin verrattuna. Laskennallisesti varastoinnin aikainen ammoniakkitappio olisi 50–70 % suurempi, jos kuivajae varastoitaisiin katetussa tai kattamattomassa kuivalantalassa peitettyyn lanta-aumaan verrattuna. Samalla levityksen aikainen ammoniakkitappio pienenesi noin 10–15 % levitettävän lannan alhaisemman ammoniumtyypipitoisuuden takia. Lisäksi jakeiden varastointiajat ovat separointivaihtoehdossa lyhyempiä kuin perustilanteen lietalannalla. Separointivaihtoehdon suuremmat levityksen aikaiset ammoniakkipäästöt johtuvat siitä, että tuestä osa levitetään kuivajakeessa, josta levitystavan takia tuestä haihtuu suhteellisesti enemmän kuin kiekkomultaimella levitettävästä nestejakeesta.

Taulukko 14. Lietalannan käsittelyketjussa muodostuvat päästöt ilmaan perustilanteessa (kg/1000 kg lantaa eläinsuojasta).

	Eläinsuoja	Varastointi	Levitys	Kuljetus pellolle	Levitys, konetyö	Yhteensä
NH₃	0,442	0,343	0,190	0,000	0,000	0,976
N₂O	0,010	0,022	0,053	0,0001	0,0001	0,085
NO	0,0004	0,0004	0,011	0,013	0,013	0,038
CO₂ fossiilinen				1,802	2,276	4,078
CH₄	0,268	2,424		0,002	0,004	2,699
Epäsuora N₂O haihtuvasta tuestä	0,006	0,004	0,002			0,013

Taulukko 15. Lietelannan käsittelyketjussa muodostuvat päästöt ilmaan separointivaihtoehdossa eläinsuojasta pellolle (kg/1000 kg lantaa eläinsuojasta).

	Eläinsuoja	Separointi	Varastointi, nestejäte	Varastointi, kuivajäte	Kuljetus pellolle, nestejäte	Kuljetus pellolle, kuivajäte
NH ₃	0,442	0,001	0,113	0,171*	0,000	0,000
N ₂ O	0,010	0,000	0,003	0,009	0,000	0,000
NO	0,000	0,003	0,000	0,021	0,008	0,003
CO ₂ fossiilinen	0,000	2,069	0,000	0,000	1,070	0,378
CH ₄	0,268	0,000	0,969	0,446	0,000	0,000
Epäsuora N ₂ O haihtuvasta typpistä	0,006	0,000	0,001	0,002	0,000	0,000
	Peltolevitys, konetyö, nestejäte	Peltolevitys, konetyö, kuivajäte	Peltolevitys, nestejäte	Peltolevitys, kuivajäte	Yhteensä	
NH ₃	0,000	0,000	0,134	0,149**	1,010***	
N ₂ O	0,000	0,000	0,028	0,023	0,073	
NO	0,015	0,000	0,006	0,005	0,061	
CO ₂ fossiilinen	2,690	0,001	0,000	0,000	6,207	
CH ₄	0,000	0,000	0,000	0,000	1,683	
Epäsuora N ₂ O haihtuvasta typpistä	0,000	0,000	0,002	0,002	0,013	

* ja ** Kuivajakeen varastoinnin ammoniakkipäästö on laskettu olettaen, että varastointi tapahtuu peitettynä peltoaumassa. Päästö olisi noin 50-70 % suurempi, jos varastointi tapahtuisi katetussa tai kattamattomassa lantalassa. Vastaavasti kuivajakeen levityksen aikainen ammoniakkityppitappio pienenesi 10-15 % levitettävän lannan alhaisemman typpipitoisuuden takia.

*** Jos kuivajäte varastoitaisiin peitetyn peltoauaman sijasta katetussa kuivalantalassa, kokonaispäästö olisi 1,08 kg NH₃. Kattamattomassa kuivalantalassa varastoitaessa kokonaispäästö olisi noin 1,11 kg NH₃.

Ravinnekuormitus vesiin

Vesiin kohdistuvan ravinnekuormituksen arvioinnissa keskityttiin siihen, millä tavalla lannan fosforin levittäminen "välttävän" ja "tyydyttävän" viljavuusluokan pelloille (=separointivaihtoehto) "hyvän" ja "korkean" viljavuusluokan peltojen sijasta (=perustilanne) vaikuttaa fosforikuormitukseen. Käytännössä levityskohteen muutos kohdistuu vain siihen fosforiin, joka separoinnissa päättyy kuivajakeeseen. Separointivaihtoehdossa sen osuus lietalannan kokonaisfosforista on noin 94 %.

Arvion mukaan perustilanteen tämänhetkinen kokonaisfosforikuormitus olisi 2,06 kg P/ha. Kymmenen vuoden kuluttua, jos lannoitus ja kasvien fosforinotto jatkuisi samanlaisena, kuormitus olisi 1,66 kg P/ha. Vastaavasti separointivaihtoehdon tämänhetkinen kokonaisfosforikuormitus olisi 1,71 kg P/ha, ja kymmenen vuoden kuluttua se olisi 1,62 kg/ha.

Perustilanteessa fosforitase olisi oletetulla 6000 kilon hehtaarisatotasolla lähes 10 kg/ha negatiivinen, jolloin kokonaisfosforikuormitus vähitellen vähenisi pellon helppoliukoisen fosforin pitoisuuden aletessa. Separointiskenaariossa fosforitase jäisi niukasti negatiiviseksi (satotaso-oletus 5000 kg/ha), mikä myös johtaisi lähtötilanteeseen verrattuna alhaisempaan maan helppoliukoisen fosforin pitoisuuteen pitkällä aikavälillä, mutta suhteellinen muutos olisi perustilannetta selvästi pienempi. Tämän takia vaihtoehtojen kokonaisfosforikuormitus 10 vuoden kuluttua olisi lähes yhtä suurta.

Tarkemman kuormitusarvion tekeminen vaatii arviota, miten perustilanteesta separointivaihtoehtoon siirtyminen vaikuttaisi lannoittamiseen laajemmalti:

- miten perustilanteen viljavuusluokaltaan ”hyvä” ja ”korkea” peltojen lannoitus muuttuisi, kun niille ei separointivaihtoehdossa enää annettaisi lantafosforia yhtä paljon kuin ennen?
- miten viljavuusluokan ”välttävä” ja ”tydyttävä” peltojen P-lannoitus muuttuisi, kun niille alettaisiin levittää lantafosforia mineraalifosforin sijasta?

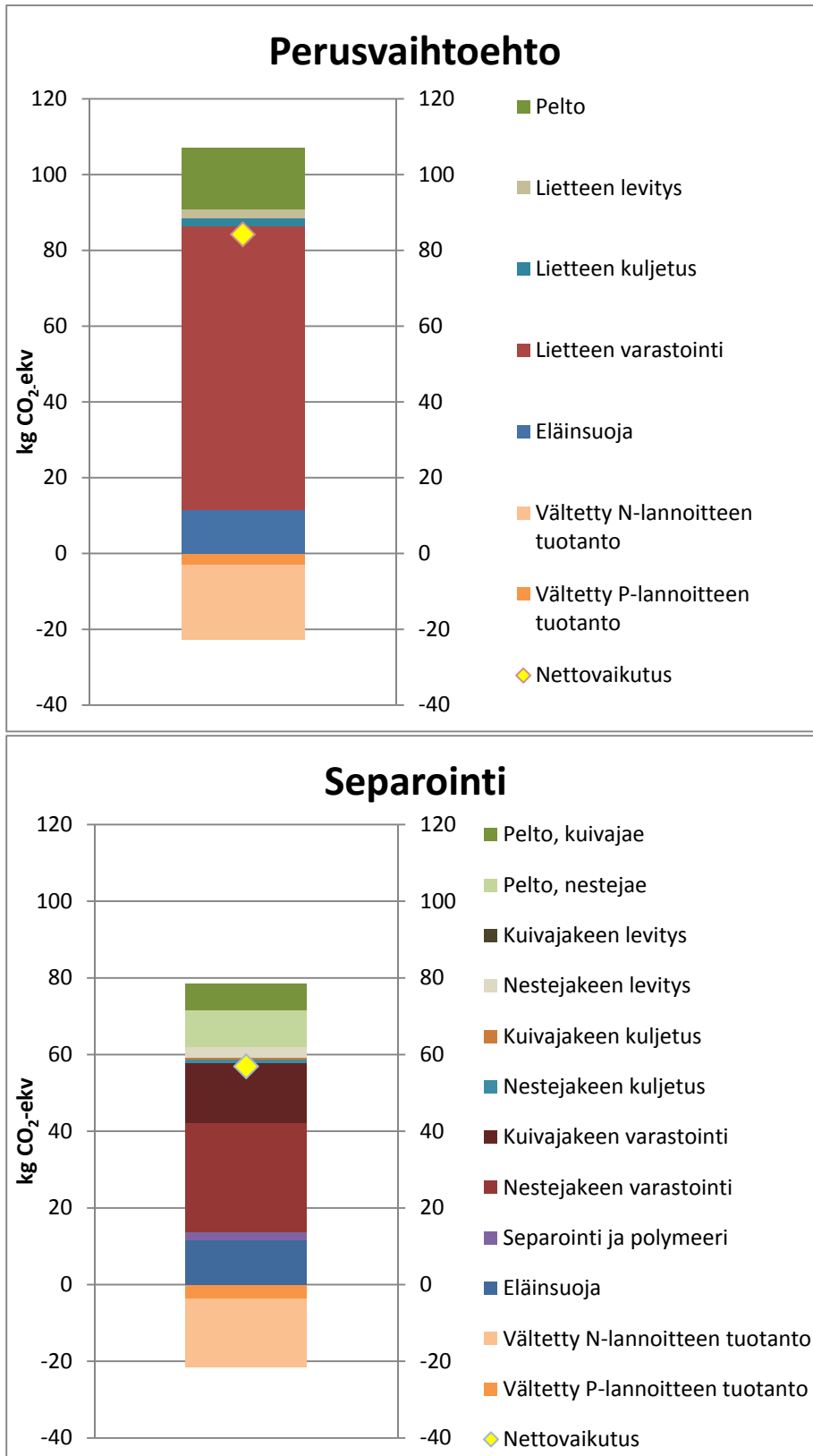
Koska molemmissa vaihtoehdoissa on hyödynnetty lantapoikkeusta, olisi mahdollista, että edellä mainituissa tapauksissa ainoa ero olisi vain lantapoikkeuksen aiheuttama muutos fosforilannoituksessa. Se on suurempi perustilanteessa kuin separointivaihtoehdossa, joten fosforin käyttö tehostuisi ja fosforikuormituspotentiaali pienenesi myös sen seurauksena, että viljavuusluokaltaan ”hyvä” ja ”korkea” pelloilla lantafosforia korvattaisiin mineraalifosforilla.

Separointivaihtoehdossa lannan levitysajankohta siirtyy jonkin verran keväästä syksyyn, mikä lisää etenkin typpikuormitusriskiä varsinkin, jos levitystä ei tehdä syysviljan alle. Myös fosforikuormitusriski kasvaa syyslevityksen lisääntymisen myötä, mutta siihen vaikutus ei ole yhtä suuri kuin typpellä. Näin ollen separointiskenaarion fosforikuormituspotentiaali olisi kokonaisuutena tarkasteltuna perustilannetta pienempi.

Ilmastovaikutustulokset

Toiminnallista yksikköä (tonni lietelantaa eläinsuojasta) kohti laskettuna separointivaihtoehto aiheuttaa nettomääräisesti pienemmän ilmastovaikutuksen perusvaihtoehtoon verrattuna (Kuva 11). Suurin selittävä tekijä erolle on erot varastoinnin aikaisissa päästöissä. Metaanin muodostumiskerroin (MCF) on selvästi pienempi kuiville lannoille (ja kuivajakeelle) kuin nestemäisille lannoille, mikä selittää pääosan erosta.

Separointivaihtoehdossa tehtiin herkkyystarkastelu kuivajakeen kuljetusmatkalle pidentäen sitä 5,8 km:stä 50 km:iin. Kokonaisilmastonmuutosvaikutus kasvaa kuljetusmatkaa pidentämällä n. 3 kg CO₂-ekv. Kuljetusten ilmastonmuutosvaikutukset ovat kokonaistuloksista jälkimmäiselläkin oletuksella alle 10 %.



Kuva 11. Perustilanteen ja separointivaihtoehdon ilmastonmuutosvaikutuksen muodostuminen lannankäsittelyketjun aikana per lietelantatonni eläinsuojasta.

5. Lantafosforin uudelleenjako keskitetyn biokaasulaitoksen kautta Vakka-Suomessa

Kotieläintalouden keskittymissä lantafosforia on usein liikaa suhteessa käytettävissä olevaan levityspinta-alaan eikä sitä yleensä pystytä sellaisenaan kustannustehokkaasti siirtämään alueelta pois. Tällöin tilojen lannanlevityskustannukset ja peltolohkojen fosforitasot nousevat, mikä lisää fosforihuuhtoumien riskiä ja lisää entisestään levitysalan tarvetta.

Kotieläinkestittymän lantafosforin uudelleenjaon mahdollisuuksia keskitetyllä käsittelyllä tarkasteltiin esimerkialueena Vakka-Suomi (Taivassalo, Uusikaupunki, Vehmaa, Mynämäki, Laitila, Masku, Nousiainen, Kustavi) ja alueella sijaitseva keskitetty biokaasulaitos ravinteiden talteenotto- ja väkevöintijärjestelmineen. Tarkastelussa huomioitiin alueen siat, naudat ja munituskanat sekä erityisesti sian lietalannan separoinnin haasteet ja mahdollisuudet. Fosforin lisäksi tarkasteltiin massa- ja typpimääriä, energiasisältöjä, levityspinta-aloja, ravinteiden jakautumista sekä keskitetyn biokaasulaitoskäsittelyn taloudellista kannattavuutta reunaehtoineen.

5.1. Vakka-Suomen lanta- ja ravinnemäärät

Tarkastelualueen sikojen, nautojen ja munituskanojen lantamäärät sekä lantatypen ja -fosforin määrät laskettiin eläinmäärien (Tike 2011), eläinten eritystietojen (siat) ja kirjallisuustietojen perusteella. Sian lietalannan ominaisuudet vastasivat näin tuoretta, varastoimatonta lantaa. Myös munituskanojen lannan ominaisuudet vastaavat tuoretta, varastossa palamatonta lantaa. Laskennassa käytetyt lantojen ominaisuudet on tarkemmin esitetty taulukossa 16.

Taulukko 16. Aluetarkastelussa käytetyt lantojen ja kasvibiomassan ominaisuudet.

Lantalaji	TS (%)	VS (%)	Nkok (kg/t)	Nliuk. (kg/t)	Pkok (kg/t)	Pliuk. (kg/t)	BMP (m ³ CH ₄ /t-VS)
Sian lietalanta ¹	5,9	4,8	3,7	2,4	1,0	0,28 ²	500 ³
Sian kiinteät lannat ⁴	30	24	7,5	2,2	4,7	1,3 ²	200 ⁶
Naudan lietalanta ⁴	5,5	4,4	2,9	1,7	0,5	0,25 ⁵	200 ⁶
Naudan kiinteät lannat ⁴	23	18	5,2	1,5	1,3	0,65 ⁵	200 ⁶
Munituskanat ⁷	39	11	18,5	1,7	4,6	0,46	225 ⁶
Kasvibiomassa ⁸	30	27	7,0	0,04	0,96	0,096 ⁹	325

¹ Grönroos, 2015. Suullinen tiedonanto. Alustava tulos Suomen normilanta –järjestelmästä (keskimääräinen sianlietalanta).

² Linkkoeajon lietalantojen keskimääräisen Pliuk./Pkok-suhteen kautta, kuivien lantojen Pliuk./Pkok-suhde oletettu samaksi kuin lietalannalla

³ Tämän hankkeen BMP-kokeet

⁴ Viljavuuspalvelu/Lantatilasto v. 2005–2009. Laskennassa on käytetty sian ja naudan kuivikelannan ominaisuuksia, vaikka määrä sisältää kaikki kiinteät lannat (kuivalanta, kuivikelanta, kuivikepohjalanta).

⁵ Pliuk./Pkok-suhde 50 % (asiantuntija-arvio, jossa on hyödynnetty mm. Ylivainio ja Turtola, 2013). Kuivien lantojen Pliuk./Pkok-suhde on oletettu samaksi kuin lietalannalla.

⁶ Korhonen 2010; Luostarinen 2013a; Paavola ja Rintala 2008

⁷ Hellstedt ja Luostarinen 2014

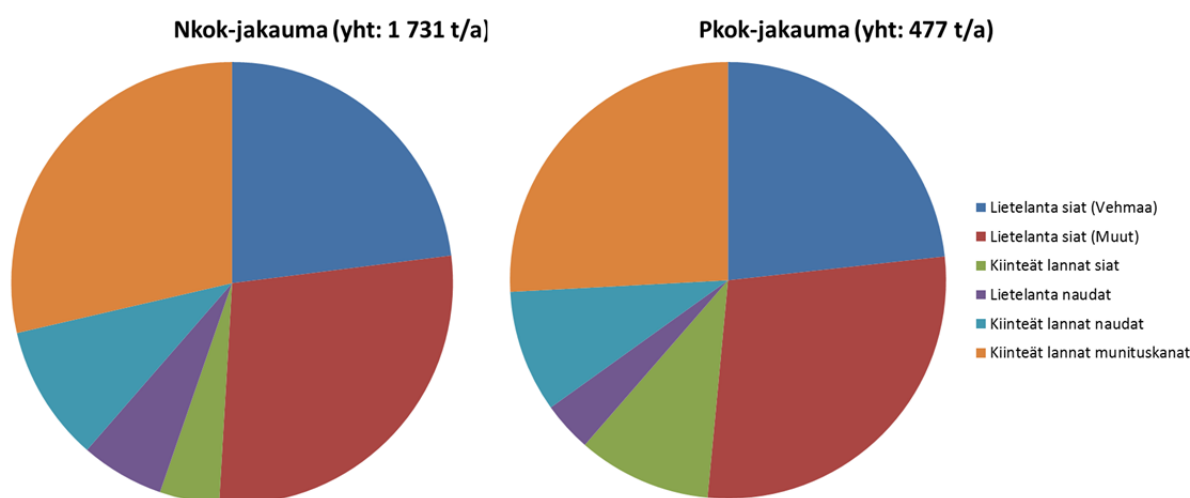
⁸ Valio Artturi®-rehuanalyysi; Seppälä ym. 2014; Seppälä ym. 2009

⁹ Pliuk./Pkok-suhde on arvioitu olevan 10 %

Tarkastelualueella muodostuvan lannan kokonaisuudeksi saatiin 344 000 t/a (Taulukko 17) sisältäen 1 731 t typpeä ja 477 t fosforia. Sian lietalannassa koko alueen tyypestä oli 55 % ja fosforista 61 % ja Vehmaalla muodostuvan sian lietalannan osuus on 41 % tyypestä ja 42 % fosforista (Kuva 12). Laskennassa huomioitujen lantojen energiasisältö on yhteensä 80 380 MWh/a.

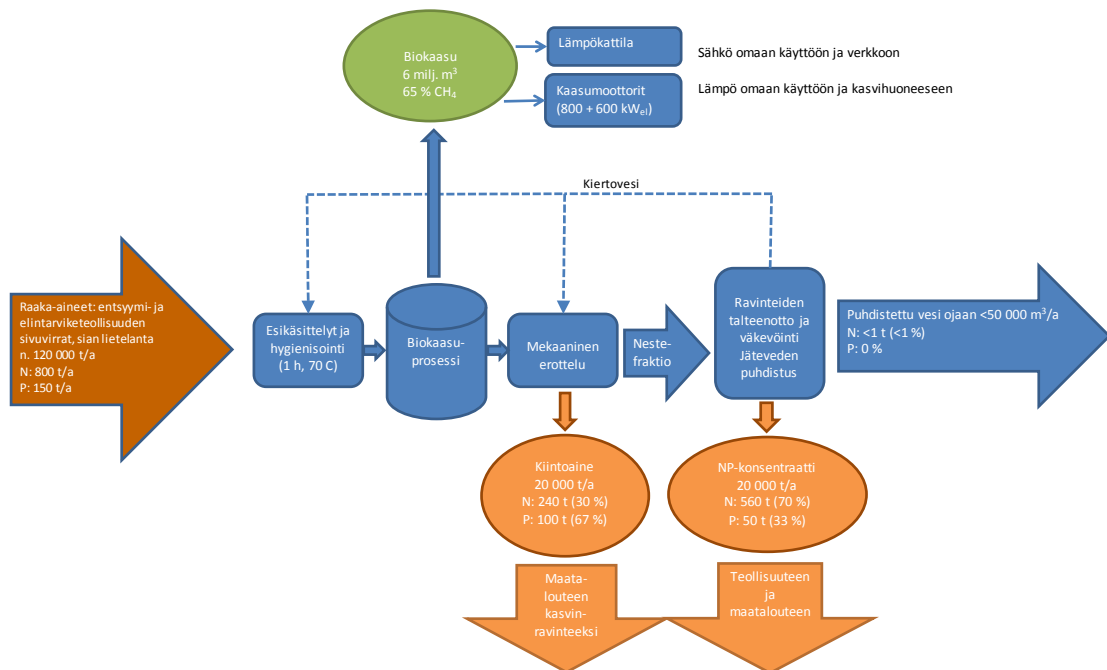
Taulukko 17. Tarkastelualueella Vakka-Suomessa muodostuvat lannat.

Lantalaji	Lantatyyppi	Määrä (t/a)
Siat	Lietelanta Vehmaa	107 655
	Lietelanta muut	130 721
	Kiinteät lannat	10 052
Naudat	Lietelanta	35 267
	Kiinteät lannat	33 202
Munituskanat	Kiinteät lannat	26 790
Yhteensä:	Kaikki lannat	343 687

**Kuva 12.** Tarkastelualueella Vakka-Suomessa muodostuvan lantatypen ja -fosforin määrä eläinlajeittain (Vehmaan sian lietelannat ja muut sian lietelannat erikseen).

5.2. Keskitetty lannankäsittelykonsepti ja laskentaskenaariot

Keskitettynä lannankäsittelyvaihtoehtona tarkasteltiin vastaavaa keskitettyä biokaasulaitoskonseptia kuin Vehmaalla nykyisin on toiminnassa (Kuva 13). Ko. laitoksen nykyinen ympäristöluvan mukainen käsittelykapasiteetti on 120 000 t/a. Laitoksessa on raaka-aineiden vastaanottojärjestelmä, puskurivarasto, hygienisointiyksikkö (1 h, 70 °C), varsinainen biokaasuprosessi ja mädätysjäännöksen jatkojalostus. Mädätysjäännös jalostetaan separoimalla neste- ja kuivajae erilleen ja väkevöimällä nestejakeen ravinteet typpi-fosfori-konsentraatiksi (NP-konsentraatti) haihturilla. Haihturin tuottama lauhdevesi puhdistetaan edelleen ympäristöön johdettavaan laatuun käänteisosmoosin ja aktiivihii-lisuodatuksen avulla. Kaikki laitoksella käytettävä vesi, lukuun ottamatta sosiaaltilojen vettä, saadaan omasta prosessista kierrättämällä. Talousvettä otetaan verkostosta siis vain noin 1 m³/vrk. Laitoksen toiminta kuluttaa lisäksi sähköä ja lämpöä sekä polymeeriä, rikkihappoa ja pieniä määriä lipeää pesuihin ja pH:n säätöön. Tällä hetkellä biokaasu hyödynnetään sähkön ja lämmön yhteistuotannossa. Ylijäämä sähkö myydään verkkoon ja osa lämmöstä naapurikiinteistöillä sijaitsevalle kasvihuoneyrittäjälle.



Kuva 13. Vehmaan biokaasulaitoksen nykyprosessi ravinnetaseineen täydellä ympäristöluvan mukaisella käsittelykapasiteetilla 120 000 t/a.

Aluetarkastelussa sovellettiin Vehmaan biokaasulaitoksen ravinnetaseita, ravinnepitoisuustietoja, osaprosessien teknisiä toimintarajoja, energiankulutuksia, käyttökustannustietoja sekä toiminnanharjoittajan tiedossa olevia laitetoimittajilta saatuja investointikustannus- ja käyttökustannustietoja niiltä osin kuin laitospäätös muutettiin mm. biokaasun hyödyntämisvaihtoehtoja tarkasteltaessa.

Keskitetyn laitospäätöksen energia- ja ravinnetaseet laskettiin kolmelle eri raaka-ainevaihtoehdolle (Taulukko 18). Vaihtoehdot olivat seuraavat:

- A) Vakka-Suomen sianlannat
 - Vehmaan lietalannat ja kiinteät lannat sellaisenaan JA
 - Muiden Vakka-Suomen kuntien lietalantojen lingotut kuivajakeet ja kiinteät lannat
- B) Vakka-Suomen sianlannat + lisälannat
 - A-vaihtoehto JA
 - 50 % Vakka-Suomen kuntien naudan ja munituskanan lietalannoista ja kiinteistä lannoista sellaisenaan
- C) Vakka-Suomen sianlannat + kasvibiomassa
 - A-vaihtoehto JA
 - 40 000 t kasvibiomassaa (nurmi)

Taulukko 18. Biokaasulaitoskäsittelyyn päätyvät massat eri tarkasteluvaihtoehdoissa..

Vaihtoehto	Lantatyppi	Määrä (t/a)	Yhteensä
A) Sika	Sika, lietelanta, Vehmaa	107 655	137 315
	Sika, lietalannan kuivajae, muut kunnat	19 608	
	Sika, kiinteät lannat	10 052	
B) Sika+lisälannat	A Sika	137 315	184 945
	Nauta, lietelanta 50 %	17 634	
	Nauta, kiinteät lannat 50 %	16 601	
	Kana, kiinteät lannat 50 %	13 395	
C) Sika+kasvibiomassa	A Sika	137 315	177 315
	Kasvibiomassa	40 000	

Sian lietalannan kuivajakeen erotuskertoimina (Taulukko 19) käytettiin linkokoeajojen lannan 2 tu-loksia, jotka olivat lähimpänä eritysdatan kautta lasketun keskimääräisen sian lietalannan TS-pitoisuutta. Kuivajakeen metaanintuottopotentialina käytettiin myös tämän hankkeen keskiarvotulo-sta (260 m³CH₄/t-VS). Levityspintalan laskennassa huomioitiin alueen peltolohkojen viljavuusluok-kien keskiarvo (Lemola 2015) ja satotasokorjaus täysimääräisenä viljavuusluokassa korkea (keskimää-rin 12 kgP/ha).

Peruslaskentaa verrattiin ravinnetaseena myös tilanteeseen, jossa sian lietalannan erotus tehtäi-siin laskeuttamalla (paitsi Vehmaan lietelanta sellaisenaan laitokseen). Laskeutuksen erotuskertoimi-en määrittelyssä sovellettiin JärkiLanta -hankkeen tuloksia hieman modifioiden (Riiko 2014; Taulukko 19). Laskeutusajaksi oletettiin korkeintaan yksi kuukausi kolmen kuukauden sijasta, jolloin erotuste-hon oletettiin olevan hiukan heikompi.

Taulukko 19. Sian lietalannan massataseisiin perustuvat erotuskertoimet kuivajakeeseen Vakka-Suomen lanto-jen linkous- ja laskeutusvaihtoehdoissa.

Parametri	Linkous	Laskeutus
	Erottuminen massataseena % kuivajakeeseen	
Massa	15	30
TS	82	80
VS	88	88
Nkok	48	43
Pkok	94	87
Kuivajakeen Nliuk./Nkok-suhde	50	43
K	15	-

5.3. Ravinteiden siirtyminen ja energiapotentiaali

Sianlannan keskitetyn käsittelyn vaihtoehdossa A biokaasulaitokseen ohjautui 137 300 t lietalantaa, siitä separoitua kuivajakeeta ja kiinteitä sianlantoja (Taulukko 20). Tämä on 55 % kaikesta Vakka-Suomen alueella muodostuvasta sianlannasta ja 40 % kaikesta alueen lannasta. Ravinnemäärinä tä-mä tarkoittaa 706 t typpeä ja 285 t fosforia. Mikäli keskitettyä käsittelyvaihtoehtoa ei ole tarjolla, tilat tarvitsevat lannoille levitysalaa noin 24 000 ha (Taulukko 20).

Biokaasulaitoskäsittelyyn ohjautuvien sian lantojen energiasisältö biokaasun tuotannossa on 45 000 MWh, joka mahdollistaisi kokonaisenergiategoltaan 5,2 MW:n biokaasulaitoksen (Taulukko 20). Mikäli lantaa ei saada laitokseen käsittelyyn tuoreena, energiasisällöstä voidaan menettää 12 500

MWh/a, sillä varastoidun sian lietelannan BMP on keskimäärin 300 m³CH₄/t-VS ja tuoreen lannan 500 m³CH₄/t-VS (tämän hankkeen tulos). Vastaavasti varastoidun kuivajakeen BMP on 220 m³CH₄/t- VS ja tuoreen kuivajakeen 260 m³CH₄/t-VS (tämän hankkeen tulos).

Vaihtoehdossa B, jossa sianlantojen lisäksi keskitettyyn käsittelyyn otetaan puolet alueen nautan ja munituskanojen liete- ja kiinteistä lannoista, laitospölyyn ohjautuva massamäärä on 177 000 t, jonka energiasisältö on 53 900 MWh (Taulukko 20). Keskitettyyn käsittelyyn siirretään tällöin 1 093 t typpeä ja 377 t fosforia. Lantamäärän levityspinta-alan tarve sellaisenaan on yli 31 000 ha.

Kasvibiomassan energiasisältö (35 100 MWh) on lantoja korkeampi, joten massamääräisesti samansuuruinen massalisäys (~40 000 t/a) kuin vaihtoehdossa B (lisälantojen energiasisältö 8 912 MWh), nostaa vaihtoehdon C energiatehon 9,3 MW:iin. Tämä energiateho laajentaa biokaasun hyödyntämismahdollisuuksia, koska tätä tasoa pidetään myös jo biokaasun nesteytyksen mahdollistavana tasona (>60 000 MWh). Nesteytyslaitoksen investointikustannukset ovat selvästi korkeammat kuin paineistuksen, jolloin kannattavuuteen vaikuttaa merkittävästi käsiteltävä kaasumäärä. Kasvibiomassan ravinnemäärä on taas alempi kuin vaihtoehdon B lisälantojen, jolloin kasvibiomassavaihtoehdossa C käsitellään typpeä 986 t ja fosforia 323 t.

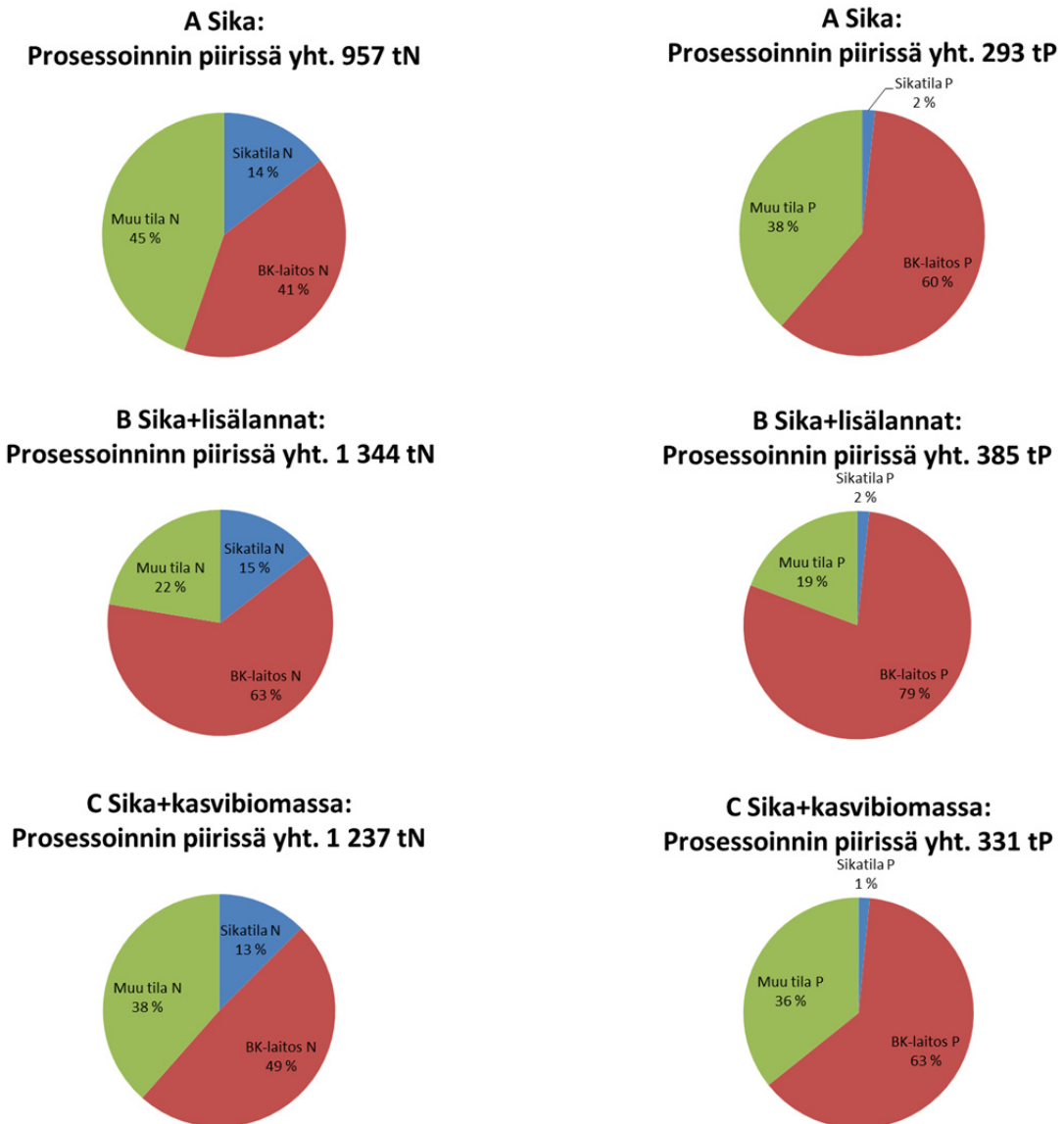
Kaikissa käsittelyvaihtoehdoissa syöteseoksen TS-pitoisuus pysyy käytännössä märkäprosessille optimaalisella tasolla (noin <15 %). Vaihtoehdossa C vähäistä laimennusta tarvitaan. Laimennusvesi saadaan kuitenkin laitoksen omista prosesseista (Kuva 13).

Taulukko 20. Laskentavaihtoehtojen massamäärät, energiasisältö ja -teho, syöteseoksen TS-pitoisuus sekä ravinnemäärät biokaasuprosessiin sisään (IN) ja ulos (OUT) (vertailuna alueen kaikki lannat).

Vaihtoehto	A) Sika	B) Sika+lisälannat	C) Sika+kasvibiomassa	Kaikki lannat
Massamäärä (t/a)	137 315	184 945	177 315	343 687
Energiasisältö (MWh/a)	45 000	53 900	80 100	80 380
Teho (MWh)	5,2	6,3	9,3	9,3
TS IN (%)	11,5	14,0	15,7	10,9
Nkok IN=OUT (t/a)	706	1 093	986	1 731
Pkok IN=OUT (t/a)	285	377	323	477
Nliuk IN (t/a)	366	444	368	750
Nliuk OUT (t/a)	498	607	638	996
Levityspinta-ala fosforin perusteella (12 kgP/ha*)	23 750	31 420	26 920	39 750

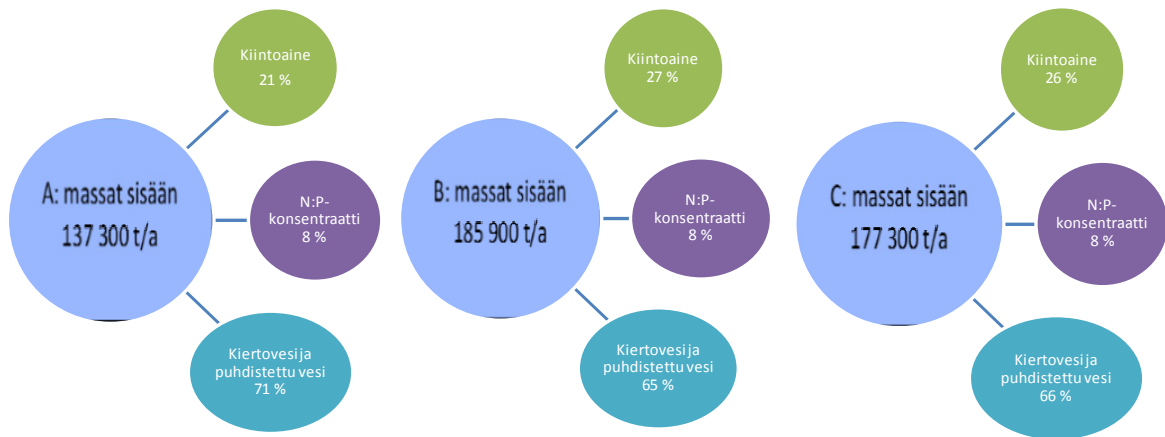
*Fosforin levitysmäärä on laskettu vuositasolla, koska 5 vuoden tarkastelujaksolla fosforin tasaustakin käytössä tämä hehtaarimäärä tarvitaan per vuosi.

Vakka-Suomen tarkastelualueen ravinnevirtoja kokonaisuutena tarkasteltaessa, sianlantojen käsittelyvaihtoehdossa A, biokaasulaitospölyyn ohjautui 41 % tarkastelualueen lantatyppeistä ja 60 % lantafosforista. Lisälantavaihtoehdossa B biokaasulaitospölyyn ohjautui vastaavasti 63 % typpeistä ja 79 % fosforista. Vaihtoehto C ei ole suoraan vertailukelpoinen edellisten kanssa, koska laskentaan tuotiin lisää typpeä ja fosforia kasvibiomassan kautta (Kuva 14). Alueen kasvibiomassojen ravinnemääriä ei huomioitu muissa laskentavaihtoehdoissa. Mikäli sian lietelantojen fosforin erotusmenetelmänä käytettäisiin laskeutusta lintoamisen sijaan, jäisi alueen sikatiloille tilatasolla levitettäväksi keskimäärin 10 t/a enemmän fosforia. Tämä tarkoittaa levityspinta-alassa 833 ha (12 kgP/ha).



Kuva 14. Typen (vasen) ja fosforin (oikea) jakaantuminen aluetasolla Vakka-Suomessa keskitetyn biokaasulaitoksen ja tilojen kesken eri laskentavaihtoehdoissa.

Keskitetyssä biokaasulaitoksessa ravinteet säilyvät, mutta massamäärä vähenee, kun mädätysjännöstä jalostetaan edelleen biokaasuprosessin jälkeen. Vehmaan laitoksessa ravinteet saadaan väkevöityä 29–35 %:iin laitokäsittelyyn siirrettyjen raaka-aineiden massasta (Kuva 15). Kasalla pysyvää, aumattavaa kuivajaetta muodostuu 21–27 % ja nestemäistä ravinnekonentraattia 8 % laitokselle sisään tulleiden massojen määrästä. Loput massasta on johdettavissa ympäristöön. Käytännössä laitokselta hyötykäyttöön kuljetettava massamäärä vähenee merkittävästi ja mahdollistaa siten lopputuotteiden pidemmät kuljetusmatkat sinne, missä ravinteita tarvitaan.

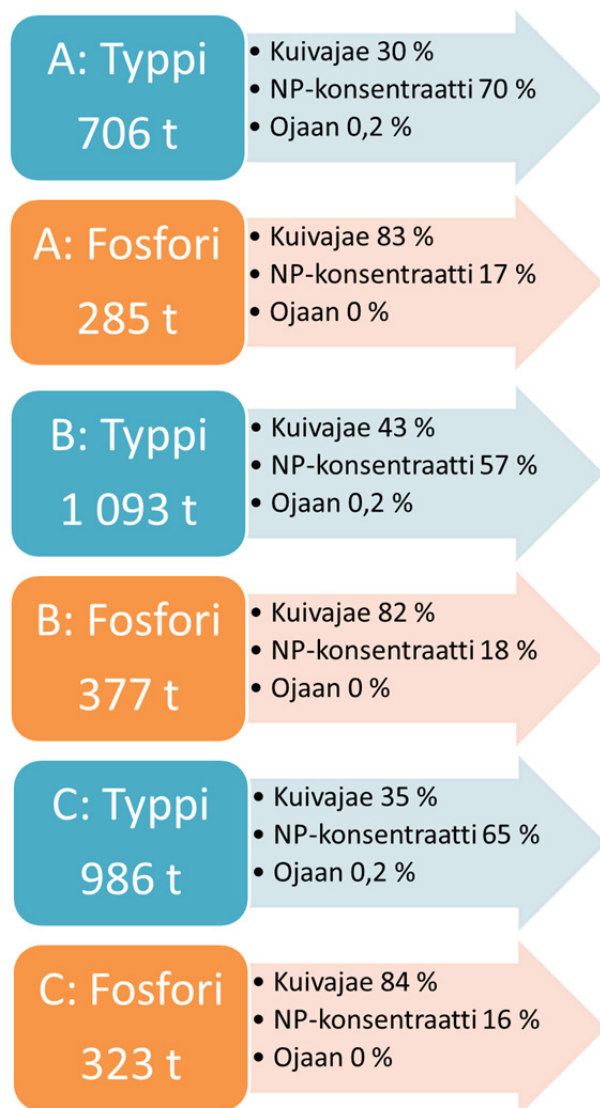


Kuva 15. Keskitetyn biokaasu- ja mädätysjäännöksen jatkojalostuslaitoksen massatase vaihtoehtoissa A-C.

Raaka-aineiden mukana keskitettyyn käsittelyyn päätyneiden typen ja fosforin oletettiin päätyvän edelleen kokonaisuudessaan mädätysjäännökseen. Biokaasuprosessissa tapahtuu kuitenkin typen mineralisoitumista eli liukoisen typen osuus kokonaistypestä kasvaa. Erilaisten lantojen tyyppi liukoituu eri tavoin. Lisäksi liukoistumiseen vaikuttaa erityisesti biokaasuprosessin käsittelylämpötila, joka tässä laskennassa oli 40 °C. Lietelantojen liukoisen typen määrän oletettiin nousevan 30 % (Luostari- nen 2013b; Paavola ja Rintala 2008; käytännön kokemukset Vehmaan laitokselta) ja kiinteiden lantojen, separoidun kuivajakeen sekä kasvibiomassan 50 % (arvio). Fosforin liukoisuuden oletettiin pysyvän ennallaan.

Keskitetyssä käsittelyssä tuotettujen lannoitevalmisteiden ravinnepitoisuudet muodostuvat raaka-aineiden ravinnepitoisuuksista ja käyttäytymisestä prosessointiketjussa. Ravinteiden liukoisuus vaikuttaa mädätysjäännöksen jatkojalostuksessa ravinteiden jakaantumiseen ja päätymiseen eri lopputuotteisiin. Liukoista ravinteista suurin osa päätyy linkouksessa ensin rejektiveteen ja siten edelleen siitä haihduttamalla väkevöityyn NP-konsentraattiin. Kuivajakeeseen taas päätyvät kuiva-aineeseen sitoutuneet ravinteet, jotka ovat nestemäisiin kierrätysravinnetuotteisiin verrattuna kasvinravinneikäytössä hidasliukoisempia.

Tarkastelluissa vaihtoehtoissa A-C kuivajakeeseen päätyi 30–43 % kokonaistypestä ja 82–84 % kokonaisfosforista. Vastaavasti N:P-konsentraattiin päätyi 57–70 % tyyppästä ja 16–18 % fosforista (Kuva 16). Fosforin jakaantumisessa ei ollut merkittäviä eroja eri laskentavaihtoehtoissa, mutta eri raaka-aineiden erilainen typen liukoistuminen biokaasuprosessissa vaikuttaa typen jakaantumiseen kuivajakeen ja N:P-konsentraatin kesken. Ravinnetuotteiden N:P-suhteet ja erityisesti ravinteiden liukoisuudet muodostuivat kuitenkin varsin erilaisiksi. Kuivajakeen N:P-suhde oli 0,9–1,5 ja konsentraatin 9–12 (Taulukko 21). Lisäksi konsentraatin ravinteet olivat ~90 %:sti liukoisia, eli välittömästi kasvien käytettävissä.



Kuva 16. Keskitettyyn biokaasu- ja mädätysjäännöksen jatkojalostuslaitokseen päätyneiden typen ja fosforin jakaantuminen lannoitevalmisteisiin eri vaihtoehtoissa.

Taulukko 21. Keskitetyssä biokaasu- ja mädätysjäännöksen jatkojalostuslaitoksessa tuotettujen lannoitevalmisteiden pääraavinnepitoisuudet ja N:P-suhteet tarkastelluissa vaihtoehtoissa.

	A: Sika		B: Sika+lisälannat		C: Sika+kasvibiomassa	
	Kuivajae	Konsentraatti	Kuivajae	Konsentraatti	Kuivajae	Konsentraatti
Typpi (kg/t)	7,2	45	9,4	41	7,3	45
Fosfori (kg/t)	8,1	4,4	6,2	4,6	5,8	3,7
N:P-suhte	0,9	10	1,5	8,9	1,3	12

5.4. Keskitetyn käsittelyn taloudellinen kannattavuus

5.4.1. Lähtötiedot

Keskitetyn käsittelyn taloudellisen kannattavuuden arviointi tehtiin perustuen Vehmaan biokaasulaitoksen toimintakonseptiin (Kuva 13) ja käytännön tietoihin sen eri yksikköprosessien tehoista ja kustannuksista. Biokaasun hyödyntämistapoina tarkasteltiin sähkön ja lämmön tuotannon lisäksi myös biokaasun liikennekäyttöä sekä paineistettuna että nesteytettynä. Lähtötiedot perustuivat useisiin laitetoimittajien tarjouksiin ja heiltä saatuihin tietoihin.

Maatalouden raaka-aineisiin perustuvan biokaasulaitoksen lannoitevalmisteet ovat luomukelpoisia, joten lannoitevalmisteiden kuljetus- ja levityskustannukset oletettiin olevan laitoksen kannalta nolla. Käytännössä nestemäinen ja typpirikas typpi-fosforikonsentraatti palautuisi ainakin osittain Vakka-Suomen alueen lantaa luovuttavien tilojen käyttöön. Fosforirikas kuivajae kuljetettaisiin puolestaan alueen ulkopuolelle hyödynnettäväksi peltolohkoilla, joiden viljavuusluokka on tarkastelualueelta alhaisempi.

Kannattavuuslaskelmissa käytettiin seuraavia tietoja:

- Porttimaksu: sian lietelanta ja munituskananlanta 2,5 €/t, naudan lanta 0 €/t
- Kasvibiomassan kustannus: 18 €/t (500 €/ha, 8,5 tTS/ha)
- Sähkön oma käyttö biokaasulaitoksessa eri vaihtoehdoissa: A) 3 500 MWh/a, B) ja C) 4 000 MWh/a (massamäärä ja sekoitustehon tarve kasvaa vaihtoehto A:han nähden)
 - Lisäksi biokaasun puhdistus ja paineistus 2 700 MWh/a tai puhdistus ja nesteytys 5 200 MWh/a
- Sähköntuotannon hyötysuhde 40 %
- Sähköntuotannon yhteydessä muodostuva lämpö riittää laitoksen omaan tarpeeseen
- Lämmön myynti yhdistetyn sähkön- ja lämpöntuotannon (CHP) vaihtoehdoissa 3 000 MWh/a, 25 €/MWh
- Sähkön myyntihinta ilman tuotantotukea 25 €/MWh
- Sähkön tuotantotuki 83,5 €/MWh, lämpöpreemiota ei huomioida, koska riittävän lämmön hyödyntämisen tason varmistaminen on hyvin epävarmaa haja-asutusalueella
- Puhdistetun ja paineistetun biokaasun (CBG) myyntihinta 50 €/MWh
- Puhdistetun ja nesteytetyn biokaasun (LBG) myyntihinta 70 €/MWh
- Liikennepolttoainetuotannon hyötysuhde 90 %
- Peruslaitosinvestointi sisältäen biokaasulaitoksen, CHP:n ja mädätysjäännöksen jatkojalostusprosessit 8 milj. €
- Kasvibiomassan esikäsittely- ja syöttölaitteet 200 000 €
- Biokaasun puhdistus- ja paineistusprosessin investointikustannus 2 milj. €
- Biokaasun puhdistus- ja nesteytysprosessin investointikustannus 11 milj. €
- Hakelämpölaitoksen investointikustannus = CHP:n investointikustannus (hakelämpölaitos tarvitaan CBG- ja LBG-vaihtoehdoissa laitoksen lämmön tarpeen kattamiseen)
- Poisto aika 15 vuotta, 4 %:n korko (investointien todellinen elinikä on pidempi, vähintään 20 vuotta, mutta rahoitusta on vaikea järjestää edes 10 vuoden takaisinmaksuajalla)
- Lisäinvestointi laitoksen yleiseen kehittämiseen 100 000 €/vuosi
- Ei investointitukia
- Peruslaitosinvestoinnin käyttökustannukset 1 000 000 €/vuosi (sisältää kemikaalit, tarvikkeet, huollot, henkilöstökustannukset jne.)
- Lisämassojen aiheuttama lisäys käyttökustannuksiin 10 %
- Biokaasun nesteytyksen aiheuttama lisäys käyttökustannuksiin 200 000 €/vuosi
- Ostosähkön hinta 70 €/MWh
- Hakelämmön hinta 25 €/MWh

5.4.2. Kannattavuuslaskennan tulokset

Keskitetty lannankäsittely oli keskitetyn biokaasulaitoksen kannalta tappiollista kaikilla raaka-ainevaihtoehdoilla, jos myydyin sähkön hinta on nykytasolla (25 €/MWh; Taulukko 22). Lannasta saatavat porttimaksut ja sähköntuotannon tulot eivät riitä kattamaan laitoksen toimintakustannuksia ja kasvibiomassan hankintakustannukset heikentävät laitoksen tulosta edelleen. Kannattavuusraja vaihtoehdossa A on sähkön hinnassa 84 €/MWh. Vaihtoehtoisesti sian lietelannan porttimaksun tulisi olla

lähes 9 €/t, jos sähkön hinta on 25 €/MWh. Tällöin vaihtoehdon C kasvibiomassan kustannus saisi olla enintään 6,5 €/MWh, jotta päästäisiin nollatulokseen. Vaihtoehdossa B nollatulokseen pääseminen edellyttäisi sian lietelannalta porttimaksua 8,4 €/t (jos naudan ja munituskanojen lantojen porttimaksua ei muuteta).

Pelkän sianlannan käsittelyvaihtoehto A on tappiollinen kaikilla biokaasun hyödyntämistavoilla, jos lannan porttimaksu on tasolla 2,5 €/t. Mikäli laitos kuuluisi sähkön tuotantotuen piiriin, lisämassoja hyödyntävät vaihtoehdot B ja C voisivat olla kannattavia (Taulukko 22). Myös pelkän sian lietelannan käsittelyvaihtoehto pääsee nollatulokseen, kun sen porttimaksua korotetaan hieman tasolle 2,7 €/t. Vastaavan tuloksen kuin vaihtoehdot B ja C se tekee, jos porttimaksu on ~4,5 €/t. Kasvibiomassaa hyödyntävän vaihtoehdon C kannattavuus paranee edelleen, mikäli biokaasu jalostetaan liikennepolttoaineeksi (CBG) ja kaikki kaasu myydään (CHP+tariffi 271 k€ → CBG 567 k€ ja LBG 489 k€ tai 582 k€). Sika+lisälannat vaihtoehdon B kannattavuus on samalla tasolla sekä tuotantotuen piirissä että CBG:n tuotannolla (~200 k€). Kannattava toiminta CBG:n tuotantoon perustuen on siis mahdollista molemmissa lisämassoja hyödyntävissä vaihtoehdoissa (B ja C).

Korkean alkuinvestoinnin LBG:n tuotanto edellyttää muita vaihtoehtoja korkeampaa energiatehoa tullakseen kannattavaksi. Kasvibiomassan energiasisältö on lantoja selvästi korkeampi, mikä tekee tästä vaihtoehdosta helpommin kannattavan kuin lantaan perustuvat vaihtoehdot. Mikäli kaikki biokaasu jalostetaan ja myydään LBG:nä ja laitoksen oma sähkö ja lämpö tuotetaan muilla tavoin, muodostuvat molemmat lisämassoja hyödyntävät vaihtoehdot B ja C kannattaviksi. Kasvibiomassaa hyödyntäen on mahdollista yhdistää myös oman energian (CHP) ja LBG:n tuotanto taloudellisesti kannattavasti. Kasvibiomassaa hyödynnettäessä on mahdollista myös poistaa sian lannan porttimaksu, jos biokaasu hyödynnetään täysimääräisesti liikennepolttoaineena (joko CBG:nä tai LBG:nä; Taulukko 22). Kasvibiomassaa hyödyntävän CBG:n tuotantovaihtoehdon tulos porttimaksuilla on 567 k€ ja LBG-vaihtoehtojen tulokset ovat 489 k€ ja 582 k€. Tulokset kestäisivät sian lannasta kertyvien porttimaksujen, 343 k€, poiston painumatta tappiollisiksi.

Jos biokaasulaitoksen sähkön ja lämmön tuotannon kokonaishyötysuhde olisi yli 75 %, pystyisi se hyödyntämään uusiutuvan energian tuotantotukijärjestelmää täysimääräisesti eli myös lämpöpöremion osuuden 50 €/MWh. Tuotetusta sähköstä maksettaisiin siten 133,5 €/MWh. Tällöin kaikki vaihtoehdot olisivat selvästi kannattavia (A 698 k€, B 1 083 k€ ja C 1 673 k€). Käytetyillä laskentaoletuksilla tämä olisi myös kaikkein kannattavin biokaasun hyödyntämistapa.

Taulukko 22. Kannattavuustarkastelu eri biokaasun hyödyntämisvaihtoehdoilla (esitystavasta riippumatta laskennan tulokset ovat suuntaa-antavia).

Vaihtoehto	Lanta ja kasvit	Portti- maksut	Energia- sisäitö	Orma käyttö	Myynti: säh- kö/CBG/LBG	Myynti: lämpö	Tulot	Käyttö- kustan- nukset	Poistot	Lisä- inves- toinnit	Tulos
	t/a	€/a	MWh/a	MWh/a	€/a	MWh/a	€/a	€/a	€/a	€/a	€/a
CHP											
A) Sika	137 315	343 288	44 981	8 750	14 492	3 000	75 000	1 000 000	554 667	100 000	-874 068
B) Sika+ lisälannat	137 315 34 235	343 288 0									
	<u>29 996</u>	<u>74 990</u>									
C) Sika+ kasvibio- massa	201 546 137 315 <u>40 000</u> 177 315	418 278 343 288 <u>-720 000</u> -376 712	53 899 80 081	10 000 10 000	17 560 28 032	3 000 3 000	75 000 75 000	1 100 000 1 100 000	554 667 568 000	100 000 100 000	-822 401 -1 368 902
CHP											
A) Sika	137 315	343 288	44 981	8 750	14 492	3 000	75 000	1 000 000	554 667	100 000	-28 262
B) Sika+ lisälannat	137 315 34 235	343 288 0									
	<u>29 996</u>	<u>74 990</u>									
C) Sika+ kasvibio- massa	201 546 137 315 <u>40 000</u> 177 315	418 278 343 288 <u>-720 000</u> -376 712	53 899 80 081	10 000 10 000	17 560 28 032	3 000 3 000	75 000 75 000	1 100 000 1 100 000	554 667 568 000	100 000 100 000	204 831 270 995

Vaihtoehto	Lanta ja kasvit	Portti- maksut	Energiasi- säilö	Oma käyttö	Myynti: säh- kö/CBG/LBG	Myynti: lämpö	Tulot	Käyttö- kustan- nukset	Poistot	Lisä- inves- toinnit	Tulos			
	t/a	€/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a	€/a	€/a	€/a	€/a	€/a	€/a			
CBG														
A) Sika	Sika	137 315	343 288	44 981	15 500	26 533	1 326 648	0	0	1 669 935	1 000 000	693 333	100 000	-123 398
B) Sika+ lisälannat	Sika Nauta Kana	137 315 34 235 29 996	343 288 0 74 990		16 750	33 343	1 671 696	0	0	2 089 974	1 100 000	706 667	100 000	196 640
C) Sika+ kasvibio- massa	Sika Kasvit	137 315 40 000	343 288 -720 000		16 750	56 998	2 849 898	0	0	2 473 185	1 100 000	693 333	100 000	566 519
LBG														
A) Sika	Sika	137 315	343 288	44 981	21 750	20 908	1 463 557	0	0	1 806 844	1 000 000	1 317 333	100 000	-810 489
B) Sika+ lisälannat	Sika Nauta Kana	137 315 34 235 29 996	343 288 0 74 990		23 000	27 809	3 596 107	0	0	3 219 394	1 100 000	1 317 333	100 000	-352 431
C) Sika+ kasvibio- massa	Sika Kasvit	137 315 40 000	343 288 -720 000		23 000	51 373	1 946 624	0	0	2 364 902	1 100 000	1 330 667	100 000	488 728
LBG+ osto- sähkö ja -lämpö														
A) Sika	Sika	137 315	343 288	44 981	21 750	40 783	2 550 426	0	0	2 893 714	2 051 500	1 317 333	100 000	-575 120
B) Sika+ lisälannat	Sika Nauta Kana	137 315 34 235 29 996	343 288 0 74 990		23 000	48 509	3 395 624	0	0	3 813 902	2 151 500	1 317 333	100 000	245 069
C) Sika+ kasvibio- massa	Sika Kasvit	137 315 40 000	343 288 -720 000		23 000	72 073	4 540 596	0	0	4 163 884	2 151 500	1 330 667	100 000	581 717

6. Tulosten tarkastelu ja alueelliset vaikutukset

6.1. Tilakohtaiset tarkastelut

Linkokoeajoissa sian lietelannan linkous todettiin teknisesti mahdolliseksi, mutta käytännössä sen onnistumiseksi tarvitaan polymeerilisäystä. Kokeissa käytettiin nestemäistä polymeeriä, sillä esikokeissa testatut jauhemaiset polymeerit eivät soveltuneet sian lietelannan linkoukseen. Nestemäinen polymeeri on kuitenkin jauhemaista polymeeriä selvästi kalliimpaa (kustannus 40 % liuoksena samaa luokkaa kuin yleisesti käytettyjen jauhemaisten polymeerien 100 %). Mikäli lannalle löydetään toimiva jauhemainen polymeeri, voi linkoamisen vuosittainen polymeerikustannus alentua merkittävästi (Tila 1: 9 984 € → 4 000 €; Tila 2: 19 968 € → 8 000 €). Tämänkin jälkeen linkovaihtoehdot ovat kuitenkin selvästi muita tarkasteltuja separointivaihtoehtoja (laskeutus, ruuvipuristin) kalliimpia niin vaaditun investoinnin kuin polymeerilisan aiheuttaman kustannuksen vuoksi. Lisäksi nestemäisen polymeerin myötä tilalla tarvitaan lisää varastokapasiteettia lietesäiliöihin. Investointitukitaso 30 % ei näillä reunaehdoilla riitä tekemään linkoinvestoinnista taloudellisesti kannattavaa tarkastelussa käytetyillä levitys- ja kuljetusmatkoilla.

Tarkasteluissa lähtötietoina omien peltojen etäisyydestä tilakeskuksesta käytettiin Varsinais-Suomen keskiarvoa ja naapuripeltojen etäisyydelle samaa keskiarvoa kolminkertaisena. Vakka-Suomessa peltojen fosforitase on kuitenkin varsin korkea (n. 60 % viljavuusluokassa hyvä ja 40 % korkea), minkä vuoksi käytännössä 40 %:lle peltoalasta lantafosforia voi hyödyntää vain satotasokorjauksen kautta. On hyvin todennäköistä, että tarvittavat kuljetusmatkat ovat tässä käytettyjä korkeammat eikä ympäristökorvausjärjestelmä riitä kompensoimaan muodostuvaa lannanlevityksen lisäkustannusta. Tämä tekisi järjestelmän ulkopuolelle jättäytymisestä sikatiloille taloudellisesti houkuttelevaa. Toisaalta urakointina toteutettava separointi ja levitys olivat tarkastelussa kustannuksiltaan hyvin lähellä lietelantana hyödyntämistä.

Sianlietelanta on yleisesti varsin laimeaa ja kuiva-ainepitoisuudeltaan alhaista. Mahdollisuuksia muokata eläinsuojan toimintoja veden käytön vähentämiseksi tai esimerkiksi loppupesun laimeimman veden johtamiseksi erilliseen säiliöön tulisi lannan prosessointia harkitessa selvittää. Tämä edistäisi erityisesti lannan separoinnin mahdollisuuksia.

Linkoamisen tilakohtaisessa hyödyntämisessä kustannuksia aiheuttavat paitsi laiteinvestointi, myös polymeerin tarve ja sen tuoma varastokapasiteetin lisä. Sen nähdäänkin olevan pääasiassa vain todella suurten sikatilojen tai sikatila keskittymien mahdollisuus, vaikka levityskustannuksissa tulisivat säästöjä nestejakeen lietelantaa selvästi suuremman hehtaarikohtaisen levityksen myötä.

6.2. Käsittely keskitetyssä biokaasulaitoksessa

Sianlantojen keskitetty käsittely biokaasulaitoksessa yhdessä naudan ja kanan lantojen ja kasvibio-massan kanssa muodostui tarkastelussa taloudellisesti kannattavaksi sekä sähkön tuotantotuen avulla että hyödynnettäessä biokaasu liikennepolttoaineena. Pelkän sian lannan käsittely ilman lisämassoja edellyttäisi, että tuotantotuki pystyittäisiin hyödyntämään täysimääräisesti eli myös tuotetulla lämmöllä olisi käyttökohde. Tuotantotukea on kuitenkin mahdollista saada vain rajallinen aika. Toisaalta CHP-moottoreita on mahdollista käyttää 60 000 tuntia ennen moottorin vaihtoa, eli käytännössä noin 8 vuotta. Moottorin uusimisen yhteydessä voidaan harkita muitakin biokaasun hyödyntämismuotoja. Liikennepolttoaineena hyödyntäminen on nykytilanteessa alkuvaiheessa vielä haastavaa rajallisen kaasuautojen määrän vuoksi. Nesteytyksellä on kuitenkin mahdollista tuottaa LBG:tä raskaan liikenteen käyttöön, mikä helpottaa kaasuautojen muna-kana-ilmion ratkaisemista. Rekkakalusto uusiutuu henkilöautokalustoa selvästi nopeammin ja yhden tarkastellun kokoluokan keskitety

laitoksen biokaasun hyödyntämiseen riittää 50 rekkaa. Henkilöautoja vastaavaan kulutukseen tarvitaan noin 5 000. Lisäksi nesteytettyä biokaasua on mahdollista kuljettaa vastaavasti kuin muitakin nestemäisiä polttoaineita.

Sianlietelannan kuivajakeen toimittaminen voi muodostua tiloille kannattavaksi tietyn ehdoin. Mikäli kuljetusetäisyys keskitettyyn käsittelyyn pysyy maltillisena ja porttimaksu alhaisena, sianlannan toimittaminen käsiteltäväksi muualla muodostuu houkuttelevaksi etenkin tuotantoa kehittäville tiloilla ja mahdollistaa siten tilan tuotannon laajentamisen. Jos biokaasulaitos saa kannattavuutensa pääasiassa energiasta liikennekaasuna tai sähkön tuotantotuella ml. lämpöpreemio, lannan vastaanottamisen porttimaksu voisi painua nolnaan. Tämä kuitenkin edellyttää tilan kannalta joko edullisempaa separointimenetelmää kuin linkoaminen tai linko tulisi olla sopivan tilakeskittymän yhteinen (esimerkiksi kiinteä linko, jolle lietelanta johdetaan läheisiltä tiloilta putkea pitkin) tai sitten lingon investointitukea tulee nostaa. Laskeutus olisi edullinen separointiratkaisu eikä vaatisi tiloilta lisää varastokapasiteettia, mutta nykyisellään se tarkoittaisi pohjalle laskeutuneen kuivajakeen saatavuutta laitokselle vain levitysaikaan, kun viljelijä ensin poistaa erottuneen nesteen levitykseen. Yksittäinen suuri erä syötettä ei ole biokaasulaitokselle mahdollinen, vaan syöte pitäisi saada laitokseen säännöllisemmin. Toisin sanoen laskeutuksen hyödyntämiseksi tarvitaan kehittyneempi menetelmä, joka mahdollistaa kuivajakeen erotuksen ja kuljetuksen laitokseen ympäri vuoden.

Riippumatta separointiteknologiasta kuivajakeen varastointia tulisi kehittää. Aina ei voi olettaa, että saatavilla on sopivia kuivalantaloita ja uuden varaston rakentaminen nostaa separoinnin käyttöönoton kustannuksia. Kuivajakeita voi aumavarastoida tietyn edellytyksin. Nitraattiasetuksessa vaadittu 30 % kuiva-ainepitoisuus ei kuitenkaan välttämättä edistä ravinteidenkiertoa, vaikka sen tavoite vähentää aumavarastoinnin mahdollisia vesistövaikutuksia onkin ymmärrettävä. Korkea kuiva-ainepitoisuuden tavoittelu lisää lingotessa entisestään polymeerilisan tarvetta ja nostaa täten tarvittua varastointikapasiteettia. Molemmat lisäävät merkittävästi linkoamisen kustannuksia saavutettuihin hyötyihin (fosforin erottuminen) nähden. Vastaavasti ruuvipuristimella korkeaan kuiva-ainepitoisuuteen pääseminen vaatii lisää puristusvoimaa, minkä vuoksi pienemmät partikkelit pääsevät seulan läpi nestejakeeseen, fosforinerotusteho laskee eikä separointi tuota toivottua helpotusta lannan ravinteiden uudelleenjakamiseen. Laskeutuksessa 30 % kuiva-ainepitoisuuteen ei todennäköisesti päästä edes polymeerin avulla.

6.3. Alueellisen ravinnekierron edistämisen mahdollisuudet

Ympäristövaikutustarkasteluissa keskityttiin selvittämään separoinnin vaikutusta tilakohtaisiin lannankäsittelyn ympäristövaikutuksiin. Separointi vähentää lannankäsittelyn ilmastovaikutusta tavanomaiseen lietelannan käsittelyyn verrattuna, koska kuivajakeen varastoinnin metaanin muodostumiskerroin on lietelantaa pienempi. Separointiketjun ilmastovaikutuksia voidaan edelleen alentaa käsittelemällä separoitu kuivajake biokaasulaitoksessa heti separoinnin jälkeen. Tällöin kuivajakeen varastoinnin aiheuttamat päästöt jäävät pois ja biokaasulaitoksen jälkeen käsitellyn kuivajakeen päästöt ovat raakalantaa alhaisemmat.

Ammoniakkipäästöissä ei eroja vaihtoehtojen välillä juurikaan ollut. Päästöt riippuvat tapauskohtaisesti niin lietelannan kuin separointijakeidenkin kohdalla siitä, miten ne varastoidaan ja levitetään. Kompostoitumistaipumuksen takia kuivilla lannoilla ja separoituilla kuivajakeilla varastoinnin aikainen ammoniakkitypen haihtumisriski on lietelantaa suurempi. Lisäksi niiden varastoinnin aikaisten päästöjen vähentäminen on hankalaa. Lannan peittäminen tiiviisti vähentää päästöjä selvästi, mutta peittäminen tulee käytännössä kyseeseen lähinnä vain peltoaumoille, kuten nitraattiasetuksessa vaaditaankin. Koska aumaaminen on mahdollista vain kuiva-ainepitoisuudeltaan vähintään 30 % lannalle tai kuivajakeelle, se tarkoittaa suurimmalle osalle kuivista lannoista ja mahdollisesti myös separoituille kuivajakeille varastointia lantaloissa ilman peittämistä.

Jos kuivajae käsitellään välittömästi separoinnin jälkeen biokaasulaitoksessa, pitää kiinnittää erityishuomiota käsittelyjäännöksen varastointiin. Biokaasuprosessin aikana käsiteltävän massan tyyppi liukoistuu, mikä lisää ammoniakkihaittumispotentiaalia. Jäännöksen separoitu kuivajae ei kokemuksen mukaan kuitenkaan kompostoidu käsittelemättömän kuivajakeen tavoin, mikä puolestaan pienentää haittumispotentiaalia. Nestejakein tulisi kuitenkin varastoida katettuna.

Eri tapauksissa – perinteinen lietelantaketju, tai lietelannan separointi ilman kuivajakeen biokaasutusta tai sen kera - ammoniakkipäästöihin voidaan vaikuttaa varastointi- ja levitysteknisin menetelmin. Pelkällä lietelannalla tehtävä on helpompaa, koska huolehdittavana on vain yhden lantatyyppin päästöjen minimointi. Lisäksi päästöjen vähentäminen kuivista lannoista ja separoiduista kuivajakeista on teknisesti haastavampaa kuin nestemäisistä.

Keskitetty lannankäsittelyn ratkaisut voisivat mahdollistaa alueen lantaravinteiden uudelleen jakamisen, mikäli laitos löytää tarvittavan kannattavuuden lantapohjaiseen toimintaan. Biokaasulaitoksilla on edellytyksiä tähän, sillä ne voivat käsitellä monenlaisia lantoja sekä muita, energiantuottoa nostavia raaka-aineita monipuolisesti. Toiminnan ympäristövaikutukset riippuvat kuitenkin koko toimintaketjun ratkaisusta ja ravinteiden hukasta sen jokaisessa vaiheessa. Aiempien selvitysten mukaan (mm. Luostarinen ym. 2011) massojen kuljettaminen on ympäristön kannalta toivottavaa, mikäli ravinteiden hyödyntäminen tehostuu. Näin ollen keskitetyn biokaasulaitoksen ympäristövaikutuksissa kyse on pääasiassa prosessointiketjun mahdollisuuksista minimoida ammoniakkipäästöt ja lopputuotteiden käytön ravinnehuuhtoumat maataloudessa. Jos laitos tuottaa päästöt minimoiden kannattavasti kuljetettavia ravinnetuotteita, jotka voidaan hyödyntää niitä tarvitsevilla alueilla ravinneylijäämän alueen sijaan, saavutetaan ympäristöhyötyjä. Tässä hankkeessa ei kuitenkaan tarkasteltu keskitetyn biokaasulaitoksen kokonaisketjun ympäristövaikutuksia eikä eri osaprosessien päästöistä ylipäätään ole juuri saatavilla tietoa.

Kotieläinvaltaisilla alueilla peltojen fosforiluvut ovat korkeita, mikä lisää painetta lannankäsittelyn ratkaisuihin peltoalan rajoittaessa kotieläintuotantoa. Tässä tarkastellulla Vakka-Suomen alueella pääosa alueen pelloista on luokassa hyvä tai korkea. Peltojen korkeita helppoliukoisen fosforin pitoisuuksia ei selitä yksinomaan lannan käyttö, vaan taustalla on myös mineraalifosforin korkeat käyttömäärät varsinkin 1970- ja 1980-luvuilla. Fosforilannoitustasot ovat alentuneet lannoitussuositusten tarkentumisen ja ympäristötuen sekä nykyään ympäristökorvausjärjestelmän myötä. Tarkastelun kohteena olevassa perustilanteessakin helppoliukoisen fosforin pitoisuudet alenevat selvästi, jos lannoitusta jatketaan nykyisen kaltaisesti ja ympäristökorvauksen mukaisesti. Tuotannon edelleen jatkuva alueellinen keskittyminen ja yksikkökokojen kasvaminen kuitenkin lisäävät paineita jättäytyä ympäristökorvausjärjestelmän ulkopuolelle, mikä johtaisi jo saavutettujen ympäristöhyötyjen ainakin osittaiseen mitätöitymiseen. Tämän takia pitää löytää ratkaisuja kotieläintuotannon alueellisen keskittymiskehityksen hidastamiseksi ja kääntämiseksi tai edistettävä ympäristövaikutuksia vähentävien kehittyneiden lannankäsittelymenetelmien käyttöönottoa.

7. Johtopäätökset ja jatkotutkimustarpeet

7.1. Johtopäätökset

Sianlietelannan linkoaminen:

- Sianlietelannan linkoaminen ilman kiintoaineen erottumista edistävää polymeeriä on erittäin haasteellista ja erityisesti alhaisen kuiva-ainepitoisuuden lannalla jopa mahdotonta.
- Testatut edullisemmat jauhemaiset polymeerit eivät soveltuneet sianlietelannan linkoamiseen.
- Nestemäinen polymeeri on arvokasta ja lisää varastokapasiteetin tarvetta tilalla, mikä heikentää linkoamisen kannattavuutta.
- Alhaisen kuiva-ainepitoisuuden sianlietelannoilla laskeutus on linkoa yksinkertaisempi ja kannattavampi tilakohtainen erotusmenetelmä.

Sianlietelannan separoinnin reunaehdoja:

- Separointi on tilalle sitä kannattavampaa, mitä enemmän tilalla on lantaa suhteessa peltopinta-alaan ja mitä korkeampi peltojen fosforiluku on.
- Kannattavuuteen vaikuttavat myös lannan tai sen jakeiden mahdolliset muut käyttäjät sijainteineen ja fosforilukuineen (esim. toinen tila tai biokaasulaitos).
- Lannan levityksestä aiheutuvat kustannukset voivat rajoittaa sianlihan tuotannon kehittämistä, mikä lisää intressiä teknologioiden ja uusien toimintamallien käyttöönottoon.

Sianlietelannasta separoidun kuivajakeen biokaasukäyttö:

- Tuoreen sian lietelannan ja separoitujen neste- ja kuivajakeiden metaanintuottopotentiaali on selvästi korkeampi kuin varastoitujen lantojen vastaavat arvot, minkä vuoksi biokaasutuotantoon tarkoitettu lanta kannattaa separoida heti tuoreena ja kuivajake kuljettaa välittömästi laitospesittelyyn.
- Kuivajakeen biokaasukäsittelyllä tuoreeltaan vältetään myös kuivajakeen varastoinnin aikaisesta kompostoitumisesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt/ammoniakkipäästöt.
- Lannan ja separoitujen lantajakeiden varastointiaikojen lyhentämisellä ja varastoinnin välttämällä voidaan alentaa lannankäsittelyn ympäristövaikutuksia.

Lannan keskitetty käsittely biokaasulaitoksessa:

- Lantojen keskitetyssä biokaasukäsittelyssä on mahdollista tuotteistaa ja uudelleenjakaa merkittävä määrä alueellisesta lantafosforista edellyttäen, että laitos käyttää mädätysjännöksen jalostamisessa ravinteiden talteenotto- ja väkevoöntimenetelmiä, joiden ravinnehävikit minimoidaan.
- Keskitetyn biokaasulaitoksen kautta tilat voivat päästä eroon ylimäärästä levitystä rajoittavasta fosforista ja tiloille voidaan tarvittaessa palauttaa typpirikasta mädätysjännöksestä jalostettua lannoitettua tuotetta.
- Keskitetyn käsittelyn ympäristövaikutukset riippuvat pääasiassa prosessointiketjun päästöjen minimoinnin mahdollisuuksista sekä lopputuotteiden käytön ratkaisuista.
- Lisämassat parantavat keskitetyn sianlannan biokaasukäsittelyn kannattavuutta ja kokoavat lisää alueen ravinteita uusjakoon laitoksen kautta.
- Lannan keskitetty biokaasukäsittely on mahdollista toteuttaa kannattavasti sähkön tuotantuella tai biokaasun myynnillä liikennepolttoaineeksi.
- Lannan ja kasvibiomassan yhteiskäsittelyllä on mahdollista tuottaa nesteytettyä biokaasua taloudellisesti kannattavasti.

7.2. Jatkotutkimustarpeet

- Erityyppisten lantojen ravinnepitoisuudet, liukoisuudet ja muuntuminen biokaasuprosessissa
- Kasvibiomassan typen ja fosforin liukoistuminen ja käyttäytyminen biokaasuprosessissa,
- Laskeutusajan vaikutus sian lietelannan kiintoaineen ja ravinteiden erotustehoon, mahdolliset tehostamismenetelmät ja niiden kustannustehokkuus,
- Kustannustehokkaan lyhyen viipymän laskeutusteknologian tai muun fosforin erottamismenetelmän kehittäminen,
- Biokaasulaitoksen osaprosessien, ml. itse biokaasuprosessi sekä jäännöksen jatkojalostus, päästöjen mittaaminen,
- Käsittelyjäännöksestä ja siitä jalostetuista lopputuotteista varastoinnin ja käytön aikana vapautuvien päästöjen arviointi.

Viitteet

- Ekholm, P., Turtola, E., Grönroos, J., Seuri, P., Ylivainio, K., 2005. Phosphorus loss from different farming systems estimated from soil surface phosphorus balance. *Agriculture Ecosystems & Environment* 110, 266-278.
- Grönroos, J., Mattila, P., Regina, K., Nousiainen, J., Perälä, P., Saarinen, K., Mikkola-Pusa, J. 2009. Development of the ammonia emission inventory in Finland Revised model for agriculture. *The Finnish Environment* 8 / 2009.
- Grönroos 2015. Suullinen tiedonanto. Alustava tulos Suomen normilanta –järjestelmästä (keskimääräinen sianlietelanta).
- Hellstedt, M., Luostarinen, S. 2014. Selvitys siipikarjan tuottaman lannan määrästä ja koostumukselta. Loppuraportti maa- ja metsätalousministeriölle. Julkaisematon.
- Hiironen, J., Ettanen, S. 2012. Peltoalueiden tilusrakenne ja sen parantamismahdollisuudet. Maanmittauslaitoksen julkaisuja nro 113.
- ISO 14040. 2006. Environmental management -- Life cycle assessment -- Principles and framework. Kasper-fosforilaskuri. <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/kasper/pelto/peltopalvelut/fosforilaskuri>, 1.6.2015.
- Korhonen, E. 2010. Biokaasuntuotanto naudan kuivikelannasta. Pro gradu –tutkielma, Jyväskylän yliopisto. Bio- ja ympäristötieteiden laitos.
- Kässi, P., Lehtonen, H., Rintamäki, H., Oostra, H., Sindhöj, E. 2013. Economics of manure logistics, separation and land application. Knowledge report, WP3 Innovative technologies for manure handling, Baltic Manure. www.balticmanure.eu
- Lemola, R. 2015. Suullinen tiedonanto.
- Luostarinen, S. (toim.). 2013a. Energy Potential of Manure in the Baltic Sea Region: Biogas Potential & Incentives and Barriers for Implementation. Knowledge report, WP6 Energy Potentials of Manure. www.balticmanure.eu
- Luostarinen, S. (toim.). 2013b. Biokaasuteknologiaa maatiloilla I. Biokaasulaitoksen hankinta, käyttöönotto ja operointi - käytännön kokemuksia MTT:n maatilakohtaiselta laitokselta. MTT Raportti 113.
- Luostarinen, S., Logrén, J., Grönroos, J., Lehtonen, H., Paavola, T., Rankinen, K., Rintala, J., Salo, T., Ylivainio, K., Järvenpää, M. 2011. Lannan kestävä hyödyntäminen. MTT Raportti 21. Jokioinen 2011.
- Maaseutuvirasto 2015. Ympäristökorvaus. <http://www.mavi.fi/fi/oppaat-ja-lomakkeet/viljelijä/Documents/ymparistokorvaus.pdf>
- MMM 2015. Maa- ja metsätalousministeriön asetus 695/2015 rakentamisinvestointien hyväksyttävistä yksikkökustannuksista, 1.6.2015.
- Paavola, T., Isotalo, M., Luostarinen, S. 2015. Näin saadaan sikalietteen fosfori tehokkaasti erilleen. *Maaseudun Tiede* 3/2015, s. 6.
- Paavola, T., 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.
- Palva, R. 2015. Konetyön kustannukset ja tilastolliset urakointihinnat. TTS:n tiedote: Maataloustyö ja tuottavuus 3/2015 (661).
- Raisio Agro 2012. Viljelyopas 2012: Viljelyohjeet, vastaanottovaatimukset, tuotevalikoima. http://www.raisioagro.com/c/document_library/get_file?uuid=b2ebba01-c09f-492d-9977-937383682855
- Riiko, K. 2014. Järki Lanta – Lantayhteistyötä kotieläin- ja kasvinviljelytilojen välillä. Järki Lanta – loppuseminaari, 13.11.2014, Tuorla. Saatavilla <http://jarki.fi/fi/jarki-lanta-loppuseminaari-13112014>.
- Seppälä, A., Kässi, P., Lehtonen, H., Aro-Heinilä, E., Niemeläinen, O., Lehtonen, E., Höhn, J., Salo, T., Keskitalo, M., Nysand, M., Luostarinen, S., Paavola, T. 2014. Nurmesta biokaasua liikenne-polttoaineeksi. Bionurmi-hankkeen loppuraportti. MTT Raportti 151.
- 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.

Tike 2011: Eläinmäärät kunnittain 2011.

Viljavuuspalvelu. Lantatilasto 2005-2009. <http://viljavuuspalvelu.fi/fi/tilastot>

Ylivainio, K. Turtola. E. 2013. Solubility and plant-availability of P in manure. Knowledge report, Baltic Manure WP4 Standardisation of Manure Types with Focus on Phosphorus. www.balticmanure.eu



luke.fi

Luonnonvarakeskus
Viikinkaari 4
00790 Helsinki
puh. 029 532 6000