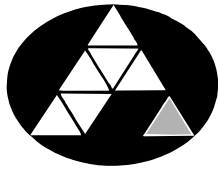


POHJOIS-KARJALAN AMMATTIKORKEAKOULU
Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma

Heikki Laukkanen

Mädätteen levitysmenetelmien erot ja vaikutus säilörehun rehuarvoihin ja satotasoon

Opinnäytetyö
Maaliskuu 2012



POHJOIS-KARJALAN
AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖ
Maaliskuu 2012
Maaseutuelinkeinojen
koulutusohjelma
Sirkkalantie 12
80100 JOENSUU
p. (013) 260 6906

Tekijä
Heikki Laukkanen

Nimeke
Mädätteen levitysmenetelmien erot ja vaikutus säilörehun rehuarvoihin ja satotasoon

Toimeksiantajat
Lämpöyrittäjyyden uudet liiketoimintamallit -hanke ja Biokymppi Oy

Tiivistelmä

Lannan ja muiden orgaanisten lannoitteiden ravinteiden hyödyntäminen nurmien lannoituksessa on tärkeää niin maatalojen nurmituotannon kuin ympäristön ravinnekuormituksen kannalta. Lantaa levitetään usein hajalevityksenä sen edullisuuden ja pienemmän työnmenekin takia verrattuna sijoituslevitykseen. Samalla kuitenkin riski typen haihtumiselle kasvaa ja kasveille jää vähemmän typpeä käytettäväksi sadon tuottamiseen. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää hajalevityksen, kiekkomultauksen sekä veitsimultauksen erot ja vaikutus säilörehun satotasoon ja rehuarvoihin, kun käytettävänä lannoitteena on biokaasulaitoksen tuottama mädäte. Lisäksi tutkittiin eri levitysmenetelmien taloudellisuutta vertailemalla niiden hankinnasta aiheutuvia kustannuksia ja työnmenekkejä.

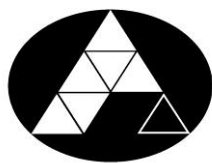
Tutkimus toteutettiin kenttäkokeena Kiteellä ja tutkimuksen mittaustuloksia testattiin varianssianalyysillä. Tilastollisen merkitsevyyden raja eli p-arvo oli 0,05. Tuloksia esitettiin kuvioina ja taulukoina.

Tutkimuksen tulokset osoittavat, että kiekkomultauksella saatiin 10 935 MJ/ha parempi sato ja veitsimultauksella 8 672 MJ/ha parempi sato kuin hajalevityksellä. Käytettävällä levitysmenetelmällä oli myös vaikutusta rehuarvoihin, mutta tulokset olivat kuitenkin hyvin lähellä toisiaan, joten aiheesta tarvittaisiin jatkotutkimuksia. Kustannusvertailussa hajalevitys oli halvin vaihtoehto ja kiekkomultain kallein, kun sijoituslevitykselle maksettavaa tukea, eikä saatua sadonlisää otettu huomioon. Kun multaukselle maksettava tuki ja saatu sadonlisä otettiin huomioon, niin kokeessa käytetyistä menetelmistä kiekkomultain oli edullisin ja hajalevitys puolestaan kallein vaihtoehto.

Kieli
suomi

Sivuja
47 + 4

Asiasanat
säilörehu, satotaso, lanta, rehuarvo, lannoitteet



NORTH KARELIA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

THESIS
March 2011
Degree Programme in Rural Industries
Sirkkalantie 12
80100 JOENSUU
Tel. (013) 260 6906

Author
Heikki Laukkanen

Title
The Differences between Digestate Spreading Technologies and Effect on Nutritive Values and Silage Yield

Commissioned by
The New Business Patterns of Heat Entrepreneurship Project and Biokymppi Ltd

Abstract

The exploitation of manure and other organic nutrients in grass fertilization is important to the grass production of farms as to the nutrient strain of the environment. Manure is often spread by broadcasting for its cheapness and smaller workload compared to injection. At the same time though, the risk of nitrogen volatilization increases and less nitrogen is available for the yield production of the plants. The object of the research was to examine the differences between broadcasting, slit coulter slurry injection and coulter slurry injection and the effect on the crop yield and nutritive values of silage, when the fertilizer used is digestate produced by the biogas station. In addition, there was research done on the economy of different spreading methods by comparing the purchase costs and workloads.

The research was carried out as a field test and the results of the research were tested using variance analyse. The limit known as the p-grade in the statistical significance was 0.05. The results were presented in figures and tables.

The results of the research show, that slit coulter slurry injection got 10 935 MJ/ha better yield, and coulter slurry injection 8 672 MJ/ha better yield than broadcasting. The used spreading method had also influence on nutritive values but the results were very close to each other, so the subject needs further studies. In the comparison of the costs broadcasting was the cheapest option and slit coulter slurry injection was the most expensive when the support for injection and the increased yield was not considered. When the support and the increased yield were considered, slit coulter injection was the cheapest option and broadcasting was the most expensive option of the methods used in the test.

Language
Finnish

Pages
47 + 4

Keywords
silage, crop yield, manure, nutritive value, fertilizers

Nimiö

Tiivistelmä

Abstract

Sisältö

Kuvat, kuviot ja taulukot

1 Johdanto	6
1.1 Taustaa	6
1.2 Keskeiset käsitteet	7
2 Levitysmenetelmät	9
2.1 Lannan hyödyntäminen	9
2.2 Levitintekniikat	9
2.2.1 Hajalevitys	9
2.2.3 Letkulevitys	10
2.2.3 Sijoituslevitys	11
2.3 Lietelannan levityskustannukset	14
2.4 Lietelannan käytön hygieniä	15
2.5 Tutkimuksia ja julkaisuja aiheesta	15
3 Säilörehun ruokinnallinen arvo, rehuanalyysi ja rehuarvot	18
3.1 Ruokinnallinen arvo	18
3.2 Rehuanalyysi	18
3.3 Energia-arvo eli ME-arvo	19
3.4 Valkuaisarvot	19
3.5 Syönti-indeksi ja ME-indeksi	19
3.6 Tuhkapitoisuus	20
3.7 Aikaisemmat tutkimukset aiheesta	20
4 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimusongelmat	22
5 Tutkimuksen toteuttaminen	23
5.1 Tutkimuksen tausta	23
5.2 Kenttäkokeen suunnittelu	24
5.3 Tutkimusjoukko	24
5.4 Kokeen käytännön toteutus, tutkimusmenetelmät ja olosuhteet	25
5.5 Aineiston käsittely ja analyysi	25
6 Kokeen tulokset ja niiden tulkinta	27
6.1 Mädätteen lannoitusvaikutus	27
6.2 Levitysmenetelmien vaikutus säilörehun satotasoon	29
6.3 Satovasteet eri levitysmenetelmillä	30
6.4 Levitysmenetelmien vaikutus säilörehun rehuarvoihin	30
6.4.1 Energia-arvo eli ME-arvo	31
6.4.2 OIV- ja PVT-arvot	31
6.4.3 Syönti-indeksi ja ME-indeksi	32
6.4.4 Tuhkapitoisuus	34
6.5 Johtopäätökset	35
7 Levitysmenetelmien välinen kustannusvertailu	36
7.1 Laskentaperusteet	36
7.2 Pintalevitys hajalevityksenä ja letkulevityksenä	36
7.3 Sijoituslevitys kiekkomultaimella ja veitsimultaimella	37
7.4 Kustannusvertailun tulokset	37
8 Päättäntä	40
8.1 Levitysmenetelmien vaikutus säilörehun satotasoon	40

8.2 Levitysmenetelmien vaikutus säilörehun rehuarvoihin	41
8.3 Levitysmenetelmien välinen kustannusvertailu	42
8.4 Tutkimuksen tietojen hyödynnettävyys käytännössä.....	43
8.5 Tutkimuksen luotettavuus	44
8.6 Oppimisprosessi ja ammatillinen kehitys.....	45
8.7 Toimenpide-ehdotukset ja jatkotutkimusaiheet	45
Lähteet.....	46

Liitteet

Liite 1.	Tilastolliset merkitsevyydet (p-arvot)
Liite 2.	Kenttäkoekartta
Liite 3.	Levitysmenetelmät ja levitysmäärät koeruuduittain
Liite 4.	Kustannuslaskelmat eri levitysmenetelmille

Kuvat, kuviot ja taulukot

Kuva 1.	Hajalevityskalusto
Kuva 2.	Vogelsangin valmistama Dosimat jakolaite
Kuva 3.	Letkulevityskalusto
Kuva 4.	Lietelannan sijoituskalusto kiekkovantaililla varustettuna
Kuva 5.	Lietelannan sijoituskalusto veitsimultaimella varustettuna
Kuva 6.	Lietelannan sijoittaminen painelevittimellä
Kuvio 1.	Eri lannoitemäärien (tn/ha) sisältämä typpi
Kuvio 2.	Säilörehun satotasot eri tyypilannoitusmäärillä ja levitysmenetelmillä
Kuvio 3.	Tyypilannoituksen vaikutus säilörehun satotason kehitykseen
Kuvio 4.	Säilörehun satotasot korjatulla tyypilannoitusmäärällä
Kuvio 5.	Säilörehun syönti-indeksi eri levitysmenetelmillä ja lannoitusmäärillä
Kuvio 6.	Säilörehun ME-indeksi eri levitysmenetelmillä ja lannoitusmäärillä
Taulukko 1.	Levitysmenetelmien satovasteet
Taulukko 2.	Säilörehun energia-arvot eri levitysmenetelmillä ja lannoitusmäärillä
Taulukko 3.	Säilörehun OIV-arvot eri levitysmenetelmillä ja lannoitusmäärillä
Taulukko 4.	Säilörehun PVT-arvot eri levitysmenetelmillä ja lannoitusmäärillä
Taulukko 5.	Säilörehun tuhkapitoisuus
Taulukko 6.	Levitysmenetelmien välinen kustannusvertailu

1 Johdanto

1.1 Taustaa

Opinnäytetyön aiheena on mädätteen levitysmenetelmien erot ja niiden vaikutus säilörehun rehuarvoihin ja satotasoon. Aihe on ajankohtainen, koska mädätteen lannoitusvaikutusta halutaan tutkia ja saada tietoa, millä levitysmenetelmällä ja levitysmäärällä saadaan parhaimmat satotasot säilörehulla. Jos kemiallisten lannoitteiden hinta nousee, niin myös lietelannan ja muiden orgaanisten aineiden sisältämät ravinteet muuttuvat yhä arvokkaammiksi viljelijöiden kannalta.

Maatilojen tulisi hyödyntää karjanlannan ja muiden orgaanisten lannoitteiden ravinteet mahdollisimman hyvin, ei vain pelkästään hyvän satotason vuoksi, vaan myös ympäristön ravinnekuormituksen vähentämiseksi. Siksi haja- ja sijoituslevityksen hyötyjä ja haittoja tulee tarkastella. Levitysmenetelmien erot ja vaikutukset säilörehun rehuarvoihin on myös syytä tutkia, jotta voidaan perustellusti sanoa, voidaanko mädätelannoituksella saada hyvälaatuista rehua. Levitysmenetelmän valinnassa on tilatasolla monesti ratkaisevaa myös kustannukset, jotka aiheutuvat tarvittavan levityskaluston hankinnasta. Onkin syytä tarkastella, onko halvin levityskalusto paras vaihtoehto käytännön kannalta.

Opinnäytetyö toteutetaan kenttäkokeena Kiteen Koivikon tilan pelloilla. Kokeessa levitetään Biokymppi Oy:n valmistamaa nestemäistä lannoitevalmistetta hajalevityksenä ja sijoituslevityksenä kiekkomultaimella sekä veitsimultaimella. Kenttäkokeen tulosten perusteella säilörehun satotasoa ja rehuarvoja tutkitaan analyysimenetelmillä.

Työn toimeksiantajia ovat Lämpöyrittäjyyden uudet liiketoimintamallit –hanke, jonka edustajana toimii Suvi Kuittinen ja Biokymppi Oy, jonka edustajana toimii Mika Juvonen. Työn ohjaajana toimii Juha Kilpeläinen ja tarkastajana Eeva-Liisa Juvonen. Aihe on mielenkiintoinen itselleni, koska olen käyttänyt joitakin levitysmenetelmiä ja opinnäytetyötä tehtäessä pääsee tutustumaan syvällisemmin käytettäviin lietelannan levi-

tysmenetelmiin. Tuloksista ja aihepiiriin tutustumisesta voi saada hyödyllistä tietoa käytettäväksi niin omalla tilalla kuin jaettavaksi muille viljelijöille tulevaisuudessa.

1.2 Keskeiset käsitteet

Aerobiset bakteerit kasvavat hapellisissa olosuhteissa (Bioteknologiainfo 2011). Aiheuttavat maidon laadun heikkenemistä.

Klostridit ovat anaerobisia bakteereita, jotka lisääntyvät hapettomissa olosuhteissa (Nousiainen 2008, 2). Klostridit huonontavat maidon laatua.

Kokonaistyyppi eli orgaaninen typpi on kasveille vain osittain käyttökelpoista tyyppiä (Sokerijuurikkaan tutkimuskeskus 2011).

Liukoinen typpi eli epäorgaaninen typpi on kasveille käyttökelpoista tyyppiä (Sokerijuurikkaan tutkimuskeskus 2011).

ME-arvo eli energia-arvo kertoo rehun sisältämän energiapitoisuuden. Tyypillinen tavoitearvo sille on 10,9- 11,2 MJ/kg ka (Manni 2010, 85).

ME-indeksi kuvaa lypsylehmän energiansaantia rehusta, kun sitä on vapaasti tarjolla. Tavoitearvo on 85–130 (Manni 2010, 86).

Megajoule eli MJ = 0,085 rehuyksikköä, 1 rehuyksikkö vastaa 11,7 MJ:a. Säilörehun satotasot ilmoitetaan megajouleina ja rehun energia-arvot megajouleina.

Mädäte eli mädätejäännös on biokaasulaitoksen tuottama nestemäinen lannoitevalmiste, jonka raaka-aineina ovat erilliskerätty biojäte ja karjanlanta.

OIV-arvo eli ohutsuoalesta imeytyvän valkuaisen määrä g/kg ka, kuvaa rehun valkuaisarvoa märehelijälle (Manni 2010, 85).

PVT-arvo kuvaa pötsin valkuaistasetta g/kg ka, eli rehun valkuaisen riittävyttä pötsimikrobien kasvulle (Manni 2010, 85).

Satovasteella tarkoitetaan yhden liukoisen typpikilon antamaa sadonlisäystä megajouleina MJ/1 kg liuk. N.

Syönti-indeksi kuvaa rehun syöntipotentiaalia, kun sitä on vapaasti tarjolla. Hyvässä säilörehussa arvo on n. 100 (Manni 2010, 85–86).

2 Levitysmenetelmät

2.1 Lannan hyödyntäminen

Lietelannan levitystekniikka on kehittynyt viime vuosina paljon, ja se on lisännyt liete-
lannan sijoittamista nurmeen hajalevityksen sijaan. Kemiallisten lannoitteiden hintojen
noustessa lietelanta halutaan hyödyntää entistä paremmin nurmien hyväksi. Erityisesti
typen haihtumista halutaan vähentää valitsemalla levitysmenetelmäksi sijoittava liet-
teenlevitin. Lisäksi sijoittavalla levittimellä nurmi saadaan pysymään puhtaampana,
koska lietettä ei jää pellon pintaan välttämättä lainkaan ja näin myös rehun säilönnän
onnistuminen on varmempaa.

Karjatiljoilla lantaa syntyy vuoden aikana merkittäviä määriä ja usein tilojen viljakasvien
käyttöön varaama peltopinta-ala ei riitä lannanlevitysalaksi, vaan lantaa on levitettävä
myös nurmille. Tämä asettaa haasteita lannanlevitystekniikalle, sillä jokaisella levitys-
menetelmällä on omat etunsa ja haittansa, niinpä viljelijät valitsevat käytettävän mene-
telmän sen soveltuvuuden mukaan omalle tilalleen.

2.2 Levitintekniikat

2.2.1 Hajalevitys

Pintalevitys tehdään yleensä hajalevityksenä lautaslevittimellä (kuva 1), mutta se voi-
daan myös tehdä letkulevityksenä. Hajalevityksenä levitettäessä liete pumpataan vau-
nusta paineella lautaseen, josta se leviää n. 12 metrin alalle. Tämän levitysmenetelmän
haittana on se, että liete leviää koko pellon alalle, jolloin ammoniakkia haihduttavaa
pinta-alaa on paljon. (Suomalainen 2007, 85.) Koska nurmilla hajalevitettyä lantaa ei
voida mullata, niin lannan liukoisesta tyydestä voi haihtua jopa 50–100 %. Lämmin ja
tuulinen sää lisäävät ammoniakkin haihtumista, kun taas sade tai kostea sää vähentävät

haihduntaa. Hajalevitys lautaslevittimellä on tekniikaltaan yksinkertaista ja varmatointa. Hajalevityksessä lietteen tulee suihkuta alaspäin, jotta ilmakosketus vähenee. Levitystasaisuus ei ole kuitenkaan paras mahdollinen, koska levityskuvio on kaarimainen ja lisäksi tuuli voi vaikuttaa lantasuihkuun. Työlevydessä tulee kiinnittää huomiota ajolinjojen päällekkäisajotarpeeseen, mikä on vaikeaa arvioida tarkasti. (Palva 2009, 75–76.)



Kuva 1. Hajalevityskalusto (Hukkalan maatilayritys 2011)

2.2.3 Letkulevitys

Pintalevityksen toinen muoto on letkulevitys (kuva 3). Vaunun taakse on kiinnitetty puomisto, jossa olevat letkut kulkevat maan pintaa myötäillen ja liete leviää nauhamaisesti peltoon. Näin ollen ammoniakkin haihtuminen vähenee, koska tuuli ei pääse tarttumaan levityksessä yhtä helposti ja toisaalta levitetyn lietteen pinta-ala pellolla on pienempi. Typen haihtuminen on ollut tutkimuksissa jopa 30–40 % hajalevitystä pienempää. Letkulevitystä suositellaan nurmille rehun hygieenisen laadun takia, koska kasvusto likaantuu vähemmän verrattuna hajalevitykseen. Letkulevityksen levitystasaisuus on melko hyvä, sillä lanta leviää n. 30 cm välein oleviin nauhoihin. Työleveys tällä menetelmällä voi olla jopa 24 m, mutta Suomessa 16 metrin puomi on useimmiten toimivin. Menetelmässä käytettävät putket ovat läpimitaltaan 30–50 mm:n kokoisia, joten levitetävän materiaalin tasaisuuden suhteen letkulevitin on vaativampi. Toimivuuden varmistamiseksi letkulevittimen jakajalaitteisto onkin varustettu silppuavilla terillä, jotka hienontavat olkea ja lantakokkareita. (Palva 2009, 76–77.)

Jakajalaitteistoa käytetään jakamaan liete letkuihin niin letkulevityksessä kuin sijoituslevityksessäkin. Kuvassa 2 on esitetty Vogelsangin valmistama Dosimat-jakolaite avoimena. Liete mahtuu virtaamaan hyvin jakolaitteen läpi, koska roottori on leveä (Laakson metalli Oy 2011).



Kuva 2. Vogelsangin valmistama Dosimat jakolaite (Laakson metalli Oy 2011)



Kuva 3. Letkulevityskalusto (K-Maatalous 2011)

2.2.3 Sijoituslevitys

Sijoituslevitys tehdään joko vannas- tai painelevittimellä. Sijoituksella lannan ravinteet saadaan paremmin kasvien saataville. Sopiva sijoitussyvyys kasvien ravinteiden oton kannalta on 8 - 10 cm. Lisäksi ammoniakkia haihtuu vähemmän verrattuna pintalevityk-

seen, etenkin nurmelle levitettäessä. Jos lanta saadaan hyvin peittoon, niin ammoniakin haihtuminen estyy lähes kokonaan. Heikoimmillaan taas tulos on letkulevityksen luokkaa. Lannan ravinteiden pintahuuhtoutumisriski pienenee sijoittamisen myötä. Lisäksi hajuhaitat vähenevät. Haittapuolina nurmeen sijoittamisessa on, että kasvien juuristo vaurioituu, koska vantaat vahingoittavat niitä. Sijoituslaitteiden vantaat ovat kiekkovantaita (kuva 4), veto- tai jousipiikkivantaita ja niissä voi olla leikkaava kiekko tai veitsi joka avaa vantaalle uraa. Lanta menee vantaaseen johdettua letkua pitkin avattuun uraan. (Palva 2009, 77.)

Sijoituslevityksen työsyvyyteen vaikuttavat vallitsevat olosuhteet, ja huomioitava on mm. pellon kivisyys, maalaji, kosteusolot ja levitettävä lantamäärä. Matalaan sijoitettaessa on levitysmäärän oltava pienempi, jotta lanta mahtuu tehtyyn uraan. Toisaalta syvemmälle sijoitettaessa vetovastus kasvaa ja suuremman vetovastuksen vuoksi myös työleveys sijoituslevityksessä voi normaalisti olla korkeintaan 8 metriä, ja työsaavutus jää pintalevitystä pienemmäksi. (Palva 2009, 77.)



Kuva 4. Lietelannan sijoituskalusto kiekkovantailta varustettuna (Am Agro Oy 2011)

Veitsimultain eli ns. matalamultain (kuva 5) eroaa kiekkovannasmultaimesta siten, että se on rakenteeltaan kevyempi ja vetotehon tarve on pienempi suhteessa levityisleveyteen. Lisäksi veitsimultaimen hankinta- ja huoltokustannukset ovat pienemmät, ja se soveltuu paremmin kivisille lohkoille, koska se ei nosta kiviä niin herkästi pintaan.

Veitsimultaimen ihannetyösyvyys on ± 10 mm ja tällöin liete laskeutuu ylhäältä juuriston ulottuville. Veitsileikkuri on lehtijousen varassa ja nostamalla ajonopeutta suuremmaksi lehtijousi alkaa värähdellä ja veitsi tunkeutuu paremmin maahan. (Agrok Oy 2011, 41–1.)



Kuva 5. Lietelannan sijoituskalusto veitsimultaimella varustettuna (Agrok Oy 2011)

Painelevitin on yksi sijoituslevityksen vaihtoehtoista (kuva 6). Lanta sijoitetaan maahan paineella ja levittimen suuttimesta purkautuva painesuihku avaa vaon maahan. Riittävän kovan paineen aikaansaamiseksi tarvitaan tehokas pumppu ja traktorilta paljon tehoa. (Palva 2009, 78.) Painelevityksessä vetovastus ei kuitenkaan ole merkittävä, koska levityselementit liukuvat pellon pinnalla (Suomalainen 2007, 88). Painelevittimien työleveys on monesti vain puolet muiden levitysmenetelmien työleveydestä. Painelevityksessä nurmi likaantuu suhteellisesti vähemmän kuin muilla levitysmenetelmillä. Tyypillinen paine levityksessä on 5 - 7 bar. (Huijsmans 2003, Ryanin 2005 mukaan.)



Kuva 6. Lietelannan sijoittaminen painelevittimellä (Kuhan Kone Ay 2011)

2.3 Lietelannan levityskustannukset

Levityskustannukset muodostuvat kaluston pääomakuluista, käyttökuluista ja työstä. Palvan (2009) mukaan pääomakustannus on merkittävä, koska kalusto on kallista ja levitysmäärät ovat monesti pienehköjä. Suurilla tiloilla kynnys investoida kalliiseen kalustoon voi olla hieman alhaisempi, koska suuremmat lannanlevitysmäärät ja levitykseen käytettävissä aika puoltavat tehokkaan kaluston hankintaa. Myös Palva (2009), toteaa, että kaluston on oltava tehokas, koska levitysaika on hyvin rajallinen. Yksikkökustannuksia laskettaessa levitettävän lannan kokonaismäärä on ratkaiseva. Näin ollen pienillä vuotuisilla levitysmäärillä yksikkökustannukset ovat suuret, valittiinpa levitysmenetelmäksi mikä tahansa. (Palva 2009, 80.) Lannan käsittelyssä kuljetuskustannus voi nousta suureksi tiloilla, joilla välimatkat pelloille ovat pitkiä. Tällöin onkin harkittava, onko kannattavampaa hankkia lietteen siirtoon ulkopuolinen urakoitsija vai tehdäkö kuljetus omalla kalustolla.

2.4 Lietelannan käytön hygieniä

Rehuhygienian kannalta liotelannan muokkaaminen maahan on paras ratkaisu. Paljon nurmea viljelevillä tiloilla tämä ei kuitenkaan ole aina mahdollista, vaan lantaa joudutaan levittämään myös nurmille. Lantaa voi siten joutua rehun korjuuvaiheessa rehun sekaan, jolloin rehun laatu heikkenee. Riski on sitä suurempi, mitä vahvempi kasvusto on ja mitä lähempänä seuraavaa rehunkorjuuta levitys tehdään. Korjuuvaiheessa nurmi tulee niittää normaalia pidempään sänkeen ja liiallista karhojen haravointia on vältettävä. (Alakukku, Mattila, Ruoho & Turtola 2009, 45–47.)

2.5 Tutkimuksia ja julkaisuja aiheesta

Petri Kapuisen (2005, 15–16) mukaan sijoittavalla levitintekniikalla saadaan sama sato-taso kuin pintalevitintekniikalla. Sijoittavasta laitteistosta aiheutuu lisää pääomakustannuksia, polttoaineen kulutus ja työnmenekki lisääntyvät. Lietelannan sijoittaminen ei ollut Kapuisen (2005, 15–16) mukaan yleistynyt, mutta letkulevittimen käyttö oli lisääntynyt sen tasaisemman työjäljen ansiosta.

MTT:n tutkimuksessa vuosina 1992–1993 tehtiin vertailua liotelannan letkulevityksen ja hajalevityksen vaikutuksesta säilörehun laatuun ja määrään (Joki-Tokola 1998, 4). Letkulevityksellä saatiin kokeessa hieman suurempi sato. Letkulevityksellä saatu parempi sato saattoi johtua sen tasaisemmasta ravinteiden levityksestä. Lietteen letkulevitys ei kuitenkaan lisännyt säilörehun satoa tilastollisesti merkitsevästi. (Joki-Tokola 1998, 15.) Vuosina 1995 - 1997 Ruukissa tehdyissä kokeissa tutkittiin myös liotelannoituksen vaikutusta säilörehunurmen satoon sekä säilörehun säilönnälliseen ja hygieeniseen laatuun. Kokeessa levitysmenetelminä olivat haja-, letku- ja sijoituslevitys. Kokeessa letkulevityksellä ja sijoituslevityksellä saatiin hajalevitystä suuremmat kuiva-ainesadot, mutta tällä ei ollut kuitenkaan tilastollista merkitsevyyttä kyseisten kolmen vuoden aikana. Lannoituksen yhteydessä haihtui suurin määrä typpeä hajalevitettyillä koeruuduilla ja vastaavasti sijoituslevityksellä typpeä ei haihtunut miltei ollenkaan. (Joki-Tokola 2002, 67–68.)

Lietelantaa nurmelle levitettäessä olisi parempi käyttää hajalevityksen sijaan letkulevitystä tai sijoitusta typen hyväksikäytön kannalta. Hajalevityksessä lietteen liukoisesta tyypestä saattaa haihtua jopa 70 %. Ruukissa tehdyssä MTT:n kokeessa toiselle sadolle levitetyn lietelannan liukoisen typen hyväksikäyttö oli haja-, letku- ja sijoituslevitysmenetelmillä 22 %, 31 % ja 36 % annetusta tyypestä (n. 100 kg N/ha). Väkilannoitteen typen hyväksikäyttö oli samassa kokeessa 42 %. Toiselle sadolle annettu lietelannan tyyppi voi siis olla lähes väkilannoitteen veroista. (Saarijärvi 2005, 14–15.)

Painelevityksellä saatiin Johan Morkenin (2005, 16) mukaan 70 % pienempi ammoniakkihävikki verrattuna hajalevitykseen, kun lietettä levitettiin nurmelle kesälevityksenä. Tutkimus on tehty Norjassa ja koealueita oli sijoitettu eri puolille maata. Annetusta tyypestä haihtui ammoniakkina hajalevityksen jälkeen jopa yli 65 %, kun taas painelevityksen jälkeen ammoniakkia haihtui koeruuduilta vain korkeintaan hieman yli 20 % annetusta tyypestä. Tutkimuksessa lietettä levitettiin joko 40 tn/ha tai 80 tn/ha. Lisäksi tutkimuksen mukaan laimennetusta lietteestä haihtui niin hajalevityksen kuin painelevityksen jälkeenkin miltei 50 % vähemmän ammoniakkia verrattuna laimentamattomaan lietteeseen. Tutkimuksen tulokset ovat samansuuntaisia, kuin mitä Hol ja Huijsmans ovat vuonna 1998 tehdyssä raportissa todenneet (Morken 2005, 18). Kyseistä tutkimusta voidaan pitää hyvin luotettavana, koska siinä oli kerätty paljon tietoa sääolosuhteista. Lisäksi lanta-analyysi oli tehty ja maan kunto oli myös tutkittu ja koealueita oli sijoitettu eri puolille Norjaa.

Matti Turtiaisen (2010, 10–11) Koneviestiin kirjoittamassa lehtiartikkelissa on kerrottu lietelannan sijoittamisesta ja lannan käytön hygieniasta. Lanta tulisi sijoittaa maahan kaksoiskiekkovantaalla varustetulla multainvaunulla, koska kaksoiskiekkö avaa riittävän ison uran, johon liete mahtuu kunnolla. Näin voidaan käyttää myös suurempia lantamääriä, koska lannalla on tilaa imeytyä maahan. Yhdellä kiekolla avattu viilto maahan ei riitä, koska osa lannasta jää maan pinnalle ja haihtumis- ja hygieniariski kasvavat. Artikkelissa kerrotaan myös, että hajalevitystä parempi vaihtoehto on letkulevitys kasvustoon. Heinän tulee olla kuitenkin kasvanut jonkun verran, jotta kasvusto suojaisi lantaa typen haihtumiselta. Lisäksi letkulevityksen jälkeen tapahtuva lannan kuorettuminen vähentää typen haihtumista. Letkulevityksen haittapuolena on se, että kasvusto

tahriintuu, jos letkut eivät laahaa maata kunnolla ja lanta ei pääse kasvien tyveen. Levitysajankohdan lämpötilalla on vaikutusta typen haihtumiseen ja mitä korkeampi vallitseva lämpötila on, niin sitä nopeammin typpi haihtuu ilmaan. Multaamattomasta lietteestä haihtuu sama typpimäärä myös viileämmällä ilmalla, mutta haihtuminen ei ole yhtä nopeaa. Lopputulos on kuitenkin sama ajan kuluessa. (Turtiainen 2010, 10–11.)

3 Säilörehun ruokinnallinen arvo, rehuanalyysi ja rehuarvot

3.1 Ruokinnallinen arvo

Lypsylehmän ruokinnan onnistumiseen vaikuttaa se, kuinka hyvin säilörehun ruokinnallinen arvo on pystytty hallitsemaan. Huono säilörehu johtaa moneen ruokinnalliseen ongelmaan. Säilörehussa tapahtuva virheikäyminen heikentää rehun energia- ja valkuaisarvoja. Lisäksi säilörehun käymishappojen kokonaispitoisuus on sidoksissa rehun vapaaehtoiseen syöntiin, jolloin pitoisuuden lisääntyessä rehun syönti heikkenee. Säilörehun säilöntä happopohjaisilla säilöntäaineilla vähentää mikrobiaktiivisuutta eli toisin sanoen rehun lämpenemistä, jolloin rehun laatu paranee. Ravintoaineiden laatumuutokset kohdistuvat rehun arvokkaimpiin osiin, kuten valkuaiseen, sulavuuteen ja kuitupitoisuuteen. Laatumuutoksia ja ravintoainetappioita voidaan ehkäistä kiinnittämällä huomiota rehun puhtauteen. (Jaakkola 2010, 63–65.)

3.2 Rehuanalyysi

Rehuanalyysi on ruokinnan suunnittelun perusta. Se kertoo rehun käymislaadun ja koostumuksen, ja sen avulla voidaan määrittää rehun ruokinnallinen arvo. Lisäksi ruokinnan taloudellisuutta voidaan arvioida rehuanalyysin perusteella. Rehuanalyysin perusteella voidaan arvioida rehujen käyttö ja riittävyys ruokintakaudella. Rehuanalyysin tuloksia on tarkasteltava uudestaan, jos lopputuotteissa on laatuvirheitä, karjalla on terveysongelmia tai ruokinnallisia häiriöitä. Epäiltäessä analyysitulosten virheellisyyttä, on syytä ottaa uusi näyte tietojen korjaamiseksi. Säilörehuanalyysin tulkintaan on luotu omat indeksiluvut ja laatuarvosanamäärittäminen ja näitä on osattava tulkita oikein. (Manni 2010, 83.)

3.3 Energia-arvo eli ME-arvo

Muuntokelpoisen energian määrä kertoo, kuinka paljon rehu sisältää energiaa megajouleina. Mitä suurempi luku on, sitä enemmän rehu sisältää energiaa ja sen väkeväämpää rehu on. Tavoitearvo tälle rehuarvolle on 10,9–11,2 MJ/kg ka. (Manni 2010, 85.) Aiemmin tämä arvo ilmoitettiin rehuyksikköinä eli ry/kg ka, mutta nykymuotoon siirryttiin 1.9.2010 (Artturi rehuanalyysi 2011). Tätä muuntokelpoista energiaa eläin tarvitsee elintoimintoihin ja tuotantoon (Manni 2010, 53).

3.4 Valkuaisarvot

Rehun OIV-arvo eli ohutsuolesta imeytyvä valkuainen on rehun varsinainen valkuaisarvo. Se koostuu pötsissä tuotetusta mikrobivalkuaisesta sekä ohitusvalkuaisesta eli pötsissä hajoamattomasta osasta. OIV-arvo kuvaa rehun valkuaisarvoa märehelijälle, eli toisin sanoen se on se osa valkuaisesta, jonka eläin voi hyödyntää ylläpitoonsa ja tuotantoonsa. Rehun tulisi sisältää riittävästi pötsissä hajoamatonta, hyvälaatuista valkuaisista. OIV:n tavoitearvo on 71–88 g/kg ka. PVT-arvo kuvaa puolestaan rehun pötsissä hajoavan valkuaisen riittävyttä pötsimikrobien työntarpeeseen, eli valkuaisen riittävyttä pötsissä. PVT-arvo voi olla positiivinen, nolla tai myös negatiivinen. Jos arvo on positiivinen, niin rehussa on pötsissä hajoavaa valkuaisista enemmän suhteessa rehun energiaan. Arvon ollessa negatiivinen on tilanne päinvastainen, eli pötsissä hajoavaa valkuaisista on vähemmän suhteessa rehun energiaan. Tavoitearvona pidetään 14–46 g/kg ka. (Manni, 54,85.)

3.5 Syönti-indeksi ja ME-indeksi

Syönti-indeksi kuvaa rehun syöntipotentialia, kun rehua on vapaasti tarjolla. Syönti-indeksi lasketaan käymisasteen, käymisen laadun ja rehun sulavuuden perusteella. Yksi indeksipiste vastaa 0,1 kuiva-ainekilon syöntiä. Tavoitearvo syönti-indeksillä on 90–120. ME-indeksiä sen sijaan käytetään kuvaamaan lehmän energiansaantia rehusta, kun sitä on vapaasti tarjolla. Näin voidaan arvioida väkirehun karkea määrä, eli jos lehmän energiansaanti halutaan pitää vakiona rehun laadun ollessa heikompaa, täytyy väkirehua

antaa lisää n. 200–250 g/pv yhtä ME-indeksipistettä kohti. Tavoitearvo ME-indeksillä on 80–130. (Manni 2010, 85–86.)

3.6 Tuhkapitoisuus

Säilörehun tuhkapitoisuutta kuvataan prosenttiyksikköinä rehussa. Tuhkapitoisuus kuvaa rehun kivennäispitoisuutta, ja mitä suurempi arvo on, sitä enemmän rehussa on kivennäistä. Jos rehun tuhkapitoisuus ylittää yli 9 %, niin säilörehuun on todennäköisesti joutunut maa-ainesta sekaan. (Rehuanalyysi 2011.) Tutkimuksessa oli tavoitteena selvittää, aiheuttaako kiekko- tai veitsimultaus merkittävää maa-aineksen irtautumista lannanlevitysvaiheessa, ja lisäämällä siten tuhkapitoisuutta rehussa. Multaimet rikkovat maanpintaa jonkin verran ja voivat aiheuttaa riskin maa-aineksen joutumiselle myöhemmin rehun sekaan, kun sato korjataan.

3.7 Aikaisemmat tutkimukset aiheesta

Rehuarvoja on tutkittu opinnäytetyössä, jossa tutkittiin säilörehun korjuuajan vaikutusta säilörehun määrään ja laatuun. Tutkimuksessa todettiin, että niin korjuuaika kuin lannoitustaso vaikuttavat PVT-arvoon. Lannoitustasolla oli tilastollisesti merkitsevä vaikutus ensimmäisen sadon syönti-indeksiin, mutta sillä ei ollut tilastollista merkitsevyyttä toisen sadon syönti-indeksiin. OIV-arvoon sen sijaan lannoitustason vaikutus oli vähäinen. (Siitarinen 2010, 50–52.) Lannoitustason vaikutusta valkuaisarvoihin on tutkittu myös Lasse Vanhasen (2008, 38–39) opinnäytetyössä, jossa todettiin lannoitustasojen 70 kg typpeä ja 100 kg typpeä vaikuttavan OIV- ja PVT-arvoihin merkitsevästi säilörehun 1. sadossa.

MTT:n kotieläintuotannon tutkimuksessa Jokioisilla on tutkittu lietalannan ja karhotuksen vaikutusta säilörehun laatuun. Tutkimuksessa todettiin, että nurmelle levitetty lietelanta lisäsi klostridien ja aerobisten bakteerien määrää rehussa tilastollisesti merkitsevästi. Tutkimuksessa todettiin kuitenkin, että tätä ei välttämättä voi pitää käytännön kannalta merkittävänä asiana, jos ero on absoluuttisesti niin pieni, vaikka tulos oli tilas-

tollisesti merkitsevä. (Heikkilä ym. 2005, 15–16.) MTT:n tekemässä toisessa tutkimuksessa Jokioisilla tutkittiin myös lietelannan vaikutusta nurmen ja säilörehun laatuun sekä syöntiin. Tutkimuksessa levitettiin lietelantaa nurmelle hajalevityksenä ja sijoittaen multaimella. Säilörehun käymislaatu oli kokeen tuloksissa hyvä ja mm. kolibakteereja oli vain yhdessä näytteessä yli määritysrajan. (Heikkilä, Karppinen, Kemppainen & Sivelä 2004, 1–3.) Säilörehun tuhkapitoisuus oli kaikissa lietelannalla lannoitettujen ruutujen säilörehunäytteissä korkeampi kuin väkilannoitteella lannoitetuilla ruuduilla, mutta tätä ei ollut tutkimuksessa analysoitu.

4 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimusongelmat

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, kuinka paljon säilörehun satotasoon vaikuttaa käytettävä levitysmenetelmä, kun lannoitteena käytetään mädätettä. Tavoitteena on myös selvittää levitysmenetelmien valintaan vaikuttavia syitä. Lisäksi tavoitteena on selvittää mädätteen taloudellisia vaikutuksia nurmen lannoitteena.

Tutkimusongelmat ovat seuraavat:

1. Onko mädätteen lannoitusvaikutus merkittävä ja kannattaako sitä hyödyntää säilörehunurmien lannoituksessa?
2. Onko eri levitysmenetelmillä vaikutusta säilörehun satotasoon?
3. Onko eri levitysmenetelmillä vaikutusta säilörehun rehuarvoihin?
4. Mikä on mädätteen arvo nurmen lannoitteena?
5. Mikä levitysmenetelmä on kustannusvertailussa edullisin?

5 Tutkimuksen toteuttaminen

5.1 Tutkimuksen tausta

Biokaasulaitoksen valmistama mädäte on lannoitteena varteenotettava vaihtoehto kemiallisille lannoitteille. Mädätteen lannoitusvaikutus ja muut vaikutukset täytyy kuitenkin tutkia, jotta sitä voidaan markkinoida perustellusti viljelijöille. Tutkittaessa mädätteen lannoitevaikutusta on syytä tarkastella eri levitysmenetelmillä saatavia tuloksia, jotta voidaan valita käytäntöön sopivin levitysmenetelmä. Jos eri levitysmenetelmien välille saadaan merkitseviä eroja esimerkiksi säilörehun satotasoissa, voi tämä tulevaisuudessa vaikuttaa viljelijöiden päätöksiin levitysmenetelmiä hankittaessa. Mädätteen käyttö niin tavanomaisilla kuin luomutiloilla voisi tulla kysymykseen, jos mädätteen lannoitusvaikutus on merkittävä ja siitä saatavat hyödyt ovat riittävän suuret.

Monilla karjatiloilta viljellään suurella osalla käytettävästä olevasta peltoalasta nurmea, jotta karjalle saadaan riittävä määrä säilörehua sisäruokintakauden ajaksi. Monesti tämäntyyppisillä tiloilla on vähän viljalohkoja, joille lantaa voitaisiin levittää. Lantaa joudutaan levittämään nurmille myös kasvukauden aikana ja levitettävät määrät hehtaaria kohden voivat olla suuriakin. Lannan levityksestä nurmille aiheutuu riski, että korjatun säilörehusadon sekaan kulkeutuu myös haitallisia bakteereita, jotka aiheuttavat laadunmenetyksiä säilörehussa. Huonosti säilynyt rehu voi olla ruokinnalliselta arvoltaan heikkoa märehtijöille, mikä voi vaikuttaa esimerkiksi lypsylehmien maitotuotokseen ja maidon laatuun negatiivisesti. Sijoittamalla lanta nurmeen, voidaan näitä riskejä pienentää. Lisäksi levitettävän lannan käyttömäärä on asetettava kohtuulliseksi, jotta kasvit käyttävät lannan sisältämät ravinteet parhaiten hyödykseen, eikä typen haihtumistappioita synny liikaa. Näin ollen ei myöskään menetetä lannan arvokkainta osaa haihduttamalla sitä ilmaan, eikä rehevöitetä ympäristöä.

5.2 Kenttäkokeen suunnittelu

Opinnäytetyö toteutettiin kenttäkokeena Kiteen Koivikon tilalla. Suunnittelutyöt alkoivat toukokuussa 2011 toimeksiannon jälkeen. Kokeen järjestelyihin osallistui neljä opiskelijaa, jotka tekevät kokeesta saatujen tulosten perusteella opinnäytetyönsä. Järjestelyihin osallistui myös toimeksiantajan edustaja. Koetta varten hankittiin tarvittavat tarvikkeet, kuten merkkipaalut ja valmisteltiin lomakkeet, joihin kokeen tapahtumat kirjattiin ylös. Mädätteen ja naudnan lietelannan levityspäivälle suunniteltiin oma aikataulu, jonka mukaan edettiin. Lannoitteiden levityspäiväksi valittiin 1. heinäkuuta, jolloin käytännön toimet aloitettiin. Käytettävä mädäte hankittiin Biokymppi Oy:ltä ja naudnan lietelanta lähitalta. Peltotyöt, joita kokeessa olivat lannoitteiden levitys ja säilörehun korjuu, tilattiin paikallisilta urakoitsijoilta.

5.3 Tutkimusjoukko

Kenttäkokeessa oli yhteensä 18 kpl koeruutuja (kuva 7), yhden ruudun ollessa 10 m x 100 m ja koeala kokonaisuudessaan 180 m x 100 m. Liitteessä 2 on karttakuva pelto-lohkosta ja kenttäkoealueesta. Kokeessa käytettiin kolmea eri levitysmenetelmää, jotka olivat hajalevitys, veitsimultain ja kiekkovannasmultain. Jokaista levitysmenetelmää varten tehtiin 3 ruutua, joille levitettiin tavoitemääriksi asetetut määrät mädätettä ja lietettä. Lisäksi kokeessa oli 3 kpl nollaruutuja. Verrokkiruutujen avulla voitiin tutkia eri levitysmenetelmien ja levitysmäärien vaikutusta säilörehun satotuloksiin. Liitteestä 3 selviää eri levitysmenetelmille asetetut tavoitteelliset levitysmäärät m^3/ha ja toteutuneet levitysmäärät m^3/ha . Levityksessä päästiin melko lähelle asetettuja tavoitemääriä, koska vain hajalevityksen osalta levitysmäärä poikkesi peräti yli $10 \text{ m}^3/\text{ha}$ tavoitteesta.



Kuva 7. Kenttäkoeruudut

5.4 Kokeen käytännön toteutus, tutkimusmenetelmät ja olosuhteet

Koe aloitettiin 1.7.2011. Tuolloin koealan apilapitoinen säilörehunurmen sänki oli jo lähtenyt hyvään kasvuun. Lannoitteiden levityspäivänä oli erittäin lämmintä, n. +31 °C ja sää oli aurinkoinen. Mädätteestä ja naudan lietelannasta otettiin lanta-analyysit, jotta niiden sisältämät ravinteet voitiin kirjata ylös ja niitä voitiin vertailla myöhemmin. Lannoitteiden tavoitellut levitysmäärät koeruuduilla olivat seuraavat: Mädätettä hajalevityksenä 25 tn/ha, veitsilevityksenä 25 tn/ha ja 40 tn/ha, kiekkolevityksenä 25 tn/ha, naudan lietelanta veitsilevityksenä 27 tn/ha ja verrokina nollaruutu. Koeruuduilta otettiin lehtivihreämittaukset levityspäivänä sekä kahden ja neljän viikon kuluttua levityksestä. Säilörehu korjuupäivä oli 16.8.2011, jolloin vallitsi pilvinen sää, lämpötilan ollessa n. +16 °C. Säilörehu korjattiin pyöröpaaleihin ja paalit punnittiin ja merkittiin. Punnituksen ja säilörehuanalyysin (otettiin 4.11.2011.) perusteella koeruuduilta laskettiin todelliset kuiva-ainesadot hehtaaria kohden.

5.5 Aineiston käsittely ja analyysi

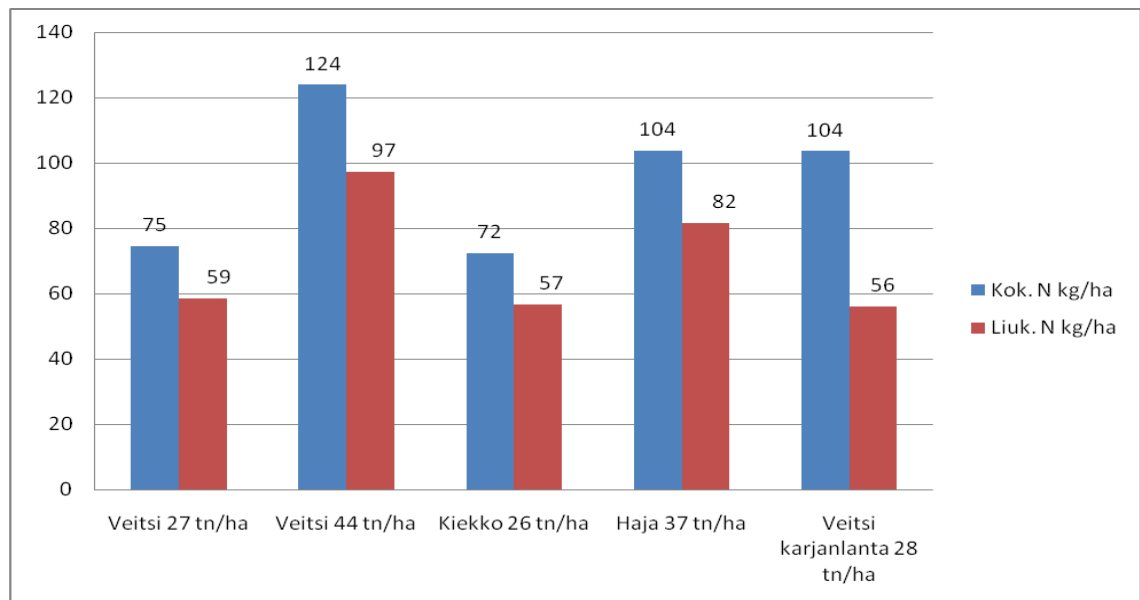
Kokeessa saadut tulokset tallennettiin Excel-taulukkolaskentaohjelmistoon havaintomatriisiksi ja tuloksia testattiin varianssianalyysia käyttäen. Varianssianalyysin avulla

saadaan tietoa, onko eri levitysmenetelmien välillä merkitsevää eroa säilörehun satotaseen. Muuttujina ovat säilörehun satotaso, rehuarvot ja käytetyn lannoitteen määrä. Varianssianalyysi kertoo, ovatko muuttujien keskiarvot tilastollisesti luotettavia. Tilastollisen luotettavuuden tunnusluku on p-arvo, jonka raja-arvo oli tässä testissä $< 0,05$. Mitä pienempi p-arvo saadaan, sen luotettavammin voidaan todeta hypoteesin paikkansapitävyys. Tutkittavia asioita olivat tässä tapauksessa eri levitysmenetelmien vaikutus säilörehun satotaseen ja rehuarvoihin eli tutkittiin sadon ja rehuarvojen muutosta. Jotta levitysmenetelmien vaikutusta satotaseen voitiin tutkia, piti tehdä korjaukset lannoitusmääriin, koska levitysmenetelmille samoiksi asetetut levitysmäärät eivät olleet kenttäkokeessa aivan täsmällisesti toteutuneet.

6 Kokeen tulokset ja niiden tulkinta

6.1 Mädätteen lannoitusvaikutus

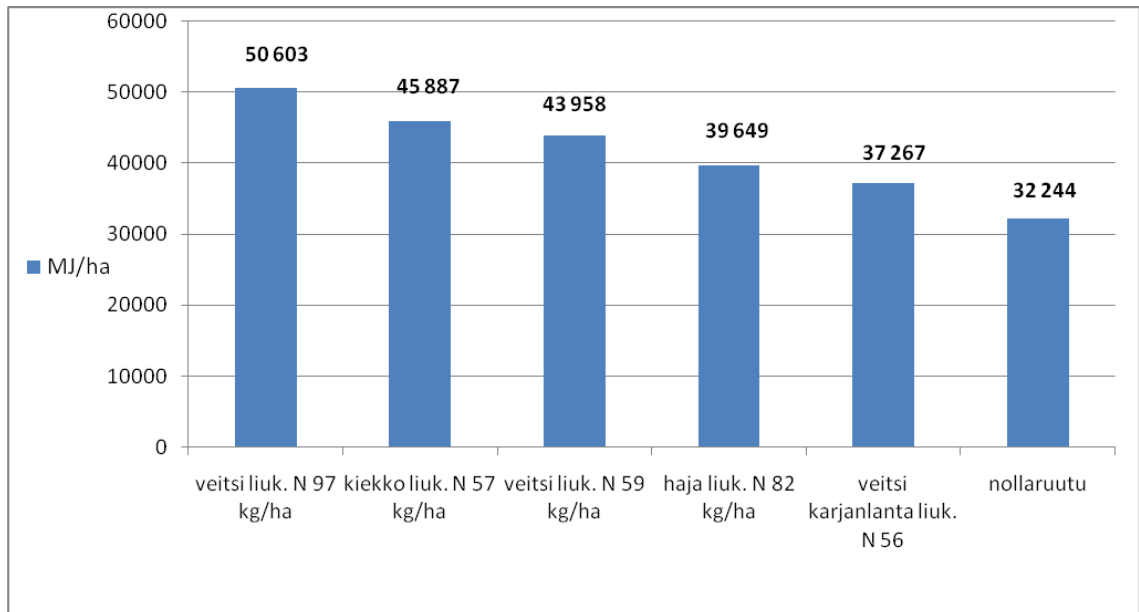
Tässä kokeessa tarkasteltiin eri levitysmenetelmillä ja typpilannoitemäärillä saatuja säilörehun satotasoja. Kun nurmen lannoitus tapahtuu karjanlannalla tai muilla orgaanisilla lannoitteilla, on ympäristötuen sitomusehtojen mukaan otettava lannan sisältämä liukoinen typpi kokonaan huomioon. Mädäte sisälsi kokonaistyppeä 2,8 kg/tn, josta liukoista typpeä oli 2,2 kg/tn. Naudan lietelanta sisälsi kokonaistyppeä 3,7 kg/tn, josta liukoista typpeä oli 2,0 kg/tn. Kokeessa toteutuivat seuraavat lannoitusmäärät eri levitysmenetelmillä: Mädätettä veitsilevityksellä 27 tn/ha, veitsilevityksellä 44 tn/ha, kiekkolevityksellä 26 tn/ha, hajalevityksellä 37 tn/ha ja naudon lietelantaa veitsilevityksellä 28 tn/ha. Kuvioista 1 näkyy eri lannoitemäärien (tn/ha) sisältämät kokonais- ja liukoisen typen määrät.



Kuvio 1. Eri lannoitemäärien (tn/ha) sisältämä typpi

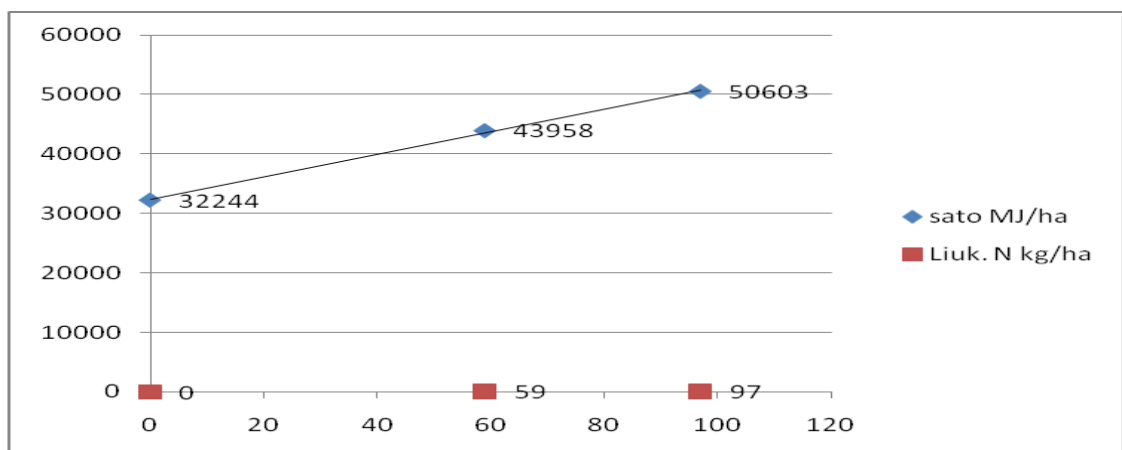
Satotasot eri typpilannoitusmäärillä osoittautuivat ennakko-odotusten mukaisiksi. Suurin sato, 50 603 MJ/ha, saatiin veitsilevitettyillä ruuduilla, jotka saivat liukoista typpeä

97 kg/ha (kuvio 2). Pienimmäksi sato jäi odotetusti nollaruuduilla, 32 244 MJ/ha, mutta tyyppä saaneiden ruutujen kesken pienin sato saatiin ruuduilla, joille liukoista tyyppä levitettiin 56 kg/ha. Nämä ruudut lannoitettiin naudan lietelannalla ja menetelmänä oli veitsilevitin. Kyseisen menetelmän satotaso oli 37 267 MJ/ha.



Kuvio 2. Säilörehun satotasot eri tyyppilannoitusmäärillä ja levitysmenetelmillä

Mädätteen lannoitusvaikutus näyttää olevan merkittävä, koska nollaruutujen ja veitsilevitettyjen ruutujen (liuk. N 97 kg/ha) satotasojen erotus on 18 359 MJ. Tämä on myös tilastollisesti erittäin merkitsevää, koska p-arvo oli 0,00002. Voidaan siis todeta, että mädäte on merkittävä lannoite ja sitä kannattaa hyödyntää säilörehunurmien lannoituksessa.

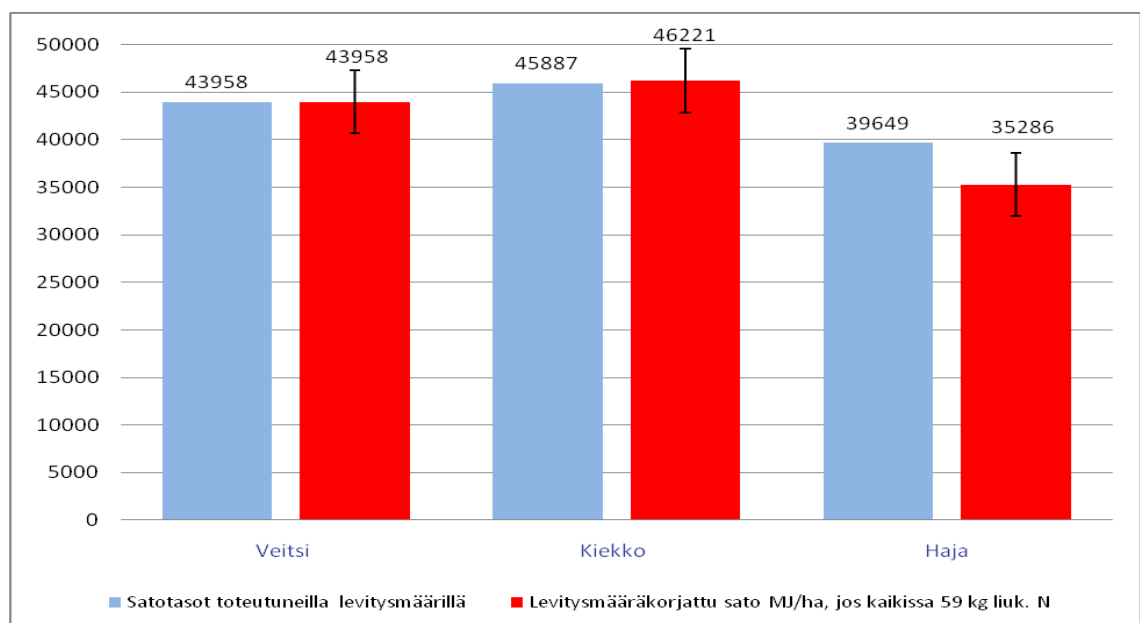


Kuvio 3. Tyyppilannoituksen vaikutus säilörehun satotason kehitykseen

Kuviosta 3 voidaan selkeästi havaita, kuinka typpilannoitustason nostaminen lisää säilörehun satotasoa lineaarisesti. Kyseessä on veitsimultaimella levitetyt lannoitemäärät, jotka toteutuivat kokeessa. Yksi kilo liukoista typpeä lisäsi satoa 190 MJ/ha.

6.2 Levitysmenetelmien vaikutus säilörehun satotasoon

Tulosten perusteella kiekkolevitetyillä ruuduilla saatiin parempi sato kuin veitsi- ja hajalevitetyillä, vaikka kiekkolevitetyille ruuduille annettiin vähemmän liukoista typpeä. Koska liukoisen typen määrä vaihteli eri levitysmenetelmien kesken, ei kuviosta 2 voida vielä suoraan sanoa, onko eri levitysmenetelmillä vaikutusta säilörehun kokonaissatoon. Siksi levitysmenetelmän vaikutusta satotasoon tutkittiin varianssianalyysillä. Tätä varten lannoitusmääriin laskettiin korjaukset, jonka avulla voitiin määrittää yhden typpilannoituskilon vaikutusta kokonaissatoon kullakin menetelmällä. Korjauslaskelma tehtiin veitsilevitetyille, 59 kg/ha liukoista typpeä saaneelle ruudulle. Laskelman perusteella voitiin laskea ennustesadot hajalevitykselle ja kiekkolevitykselle, jos niille annettaisiin samainen määrä 59 kg/ha liukoista typpeä, kuten veitsilevitetyille ruudulle. Korjauksen jälkeen kiekkolevitys oli edelleen paras kolmesta eri menetelmästä, veitsilevitin toiseksi paras ja hajalevitys huonoin saaden myös selvästi muita heikomman satotason (kuvio 4).



Kuvio 4. Säilörehun satotasot korjatulla typpilannoitusmäärällä

Kiekkolevityksellä saatiin lannoitekorjauksen jälkeen 10 935 MJ parempi sato kuin hajalevityksellä, mikä on melko huomattava ero. Ennen lannoitekorjausta ero oli 6 238 MJ kiekkolevityksen hyväksi. Eri levitysmenetelmillä oli tilastollista merkitsevyyttä säilörehun satotasoon p-arvon ollessa 0,016. Kiekkolevityksellä ja veitsilevityksellä saadut tulokset ovat melko lähellä toisiaan. Ero satotasoissa kiekkolevityksen hyväksi voi johtua nimenomaan siitä, että kiekkolevityksellä on saatu aikaan syvempi ura, johon liete on mahtunut paremmin, ja näin ollen typpeä ei ole haihtunut ilmaan niin paljon kuin veitsilevityksellä ruuduilla. Hajalevityksellä satotaso jäi selvästi muita pienemmäksi, ja tämä voi johtua siitä, että mädäte jäi pellon pintaan levityksessä ja typpeä haihduttavaa pintaa oli eniten.

6.3 Satovasteet eri levitysmenetelmillä

Kokeessa käytettyjen levitysmenetelmien välille saatiin selvät erot satotasoissa. Satotasoeroja voidaan kuvata myös eri menetelmien tuottamina satovasteina (taulukko 1). Kun liukoista typpeä käytetään 59 kg/ha, niin kiekkolevityksellä levitettynä saadaan satoa 783 MJ/1 kg liukoista typpeä. Vastaavasti veitsilevityksen satovaste on 745 MJ/1 kg liukoista typpeä ja heikoin satovaste saadaan hajalevityksellä, 598 MJ/1 kg liukoista typpeä. Ero parhaimman ja huonoimman satovasteen välillä on 185 MJ/ha. 100 kg:n typpilannoitustasolla tämä vastaisi kiekkolevityksen ja hajalevityksen välillä 18 500 MJ:n eroa hehtaarilta saatavassa sadossa.

Taulukko 1. Levitysmenetelmien satovasteet

	kiekko, liuk.N 59 kg/ha	veitsi, liuk.N 59 kg/ha	haja, liuk.N 59 kg/ha
Sato, MJ/ha	46 221	43 958	35 286
Satovaste, MJ/1 kg liuk. N	783	745	598

6.4 Levitysmenetelmien vaikutus säilörehun rehuarvoihin

Tutkimuksessa tutkittiin levitysmenetelmien vaikutusta säilörehun rehuarvoihin. Yleisesti ottaen rehuarvot olivat tavoitearvojen sisällä lukuun ottamatta energia-arvoja ja

PVT-arvoja, jotka olivat kaikilla levitysmenetelmillä ja levitysmäärillä alle tavoitearvojen. Rehuarvoissa ei näyttänyt olevan erityisen suuria eroja eri menetelmien välillä.

6.4.1 Energia-arvo eli ME-arvo

Levitysmenetelmällä oli vaikutusta rehun energia-arvoon, vaikka ennakkoon arvioituna näytti, ettei levitysmenetelmällä tai lannoitusmäärällä ollut vaikutusta kyseiseen arvoon. Alhaisia arvoja saatiin niin suurilla kuin pienilläkin liukoisen typen lannoitusmäärillä (taulukko 2). Huonoimmat arvot kokeessa saivat liukoista typpeä 97 kg/ha veitsilevitysmellä levitettyt ruudut. Parhaimmat ME-arvot saivat hajalevityksellä (N 82 kg/ha) ja karjanlanta veitsilevityksellä (N 56 kg/ha) saaneet ruudut. Ero huonoimman ja parhaimman ME-arvon välillä oli 0,4 MJ/kg ka. Näyttäisi siis siltä, että hajalevityksellä saadaan kiekkolevitystä ja veitsilevitystä paremmat energia-arvot. Erot näiden kolmen levitysmenetelmän välillä ovat kuitenkin melko pienet, vain 0,3 MJ/kg ka ja 0,2 MJ/kg ka. Levitysmenetelmillä oli tilastollista merkitsevyyttä ME-arvoon p-arvon ollessa 0,009.

Taulukko 2. Säilörehun energia-arvot eri levitysmenetelmillä ja lannoitusmäärillä

	haja, liuk.N 82 kg/ha	kiekko, liuk.N 57 kg/ha	veitsi, liuk.N 59 kg/ha	karjanlanta veitsi liuk.N 56kg/ha	veitsi, liuk.N 97 kg/ha	nollaruutu
ME-arvo, MJ/kg ka	10,7	10,5	10,5	10,6	10,2	10,5
	10,6	10,4	10,5	10,7	10,4	10,6
	10,7	10,7	10,3	10,8	10,3	10,8
keskiarvo	10,7	10,5	10,4	10,7	10,3	10,6

6.4.2 OIV- ja PVT-arvot

OIV-arvot (taulukko 3) näyttivät olevan myös hyvin lähellä toisiaan tässä tutkimuksessa. Vertailtaessa levitysmenetelmien merkitsevyyttä OIV-arvoihin huomattiin, että p-arvo oli 0,11, mikä ei ole tilastollisesti merkitsevää. Ero huonoimman ja parhaimman

OIV-arvon välillä oli vain 2 g/kg ka. Levitysmenetelmällä ei siis ole vaikutusta säilörehun OIV-arvoon. PVT-arvoissa (taulukko 4) ei ollut silminnähten suuria eroja arvojen vaihdellessa eri levitysmenetelmien välillä -13 g/kg ka - 10 g/kg ka. Tällä ei myöskään ollut tilastollista merkitsevyyttä.

Taulukko 3. Säilörehun OIV-arvot eri levitysmenetelmillä ja lannoitusmäärillä

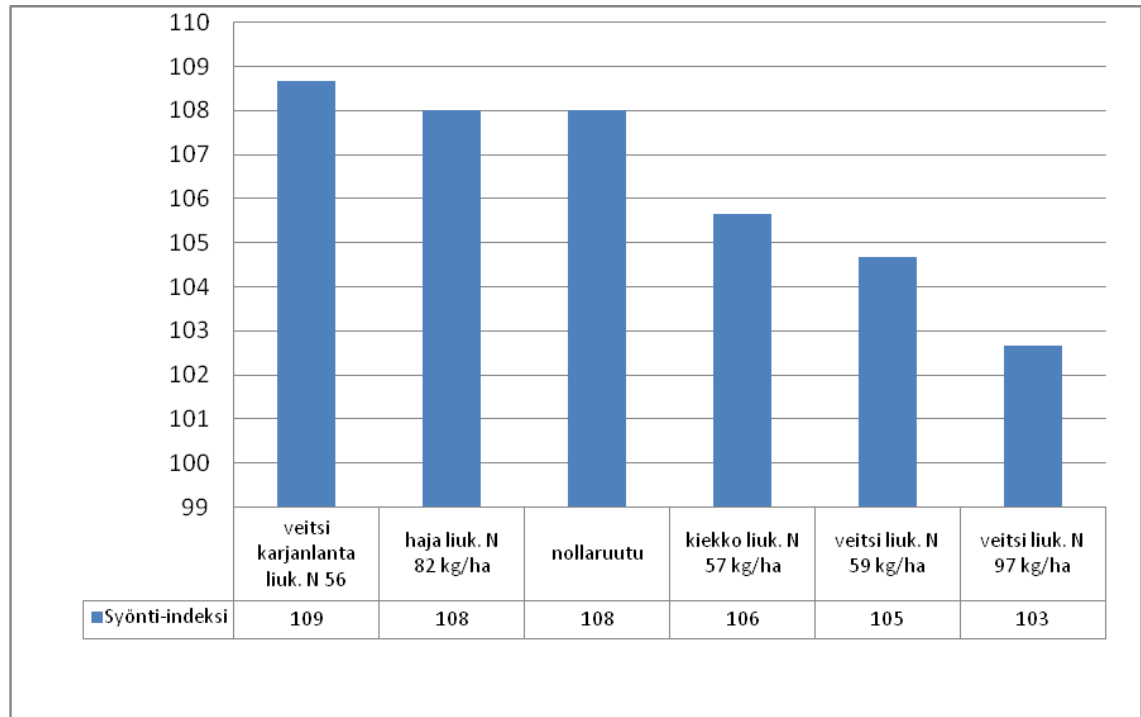
	haja liuk.N 82 kg/ha	kiekko liuk.N 57 kg/ha	veitsi liuk.N 59 kg/ha	karjanlanta veitsi liuk.N 56kg/ha	veitsi liuk.N 97 kg/ha	nollaruutu
OIV-arvo g/kg ka	84	81	80	82	79	83
	81	81	80	81	80	79
	81	81	79	84	80	82
keskiarvo	82	81	80	82	80	81

Taulukko 4. Säilörehun PVT-arvot eri levitysmenetelmillä ja lannoitusmäärillä

	haja liuk.N 82 kg/ha	kiekko liuk.N 57 kg/ha	veitsi liuk.N 59 kg/ha	karjanlanta veitsi liuk.N 56kg/ha	veitsi liuk.N 97 kg/ha	nollaruutu
PVT-arvo g/kg ka	10	2	-5	-1	1	13
	-3	5	-5	-7	0	-13
	-5	-7	-1	3	-1	-10
keskiarvo	1	0	-4	-2	0	-3

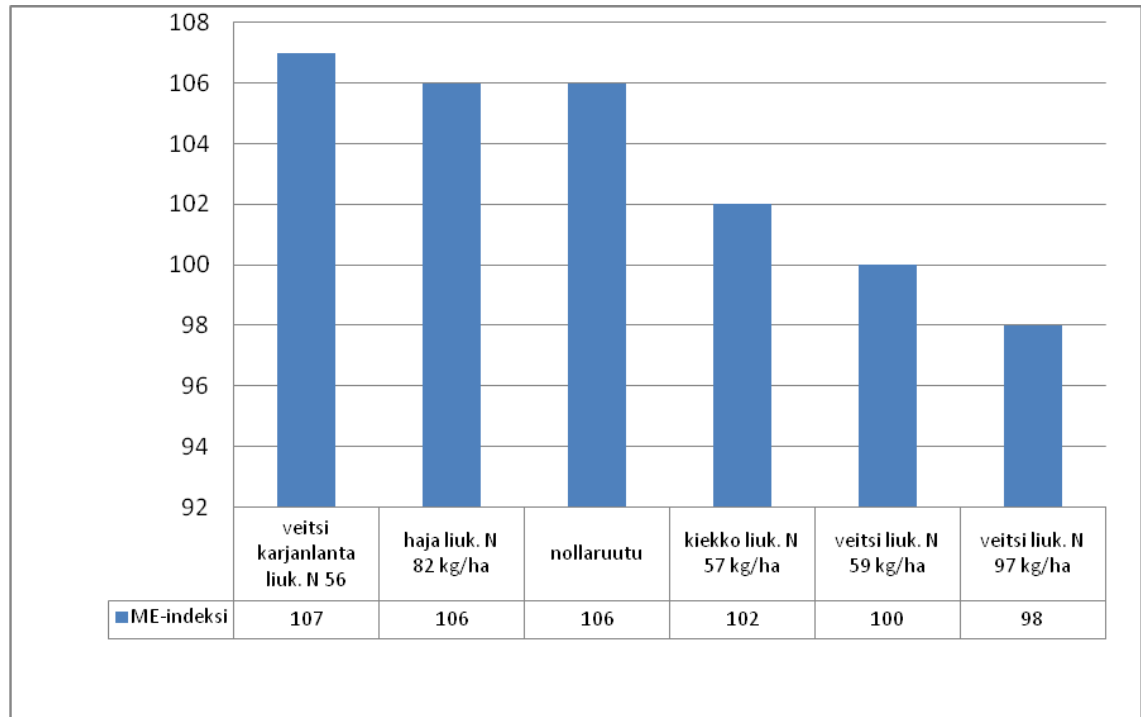
6.4.3 Syönti-indeksi ja ME-indeksi

Syönti-indeksi oli tavoitearvon sisällä kaikilla levitysmenetelmillä ja lannoitusmäärillä (kuvio 5). Levitysmenetelmien välillä oli tilastollinen merkitsevyys, koska p-arvo oli 0,019. Kaikista ruuduista karjanlannalla lannoitetut ruudut saivat parhaimman keskiarvon ja veitsilevittimellä levitetyt ruudut (N 97 kg/ha) huonoimman keskiarvon. Eri menetelmien kesken paras arvo saatiin hajalevitetyillä ruuduilla ja huonoin veitsilevitetyillä ruuduilla. Näiden välinen ero on kuitenkin vain 3 indeksipistettä.



Kuvio 5. Säilörehun syönti-indeksi eri levitysmenetelmillä ja lannoitusmäärillä

ME-indeksiin eri levitysmenetelmillä oli tilastollista merkitsevyyttä. P-arvo oli 0,008, joten voidaan todeta, että levitysmenetelmä vaikuttaa säilörehun ME-indeksiin. Paras keskiarvo oli karjanlantaa saaneilla ruuduilla ja huonoin veitsilevitetyillä (N 97 kg/ha) ruuduilla (kuviokuva 6). Suuntaus on samankaltainen kuin syönti-indeksin arvoissa, joissa karjanlantaa saaneet ruudut saivat parhaimman keskiarvon. Kolmen eri levitysmenetelmän kesken paras tulos on hajalevitetyillä ruuduilla ja huonoin veitsilevitetyillä ruuduilla. Erot ovat kuitenkin eri levitysmenetelmien välillä pieniä, hajalevityksen ja veitsilevityksen ero on 6 indeksipistettä, kun taas hajalevityksen ja kiekkolevityksen ero on 4 indeksipistettä.



Kuvio 6. Säilörehun ME-indeksi eri levitysmenetelmillä ja lannoitusmäärillä

6.4.4 Tuhkapitoisuus

Tuhkapitoisuus oli alle 9 % riippumatta levitysmenetelmästä tai käytettävästä lannoitemäärästä. Keskiarvot vaihtelivat välillä 6,3 - 7,3 %. Rehun laatu tuhkapitoisuuden osalta oli siis hyvä. Tilastollisesti merkitsevää eroa ei tuhkapitoisuuksissa ollut. Mädätteen levittäminen peltoon pintalevityksenä tai multamaalla ei siis vaikuta merkitsevästi maanaineksen joutumista säilörehun sekaan tämän kokeen perusteella. Sijoittavalla menetelmällä saatiin jopa alhaisempia tuhkapitoisuuksia kuin hajalevityksellä (taulukko 5).

Taulukko 5. Säilörehun tuhkapitoisuus

tuhkapitoisuus	haja liuk. N 82 kg/ha	kiekko liuk. N 57 kg/ha	veitsi liuk. N 59 kg/ha	veitsi karjanlanta liuk. N 56 kg/ha	veitsi liuk. N 97 kg/ha	nollaruutu
%	7,1	6,6	7,3	6,6	6,7	6,3

6.5 Johtopäätökset

Käytettävä levitysmenetelmä vaikuttaa selvästikin säilörehun satotasoon. Kuten tulok-
sista voidaan todeta, niin levitysmenetelmäksi kannattaa valita sijoittava levitin, jolla
typen haihtumista saadaan vähennettyä ja näin typpeä jää enemmän kasvien hyödynnet-
täväksi. Tulokset ovat samankaltaisia, kuten Ruukissa tehdyssä MTT:n kokeessa (Saari-
järvi 2005, 14–15), jossa sijoittavalla levitysmenetelmällä typen hyväksikäyttö oli ollut
paras ja pintalevityksellä vastaavasti huonoin. Eri levitysmenetelmillä oli tilastollinen
merkitsevyys energia-arvoon, syönti-indeksiin ja ME-indeksiin. OIV- ja PVT-arvoihin
ei eri levitysmenetelmillä ollut tilastollista merkitsevyyttä.

Parhaimmat satotasot saatiin kiekkomultauksella ja huonoimmat satotasot hajalevityk-
sellä, mutta toisaalta parhaimmat syönti-indeksit, energia-arvot ja ME-indeksit saatiin
hajalevityksellä, joten on pohdittava, millä menetelmällä saadaan merkittävämpiä etuja
säilörehun tuotannossa, kun lannoitteena käytetään mädätettä. Toisaalta vaikka erot
näissä tietyissä rehuarvoissa eri levitysmenetelmien välillä olivatkin tilastollisesti mer-
kitseviä, niin voidaan pohtia, ovatko erot muuttujien lukuarvoja tarkasteltaessa käytän-
nön kannalta suuria, koska erot ovat vain muutaman yksikön tai yksikön kymmenesosia.
Säilörehun satotasoissa oli kuitenkin suuremmat erot eri levitysmenetelmien välillä,
joten voidaankin olettaa eron olevan painoarvoltaan merkittävämpi levitysmenetelmää
valittaessa.

7 Levitysmenetelmien välinen kustannusvertailu

7.1 Laskentaperusteet

Levitysmenetelmien hankintaan vaikuttavat niin työnjälki, levitettävä lantamäärä kuin kaluston hinta. Tilatasolla voidaan ottaa vertailtaviksi hajalevitys, letkulevitys ja sijoituslevitys, koska ne ovat yleisimmät levitysmenetelmät. Kustannusvertailuun otettiin haja- ja letkulevityksen lisäksi kaksi sijoittavaa menetelmää, eli kiekkomultain ja veit-simultain. Laskelma tehtiin olettaen, että tilalla syntyy lietelantaa 2 000 m³ vuodessa ja levitysalaa olisi käytettävissä 65 ha. Lantaa levitettäisiin koko käytettävissä olevalle alalle, joten lantaa levitettäisiin n. 30 m³/ha. Kustannukset eri menetelmille on laskettu TTS-kone ohjelmalla (liite 4). Vaunujen ja levittimien poisto-aika on 8 vuotta ja traktoreiden poisto-aika 10 vuotta. Traktoreiden työtunnin hintaa laskettaessa korkoprosenttina on käytetty 5 % ja polttoaineen hintana 0,85 €/l. Polttoaineen kulutus on sijoittavilla menetelmillä 20 l/h ja pintalevityksessä 15 l/h. Työnmenekkiä eri menetelmille laskettaessa käytettiin levityksessä ajonopeutena 6 km/h ja lohkon etäisyytenä 500 m.

7.2 Pintalevitys hajalevityksenä ja letkulevityksenä

Kustannuslaskelmissa hajalevitys tapahtuu 18 m³ lietevaunulla, jonka veroton hinta on 45 400 € (Koneviesti 2010, 50). Hajalevityksen työleveys on 12 m. Vaunun vetoon on hankittava 172 hv:n traktori, jonka veroton hankintahinta on 80 000 € (Agrimarket 2011). Letkulevityksessä käytetään samankokoista traktoria ja vaunua, mutta lisäksi kustannuksiin lisätään letkulevitin, jonka veroton hankintahinta on 17 800 € (Koneviesti 2010, 57). Letkulevittimen ja vaunun veroton yhteishinta on siis 63 200 €. Letkulevittimen työleveys on 16 m.

7.3 Sijoituslevitys kiekkomultaimella ja veitsimultaimella

Sijoituslevitys tapahtuu 18 m³:n kokoisella vaunulla ja siihen hankittavalla 8 m:n työlevydeltään olevalla kiekkomultaimella. Vaunun ja multaimen veroton hinta on yhteensä 74 800 €, josta vaunun osuus 45 400 € ja multaimen osuus 29 400 €. Vertailuun otetaan myös 18 m³:n vaunu veitsimultaimella. Näiden veroton hankintahinta on yhteensä 66 900 €, josta vaunun osuus 45 400 € ja multaimen osuus 21 500 €. (Koneviesti 2010, 54.) Veitsimultaimen työleveys on myös 8 m. Sijoituslevitys tapahtuu 188 hv:n traktorilla, jonka veroton hankintahinta on 84 500 € (Agrimarket 2011).

7.4 Kustannusvertailun tulokset

Neljän eri menetelmän kesken tehdystä kustannusvertailusta (taulukko 6) voidaan tulkitella, että sijoituslevitys kiekkomultaimella on kallein levitysvaihtoehto, 4,2 €/m³, ja vastaavasti hajalevitys on halvin, 2,49 €/m³. Haja- ja letkulevityskaluston hankintahinnat ovat alhaisemmat kuin sijoituslevityskaluston ja lisäksi niiden työnmenekki on pienempi, mikä on seurausta suuremmasta työlevydestä, joten niiden kustannus on sijoittavia menetelmiä pienempi. Sijoittavien menetelmien etuna on kuitenkin vähäisempi typen haihtuminen levityksen jälkeen, ja säilörehunurmi pysyy puhtaampana, koska lanta sijoitetaan kasvien juureen.

Kun otetaan huomioon sijoituslevitykselle maksettava tuki, joka on 56 €/ha, kun lantaa levitetään vähintään 20 m³/ha, niin 65 ha:n alalle levitetty lanta veitsimultaimella on halvin vaihtoehto. 2 000 m³:n levityksen hinnaksi tulee veitsimultaimella levitettynä 4 120 €. Vastaavasti letkulevitys on kallein vaihtoehto: sen levityskustannuksen ollessa 5 760 € vastaavalla 2 000 m³:n levitysmäärällä. Kiekkomultauksen kustannus on 1 000 € letkulevitystä edullisempi, eli 4 760 €. Ero halvimman ja kalleimman menetelmän välillä on 1 640 €, joten sen perusteella voidaan sanoa, että hankintahinnaltaan kalliimpi veitsimultain tulee käytännössä halvemmaksi kuin haja- tai letkulevitin. Kun kiekkomultaukselle maksettava tuki otetaan huomioon, niin se jää hajalevitystä halvemmaksi kyseisellä levitysmäärällä. Jos sijoituslevityksen tukea ei oteta huomioon, niin kalleimman ja halvimman menetelmän eli kiekkomultaimen ja hajalevityksen ero 2 000 m³:n levitysmäärällä on 8 400 € - 4 980 € = 3 420 € hajalevityksen hyväksi.

Taulukko 6. Levitysmenetelmien välinen kustannusvertailu, kustannus on merkitty negatiivisella etumerkillä (-) ja tuotto positiivisella etumerkillä (+).

	Hajalevitys, 12 m	Letkulevitys, 16 m	kiekkomultain, 8 m	veitsimultain, 8 m
€/m ³	2,49	2,88	4,2	3,88
Lantaa vuodessa, m ³	2 000	2 000	2 000	2 000
Kustannus, €/v	-4 980	-5 760	-8 400	-7 760
Tuettu kustannus, €/v	-4 980	-5 760	-4 760	-4 120
Sadonlisän arvo, €/v	0	-	+10 205	+8 060
Kustannus sadon- lisän kanssa, €/v	-4 980	-	+1 805	+300
Tuettu kustannus sadonlisän kans- sa, €/v	-4 980	-	+5 445	+3 940

Kustannusvertailussa otettiin myös huomioon multauksella saatavat hyödyt sadonlisäyksissä. Kiekkomultauksen ja hajalevityksen välinen ero levitysmääräkorjatuissa satotasoissa oli 10 935 MJ/ha kiekkomultauksen eduksi. Lannoitteen antaman sadonlisän todellista hyötyä kullakin levitysmenetelmällä voidaan tarkastella laskemalla lannoituksella saadun satovasteen arvo. Säilörehun arvo voidaan laskea vertaamalla yhtä MJ:a säilörehua yhteen MJ:een ohraa. Ohran tämänhetkinen keskihinta on 0,168 €/kg (Viljan hintanoteeraukset 2012). Yksi ohrakilo vastaa yhtä rehuyksikköä, joten yksi MJ ohraa maksaa $0,168 \text{ €/ry} / 11,7 = 0,0144 \text{ €/MJ}$. Tällä arvolla laskettaessa säilörehun sadonlisän arvoksi kiekkomultaukselle saadaan $0,0144 \text{ €/MJ} \times 10\,935 \text{ MJ/ha} = 157 \text{ €/ha}$, mikä tarkoittaa esimerkkitalan 65 ha:n alalla 10 205 €:n arvoista sadonlisää vuodessa hajalevitykseen verrattuna. Kustannuslaskelma (taulukko 6) osoittaa, että kiekkomultaus tuottaa viljelijälle rahaa sadonlisän muodossa 1 805 €:n arvosta kustannusten vähennysten jälkeen ja tuki huomioiden on rahallinen hyöty yhteensä 10 425 € vuodessa hajalevitykseen verrattuna.

Veitsimultauksen ja hajalevityksen välinen ero levitysmääräkorjatuissa satotasoissa oli vastaavasti 8 672 MJ/ha veitsimultauksen eduksi. Veitsimultauksen sadonlisän arvo on

$0,0144 \text{ €/MJ} \times 8\,672 \text{ MJ/ha} = 124 \text{ €/ha}$, mikä vastaa esimerkkitalalla yhteensä 8 060 €:n arvoista sadonlisää vuodessa hajalevitykseen verrattuna. Myös veitsimultaus tuottaa viljelijälle rahaa sadonlisän muodossa, ja tuki huomioiden on rahallinen hyöty yhteensä 8 920 € vuodessa hajalevitykseen verrattuna.

8 Päätäntä

8.1 Levitysmenetelmien vaikutus säilörehun satotasoon

Säilörehun satotasoon vaikuttaa lannan levityksessä käytettävä levitysmenetelmä. Tutkimuksessa hajalevitys osoittautui kiekkomultainta ja veitsilevitintä heikommaksi menetelmäksi, minkä voidaan ajatella johtuvan hajalevityksessä aiheutuvasta typen suuremmasta haihtumisesta verrattuna muihin levitysmenetelmiin. Tutkimuksen tulokset osoittivat selvän eron hajalevityksen ja multauksen välillä. Kiekkomultauksella saatiin 10 935 MJ/ha parempi sato ja veitsimultauksella 8 672 MJ/ha parempi sato hajalevitykseen verrattuna. Tutkimuksen tulokset ovat verrattavissa aikaisempiin tutkimuksiin ja julkaisuihin, joissa on todettu hajalevityksen typpihävikin olevan muita menetelmiä suurempi ja näin ollen myös satotaso on alhaisempi kuin muilla menetelmillä.

Jos kemiallisten lannoitteiden hinnat nousevat yhä, niin karjanlannan ja muiden orgaanisten lannoitteiden ravinteiden hyödyntäminen säilörehunurmilla tulee yhä merkittävämpään osaan, mikäli halutaan tuottaa paljon säilörehua edullisilla lannoitekustannuksilla. Toisaalta vaikka kemiallisten lannoitteiden hinta pysyisikin nykyisellä tasolla, niin on aina pyrittävä mahdollisimman hyvään typen hyväksikäyttöön viljelykasveilla, koska sitä kautta vähennetään ympäristölle aiheutuvaa ravinnekuormitusta. Vesistöjen rehevöitymistä voitaisiin estää lannoittamalla oikein, eli toisin sanoen voidaan valita levitysmenetelmä, jonka avulla ravinnehuuhtoumia voidaan vähentää. Myös levitysajankohtaan tulisi kiinnittää huomiota. Jos levitys tapahtuu hajalevityksenä, niin mahdollisuuksien mukaan levityksen tulisi tapahtua viileällä ja sateisella säällä, jolloin typpeä haihtuisi mahdollisimman vähän. Tutkimuksessa lannanlevitysolosuhteet olivat hajalevityksen kannalta epäsuotuisat, koska lämpötila oli todella korkea ja aurinko paistoi koko päivän. Tämä saattoi osaltaan johtaa vieläkin selvempään eroon säilörehun satotasoissa hajalevityksen ja sijoituslevityksen välillä.

Hajalevityksessä lanta levitetään koko kasvuston alalle ja päälle, mikä aiheuttaa huomattavan hygieniariskin korjattavaan rehuun. Nurmen ollessa jo hyvässä kasvussa hy-

gieniariski on vieläkin suurempi. Vastaavasti kiekko- tai veitsimultaimella sijoitettaessa hygieniariski on pienempi, koska kasvustoa ei liata niin helposti lietteellä, kun sijoittaminen tapahtuu suoraan kasvin tyveen. Tiloilla käytettävä lannanlevitysmenetelmä voi olla hyvinkin tapauskohtainen. Levitysmenetelmän valintaan voivat vaikuttaa levitettävän lannan määrä, konekustannus ja hyödyt, joita levitysmenetelmällä haetaan, eli mahdollisesti paremmat satotasot ja säilörehun puhtaus. On hyvä muistaa myös sijoittavien menetelmien tuoma lisäetu, joka on hajuhaittojen väheneminen. Sijoitettaessa lanta maahan, lannan haju on huomattavasti miedompi kuin hajalevityksessä. Hajuhaittojen vähentyminen lisää ihmisten viihtyvyyttä niiden alueiden läheisyydessä, joille lantaa levitetään. Varsinkin tuulisella säällä lannan haju leviää kauas, ja se voi olla hyvin voimakas.

8.2 Levitysmenetelmien vaikutus säilörehun rehuarvoihin

Käytettävällä levitysmenetelmällä oli tilastollisesti merkitsevä vaikutus säilörehun energia-arvoihin, syönti-indeksiin ja ME-indeksiin. Hajalevityksellä saatiin paras energia-arvo ja vastaavasti veitsimultauksella huonoin. Veitsimultaus sekä suuremmalla että pienemmällä lannoitustasolla antoi tulokseksi huonot energia-arvot, kun taas vastaavat hyvät energia-arvot saatiin hajalevityksen suhteellisen korkealla lannoitustasolla. Merkitsevyyden ei siis voida sanoa johtuvan lannoitustasosta, vaan nimenomaan käytetystä levitysmenetelmästä. Suuntaus oli sama myös syönti-indeksin ja ME-indeksin arvoja vertailtaessa. Hajalevityksellä saatiin kiekko- ja veitsimultausta paremmat arvot. On kuitenkin huomattava, että arvot ovat tavoitearvojen sisällä ja lähellä toisiaan, joten lypsylehmän ruokinnassa nämä erot eivät ole käytännössä merkittävän suuria. Vastaavasti OIV- ja PVT-arvoihin levitysmenetelmillä ei ollut tilastollista merkitsevyyttä. Erot olivat lähes olemattomia, OIV-arvoissa vain 2 g/kg ka ja PVT-arvoissa 5 g/kg ka. Aikaisemmin ei ole vertailtu eri levitysmenetelmien vaikutusta kyseisiin arvoihin, joten näiden tulosten lisäksi tarvittaisiin lisätutkimuksia.

Koska hajalevityksellä saatiin tietyissä rehuarvoissa parempia arvoja kuin sijoittavilla menetelmillä, on syytä pohtia, mistä tämä johtuu. Hajalevityksessä typpeä haihtui enemmän ja säilörehun satotaso oli pienempi, joten typen haihtuminen voi olla yksi syy siihen, miksi juuri tietyt rehuarvot olivat paremmat hajalevityksellä. Vastaavasti veitsi-

multauksena karjanlantaa saaneilla ruuduilla miltei kaikki rehuarvot olivat yhtä hyviä tai jopa parempia kuin hajalevityksellä lannoitettujen ruutujen rehuarvot. Karjanlannalla lannoitettujen ruutujen satotaso oli myös melko alhainen verrattuna muihin ruutuihin. Esimerkiksi kiekkomullatuille ruuduille annettiin vain 1 kg/ha enemmän liukoista typpeä, mutta satotaso oli tällä menetelmällä huomattavasti parempi. Suurempi satotaso voisi heikentää rehuarvoja, mutta on edelleen huomattava, että erot olivat kokeessa hyvin pieniä.

Toiseksi voidaan myös kyseenalaistaa eri koeruutujen väliset apilapitoisuudet kasvustossa. Tätä ei kokeessa tutkittu lainkaan, mutta silmämääräisesti arvioituna apilan määrä kasvustossa vaihteli jonkin verran koeruuduittain. Apilapitoisuudella on näin ollen voinut olla vaikutusta säilörehun rehuarvoihin.

8.3 Levitysmenetelmien välinen kustannusvertailu

Tutkimuksessa käytetyistä kolmesta eri levitysmenetelmästä kiekkomultaus oli kallein vaihtoehto ja hajalevitys halvin, kun multaukselle ei huomioitu sen saamaa tukea. Letkulevityksen ollessa varsin yleinen levitysmenetelmä, otettiin se mukaan kustannusvertailuun. Letkulevitys oli toiseksi halvin menetelmä, kun sijoituslevityksen tukea ei otettu huomioon. Kun sijoituslevitykselle maksettava tuki otettiin huomioon, niin letkulevitys oli kallein vaihtoehto ja veitsimultaus halvin. Ero letkulevityksen ja kiekkomultausten välillä oli 1 000 € kiekkomultausten hyväksi, joten kiekkomultaus oli hieman letkulevitystä edullisempi vaihtoehto.

Kun eri levitysmenetelmillä saatavien sadonlisäysten arvo otettiin laskennassa huomioon, niin erot hajalevityksen ja multauksen välillä muodostuivat jo huomattavan suuriksi. Pelkästään sadonlisän arvo huomioiden kiekkomultaus ei ainoastaan ollut halvempi, vaan se toi viljelijälle rahallista hyötyä 10 205 €:n arvosta sadonlisänä. Myös veitsimultaus toi rahallista hyötyä 8 060 €:n arvosta sadonlisänä. Lisäksi multaukselle maksettava tuki lisäsi sen kannattavuutta hajalevitykseen verrattuna.

Haja- ja letkulevityksessä typen hävikki ja hygieniariskit ovat suurempia sijoitukseen verrattuna. Tekniikaltaan hajalevitys on yksinkertaisin levitysmenetelmä, koska siihen

tarvitaan vain vaunun taakse asennettava lautaslevitin, jonka kautta lanta leviää peltoon. Se on myös muita menetelmiä toimintavarmempi, koska esimerkiksi lietelannan koostumus saattaa vaihdella ja letku- sekä sijoituslevityksessä, mikä voi aiheuttaa tukoksia jakolaitteeseen, letkuihin tai vantaisiin. Lisäksi hajalevityskaluston huoltokustannukset ovat muita menetelmiä pienemmät, koska siinä on vähemmän liikkuvia osia, jotka voivat hajota. Kaikkein eniten huoltoa vaatii todennäköisesti kiekkomultain, jossa on pyörivät kiekot ja paljon hydraulikkaa. Veitsimultain on myös melkein yhtä paljon huoltoa vaativa kuin kiekkomultain, mutta se on kuitenkin hieman kiekkomultainta yksinkertaisempi ja kestävämpi, joten se soveltuu paremmin kivisille pelloille. Monet tilat käyttävät haja- tai letkulevitystä, mutta olisi syytä pohtia sijoituslevityskaluston hankintaa esimerkiksi usean tilan yhteiskoneena, jos oman tilan levitettävä lantamäärä on liian pieni suhteessa kaluston hankintakustannuksiin. Myös urakoitsijan käyttöä voidaan harkita, koska urakoitsijoilla on käytössään sijoittavia menetelmiä, minkä ansiosta levitykselle saa tuen ja lannan ravinteet saadaan myös paremmin hyödynnettyä.

8.4 Tutkimuksen tietojen hyödynnettävyys käytännössä

Viljelijöille käytännössä ensimmäisenä merkittävin asia on levitysmenetelmän vaikutus säilörehun satotasoon. Korkein satotaso tutkimuksessa saatiin kiekkomultaimella levitetyllä lannoitteella. Viljelijät voisivat pohtia, kannattaisiko tilan siirtyä sijoituslevitykseen hajalevityksen sijaan. Viljelijän pohtiessa kaluston hankintaa tulee eteen kustannuskysymys. Kalleimman kaluston veroton hankintahinta on lähes 160 000 €, johon sisältyy traktori, vaunu ja multain. Halvin vaihtoehto eli traktori ja vaunu varustettuna pintalevittimellä maksavat verottomana 125 000 €. Traktorin osuus pääomakustannuksista on molemmissa tapauksissa yli puolet kokonaishinnasta. Viljelijän on mietittävä kaluston käyttöaste ja siitä saatavat hyödyt omalla tilallaan, ennen kuin hankintapäätöksen voi tehdä. On myös huomioitava, että traktoria ei hankita pelkästään lietteen levitykseen, vaan sillä hoidetaan myös paljon tilan muita töitä, joten traktorista aiheutuva pääomakustannus jakaantuu myös niihin töihin.

Tutkimuksen perusteella viljelijät voivat hyödyntää mädätettä peltolannoitteena sen hyvän lannoitevaikutuksen vuoksi. Lannoituksella saadut sadonlisät olivat niin suuria, jotta laskelmien mukaan vastaavan rehumäärän hankkiminen tilalle ostorehuna ei ole

kannattavaa tämänhetkisten viljojen hintojen perusteella. Luomutiloilla ja varsinkin luomukasvinviljelytiloilla mädäte on vaihtoehto lähitiloilta saatavalle karjanlannalle. Myös tavanomaiset tilat voisivat mahdollisuuksien mukaan käyttää mädätettä peltolannoitteena ja varsinkin tulevaisuudessa mädäte voi olla taloudellisesti yhä kannattavampi lannoite, jos kemiallisten lannoitteiden hinnat nousevat vielä paljon korkeammiksi.

8.5 Tutkimuksen luotettavuus

Kokeen käytännön järjestelyt olivat hyvin johdonmukaiset ja tarkkaan suunnitellut. Koe suoritettiin riittävällä tarkkuudella kaikilta osin, jotta virhemahdollisuudet olisivat lopputuloksissa mahdollisimman pienet. Kenttäkokeessa oli kolme kerrannetta, eli jokaista levitysmenetelmää tai lannoitusmäärää varten oli 3 ruutua. Näiden kolmen ruudun sadot laskettiin yhteen ja niiden perusteella laskettiin ruutujen keskimääräinen satotaso. Ruuduille levitetty lannoitemäärät laskettiin myös laskemalla kolmen ruudun lannoitemäärän keskiarvot. Tietoja ylös kirjattaessa on voitu tehdä virheitä, koska kenttäkokeen järjestelyihin ja tulosten ylöskirjaamiseen osallistui useita henkilöitä. Lisäksi laskelmia tehtäessä tutkija on voinut tehdä virheitä, koska tutkittavaa aineistoa ja käsiteltäviä lukuja oli varsin paljon. Käsiteltävää aineistoa tarkasteltiin kuitenkin huolellisesti, ja laskelmien paikkansapitävyys ja oikeellisuus tarkastettiin tekemällä uusintalaskentoja mahdollisten virheiden havaitsemiseksi. Tutkimuksen tuloksia ja lukuja käsiteltiin laskentaohjelmissa riittävällä tarkkuudella, jotta lopputuloksissa virhemarginaali olisi mahdollisimman pieni.

Kenttäkokeen lannanlevityspäivänä oli erittäin lämmintä ja aurinko paistoi pilvettömältä taivaalta. Hajalevityksen kannalta olosuhteet olivat epäsuotuisat, joten erot lopputuloksissa sijoittaviin menetelmiin nähden voivat olla hieman kärjistetyt. On kuitenkin huomioitava, että lannanlevitys ensimmäisen säilörehusadon korjuun jälkeen ajoittuu usein juuri heinäkuun alkuun ja sääolosuhteet voivat olla samantyyppiset, kuin ne olivat kenttäkokeessa.

8.6 Oppimisprosessi ja ammatillinen kehitys

Tutkimus antoi varsin paljon tietoa eri levitysmenetelmien eroista sekä säilörehun rehuarvoista. Tutkimuksen käytännön järjestelyt onnistuivat varsin hyvin ja prosessin läpivienti oli kokonaisuudessaan haastava, mutta onnistunut. Työn tekeminen kehitti omaa osaamista varsinkin tilastollisessa testauksessa ja tiedonhaussa. Lisäksi oma teorian tieto eri aiheista lisääntyi tutkimuksen edetessä.

8.7 Toimenpide-ehdotukset ja jatkotutkimusaiheet

Tutkimuksen perusteella säilörehuntuotantoa voitaisiin tehostaa käyttämällä mädätteen ja lietelannan levityksessä sijoittavia levitysmenetelmiä. Jos tilan säilörehuntuotantoon käytettävä peltopinta-ala on pieni ja lantaa käytetään nurmien lannoitukseen, niin sijoitettavan levitysmenetelmän käytöllä satotasoa voidaan nostaa. Mädätettä voitaisiin käyttää luomutilojen lannoitteena tai myös tavanomaisilla tiloilla kemiallisten lannoitteiden sijaan.

Jatkotutkimuksia tarvittaisiin kuitenkin mädätteen ja kemiallisten lannoitteiden välisistä eroista peltolannoitteena. Mädätteen pH on varsin korkea, joten sen vaikutusta maan kuntoon voitaisiin tutkia lannoittamalla peltoja pelkästään mädätteellä.

Lähteet

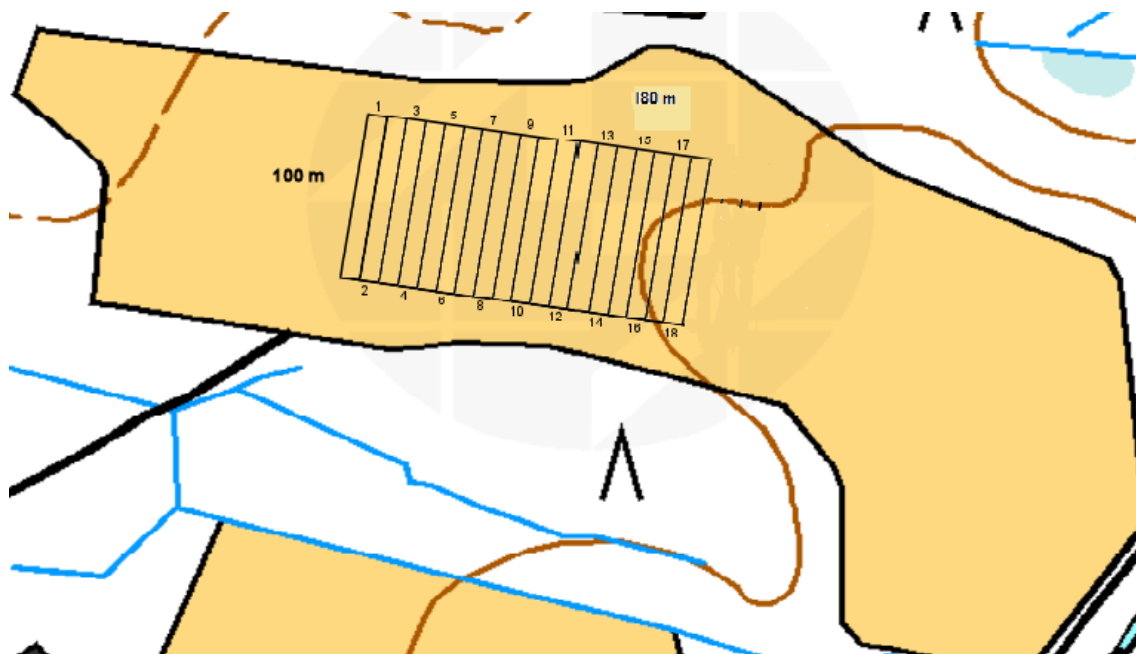
- Agrimarket. 2011.
http://www.agrimarket.fi/Koneet/Traktorit/6030_Premium_-sarja/?iSa=98.
 15.12.2011.
- Agrok Oy. 2011. Slootsmid veitsimultain.
[http://www1.autoalanverkkopalvelu.fi/mediakone/aineistot/1082/slootsmid_veitsimultaimen_ominaisuudet\(2\).pdf](http://www1.autoalanverkkopalvelu.fi/mediakone/aineistot/1082/slootsmid_veitsimultaimen_ominaisuudet(2).pdf). 4.12.2011.
- Alakukku, L. Mattila, P. Ruoho, O. & Turtola, E. Ympäristövaikutukset. Teoksessa Harmoinen, T. Lannan käsittely ja käyttö. Helsinki: Otava, 34–47.
- Am Agro Oy. 2011. Tunnetut laatutuotteet. Livakka lietalinja.
<http://www.amagro.fi/esite2011.pdf>. 4.12.2011.
- Artturi rehuanalyysi. 2011.
https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Artturi/Rehuanalyysi/Rehuanalyysin_tulkinta_marehtijat/Rehuarvot_3.12.2011. 4.12.2011.
- Belor Agro. Tilaus. 2011.
http://194.100.86.14/lmtilausseuranta/belor/uusitilaus_belor.php.
 14.12.2011.
- Bioteknologia info. 2011. Sanasto. <http://www.bioteknologia.info/lisatietoa/sanasto/>.
 17.12.2011.
- Heikkilä, T. Karppinen, A. Kemppainen, E. & Sivelä, S. 2004. Lietelannan vaikutus nurmen ja säilörehun laatuun sekä syöntiin.
http://www.agronet.fi/maataloustieteellinenseura.old/julkaisut/posterit04/k_r18.pdf. 15.12.2011.
- Heikkilä, T. Jaakkola, S. Jauhiainen, L. Nysand, M. Saarisalo, E. Suokangas, A. & Taimisto, A.–M. 2005. Lietelannan ja karhotuksen vaikutus säilörehun laatuun.
https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/nurmiyhdistys/Julkaisut/Rehuntuotantoteknologiankehitys/24_2_lietalanna_ja_karhotukset.pdf. 18.1.2012.
- Hukkalan maatilayritys. 2011.
http://files.kotisivukone.com/hukkala.julkaisee.fi/Linkkikuvat/lietteen_levitys.jpg. 4.12.2011.
- Jaakkola, S. 2010. Karkearehut. Teoksessa Lypsylehmän ruokinta. Hämeenlinna: Kariston kirjapaino Oy, 60–68.
- Joki-Tokola, E. 1998. Lietelannan levityksen ja – tavan sekä ilmastuksen vaikutus säilörehusadon määrään ja laatuun. <http://www.mtt.fi/asarja/pdf/asarja44.pdf>.
 4.12.2011.
- Joki-Tokola, E. 2002. Karjanlanta nautakarjatilojen viljelykierrossa. Teoksessa Suurenvien tilojen haasteet. MTT Jokioinen, 67–68.
- Kapuinen, P. 2005. Pohjois-Savon nurmiopas.
<https://portal.mtt.fi/pls/mttdocspub/docs/F328498331/POHJOIS-SAVON%20NURMIOPAS%202007.PDF>. 4.12.2011.
- K-maatalous. 2011. Livakka letkulevittimet.
<http://www.kmaatalous.fi/tuotteet/koneet/tyokoneet/lannankasittely/vaunujenvarusteet/Sivut/89bc5759.aspx>. 5.12.2011.
- Kuhan Kone Ay. 2011. Lannan levitys ja sekoitus.
http://www.kuhankone.fi/index.php?option=com_content&view=article&id=51&Itemid=14. 5.12.2011.
- Laakson metalli Oy. 2011. Steeno kiekkomultain.

- <http://www.laaksonmetalli.fi/fi/liete/steenomgs.htm>. 5.12.2011.
- Manni, K. 2010. Ruokinnan perusteet. Teoksessa Lypsylehmän ruokinta ja hoito. Opetushallitus. Vantaa: Juvenesprint Oy, 42–51.
- Manni, K. 2010. Ruokinnan suunnittelun perusteet. Teoksessa Lypsylehmän ruokinta ja hoito. Opetushallitus. Vantaa: Juvenesprint Oy, 80–87.
- Morken, J. 2005. Prediction of the ammonia losses from fields by using the data model FIELDVOL.
http://www.vaxteko.nu/html/sll/njf/utredn_rapporter/NUR05-02/NUR05-02C.PDF. 22.1.2012.
- Nousiainen, J. 2008. Klostridien sielunelämää.
<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Artturi/Artturikirjasto/TilaArtturi-hanke/TA%20pienryhm%E4tapaamiset%2011.-13.12.2007/Klostridien%20sielunel%E4m%E4%E4.pdf>. 17.12.2011.
- Palva, R. 2009. Lannan kuljetus ja levitys. Teoksessa Harmoinen, T. Lannan käsittely ja käyttö. Helsinki: Otava, 71–81.
- Rehuanalyysi. 2011. <http://www.farmit.net/kasvinviljely/kasvuohjelma/saeiloerehunkorjuu-ja-saeiloentae/hevoson-saeiloerehuruokinta/rehuanalyysi>
- Ryan, D. 2005. A Slurry Spreader to Meet Farming Needs and Environmental Concerns.
<http://www.teagasc.ie/research/reports/environment/4783/eopr-4783.asp>.
- Saarijärvi, K. 2005. Pohjois-Savon nurmiopas.
<https://portal.mtt.fi/pls/mttdocspub/docs/F328498331/POHJOIS-SAVON%20NURMIOPAS%202007.PDF>. 4.12.2011.
- Siitarinen, K. 2010. Säilörehun korjuuajan vaikutus sadon määrään ja laatuun. Opinnäytetyö. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu.
http://moodle.pkamk.fi/file.php/2978/Kari_Siitarisen_opinnaeytetyoe.pdf. 5.12.2011.
- Sokerijuurikkaan tutkimuskeskus. 2011.
<http://www.sjt.fi/viljely/lannoitus/typpi>. 16.12.2011.
- Suomalainen, M. 2007. Naudan lietalannan käsittelymenetelmien taloudellinen vertailu.
<http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/29758/Naudan%20lietalannan%20k%C3%83%C2%A4sittelymenetelmien%20taloudellinen%20vertailu.pdf>. 5.12.2011.
- Turtiainen, M. 2010. Lannan ravinteet talteen oikealla tekniikalla. Koneviesti 3/2010: 10–11.
- Vanhanen, L. 2008. Säilörehun korjuuajan ja lannoituksen vaikutus sadon laatuun ja määrään. Opinnäytetyö. Savonian ammattikorkeakoulu.
<https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/2831/Lasse%20Vanhanen.pdf?sequence=1>. 5.12.2011.
- Viljan hintanoteeraukset. 2012.
<http://www.agrimarket.fi/main.cfm?iA=252806>. 15.1.2012.

Tilastolliset merkitsevyydet (p-arvot) Tilastollisen merkitsevyyden raja oli 0,05

	Levitysmenetelmien tilastolliset vaikutukset (p-arvo)
Säilörehun satotaso	0,016
ME-arvo	0,009
OIV-arvo	0,11
PVT-arvo	0,96
Syönti-indeksi	0,019
ME-indeksi	0,008
Tuhkapitoisuus	0,69

Kenttäkoekartta



Levitysmenetelmät ja levitysmäärät koeruuditain

Ruudun nro	Levitysmenetelmä	Tavoitteellinen levitysmäärä, m ³ /ha	Toteutunut levitysmäärä, m ³ /ha
1	Hajalevitys	25	37
2	Veitsimultain	25	27
3	Veitsimultain, naudän liete	25	28
4	Kiekkomultain	25	26
5	Veitsimultain	25	27
6	Kiekkomultain	25	26
7	Veitsimultain	40	44
8	Nollaruutu	0	0
9	Veitsimultain	25	27
10	Veitsimultain	40	44
11	Nollaruutu	0	0
12	Veitsimultain, naudän liete	25	28
13	Nollaruutu	0	0
14	Veitsimultain	40	44
15	Kiekkomultain	25	26
16	Hajalevitys	25	37
17	Hajalevitys	25	37
18	Veitsimultain, naudän liete	25	28

Kustannuslaskelmat eri levitysmenetelmille

Työkoneiden kustannukset, (alv.0 %)

	Hajalevitys	Letkulevitys	Kiekkomultaus	Veitsimultaus
Vuotuinen käyttö, h	43	40	50	50
Hankintahinta, €	45 400	63 200	74 800	66 900
Jäännösarvo, €	15 500	20 000	32 000	27 000
Poisto aika, v	8	8	8	8
Kunnossapito, %	5	5	5	5
Laskentakorko, %	5	5	5	5
Muut vuosikustannukset	0	0	0	0
Muut tuntikustannukset	0	0	0	0
Työmenekki, min/m ³	0,67	0,55	0,87	0,87
Traktorikustannus, €/h	47,69	47,69	53,78	53,78
Kustannus, €/m³	2,49	2,88	4,2	3,88

Traktoreiden kustannukset, (alv.0 %)

	Traktori, 172 hv	Traktori, 188 hv
Vuotuinen käyttö, h	500	500
Hankintahinta, €	80 000	84 500
Jäännösarvo, €	45 000	45 000
Poisto aika, v	10	10
Laskentakorko, %	5	5
Konevaraston rakennuskustannus, €/m ²	137	137
Säilytysala, m ²	20	20
Säilytysalan poisto %, korko % ja kunnossapito %	8,1	8,1
Ajajan palkka, €/h	8,06	8,06
Palkan sos.kulut, %	54	54
Vahinkovakuutus, €/v	427	427
Liikennevakuutus, €/v	38	38
Bonus, %	0	0
Polttoaineen kulutus, l/h	15	20
Voiteluaineen kulutus, l/h	0,14	0,14
Polttoaineen hinta, €/l	0,85	0,85
Voiteluaineen hinta, €/l	1,54	1,54
Kunnossapito, %	3	3
Riski, %	5	5
Huoltolisä työaikaan, %	5	5
Tuntikustannus, €/h	47,69	53,78

