



**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
LUONNONVARA- JA YMPÄRISTÖALA

# LIETTEEN TEHOSTAJABAKTEERIN TOIMINTA SUOMEN OLOSUHTEISSA

Lietteen tehostajabakteerin SlurryBugs käyttäjäkysely ja käyttökoe

TE -  
KIJÄ:

Antti Pulkkinen

Koulutusala Luonnonvara- ja ympäristöala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Agrologin tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä Antti Pulkkinen			
Työn nimi Lietteen tehostajabakteerin toiminta Suomen olosuhteissa			
Päiväys	21.5.2019	Sivumäärä/Liitteet	52/2
Ohjaaja Kirsi Mäkinen			
Toimeksiantaja Sanna Antikainen ja Teija Rantala RavinneRenki-hanke			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Nauta hyödyntää huonosti käyttämänsä ravinnon. Tästä syystä niiden lanta sisältää paljon kasveille käyttökelpoisia ravinteita. Lanta on erittäin arvokas lannoite, jonka tehokkaalla käytöllä voidaan vähentää teollisten lannoitteiden käyttöä peltoviljelyssä, mutta sen huonolla käsittelyllä ravinteet voidaan hukata. Ravinteet voivat haihtua haitallisina yhdisteinä ilmakehään tai huuhtoutua vesistöihin, jonka seurauksena vesistöjen ravinnekuorma kasvaa ja riski rehevöitymiselle nousee. Suomessa ongelmana on lannan pitkä varastointiaika, minä aikana siitä haihtuu luonnollisen bakteeritoiminnan avulla esimerkiksi tyypeä ammoniakkina. Kotieläintuotanto on Suomen suurin ammoniakkipäästöjen lähde, joten keinoja ammoniakkin haihtumisen estämiseksi tarvitaan.</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia kaupallista lietteen tehostajabakteerin toimivuutta Suomen olosuhteissa. RavinneRenki -hanke on opinnäytetyön toimeksiantaja. SlurryBugs tuotteen maahantuoja Vihtarin kone Oy tarjosi tuotteen käyttöön koetta varten. Lietteen tehostajabakteerien luvataan vähentävän ammoniakkin haitumista lietteen varastoinnin aikana. Bakteerit käyttävät ammoniakkia kasvuunsa, jolloin se sitoutuu orgaaniseen massaan. Bakteerien luvataan vähentävän lietteen sekoitustarvetta vähentäen lietteen luontaista kuorettumista käyttämällä lietteen orgaanista ainetta ravinnokseen.</p> <p>Opinnäytetyö koostuu kahdesta tutkimuksesta. Ensimmäinen tutkimus oli alkukartoituksena toimiva kyselytutkimus tuotteen käyttäjiltä. Kyselytutkimuksella pyrittiin selvittämään tuotteen toimivuutta suoraan käyttäjiltä. Kyselytutkimus toteutettiin keväällä 2018. Kyselytutkimuksen jälkeen suunniteltiin käytännön kokeen koejärjestelyt, missä tutkittiin SlurryBugs nimisen tehostajabakteerin toimintaa Suomen olosuhteissa lypsypöydän lietteessä. Kokeessa oli kolme koejäsentä, raakaliete, Slurrybugs käsitelty liete, sekä Slurrybugs käsitelty liete, johon lisättiin antibioottia. Käytännön koe toteutettiin kymmenen viikon aikana 24. toukokuuta - 2. elokuuta 2018 välisenä aikana. Koejäseniin lisättiin viikon välein lisää lietettä kuuden viikon ajan. Koejäsenistä otettiin neljänä eri ajankohdalla näytteitä.</p> <p>Tulosten perusteella havaittiin, ettei tehostajabakteerit tai antibiootti vaikuttaneet merkittävästi lietteen ravinnesäilytykseen. Lietteen kuiva-ainepitoisuus laski kaikissa koejäsenissä kokeen aikana, mutta sekä SlurryBugs, että antibiootti käsitellyissä näytteissä raakalietettä enemmän. Kokonaistyyppipitoisuus oli kokeen lopussa SlurryBugs ja antibiootikkäsitellyissä näytteissä noin 0,3kg/m<sup>3</sup> alhaisempi raakalietteeseen verrattuna. Liukoisen tyyppien osuus laski kaikissa koejäsenissä samassa suhteessa.</p>			
Avainsanat Karjanlanta, liete, lietteen lisäaineet, tehostajabakteerit			

Field of Study Natural Resources and the Environment			
Degree Programme Degree Programme in Agriculture and rural Industries			
Author Antti Pulkkinen			
Title of Thesis Slurry additive SlurryBugs funktion in Finnish conditions			
Date	21.5.2019	Pages/Appendices	52/2
Supervisor Kirsi Mäkineniemi			
Client Organisation /Partners Sanna Antikainen ja Teija Rantala RavinneRenki-Project			
<p><b>Abstract</b></p> <p>Cattle exploits poorly its feed. For this reason, their manure contains a lot of nutrients useful for plants. Manure is a very valuable fertilizer witch efficient use can reduce the use of industrial fertilizers, but with poor handling nutrients can be wasted. Nutrients can evaporate as harmful compounds into the atmosphere or flush into waterways, resulting in an increase in nutrient loads in watercourses and an increased risk of eutrophication. The problem in Finland is the long storage time of manure, during which, for example, nitrogen is released as ammonia by natural bacterial activity. Livestock production is Finland's largest source of ammonia emissions, so means to prevent ammonia damage are needed.</p> <p>The purpose of the thesis was to investigate commercial slurry additive in Finnish conditions. The RavinneRenki project is the sponsor of the thesis. SlurryBugs importer Vihtarin kone Oy offered the product for testing. SlurryBugs is promised to reduce evaporation of ammonia during sludge storage. Bacteria use ammonia for their growth, so it binds to the organic mass. The bacteria are promised to reduce the need for slurry mixing, reducing the natural crust of the slurry by using the organic matter of the slurry as feed.</p> <p>The thesis consists of two studies. The first survey was a baseline survey of product users. The survey was designed to determine the functionality of the product directly from users. The survey was carried out in the spring of 2018. After the survey, practical experimental arrangements were planned, where the activity of the SlurryBugs was studied in Finnish conditions in a slurry of dairy herds. The trial consisted of three test members, raw slurry, slurrybugs treated slurry, and a slurrybugs treated slurry supplemented with an antibiotic. A practical test was conducted during the ten weeks between 24 May and 2 August 2018. More weekly slurry was added to the test members for six weeks. The test members were sampled at four different times.</p> <p>Based on the results, it was found that slurry additive or antibiotic did not significantly affect the nutrient content of the slurry. The dry matter content of the slurry decreased in all test members during the experiment, but both SlurryBugs and the antibiotic in treated samples increased the crude content. At the end of the experiment, the total nitrogen content in kg/m<sup>3</sup> was lower in SlurryBugs and in antibiotic-treated samples compared to the crude slurry. The proportion of soluble nitrogen fell in all test members in the same proportion.</p>			
<p><b>Keywords</b> livestock manure, slurry, slurry additive, bacteria</p>			

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	6
2	KARJANLANTA.....	7
2.1	Lannan ominaisuudet ja ravinteet.....	7
2.1.1	Lannan ravinnepitoisuudet .....	8
2.1.2	Lannan tyyppi.....	9
2.1.3	Lannan fosfori.....	12
2.1.4	Lietelannan viskositeetti ja kuiva-aine .....	12
2.1.5	Lannan pH ja puskurointikyky.....	13
2.2	Lannan varastoinnin ja käytön vaikutukset lannan ravinteisiin .....	13
2.3	Lannan ravinnehävikkien minimointi .....	15
3	LANTAAN LISÄTTÄVÄT AINEET JA LANNAN MIKROBIOLOGIA .....	17
3.1	Biologiset lisäaineet.....	18
3.2	Mikrobiologia .....	18
3.3	Antibiootit .....	20
3.4	SlurryBugs Cold Climate tehostajabakteerit .....	21
4	KYSELYTUTKIMUS SLURRYBUGS KÄYTTÄJILLE .....	22
4.1	Kyselytutkimuksen menetelmät ja toteutus .....	22
4.2	Kyselytutkimuksen tulokset.....	23
4.2.1	Käyttökokemukset.....	23
4.2.2	Ravinnepitoisuudet.....	24
4.2.3	Lannan muut ominaisuudet.....	25
4.3	Kyselytutkimuksen johtopäätökset.....	27
5	SLURRYBUGS 10 VIIKON KÄYTTÖKOE.....	28
5.1	Lietteen käsittelykokeen toteutus .....	28
5.1.1	Koepaikka ja järjestelyt.....	28
5.1.2	Slurrybugs käsittelyt kokeessa .....	31

5.1.3	Laboratorioanalyysit lietenäytteistä ja laskennalliset analyysit.....	31
5.1.4	Tilastollinen käsittely .....	32
6	KÄYTTÖKOKEEN TULOKSET .....	34
6.1	Kokonaistyyppi.....	34
6.2	Liukoinen tyyppi .....	35
6.3	Fosfori .....	37
6.4	Kuiva-aine.....	37
6.5	Viskositeetti.....	38
6.6	pH.....	39
6.7	Lämpötila.....	40
7	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	41
8	POHDINTA .....	43
9	LÄHTEET .....	44
10	LIITEET .....	48

## 1 JOHDANTO

Suomessa syntyy karjanlantaa merkittäviä määriä vuosittain. Lantaa joudutaan varastoimaan pitkiä aikoja olosuhteiden takia, minä aikana siitä haihtuu suuria määriä erilaisia yhdisteitä kuten ammoniakkaa. Euroopan unionin vuoden 2001 päästökattodirektiivi (2001/81/EY) on asettanut päästöraajat typen- ja rikinoksideille, haihtuville orgaanisille yhdisteille ja ammoniakille. Suomi on onnistunut saavuttamaan tavoitteet muiden päästöjen paitsi ammoniakkin osalta (Suomen ympäristökeskus 2015). Ammoniakkipäästöjen vähentämiseen maatalouden osalta on paineita, sillä tilastokeskuksen (2015) mukaan 90% Suomen ammoniakkipäästöistä syntyy maataloudesta. Ammoniakkipäästöt ovat pysyneet melko tasaisina vuodesta 1990 lähtien, Suomen maatalouden rakennemuutoksesta ja direktiiveistä huolimatta (Grönroos, 2014). Ammoniakin haihtuminen on lannassa luontaista, eikä sen pysäyttämiseksi ole vielä keksitty tarpeeksi edullista ja tehokasta tapaa.

Ammoniakin haihdunnan vähentämiseksi markkinoilla on monia kaupallisia tuotteita, joiden luvataan vähentävän typen haihduntaa eri mekanismien avulla, kuten lietteen tehostajabakteeri SlurryBugs Cold Climate. Tehostajabakteerin valmistaja on Englantilainen Envirosystems UK Ltd. Tuotteen luvataan vähentävän lietteen ravinteiden haihtumista sitomalla bakteerien avulla ammoniakkityyppiä orgaaniseen muotoon, jolloin ravinteiden haihtuminen vähenee. Maahantuoja lupaa myös kuorettumisen ja hajuhaittojen vähentävän, sekä lietteen sekoitustarpeen pienenevän käytön myötä. (Envirosystems, 2018.)

Kirjallisuuskatsauksessa perehdytään lietteen fysiologisiin ja biologisiin ominaisuuksiin, kuten viskositeettiin ja mikrobiologiaan. Kirjallisuuskatsauksessa selvitetään mikä voisi häiritä bakteerien toimintaa lannassa varastointivaiheessa. Käytännön kokeessa voidaan testata näitä hypoteeseja. Esimerkiksi voiko antibioottimaitojen johtaminen lietteen sekaan vaikuttaa bakteerien toimintaan? Lisäksi jos käytännön kokeessa saadaan eroa lietteen ravinnesisältöön, voidaan siitä laskea ravinnelisan hinta ja verrata esimerkiksi SlurryBugsin käyttökustannuksia teollisiin lannoitteisiin. Jos lisäaineella on merkittävää tehoa Suomen olosuhteissa, voi sillä olla merkittävä rooli ravinneomavaraisuuden parantamisessa etenkin luomuviljelyssä, sekä maatalouden kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä.

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia lietteen tehostajabakteerin toimintaa Suomen olosuhteissa ja testata sen käyttöä käytännön kokeella. Tuotetta testataan käytännön kokeella, missä pyritään simuloimaan tilan olosuhteita pienemmässä mittakaavassa. Ennen varsinaista tutkimusta tehdään kyselytutkimus tuotteen nykyisiltä käyttäjiltä. Kysely toimii alkukartoituksena tutkimukseen, sillä Suomen olosuhteissa tuotetta ei ole tutkittu, mutta ulkomailla liete- ja peltokokeita on tehty. Kyselyn tarkoituksena on selvittää käyttökokemuksia tuotteen käyttäjiltä. Tutkimuksen tuloksia käytetään hyväksi opinnäytetyön aiheen rajauksessa, ja opinnäytetyön tutkimuskysymysten tarkentamisessa.

## 2 KARJANLANTA

Kotieläintuotannossa syntyy noin 20 miljoonaa tonnia lantaa vuosittain, eli noin kymmenen tonnia viljeltyä peltohehtaaria kohden (Riikko 2014). Karjanlanta on erittäin arvokas lannoite, jonka tehokkaalla käytöllä voidaan vähentää teollisten lannoitteiden käyttöä peltoviljelyssä, sekä lannoitteena karjanlannalla on monia hyötyjä verrattuna epäorgaanisiin lannoitteisiin. Karjanlanta parantaa maaperän biologisia, kemiallisia ja fysikaalisia ominaisuuksia, sekä vilkastuttaa maan mikrobitoimintaa. Tämän seurauksena maan orgaanisen aineen määrä kasvaa, jonka seurauksena maan kasvukyky paranee. (Abbruzzese, 2016.)

Eläimet erittävät sulamattoman ja imeytymättömän ravintonsa ulosteen mukana. Imeytyneet mutta hyödyntämättömät tai ylimääräiset ravinteet, kuten typen, fosforin ja kaliumin eläimet erittävät munuaisten kautta virtsaansa. (Palva, Alasuutari ja Harmoinen 2009, 5.) Tuotantoeläinten sonta sisältää solumateriaalia eläimen ruoansulatuselimistöstä, mikrobeja, sulamattomia rehuperäisiä ravinteita ja muuta orgaanista massaa. (Abbruzzese, 2016.)

Lannan ravinteisiin ja orgaaniseen massaan vaikuttavat suuresti teknologia, miten lanta kerätään, varastoidaan ja levitetään maaperään. Karjanlanta voidaan varastoida yhdessä karjan tuottaman virtsan kanssa, jolloin sitä kutsutaan lietelannaksi. Jos virtsa imeytetään kuivikkeeseen luontaisesti, sitä kutsutaan kuivalannaksi. Separoinnissa lannasta erotetaan erilleen neste, jolloin syntyy kahdenlaista jaetta, kuivajaetta ja nestejaetta. (Maaseutuvirasto, 2016a.) Lannan levityksessä ravinnehävikkiin voidaan vaikuttaa esimerkiksi sijoittamalla liete multaimella suoraan maahan. Tämä vähentää typen haihduntaa levitysvaiheessa merkittävästi verrattuna pintalevitykseen. Varastointivaiheessa lisätyt lietteen lisäaineet voivat taas vähentää ravinteiden haihtumista varastointivaiheessa. (Abbruzzese, 2016.)

### 2.1 Lannan ominaisuudet ja ravinteet

Sonnan ja kuivikkeen muodostamaa yhdistettä kutsutaan lannaksi. Karjanlannan kuiva-aine muodostuu orgaanisista aineista, kuten hiilihydraateista ja muista hiiliyhdisteistä, sekä epäorgaanisista aineista, kuten kivennäisistä ja hivenaineista. Karjanlannan orgaaninen kuiva-aine koostuu pääasiassa hiilestä (C), vedystä (H), hapestä (O), typestä (N) ja rikistä (S). Karjanlannan sisältämä orgaaninen kuiva-aine voi koostua lyhytketjuisista helposti haihtuvista rasvahapoista, pitkäketjuisista rasvahapoista, orgaanisista rasvoista, valkuaisainesta, hiilihydraateista ja ligniinistä. Suurin osa kuiva-aineesta on hiilihydraatteja ja vähiten haihtuvia rasvahappoja. (Jensen, Sommer 2013.) Lanta sisältää ravinteita epäorgaanisessa ja orgaanisessa muodossa. Kasvit pystyvät käyttämään hyväkseen ravinteita vähäisissä määrin orgaanisessa muodossa ja pääosin epäorgaanisessa muodossa. Orgaaniset ravinteet ovat sitoutuneet lannan orgaaniseen aineeseen ja vapautuvat mikrobitoiminnan kautta epäorgaaniseen muotoon. (Palva ym. 2009, 12.)

Taulukko 1. Suomalaisen lantojen keskimääräiset ominaisuudet (Luostarinen ym. 2011)

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

### 2.1.1 Lannan ravinnepitoisuudet

Kuten oheisesta taulukko 2. nähdään, eri eläinten lannoissa ja varastointitavoilla on suuria eroja keskenään. Eniten lannan ravinnepitoisuuteen voidaan vaikuttaa ruokinnalla (Palva ym. 2009, 5). Taulukkoarvot perustuvat kemiallisiin lanta-analyysiin, jotka on kerätty suomalaisilta tiloilta vuosina 2001-2012. Yksittäisen tilan lannan pitoisuusarvot voivat vaihdella suuresti eri tilojen välillä, sillä lannan ravinnepitoisuuksiin vaikuttavat ruokinnan lisäksi ruokinnan rehutiedot, tuotostaso, päiväkasvu, virtsan ja sonnan erityys, lannankäsittely karjasuojassa, kuivitus, lannan sekaan pääsevä vesi ja varastointi. (Luostarinen, Hellstedt, Nousiainen, Grönroos ja Munther, 2016.)

Eurofinsin (2019) ohjeiden mukaan lantanäyte tulisi kerätä edustavasti sekoitetusta liettestä juuri ennen lietteen levitystä. Osanäytteitä tulisi kerätä useasta kohtaa lietesäiliötä ja jokaisesta kuormasta. Tämän jälkeen osanäytteet tulisi sekoittaa huolellisesti keskenään, josta otetaan varsinainen näyte. Näytteenotto-tarkkuus ja ajankohta vaikuttavat suuresti näytteen ravinnepitoisuuksiin, ja taulukot pohjautuvat keskiarvoihin. Taulukosta voi saada suuntaa-antavaa tietoa lietteen ravinnepitoisuuksista.



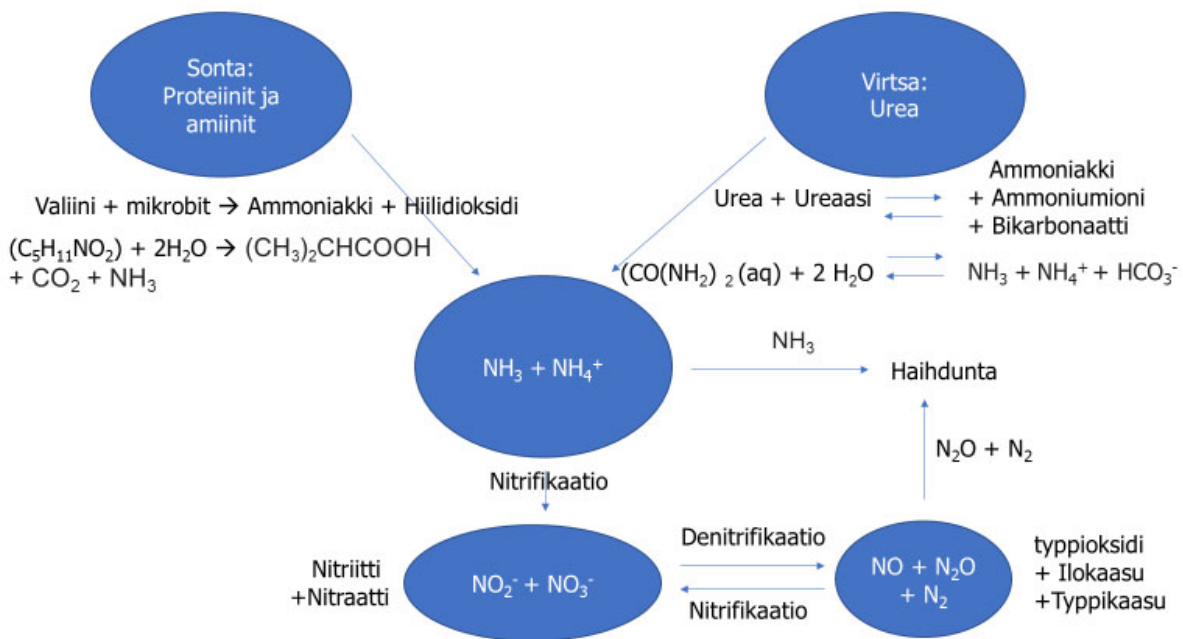
Taulukko 2. Lannan taulukkoarvot (Maaseutuvirasto 2016b)

Lantalaji	Kok. P kg/m <sup>3</sup>	Liuk. N kg/m <sup>3</sup>	Kok. N kg/m <sup>3</sup>
Naudan kuivikelanta	1	1,1	4
Naudan lietelanta	0,5	1,7	2,9
Naudan virtsa	0,1	1,5	2,5
Sian kuivikelanta	2,8	1,2	4,6
Sian lietelanta	0,8	2,2	3,4
Sian virtsa	0,2	1,3	2
Lampaan ja vuohen kuivikelanta	1,3	1	4,9
Hevosen kuivikelanta	0,5	0,4	2,6
Kanan kuivikelanta	5,6	4,2	9,4
Broilerin kuivikelanta	3,6	2,7	8,7
Kalkkunan kuivikelanta	4,4	3,2	8
Ketun kuivikelanta	12,7	1,4	6,5
Minkin kuivikelanta	12,1	0,9	5,2

Naudat ovat melko tehottomia typen hyväksikäyttäjiä. Maidontuotannossa rehujen valkuaisen sisältämästä tyypeistä hyväksikäytetään noin 25-35%, ja loput erittyvät virtsan ja lannan mukana. Lannan kokonaistyypeistä noin 25% on liukoista ammoniumtyyppiä (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), ja loput orgaanista tyyppiä. Noin puolet tyypeistä erittyy virtsaan, ja noin puolet lannan mukana. Virtsan tyypeistä noin 60-80% on ureaa. (Hellsted ym. 2017.)

### 2.1.2 Lannan typpi

Orgaaninen typpi on sitoutuneena lannan eloperäisen aineen nukleiini- ja aminohappoihin, joiden hajotessa syntyy erilaisia kemiallisia typpiyhdisteitä, kuten ammoniakkaa (NH<sub>3</sub>). Virtsassa erittynyt urea (CH<sub>4</sub>N<sub>2</sub>O) hajoaa sonnan sisältävien mikrobien välityksellä ammoniakiksi ureaasi entsyymin avulla. Lämpötila vaikuttaa merkittävästi ureaasin aktiivisuuteen. Lämpötilan ollessa 5-10 astetta ureaasin aktiivisuus on matala, mutta kasvaa eksponentiaalisesti tämän jälkeen. (Hellsted ym. 2017.) Ureaasia tuottaa lähinnä aerobiset bakteerit, ja vähäisessä määrin anaerobiset bakteerit. (Jensen, Sommer 2013) Lannan ja virtsan sisältämän typen hajoamisesta ja haihtumisesta on havainnoiva KUVIO 1.



KUVIO 1. typen kierto lannassa (Pulkkinen 2019)

Liukoiseksi typeksi kutsutaan typen epäorgaanisia ioneita, jotka liukenevat hyvin veteen, kuten ammonium-, ja nitraattityppi ( $NO_3^-$ ). Nämä toimivat kationina ja anionina suoloissa kuten ammoniumnitraatti ( $NH_4NO_3$ ). Ammoniumioni toimii kationina ja nitraatti-ioni anionina. Suolat liukenevat helposti vesiliuoksiin, minkä takia niitä kutsutaan liukoiksi yhdisteiksi. (Peda 2014.) Naudan lietelannan sisältämästä typestä noin 60% on liukoisessa ammoniummuodossa, ja loput sitoutuneena orgaaniseen aineeseen (Luostarinen ym. 2011). Liukoinen typpi voi sitoutua orgaaniseen muotoon maan tai lannan mikrobien välityksellä, jos tyyppiä on hiileen nähden niukasti (Palva ym. 2009, 14).

Kun hiili/typpi suhde on korkea, mikrobit käyttävät ympäristönsä liukoista tyyppiä kasvuunsa, jolloin typpi sitoutuu orgaaniseen muotoon. Lannassa tällainen tilanne syntyy lähinnä kestokuivitusolosuhteissa, missä käytetään olkea. C/N-suhteen ollessa alhainen, mikrobeilla on tyyppiä liikaa tarpeeseen nähden, jolloin mikrobit muuttavat osan orgaanisesta typestä takaisin epäorgaaniseen muotoon. Nautojen puhtaan sonnan C/N-suhde on noin 20, virtsan 2-5 ja lietteen noin 10. Naudan lannan orgaaniset aineet ovat yleensä huonosti hajoavassa muodossa, mikä vähentää typen sitoutumista. (Jensen, Sommer 2013.)

Suuri osa sonnan sisältämästä typestä on valkuaisaineiden ja amiinien muodossa. Amiinit ovat urean kaltaisia orgaanisia yhdisteitä, missä vetyatomin sijasta tyypeen on sitoutunut orgaaninen ryhmä. Sonnan tyyppiyhdisteet hajoavat helposti lannan sisältämän mikrobitoiminnan avulla ammoniakiksi, kuten esimerkiksi

valiinin hajoaminen ammoniakiksi ( $C_5H_{11}NO_2$ ) +  $2H_2O \rightarrow (CH_3)_2CHCOOH + CO_2 + NH_3$ . Valkuaisaineiden ja amiinien hajoaminen on riippuvainen lämpötilasta ja sonnan orgaanisen massan laadusta. Tanskan ympäristöministeriön rahoittaman tutkimuksen mukaan 10 päivän varastointijakson aikana orgaanisen typen hajoamisnopeus oli 20 celsiusasteessa noin 12 g/kg/pv ja 10 celsiusasteessa 18,4g/kg/pv. 150 päivän koejakson aikana orgaanista typpeä muuttui epäorgaaniseen muotoon keskimäärin 5,0g/kg/pv 20 celsiusasteessa. (Jensen, Sommer 2013.)

Valkuaisaineiden hajoamistuotteet kuten ammoniakki ja nitriitti ( $NO_2^-$ ) ovat toksisia, eli myrkyllisiä aineita pieninäkin pitoisuuksina. Ammoniakki muuttuu nitraatiksi nitrifikaation kautta, joka on kaksivaiheinen hapettumisprosessi. Prosessiin osallistuu molemmissa vaiheissa eri bakteerit. (Kivisalmi 2003.) Autotroofiset bakteerit hyödyntävät ammoniakkia energiakseen kemosynteesin avulla, jolloin syntyy nitriittiä. Nitriittiä hyödyntää eri bakteerit kemosynteesin avulla nitraatiksi. Molemmat vaiheet tarvitsevat happea, ja ovat herkkiä pH:n muutoksille. Nitrifikaatiota ei tapahdu pH:n ollessa alle neljä, mutta nitrifikaatio kasvaa lineaarisesti pH:n noustessa neljästä kuuteen. Lannan pH puskuroituu luonnostaan 7-8,4 alueelle, joten nitrifikaation voi ehkäistä vain keinotekoisella hapattamisella tai alkalisoinnilla. Nitrifikaation hapentarve rajoittaa sitä varastointiaikana, jolloin sitä tapahtuu vain lietteen nesteen ja kaasun rajapintaan, jolloin nitrifikaatio käynnistyy kunnolla vasta levityksen jälkeen. (Jensen, Sommer 2013.) Nitrifikaatioon osallistuvat bakteerit ovat tästä syystä tärkeitä typen kierrossa hyödyntäessään toksisia typpiyhdisteitä (Kivisalmi 2003).

Denitrifikaatiossa bakteerit käyttävät nitriittiä ja nitraatteja entsyymien välityksellä energianlähteekseen. Nitraatti muuttuu nitriitiksi, ja nitriitti dityppioksidiksi eli ilokaasuksi ( $N_2O$ ) ja ilokaasu typpikaasuksi ( $N_2$ ). Nämä bakteerit ovat heterofyysisiä, eli ne eivät kykene tuottamaan energiaansa, vaan ravinto on hankittava muulla tavalla. Tämän takia bakteerit tarvitsevat hajoavia orgaanisia hiilyyhdisteitä denitrifikaatioon. Aerobista nitrifikaatiota ja anaerobista denitrifikaatiota tapahtuu rinnakkain ja on havaittu, että ne stimuloivat toinen toisiaan. (Jensen, Sommer 2013.)

Kasvit hyödyntävät pääosin epäorgaanisia ravinteita. Esimerkiksi ammonium- ( $NH_4^+$ ) ja nitraattityppi ( $NO_3^-$ ) ovat epäorgaanisia kasveille käyttökelpoisia liukoisia typpimuotoja (Palva ym. 2009, 14). Ympäristölle vaarallisimpia typpiyhdisteitä ovat ammoniakki ( $NH_3$ ) ja kasvihuonekaasuksi luokiteltu dityppioksidi, eli ilokaasu ( $N_2O$ ). Kasvihuonekaasuilla tarkoitetaan kaasuja, jotka ilmakehässä päästävät auringon säteilyn maan pinnalle, mutta absorboivat maasta heijastuvaa lämpösäteilyä itseensä ja näin vaikuttavat ympäristön lämmittämiseen (Ripatti 2005.)

### 2.1.3 Lannan fosfori

Kotieläintuotanto tuottaa vuosittain noin 16 miljoonaa kiloa fosforia Suomessa, mistä 9,1 miljoonaa kiloa on naudon lannan fosforin osuus. Naudon lannan sisältämä fosfori on suurimmaksi osaksi fosfaattina ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) joka on epäorgaaninen ja liukoinen fosforin muoto. Lannan fosforin liukoisuus vaihtelee merkittävästi kotieläinten välillä johtuen erilaisesta ruokinnasta. Naudon lannan fosforista noin 80% on liukoista, kun turkiseläimillä se on vain noin 30%. Naudat pystyvät hyödyntämään kasviperäistä fosforia muita kotieläimiä paremmin pötsin mikrobien avulla. Kasviperäinen fosfori sitoutuu suurimmaksi osaksi fytiinihappoon. Fytaasientsyymi irrottaa fosforin liukoiseen muotoon, jota eläin kykenee hyödyntämään. (Luostarinen ym. 2011.)

### 2.1.4 Lietelannan viskositeetti ja kuiva-aine

Lietteen tiheyden ja viskositeettiin vaikuttaa suuresti lietteen kuiva-aine. Viskositeetilla tarkoitetaan nesteiden tai kaasujen ominaisuutta vastustaa virtausta tai liikettä, jolloin liike-energia muuttuu pääasiassa lämmöksi. Mitä suurempi viskositeetti, sitä enemmän aine vastustaa liikettä. Lietteessä tämä ominaisuus ilmenee esimerkiksi sekoittaessa. Mitä suurempi viskositeetti, sitä enemmän energiaa kuluu lietteen liikuttamiseen ja sekoittamiseen, tai sitä heikommin liete liikkuu esimerkiksi lantakuilussa. (Christensen, Sommer 2013.)

Eläinsuojissa lietteen viskositeettiin vaikuttaa suuresti lämpötila, kuiva-aineen partikkelikoko ja kuiva-ainepitoisuus. Kotimaisten keskiarvojen mukaan naudon lietteen kuiva-ainepitoisuus on noin 6,3 prosenttia (Luostarinen ym. 2011). Lietteen kuiva-ainepitoisuuden ollessa yli viisi prosenttia, on lietteen havaittu olevan pseudoplastinen eli leikkausoheneva ei newtonilainen fluidi. Tämä tarkoittaa sitä, että sen viskositeetille ei voida määrittää viskositeettikerrointa. Tällöin lietteen viskositeetti muuttuu leikkausjännityksen muuttuessa esimerkiksi sekoittaessa. Leikkausjännityksen kasvaessa lietteen viskositeetti laskee. Tämä tarkoittaa sitä, että lietteen liikkeelle saanti vaatii enemmän energiaa, kuin liikkeen ylläpito. Lietteen kuiva-aineprosentin ollessa alle viisi prosenttia liete käyttäytyy Newtonin fluidin tapaan. Tällöin liete käyttäytyy veden lailla, eli sen viskositeetti pysyy vakiona leikkausjännityksen muuttuessa. (Christensen, Sommer 2013.) Koiviston ja Kemppaisen (1987) tekemän tutkimuksen mukaan lietteen kuiva-ainepitoisuus, ja kuiva-aineen partikkelikoko vaikuttaa merkittävästi lietteen viskositeettiin. Tutkimuksessa havaittiin, että sian lietteen kompostoiminen alensi viskositeettia, vaikka kuiva-ainepitoisuus olisi ollut sama käsittelemättömään lietteeseen verrattuna.

### 2.1.5 Lannan pH ja puskurointikyky

Liete on normaalisti happamuudeltaan neutraalia tai lievästi emäksistä (7-7,5). Happamuuden mittana käytetään pH-asteikkoa, mikä mittaa liuoksien oksoniumionien ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) konsentraatiota, eli pitoisuutta, ja ilmoittaa sen kymmenkantaisen logaritmin vastaluvun. Tämä tarkoittaa sitä, että pH-asteikon kasvaessa yhdellä, oksoniumionien pitoisuus laskee kymmenysosaan. Happamuus vaikuttaa merkittävästi lietteen epäorgaaniseen kemiaan, sekä mikrobien toimintaan. Suurin osa bakteereista ovat sopeutuneet parhaiten happamuudelta neutraaliin ympäristöön (pH noin 7). Oksoniumionien aktiivisuuteen vaikuttaa liuoksen ionivahvuus, eli liuokseen liuenneiden ionien kokonaisvahvuus. Mitä suurempi ionivahvuus liuoksessa esimerkiksi lietteessä on, niin sitä heikommin oksoniumionit vaikuttavat happamuuteen. Lietteessä pH-mittaus voi näyttää jopa 20% matalampia eli happamampia tuloksia todelliseen protoniaktiivisuuteen nähden. Tästä syystä sähköiset pH-mittarit voivat antaa vääriä tuloksia, jos lietteen ionivahvuus on suuri. (Christensen, Sommer 2013.)

Lietteessä on paljon erilaisia komponentteja, jotka lisäävät lietteen puskurikapasiteettia. Puskurikapasiteetti tarkoittaa sitä, miten paljon liuokseen voidaan lisätä happoa tai emästä, ilman että sen pH muuttuu. Lietteessä tärkeimmät puskuroivat aineet ovat epäorgaanisia hiiliyhdisteitä (hiilidioksidi ( $\text{CO}_2$ ), bikarbonaatti ( $\text{HCO}_3^-$ ), ja hiilihappo ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), ammoniakki, ja sen liittohappo ammoniumioni, ja haihtuvat rasvahapot. Puskurikapasiteettiin vaikuttaa suuresti mikrobitoiminta, sekä happojen ja emäksisten haihtuminen. Virtsa sisältää paljon ureaa, joka hajoaa nopeasti ammoniakiksi ja epäorgaaniseksi hiiliyhdisteiksi ureaasin välityksellä. Nämä ionit ovat emäksisiä, minkä syystä tuoreen virtsan pH nousee noin 8,5:een, kun lietteen pH on keskimäärin 7,5. Tämä johtuu siitä, että sonta sisältää haihtuvia rasvahappoja, jotka alentavat lietteen pH:ta.

Haihtuvat rasvahapot muodostuvat orgaanisen aineen hajoamisprosessissa anaerobisissa olosuhteissa mikrobitoiminnan kautta. Aerobisissa olosuhteissa orgaaninen aines hajoaisi täydellisesti hiilidioksidiksi, mutta hapettomassa ympäristössä orgaanisesta aineesta muuttuu hiilidioksidiksi vain noin 40%. Ajan mittaa lietteessä olevat hiiliyhdisteet käytetään hyödyksi mikrobitoiminnassa, jolloin lietteen pH nousee happojen hajoatessa hiilidioksidiksi. Hiilidioksidi on ammoniakkia herkempi haihtumaan lietteestä. (Christensen, Sommer 2013.)

## 2.2 Lannan varastoinnin ja käytön vaikutukset lannan ravinteisiin

Suomessa lannoitteiden ja karjanlannan levitys on kiellettyä 31.10.–1.4. välisenä aikana. Poikkeuksellisten sääolosuhteiden takia karjanlantaa voidaan levittää marraskuun loppuun asti, mikäli maa ei ole lumipeitteinen tai jäässä. (Maaseutuvirasto, 2016b) Pitkä varastointiaika lisää etenkin ammoniakkin haihtumista, ja

siten vähentää lannan lannoituksellista arvoa, sekä lisää kasvihuonepäästöjä varastoinnin aikana. (Abbruzzese, 2016) Hellsted ym. (2017) tutkimuksessa todetaan, että Suomessa avonaisista lietesäiliöistä haihtuu ammoniumtyyppiä vuodenaajan mukaan 0,015 %–0,090 % päivää kohti.

Ammoniakin haihtumiseen vaikuttaa merkittävästi lämpötila. Tästä syystä talviaikaan lietteestä haihtuu vähiten, ammoniakkia. Keskimäärin Suomessa varastoidaan lantaa noin kuusi kuukautta, jonka aikana ammoniumtyyppiä haihtuu arvioiden mukaan noin 10%. Hellsted ym. (2017.) Ulkomaalaisissa tutkimuksissa on havaittu, että lannan sisältämän hiilen ja typen haihtuminen on melko tasaista varastoinnin aikana. Lannan kuiva-aineen haihtuminen johtuu mikrobitoiminnasta mikrobien käyttäessä hiiliyhdisteitä ravinnokseen, jolloin lopputuotteena syntyy hiilidioksidia (CO<sub>2</sub>) aerobisessa ympäristössä ja metaania (CH<sub>4</sub>) hapettomassa ympäristössä. (Jensen, Sommer 2013.)

Lannan ominaisuuksiin voi vaikuttaa lantavarastoihin johdetut monet eri aineet, kuten pesuvedet, antibioottimaidot, erottelumaidot ja orgaaniset sivujakeet, kuten rehujen puristenesteet. Pesuvesien mukana kulkeutuu pesuaineita, jotka voivat vaikuttaa etenkin lannan happamuuteen. Antibioottimaitojen mukana voi kulkeutua antibiootteja lantaan, mikä voi heikentää bakteereiden toimintaa. Sairaana eläimen erottelumaidon ja lannan mukana voi kulkeutua eri mikrobeja kilpailemaan lannan mikrobien kanssa elintilasta. (Abbruzzese 2016.)

Rehujen puristenestettä voi märkänä kesänä syntyä paljon. Puristeneste on hapanta (pH noin 4) ja sisältää erilaisia ravintoaineita, kuten tyyppiä, fosforia, kaliumia magnesiumia ja kalsiumia eri muodoissa. (Kempainen 1987) Rehun puristeneste voi vaikuttaa lietteen fysikaalisiin ja kemiallisiin ominaisuuksiin ja näin mahdollisesti vaikuttaa myös lannan bakteerien toimintaan.

Kun lanta levitetään maahan, sen hajotusprosessi alkaa. Tällöin maaperässä menestyy pääasiassa samat mikrobit kuin ravintorikkaissa maissa, nämä ovat pääasiassa gram-negatiivisia bakteereita (r-strategia). Nämä bakteerit käyttävät nopeasti helposti käytettävissä olevan energian loppuun. Kun hajotusprosessi on lopussa, eli kun helppokäyttöiset energialähteet on kulutettu loppuun, valtaan pääsee pääasiassa gram-positiiviset bakteerit ja sienet, sillä ne sietävät paremmin ravinnonpuutetta ja hyödyksi käyttävät vaikeasti hajotettavia ravinteita. Näillä mikrobeilla on merkittävä rooli hajotusprosessin loppupäässä. Ravintorikkaiden maiden mikrobeja (r-strategia) esiintyykin tämän takia dominoivasti maan pintakerroksissa ja ravintoköyhien maiden mikrobeja (K-strategia) maan syvemmissä kerroksissa, missä ravinteita on vähemmän. Mikrobinen toiminta voi lisätä maaperän orgaanista massaa, mutta se voi myös aiheuttaa orgaanisen aineen dissimilaatiota eli hajotusta, jos maaperässä ei ole tarpeeksi energiaa tai jos mikrobien energiantarve on suuri. Mikrobit tarvitsevat energiaa lisääntymisen lisäksi ylläpitoon ja ravinnon etsintään. (Abbruzzese 2016.)

### 2.3 Lannan ravinnehäivikkien minimointi

Euroopan unionin vuonna 2001 asettama päästökattodirektiivi (2001/81/EY) on osa Euroopan strategiaa, jonka tarkoituksena vähentää ilman epäpuhtauksien terveydelle ja ympäristölle aiheutuvia riskejä, ja se on asettanut kullekin jäsenvaltiolle päästökattorajat. Päästöraajat on asetettu typen- ja rikinoksideille, haihtuville orgaanisille yhdisteille ja ammoniakille. Suomi on onnistunut saavuttamaan tavoitteet kaikkien muiden päästöjen paitsi ammoniakin osalta. Suomen ammoniakkipäästöt olivat ympäristökeskuksen (2015) mukaan vuonna 2010 noin 38 000 tonnia, ja tavoitteesta jäätiin noin 7 000 tonnia. Ympäristöministeriön (2018b) mukaan vuonna 2015 Suomen maatalouden osuus ammoniakkipäästöistä olivat noin 28 800 tonnia. ympäristökeskuksen (2015) arvioiden mukaan Suomen ammoniakkipäästöt ovat vuonna 2050 noin 35 000-37 000 tonnia, joten merkittävää laskua ei ole tulevaisuudessakaan odotettavissa.

Ammoniakkipäästöt ovat pysyneet melko tasaisina vuodesta 1990 lähtien, Suomen maatalouden rakennemuutoksesta ja direktiiveistä huolimatta (Grönroos, 2014). Suomen ympäristökeskuksen (2015) mukaan päästöjen vähentämiseen ei ole löydetty tarpeeksi helposti toteutettavia teknisiä ratkaisuja. Ammoniakkipäästöjen vähentämiseen maatalouden osalta on paineita, sillä tilastokeskuksen (2015) mukaan 90% Suomen ammoniakkipäästöistä syntyy maataloudesta. Nautojen ja sikojen lannasta syntyy suurin osa Suomen maatalouden ammoniakkipäästöistä. Maatalouden ammoniakkipäästöistä noin 60% syntyy nautaeläinten ja noin 17% sikojen lannasta. (Grönroos 2014).

Karjanlannan varastointivaiheessa ravinteita haihtuu fysikaalisten ja kemiallisien prosessien kautta. Liete voi jakeistua ja sen pinnalle voi muodostua kuorettumaa. Ravinteita haihtuu lannan mikrobien välityksellä, kun mikrobit käyttävät lannan orgaanista ainetta ravinnokseen, jonka välityksellä syntyy monia haihtuvia yhdisteitä. Varsinkin typpi on herkkä haihtumaan lannasta ammoniakkinä. Lannan varastointimuoto, -aika, lannan levitysmenetelmät ja karjanlannan ominaisuudet vaikuttavat merkittävästi ravinteiden haihtumiseen. (Abbruzzese, 2016.)

Ympäristön kannalta on tärkeää, ettei lietteen sisältämä typpi ja fosfori huuhtoudu tai haihdu varastoinnin tai levityksen aikana, vaan saadaan kasvien käyttöön. Ravinteiden haihdunta on seurausta lietteen väärästä käsittelystä. Varsinkin lietteen sisältämä typpi haihtuu varastointi-, ja levitysvaiheessa ammoniakkinä ( $\text{NH}_3$ ). Tämä aiheuttaa maaperän happamoitumista, maaperän typpivarastojen alenemista ja vähentää maaperän biodiversiteettiä. Tämän takia on tärkeää pyrkiä optimoimaan karjanlannan käyttöä ja vähentämään sen käyttöön liittyviä ympäristöriskejä. (Abbruzzese 2016.) Euroopan yhteisöjen neuvoston direktiivi (91/676/ EY) eli nitraattidirektiivi rajoittaa orgaanisten lannoitteiden vuosittaista kokonaistypen levitystä

pelloille. Direktiivin tarkoituksena on vähentää lannan ravinteiden huuhtoutumista, ja tehostaa lannan ravinteiden hyväksikäyttöä.

Karjanlanta on merkittävä energianlähde maaperän mikrobeille. maaperän biomassasta 85% on bakteereita ja sieniä, joten nämä eliöt määrittävät suuresti, kuinka hyvin maaperän orgaaninen massa hajoaa, ja kuinka hyvin ravinteet ovat juurien saatavilla. Maaperän mikrobisisältö voi vaihdella suuresti. Yksi merkittävä tekijä on saatavilla oleva ravinto. Ravintoköyhissä maissa on erilainen mikrobikanta, kuin ravintorikkaissa maissa. Lietteen lisäyksellä maaperään on havaittu muuttavan maaperän biologista aktiivisuutta lietteen hajotuksen aikana. (Abbruzzese 2016.)

Ammoniakin haihtumista lannasta edesauttaa korkea lämpötila, korkea pH ja lannan suuri pinta-ala. Mitä lämpimämpää lanta on, sitä nopeammin ammoniakki haihtuu. Ammoniakki haihtuu kaikilta pinnoilta missä on lantaa. Kuivikkeen käyttö vähentää ammoniakin haihtumista karjasuojissa, sillä virtsa imeytyy siihen. Tämän takia tehokas puhtaanapito, kuivitus, ja nopea jäähdytys vähentää ammoniakin haihtumista karjasuojissa. (Salo, Grönroos, Luostarinen, Kapuinen, Manninen, Rankinen, Myllyviita, 2015) Ammoniakin haihtumisella on monia haittoja. Haihtunut ammoniakki laskeutuu maahan ja vesiin aiheuttaen maan happamoitumista ja vesistöjen rehevöitymistä. Ilmassa ammoniakki on osallisena monien ihmisille haitallisten aineiden muodostumiseen. (Salo ym. 2015.)



### 3 LANTAAN LISÄTTÄVÄT AINEET JA LANNAN MIKROBIOLOGIA

Varastoinnin yhteydessä lietteeseen sekoitettavat lisäaineet ovat potentiaalinen tapa lisätä ravinteiden hyväksikäyttöä lietteessä, ja vähentää niiden haihtumista. Lietteeseen voidaan lisätä varastointivaiheessa kaupallisia lisäaineita, joiden tarkoituksena on vähentää typen haihtumista erilaisten mekanismien kautta. Lietteeseen lisättäviä lisäaineita on hyvin erilaisia kuten happamoittavia, hapettavia, biologisia, ja väkevöiviä. (Abbruzzese, 2016.)

Happamoivat lisäaineet ovat erilaisia happoja, joilla pyritään alentamaan lietteen pH vähintään kuuteen, jolloin lähes kaikki lietteen ammoniakista on haihtumattomassa ammoniummuodossa. Tätä alhaisemmaksi pH:ta ei tarvitse alentaa, jotta saavutetaan tavoiteltu hyöty. Happoa lisättäessä lietteeseen, lietteen puskurointikyky aiheuttaa hapon neutraloitumista, jolloin liuokseen eli lietteen syntyy erilaisia suoloja riippuen käytettävästä haposta. Esimerkkinä hapottaessa lietettä rikkihapolla lietteen rikkijyhdisteiden määrä lisääntyy, jolloin se tulee ottaa huomioon peltoviljelyä suunniteltaessa lisääntyvänä rikkilannoituksena. Sama tulee ottaa huomioon myös hapettavia lisäaineita käytettäessä. (Salo ym. 2015.)

On havaittu, että lietteessä epämiellyttäviä hajua tuottavat anaerobiset bakteerit kuten *Clostridium* and *Eubacterium* bakteerit menestyvät korkeassa pH:ssa. Tämän takia lietteen pH:n alentaminen vähentää näiden bakteereiden aktiivisuutta ja sitä kautta erilaisten ravinteiden, ja epämiellyttävien hajujen haihtumista. Happamoivat suolat kuten alumiinin, ja raudan suolat voivat vaikuttaa maaperän kuntoon happamoittaen maaperää. Lietteen hapottaminen lisää kustannuksia, ja voi lisätä maan kalkitustarvetta, joten se ei välttämättä ole taloudellisin vaihtoehto. (Abbruzzese, 2016.)

Naudan liete ongelmana on sen pieni ravinnesisältö massaansa nähden. Lisäksi liete sisältää usein ravinteita väärässä suhteessa, joten kasveille optimaalinen lannoitus pelkällä lietteellä harvoin onnistuu. Väkevöivät lisäaineet lisäävät lietteen ravinnesisältöä, jolloin lietteen ravinnesisältöä ja -tasapainoa voidaan hallita ennen levitystä. Tämä voi vähentää maan tiivistymistä, etenkin raskaita koneita käytettäessä. (Abbruzzese, 2016.)

Lietteen ilmastus eli märkäkompostointi on tapa lisätä happea lietteen normaalisti anaerobiseen ympäristöön. Happi lisää aerobisten bakteereiden toimintaa, jolloin lietteen kuiva-ainepitoisuus alenee, fosforin liukoisuus paranee, sekä lietteen sisältämät taudinaiheuttajat ja rikkakasvien siemenet tuhoutuvat. ääriin toteutetulla ilmastuksella voidaan kuitenkin hävittää ammoniakkia ennen kuin se ehtii sitoutumaan bakteereihin. Tämän takia ilmastus tulisi tehdä kannellisessa säiliössä, missä poistoilmalle on oma suodatin (Ympäristöministeriö 2010.)

### 3.1 Biologiset lisäaineet

Biologisten lisäaineiden tarkoitus on muuttaa lietteen mikrobikantaa sellaiseksi, että se sitoisi lietteen ravinteita ja vähentäisi lietteen hajujen tuotantoa. Biologiset lisäaineet sisältävät mikrobeja ja/tai entsyymejä, joiden tarkoituksena on parantaa lietteen biologista aktiivisuutta, ja sitoa haituvaa tyyppiä orgaaniseen muotoon. Lietteen tehostajabakteerit kuuluvat biologisiin lisäaineisiin. Mikrobit käyttävät lietteen ammoniakkia kasvuunsa, jolloin ammoniakki sitoutuu mikrobeihin, eikä haihdu ilmaan. (Abbruzzese, 2016.)

Kuten edellä mainittu, niin naudan lietteessä on usein ravinteita väärässä suhteessa kasvien tarpeeseen nähden. Naudan lietteessä fosfori on usein lietteen käyttöä rajoittava tekijä. Jos lietteen tyyppiä osuutta saadaan kasvatettua, saadaan kasveille enemmän käyttökelpoisia ravinteita lietteen kautta. Jos lannan ravinnepitoisuutta ja ravinteiden käytettävyyttä voidaan parantaa varastointivaiheessa lisäaineilla, voidaan niiden avulla saada taloudellista hyötyä tiloille ja kasvattaa tilojen ravinneomavaraisuutta. Lisäksi jos mikrobien avulla saadaan vähennettyä ympäristöä kuormittavien yhdisteiden haihtumista varastointivaiheessa ammoniakkin osalta, niin mikrobien avulla voidaan saada myös ympäristöllisiä hyötyjä. (Abbruzzese, 2016.)

### 3.2 Mikrobiologia

Mikrobit ovat hyvin pieniä, silmällä erottamattomia, usein yksisoluisia eliöitä. Näihin lukeutuu bakteerit, homeet, levät, alkueläimet ja virukset. Mikrobeja esiintyy kaikkialla ympäristössä. Mikrobit ovat elintärkeitä ja hyödyllisiä, mutta toisaalta osa niistä on haitallisia sairauksien aiheuttajia. (Solunetti 2006) Mikrobeita käytetään paljon eri teollisuuden aloilla. Maataloudessa mikrobeja käytetään esimerkiksi säilörehun säilönnässä maitohappobakteerien avulla.

Bakteerit ovat yksisoluisia eliöitä, joiden koko on noin 0,2-50µm. Bakteerit käyttävät hyvin laajasti erilaisia orgaanisia ja epäorgaanisia ravinnonlähteitä. Laajan elinympäristön takia bakteereita luokitellaan monella eri tavalla. Bakteerit luokitellaan toimintaympäristön mukaan aerobisiksi tai anaerobisiksi, riippuen tarvitsevatko ne happea toimiakseen. Bakteerit voidaan luokitella ekologisen käyttäytymisen ja stabiiliteetin mukaan, missä kyky vastustaa ympäristötekijöiden muutosta jakaa bakteerit joko K- tai r-strategian mukaan kuten edellä on selitetty. Karjanlannassa esiintyy lukematon määrä pieneliöitä kuten bakteereita viruksia ja loisia. Karjanlannan mikrobisisältöön vaikuttaa lähinnä ruokinta ja eläimen ruoansulatuselimistö, sekä ympäristötekijöistä kuivike joissain määrin. (Jensen, Sommer 2013.)

Lannan mikrobikanta vaihtuu elinympäristön muuttuessa esimerkiksi ulostaessa, jolloin lannan lämpötila yleensä laskee. Mikrobeilla ovat hyvin herkkiä lämpötilan vaihteluille. Mikrobeilla on tietty optimilämpötila,

jonka jälkeen niiden aktiivisuus ja kasvu laskee merkittävästi. Esimerkiksi tasalämpöisten eläinten suojausmekanismi bakteeritulehduksia vastaan on kuume, jolloin jo parin asteen lämpötilan nosto pysäyttää haitallisten bakteerien kasvun. Mikrobit voidaan jaotella optimilämpötilan mukaan karkeasti psykofiilisiin (optimilämpötila <20 °C), mesofiilisiin (optimilämpötila 20-45 °C) ja termofiilisiin (optimilämpötila >45 °C) (Jensen, Sommer 2013.)

Perinteisesti bakteerit on luokiteltu ulkomuodon, eli morfologian avulla. Bakteerin ulkomuoto ei anna niistä kuitenkaan juuri mitään tietoa, joten pian bakteerien löytämisen jälkeen niiden luokitteluun keksittiin gramvärjäys. Bakteerit luokitellaan värjäytyvyyden mukaan joko gram-positiivisiin, tai gram-negatiivisiin bakteereihin. Värjäytyvyyteen perustuvaa luokittelua käytetään nykyisin yleisesti bakteerien esitestinä, ja se kertoo bakteerin soluseinän rakenteesta. (Jensen, Sommer 2013.)

Bakteereita luokitellaan myös esimerkiksi niiden kasvutavan tai elinympäristön mukaan. Bakteereita voi luokitellaan joko autotrofisiin tai heterotrofisiin sen mukaan kykenevätkö ne tuottamaan itse energiansa, esimerkiksi kemosynteesin kautta. Kemosynteesi tarkoittaa sitä, että eliö hapettaa epäorgaanisia yhdisteitä, ja käyttää siitä syntyneen energian kasvuunsa. Autotrofit käyttävät hiilen lähteenä pääasiassa ilmakehän hiilidioksidia CO<sub>2</sub> tai vesiliukoista bikarbonaattia (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) tai karbonaattia (CO<sub>3</sub><sup>-</sup>) Heterofyysiset bakteerit tarvitsevat ulkoisen energianlähteen kasvuunsa, eli eivät ole omavaraisia energiansa suhteen. Heterofyysiset bakteerit käyttävät hiilen lähteenä eloperäisiä aineita kuten lietteen sisältämiä hiilihydraatteja. Heterofyysisiä eliöitä kutsutaan hajottajiksi. Eloperäisen aineen hajotusprosessin lopputuotteena syntyy lopulta hiilidioksidia (CO<sub>2</sub>) ammoniakkia (NH<sub>3</sub>) ja sulfaatteja (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) tätä hajotusprosessia kutsutaan mineralisaatioksi. Bakteereita luokitellaan yleisesti niiden hapentarpeen mukaan joko aerobisiin ja anaerobisiin bakteereihin. Aerobiset bakteerit tarvitsevat happea kasvuunsa, kun taas anaerobiset bakteerit eivät sitä tarvitse. (Jensen, Sommer 2013.)

Mikrobien toimintaan vaikuttavat suuresti ympäristön fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet. Mikrobien toimintaan karjanlannassa vaikuttavat esimerkiksi lannan pH, suolapitoisuus, lämpötila, happi-, ja ravinnepitoisuus. Erilaiset toksiinit ja patogeenit voivat laskea mikrobien kykyä menestyä lietteessä. (Abbruzzese, 2016.)

Opinnäytetyössä käytettävä Slurrybugs Cold Climate sisältää *bacillus*-bakteerisukuun kuuluvia bakteereita, jotka ovat gram-positiivisia aerobisia bakteereita (Abbruzzese, 2016). *Bacillus* -bakteerisukuun kuuluu monia lajeja, jotka ovat suurimmaksi osaksi aerobisia lepoitiöitä muodostavia bakteereita (Aerobic endospore-forming bacteria (AEFB)). Tietyillä bakteereilla on kyky muodostaa sisäänsä lepoitiö olosuhteiden muuttuessa epäsuotuisiksi. Lepoitiö on epäsuotuisia olosuhteita, kuten kuivuutta, lämpöä ja/tai säteilyä, hyvin kestävä bakteerin inaktiivinen muoto. Lepoitiö voi aktivoitua uudelleen olosuhteiden parantuessa. Lepoitiöt

voivat kestää lepotilassa jopa vuosikymmeniä elinvoimaisena. (McSpadden Gardener 2004). Kuuluisimpia *Bacillus*-bakteereita on esimerkiksi *Bacillus cereus*, joka on tunnettu ruokamyrkytyksien aiheuttaja (Elintarvikevirasto 2016), sekä *Bacillus anthracis*, joka aiheuttaa pernaruttoa, eli anthraxia, mutta nämä esimerkit ovatkin ainoita tunnettuja ihmisille haitallisia *bacillus*-sukuun kuuluvia bakteereja (Turnbull 1996).

*Bacillus*-suvun bakteerit kuuluvat puolisyntyyntisiin typensitojiin. Puolisymbioottisilla bakteereilla on kyky sitoa ilmakehän typpeä kasveille käytettävään muotoon, mutta typensidontaan vaaditaan isäntäkasvien läsnäolo. Suomen olosuhteissa puolisyntyyntisten kasvien typensidonta on vähäistä, sillä tehokas typensidonta vaatii neutraalin maan pH:n sekä lämpimän maan (+15 – +25 °C). Ulkomailla puolisyntyyntisillä typensitojilla on suuri merkitys. Esimerkiksi *Acetobacter diazotrophicus*, joka on eräs sokkeriruo'on juuristossa esiintyvä puolisyntyyntinen bakteerilaji. Se voi parhaimmillaan täyttää jopa 70% kasvin typentarpeesta, mikä tarkoittaa noin 150kg typpeä hehtaarille. (Gentili, Jumpponen 2005.)

Typen jälkeen toiseksi tärkein kasvien ravinne on fosfori, ja sen puute voi rajoittaa merkittävästi kasvien kasvua. Kasvit kykenevät hyödyntämään fosforia vain fosforihapon ionimuotoina  $H_2PO_4^-$  tai  $HPO_4^{2-}$ . Maa-perä sisältää usein fosforia kasveille käyttökelpottomassa muodossa, mutta monilla mikrobeilla kuten *Bacillus*-bakteereilla on kyky muuntaa fosforia orgaaniseksi hapoiksi, jotka ovat kasveille käyttökelpoinen muoto. (Banerjee, Yesmin ja Vessey 2005.)

### 3.3 Antibiootit

Bakteerien aiheuttamia tauteja voidaan hoitaa antibiooteilla, jos eläinlääkäriin klinisissä tutkimuksissa ja bakteeriviljelyssä ilmenee tarvetta lääkinnälle. Antibioottien teho pohjautuu niiden kykyyn tappaa tai ehkäistä niiden lisääntymistä. Antibiootit kiinnittyvät bakteerien soluseinään, jolloin antibiootin ja bakteerin tulee olla rakenteeltaan sopivia keskenään, jotta lääke vaikuttaisi. Soluseinän ominaisuuksia mitataan esimerkiksi värjäytyvyyden avulla, jonka mukaan bakteerit luokitellaan joko gram-positiivisiksi tai -negatiivisiksi, mikä ilmentää sitä millaiset antibiootit niihin tehoavat. (Luomio 2019.)

Bakteeritulehdusten hoitoon käytettäviä antibiootteja on esimerkiksi G-penisilliini (PENOVET). G-penisilliiniin vaikuttava aine on bentsyylipenisilliini. G-penisilliini tehoaa gram-positiivisiin aerobeihin ja anaerobeihin bakteeritulehduksiin. Lääke estää soluseinän synteesiä, ja näin sen jakautumista, eli lisääntymistä. (National Center for Biotechnology Information 2018.) Lääke annostellaan eläimeen pistämällä joko lihakseen tai suoraan verenkiertoon, sillä suun kautta annosteltuna lääke metabolisoituu ruoansulatuselimistössä matalassa pH:ssa. Lääke metabolisoituu eläimestä suurimmaksi osaksi munuaisten kautta, mutta pieni osa erittyy maidon, syljen ja ulosteen kautta. (Boehringer 2017.) SlurryBugs-tuote sisältää *Bacillus*-bakteereita,

jotka ovat gram-positiivisia aerobisia bakteereita, joten tästä syystä on mahdollista, että penisilliinit vaikuttavat SlurryBugs -bakteereiden toimintaa heikentävästi, jos antibioottimaitoja johdetaan lietteen sekaan. (Abbruzzese 2016.)

#### 3.4 SlurryBugs Cold Climate tehostajabakteerit

Tutkimuksessa käytettävä Slurrybugs Cold Climate, lietteen lisäaine sisältää tyypeä sitovia bakteereita ja näiden bakteereiden toimintaan vaikuttavia entsyymeitä ja ravinteita. Vaikutus perustuu siihen, että lisätävä tyypeä sitova bakteerikanta syrjäyttää lannan olemassa olevan ravinteita hukkaavan bakteerikannan. (Abbruzzese, 2016) SlurryBugs tuotteen kehittäjä ja valmistaja on EnviroSystems Inc, ja tuotetta on myyty Suomessa kuusi vuotta. Tuote on kehitetty Englannin olosuhteisiin, eikä se soveltunut sellaisenaan Suomen olosuhteisiin. Tämän seurauksena markkinoille tuli Suomen olosuhteisiin paremmin soveltuva SlurryBugs Cold Climate. Tätä tuotetta on myyty Suomessa vuodesta 2016. Tuotteen maahantuojana on Vihtarin kone Oy (Johansson 2018.)

## 4 KYSELYTUTKIMUS SLURRYBUGS KÄYTTÄJILLE

Opinnäytetyön toteuttamisen tueksi tehtiin esitutkimuksena kyselytutkimus. Kyselytutkimuksen tarkoituksena oli selvittää lietteen tehostajabakteerin SlurryBugs käyttäjäkokemuksia tuotteen nykyisiltä, ja entisiltä käyttäjiltä. Bakteerien hyödyntämisestä lietteessä on vähän kotimaista tutkimusta ja kokemusta. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää tuotteen soveltuvuutta Suomen olosuhteisiin, ja kartoittaa mahdollisia tuotteen käyttöön liittyviä ongelmia. Kyselyn avulla oli tarkoitus vastata kysymyksiin: millaisia hyötyjä/ongelmia tehostajabakteerin käytöstä on ollut?

### 4.1 Kyselytutkimuksen menetelmät ja toteutus

Kyselytutkimus suunniteltiin ja toteutettiin kevään 2018 aikana. Kyselytutkimusta ennen kerättiin kirjallisuuskatsauksen avulla tietoa aiheesta, jonka avulla muodostettiin kyselyn kysymykset. Tutkimussuunnitelma ja kyselylomake tehtiin ohjatusti yhdessä toimeksiantajan kanssa, ja kyselylomakkeen testauksen teki maahantuojaja. Kysely lähetettiin maahantuojan kautta kaikille Slurrybugsin entisille ja nykyisille käyttäjille. Kyselylomake on liitteenä. Tutkimuksen aineistona toimi primaarinen, eli juuri tätä tutkimusta varten kerätty aineisto. Aineisto tuotettiin valmiiksi strukturoidun webropol-kyselyn avulla. Weropol Oy on kotimainen yritys, jonka verkkopohjaisen software ohjelman avulla voidaan tehdä, lähettää ja analysoida kyselyitä (Webropol 2019). Tuloksia analysoitiin kvalitatiivisesti käyttäen apuna sisällönanalyysiä, minkä avulla pyritään löytämään eroavaisuuksia ja yhtäläisyyksiä eri vastauksien väliltä. Vastaukset saatiin webpropolin kautta excel-tiedostoksi, jonka kautta tuloksia analysoitiin manuaalisesti.

Vastauksia kerättiin kahden viikon ajan 19. maaliskuuta – 1. huhtikuuta 2018, ja vastauksia saatiin seitsemän kappaletta. Tutkimukseen kutsuttiin kaikki käyttäjät, sillä heidän joukkonsa on hyvin pieni (alle 100henkilöä). Tutkimukseen haluttiin mielipiteitä käytännön kokemuksista kyseessä olevasta aineesta. Tuloksia oli tarkoitus analysoida tilastollisin menetelmin, mutta tutkimukseen vastanneiden joukko oli vähäinen, jolloin varianssianalyysin tai t-testaus jätettiin tekemättä.

Kyselytutkimuksen tuloksista tehtiin frekvenssijakaumatauluja. Frekvenssijakaumatauluja käytetään, kun halutaan kuvata vastauksien lukumääriä havainnollisesti. Frekvenssi tarkoittaa esiintymiskertojen määrää. Frekvenssijakauma tarkoittaa sitä, että kysymyksen jakaumaväli on jaettu luokkiin, ja kuhunkin luokkaan ilmoitetaan kyselystä tulleet havainnot. Kyselyn kysymykset oli luokiteltu viiteen eri luokkaan, jotka vaihtelivat välillä täysin eri mieltä ja täysin samaa mieltä. Kyselyn tulokset ilmoitettiin absoluuttisella jakaumalla,

missä ilmoitetaan kunkin luokan lukumäärät. (Tilastokeskus 2019.) Frekvenssijakaumataulut ovat pylväsdiagrammeja, joissa kuvataan vastauksien määriä, eikä osuuksia. Kysely sisälsi myös avoimia kysymyksiä, joita on tuloksissa suorina lainauksina.

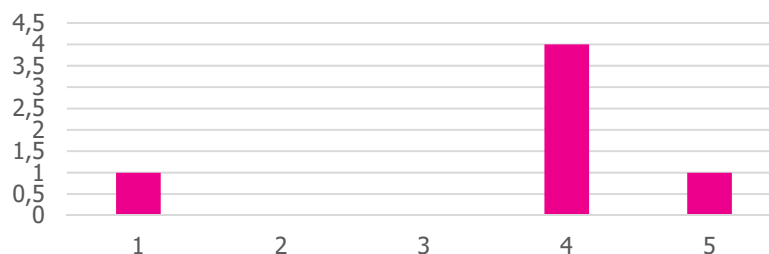
## 4.2 Kyselytutkimuksen tulokset

Vastauksia saatiin kyselytutkimukseen vähän. Syynä voidaan pitää pientä perusjoukkoa. Kyselytutkimuksen toteutus sijoittui pääsiäislomien aikaan, mikä on voinut vähentää tilojen vastausaktiivisuutta. Kyselyssä oli mukana paljon avoimia kysymyksiä, mikä on voinut alentaa vastaushalukkuutta, vaikka avoimet kysymykset eivät olleet pakollisia. Kyselyä oli avattu yli 20 kertaa, mutta vastaamisen oli aloittanut vain seitsemän vastannutta, mikä kertoo siitä, että vastaajien motivointi epäonnistui kyselyssä.

### 4.2.1 Käyttökokemukset

Tuotteen käyttäjät olivat pääasiassa tyytyväisiä tuotteeseen yleisesti, sillä vain yksi vastaaja seitsemässä oli tyytymätön. Hän oli käyttänyt vanhaa tuotetta, joten tyytymättömyys on voinut johtua siitä. Slurrybugs kehittäjä envirosystems toi markkinoille uudistetun tuotteen SlurryBugs Cold Climate vuonna 2016, mikä on suunniteltu nimensä mukaisesti kylmiin olosuhteisiin, kun vanha tuote oli suunniteltu englantilaisiin olosuhteisiin.

Tuotteen käyttö koettiin pääasiassa helpoksi, kuten kuvasta 2 voidaan todeta. Yksi vastaaja oli täysin eri mieltä, mutta tämän vastaajan käyttökokemukset olivat jääneet negatiivisiksi kaikilla kyselyn osa-alueilla, sekä hän oli käyttänyt vain vanhaa tuotetta. Avoimessa kysymyksessä tuli yksi vastaus käytön haasteisiin sanoen: " *Pitää muistaa kerran viikossa*".

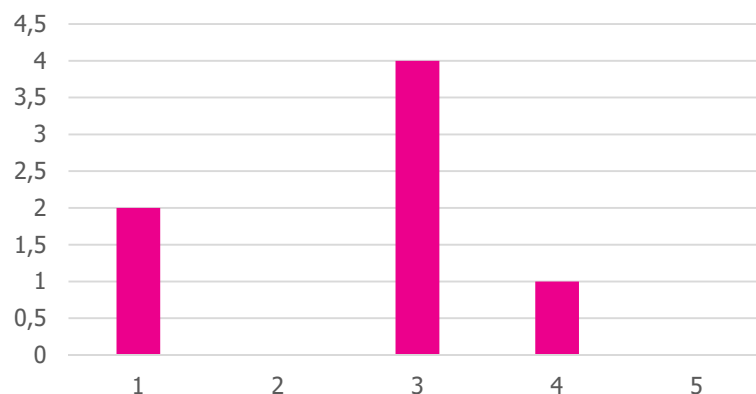


KUVIO 2. Slurrybugsin käyttö on helppoa? 1=täysin eri mieltä 5= täysin samaa mieltä (Pulkkinen 2019)

Kolmella tilalla seitsemästä SlurryBugs:n käyttö oli loppunut. Kaksi käytön lopettanutta olivat käyttäneet vanhaa tuotetta eli ennen vuotta 2016, ja lopettamisen syiksi he sanoivat avoimessa kysymyksessä seuraavasti: " *Aineella ei ollut mitään vaikutuksia*" ja " *Liete ei imeytynyt paremmin nurmeen, vaikka se oli notkeampaa.*" Yhdellä tilalla lopettamisen syyksi kerrottiin: " *Turvekuivikkeen kanssa ei oikein toiminut osalla kuilujä*", vaikka muuten tuotteeseen oltiin tyytyväisiä, sillä avoimessa vastauksessa kerrottiin että: " *Vähensi hajuhaittoja, notkisti lietettä säiliössä ja pääosin kuiluissa. Mutta nuorkarjalla turvetta kulkeutuu paljon kuiluun ja siellä ei toiminut (lanta jämähti kuiluun ja piti vesilisäyksellä notkistaa)*", ja " *Oli notkeampaa säiliössä*". Eli voidaan olettaa, että tässä tapauksessa tuotteella haettiin apua lannan liikkumiseen haastavissa olosuhteissa (nuorkarjan liete ja kuivikkeena turve kuiluissa), eikä niinkään ravinteiden sitomiseen, ja käyttö on sen takia loppunut. Vain yksi tila on jatkanut tuotteen käyttöä, jos sen käyttö oli aloitettu vanhalla tuotteella, eli ennen vuotta 2016.

#### 4.2.2 Ravinnepitoisuudet

Kolme tilaa seitsemästä kertoi analysoineensa lietteen ennen ja jälkeen käytön. Yksi vastaaja sanoi, että lietteen kokonais- ja liukoinen tyyppi, fosforipitoisuudet ja kuiva-ainepitoisuudet ovat nousseet vähän. Kaksi muuta ei ollut havainnut eroa ravinnepitoisuuksissa ennen ja jälkeen käytön. Yksi vastaaja oli osittain samaa mieltä, että tuotteen käyttö on vähentänyt lannoitteiden tarvetta, ja kaksi vastaajista oli täysin eri mieltä. Muilla ei ollut joko kokemusta tai mielipidettä asiasta. Lannoitustarvetta tuote oli joku lisännyt tai pitänyt ne samoina, kuten kuviosta 3 voidaan todeta.



KUVIO 3. SlurryBugsin käyttö on vähentänyt muiden lannoitteiden käyttöä? 1=täysin samaa mieltä, 5=täysin eri mieltä (Pulkkinen 2019)

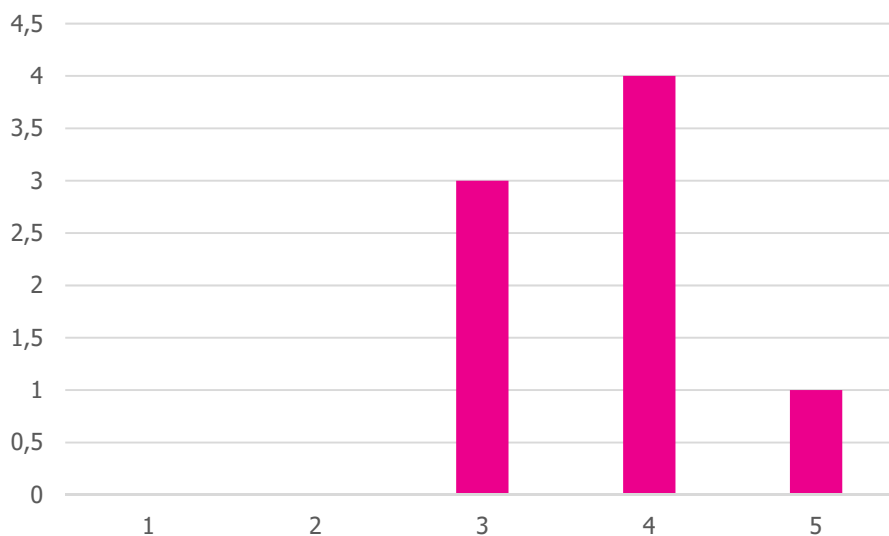
Tiloilla, jotka olivat analysoineet lieteensä ennen ja jälkeen käytön, ravinnepitoisuudet olivat nousseet vähän yhdellä tilalla. Muilla tiloilla ravinnepitoisuudet eivät olleet nousseet, mutta eivät ole laskeneetkaan. Muilla tiloilla käyttökokemukset olivat vielä vähäisiä. Mittausvirhettä on voinut tapahtua näytteenotossa,



sekä havaintojen määrä on niin pieni, joten johtopäätöksiä ravinnepitoisuuksista ei voida tehdä. Lisäksi ruokinnan muutokset ovat voineet vaikuttaa ravinnepitoisuuksiin. SlurryBugin käyttö on vähentänyt muiden lannoitteiden käyttöä vain yhdellä tilalla.

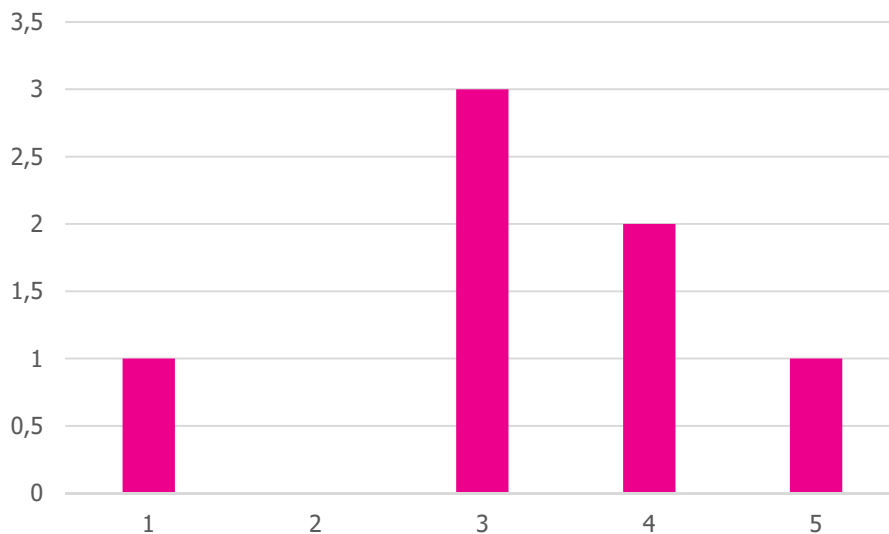
#### 4.2.3 Lannan muut ominaisuudet

Viisi tilaa oli käyttänyt tuotetta yli puolen vuoden ajan. Näistä kahden mielestä lietteen sekoitustarve vähentyi merkittävästi. kaksi vastaajista koki, että sekoitustarve vähentyi vähän, sekä yksi vastaajista koki, että sekoitustarpeessa ei ollut tapahtunut muutosta. Yksi koki, että kuorettuminen oli vähentynyt merkittävästi. Kolme vastaajista koki, että kuorettuminen vähentyi vähän, ja yksi koki, ettei kuorettumisessa ollut tapahtunut muutosta. Lietteen laadusta kerrottiin avoimissa vastauksissa seuraavasti: *”Oli notkeampaa säiliössä”, ”Tasalaatuisempaa, maa ilmaisee sisäänsä laahavannas-levittimellä ajon jälkeen”, ”Liete ei imeytynyt paremmin nurmeen, vaikka se oli notkeampaa.”, ”Notkisti lietettä säiliössä ja pääosin kuiluissa. Mutta nuorkarjalla turvetta kulkeutuu paljon kuiluun ja siellä ei toiminut (lanta jämähti kuiluun ja piti vesilisäyksellä notkistaa)”*. Sekoitustarpeen tulokset on koottu kuvaan neljä, sekä kuorettumisen lisääntyminen kuva 6:een.



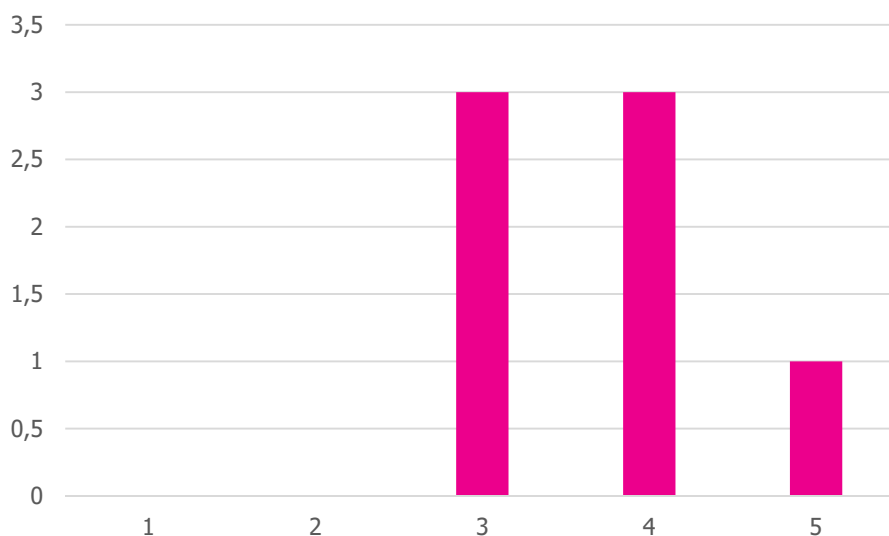
KUVIO 4. Lietteen sekoitustarve 1=sekoitustarve lisääntynyt merkittävästi 5= vähentynyt merkittävästi (Pulkkinen 2019)

Yksi kokee hajuhaittojen lisääntyneen, yhden mielestä ei ole tapahtunut muutosta, kahden mielestä hajut ovat vähentyneet vähän, ja yhden mielestä merkittävästi. Lopuilla ei ole vielä tarpeeksi kokemusta käytöstä, jotta näkyviä tuloksia saataisiin. Avoimissa vastauksissa kerrotaan hajusta näin: *"haju on muuttunut pistävämmäksi"*, *"Vähensi hajuhaittoja"* ja *"Kun liete ei haise niin typpi ei karkaa ilmaan vaan menee kasvoille hyödyksi"*. Muista ominaisuuksista kerrotaan avoimissa vastauksissa seuraavasti: *"Sellainen tuntuma on, että peltojen PH on nousussa käytön aloittamisen jälkeen"*. Käyttäjien kokemat lietteen hajujen muutokset on koottu kuvaan 5.



KUVIO 5. Lietteän hajut 1=lisääntynyt merkittävästi 5= vähentynyt merkittävästi (Pulkkinen 2019)

Lietteän ominaisuuksien, kuten sekoitustarve ja kuorettuminen on vähentynyt tiloilla, jotka ovat käyttäneet tuotetta pidempään kuin puoli vuotta. Kuten kuvasta viisi voidaan havaita niin kyselyyn vastanneiden mukaan kuorettuminen on vähentynyt käytön myötä. Havainnot ovat subjektiivisia ja perustuu omakohtaiseen kokemukseen, mutta erilaisilta tiloilta on saatu samansuuntaisia kokemuksia, joten havaintoja voidaan pitää suuntaa-antavina. Lietteän hajuhaitoista saatiin ristiriitaisia kokemuksia, osan mielestä hajuhaitat ovat vähentyneet, ja yhden mielestä jopa muuttunut pistävämmäksi ja voimakkaammaksi. Hajujen muodostumiseen voi vaikuttaa eläinten ruokinta, joten jos ruokinta on muuttunut merkittävästi käytön aikana, voi se selittää yhden tilan hajuhaittojen lisääntymiseen, sillä muilla on ollut toisen suuntaisia kokemuksia.



KUVIO 6. Kuorettuminen 1=lisääntynyt merkittävästi, 5= vähentynyt merkittävästi (Pulkinen 2019)

Lietesäiliöön johdettujen muilla aineilla ei näyttäisi olevan vaikutusta lietteen ominaisuuksiin. Antibioottimaitoja johdettiin lietevarastoon kolmella tilalla, ja näistä kahdella tilalla tuotteen käyttö on loppunut. Lopettaneiden tilojen syyksi kerrottiin lietteen huono imeytyminen levitettäessä, sekä tuotteen toimimattomuus turvekuivitetussa nuorkarjan lietteessä, mikä voi kieltä siitä, että antibiootit olisivat voineet vaikuttaa negatiivisesti tuotteeseen, mutta näin pienestä otannasta ei voida tehdä isompia johtopäätöksiä.

#### 4.3 Kyselytutkimuksen johtopäätökset

Biologisia lietteen lisäaineita on markkinoilla paljon ja niitä on myös tutkittu, mutta niidenkin tulokset ovat ristiriitaisia. Lietteen ominaisuuksiin vaikuttavat monet tekijät, joten erilaisia muuttujia on tutkimusten välillä paljon, sekä tuotteiden jatkuva kehitystyö ja muuttuminen voi vaikuttaa tutkimustuloksien ristiriitaisuuksiin. Kyselytutkimuksen tulokset mukailevat tässä suhteessa aikaisempaan tietoon. Osalla tuote on toiminut siinä määrin että käyttäjät kokevat käytön hyödylliseksi ja ovat jatkaneet käyttöä, kun taas osa ei ole löytänyt tuotteesta hyötyä ja ovat sen takia lopettaneet tuotteen käytön.

## 5 SLURRYBUGS 10 VIIKON KÄYTTÖKOE

Käsittelykokeessa testattiin lietteen tehostajabakteerin SlurryBugsin toimintaa Suomen olosuhteissa kymmenen viikon aikajaksolla kesällä 2018. Kokeessa testattiin; 1) Millainen vaikutus tuotteella on lietteen ravinnesisältöön typhen, fosforin ja kaliumin osalta. 2) Millainen vaikutus sillä on lietteen happamuuteen, ja kuiva-ainepitoisuuteen, ja sitä kautta viskositeettiin.

Tehostajabakteerien luvataan sitovan lietteen sisältämää ammoniakkia orgaaniseen muotoon, jolloin ammoniikki ei haihdu varastoinnin aikana. Lisäksi tehostajabakteerien luvataan vähentävän lietteen kuoretumista, ja kuiva-ainepitoisuutta. Käytännön kokeessa pyrittiin simuloimaan mahdollisimman lähelle lietesäiliön olosuhteita pienoisversiossa. Kokeessa testattiin lietteen tehostajabakteerin toimintaa puhtaassa lietteessä, sekä vaikuttaako antibioottimaidon sisältämät lääkejäämät tehostajabakteerin ja/tai lietteen omaan bakteerikannan toimintaan, ja näiden tuloksia verrattiin raakalietteeeseen.

### 5.1 Lietteen käsittelykokeen toteutus

SlurryBugs tehostajabakteerin käyttökoe suoritettiin lypsykarjatilalla Etelä-Savossa Juvalla. Käytännön koe toteutettiin kymmenen viikon aikana 24. toukokuuta - 2. elokuuta 2018. Käyttökokeen suoritti ammattikorkeakoulun opiskelija opinnäytetyönään itsenäisesti. Työaikaa käytännön työhön kului noin kahdeksan tuntia ennakkoivia töitä, kahdeksan tuntia kokeen aloituksessa, jonka jälkeen lietteen lisäykseen ja valmisteluun noin neljä tuntia viikossa, eli yhteensä noin 36 tuntia.

#### 5.1.1 Koepaikka ja järjestelyt

Koetila oli yhden robotin pihattonavetta, missä oli noin 60 Holstein rotuista lypsylehmää. Lehmät ruokitaan esikuivatulla säilörehulla. Ruokintaa täydennetään puolitiivisteellä, sekä tilaseoksella mihin oli myllätty kauraa, vehnää, rypsipuristetta ja melassileikettä. Eläinten keskituotos oli viime vuonna noin 11 500 litraa. Lehmien kuivikkeena käytettiin turvetta.

Lanta kerättiin lantaraappojen avulla kerran tunnissa avokouruun, mistä se siirtyi painovoimaisesti lietesäiliöön. Liete nostettiin koetta varten kokoajakaivosta, jonka pyrkimyksenä oli mahdollisimman tuore liete koetta varten. Ensimmäinen rehunteko tehtiin kesäkuun ensimmäisellä viikolla, eli viikolla 23, jolloin eläinten ruokinta muuttui säilörehusta tuoreeseen heinään viikoksi, jonka jälkeen aloitettiin ensimmäisen sadon syöttäminen. Koe oli tässä vaiheessa viikolla kolme. Toinen rehunteko ajoittui viikolle 30, eli 23.-29. heinäkuuta, jolloin eläimillä muuttui ruokinta uudestaan. Koe oli tässä vaiheessa viikolla yhdeksän.

Kokeessa oli kolme koejäsentä, ja jokaiselle tehtiin neljä toistoa, eli yhteensä kokeessa oli mukana 12 koeastiaa. Kokeessa käytettiin 200 litran muovitynnyreitä, joista oli leikattu kannet pois, sillä suurin osa Suomen lietesäiliöistä on kannettomia. Tällä tavoin tuulen ja sateen vaikutukset nähdään kokeessa. Muovitynnyrit pestiin koetta varten painepesurilla puhtaiksi. Tämän jälkeen ne merkattiin, ja kaivettiin maahan täydellisesti satunnaistetusti, jotta koeolosuhteet olisivat kaikille samat, ja jotta astioiden lämpötila pysyisi samana kuin lietesäiliössä.

Yhdeksään astiaan lisättiin lämpötilaa mittaavat A-Nap lämpötilaloggerit (Kolmeen raakalietetyynnyriin, SlurryBugs-käsitelyyn, ja SlurryBugs+antibiottikäsitelyyn). Lämpötilaloggerit mittaavat lämpötilaa jatkuvasti, ja tallentavat ne sisäiseen muistiinsa. A-Nap loggeri mittaa lämpötila-alueella -40...+87 astetta. Nappi kestää tilapäisesti 10 astetta enemmän, mutta yli 87 asteen lämpötilat näytetään +87 asteena. A-Nap lue-taan PC-koneen USB porttiin laitettavalla liitäntälaitteella/johdolla. Luenta tapahtuu PC-koneeseen asennettavalla a-LinkPro ohjelmalla, joka on Windows 10 yhteensopiva. A-Nap on kotimaisen A-Lab Oy:n tuote. (A-lab 2016.) Lämpötiladata kerättiin excel-tiedostoksi. Dataloggerit laitettiin yksitellen kolmeen minigrip-pussiin, jotka sidottiin paalinarulla keppiin, niin että ne jäivät roikkumaan noin 50 cm pituuteen. Kepit asetettiin tynnyrien reunan päälle, jonka jälkeen pussit upotettiin lietteeseen niin, että lämpötilaloggerit olivat aloituksessa noin 30 cm lietteen sisällä.

Neljä koeastiaa toimi kontrollijäsenenä, joita ei manipuloitu. Loppuihin lisättiin lietteen tehostajabakteeria ohjeiden mukaan. Viimeisiin neljään lisättiin antibioottimaitoa, missä antibioottina toimi PENOVET 300mg/ml (300 000 IU/ml) antibiootti, joka on tanskalaisen globaalisti toimivan Boehringer Ingelheim Animal Health Nordics A/S yrityksen valmistama tuote (Boehringer 2017). Antibioottimaito testattiin Delvotest SP NT laitteella, jolla varmistettiin, että maito sisältää antibioottia. Delvotest on Hollantilaisen Royal SGM yrityksen tuote, jolla mitataan mikrobilääkejäämiä maidosta. Mittaus tapahtuu noin 0,1ml:sta maitoa, joka laitetaan pipetin avulla koeputkilossa olevan agarin päälle. Agar on punalevistä esiintyvä polysakkaridi-seos, mitä käytetään mikrobien kasvualustana lääke- ja elintarviketeollisuudessa. Koeputkiloa pidetään 64 °C lämpötilassa kolme tuntia, jonka jälkeen siitä tulkitaan väri, joka kertoo sisältääkö maito antibioottia vai ei. (ETT 2011.) Testauksen avulla voidaan selvittää sisältääkö maito antibioottia, vaikka antibiootin tarkkaa määrää ei tällä tavoin saatu selville.

Ennen kokeen aloitusta koeastioiden paikat kaivettiin traktorin etukuormaimen avulla hiekkamaahan, jonka jälkeen tynnyrit aseteltiin kuoppiin tasaisesti. Tämän jälkeen kaivuumaata lisättiin etukuormaimen avulla varovasti tynnyrien ympärille, jonka jälkeen työ viimeisteltiin lapioimalla maata tynnyrien ympärille. Raakaliete siirrettiin imuvaunun avulla kokoajakaivosta koeastioiden viereen, jonka jälkeen lietettä mitattiin tarvittava määrä kuhunkin astiaan.

Kuhunkin tynnyriin laitettiin kokeen alussa 100 litraa tuoretta lietettä, sekä kahdeksaan koeastiaan lisättiin SlurryBugs ohjeiden mukaan. Kerran viikossa kuuden viikon ajan lisättiin 10 litraa tuoretta lietettä tynnyreihin. Lisäys tapahtui lietteen pintaan. SlurryBugs sekoitettiin päivää ennen lisäämistä 80 litraan lietettä ohjeiden mukainen määrä, mikä seuraavana päivänä lisättiin koetynnyreihin. Kuuden viikon jälkeen uutta lietettä ei enää lisätty. Koejäsenten sijoittelu nähdään taulukosta kolme (1-1, 1-2, 1-3, 1-4 =raakaliete 2-1, 2-2, 2-3, 2-4 =SlurryBugskäsittely 3-1, 3-2, 3-3, 3-4 =SlurryBugs+antibioottikäsittely) sekä kuvasta 7. Koejäsenet olisi pitänyt sijoittaa lohkoihin satunnaistetusti, mutta opiskelija sijoitti ne epähuomiossa täydellisesti satunnaistetusti, eli toimi koesuunnitelman vastaisesti. Antibioottimaitoa lisättiin noin yksi desilitra viikoittain neljään koeastiaan lisäyksen jälkeen lietteen pintaan.

TAULUKKO 3. Koeastioiden sijoittelu

		koejäsenten sijainti			
1.	1-1	2.	2-2	3.	1-2
4.	3-1	5.	2-3	6.	3-4
7.	1-4	8.	3-2	9.	1-3
10.	2-4	11.	2-4	12.	3-3

Kokeen aikana lietteestä otettiin näytteitä neljä kertaa; aloituksessa, kokeen päättyttyä, sekä kokeen aikana viikoilla neljä ja seitsemän. Ennen näytteenottoa lietteet sekoitettiin manuaalisesti, jonka jälkeen niistä otettiin näytteet, jotka pyrittiin ottamaan mahdollisimman edustavasti kaikista koeasioista. Huonosti sekoitetun lietteen ravintopitoisuudet voivat vaihdella kerroksittain huomattavasti, joten sekoittamalla pyrittiin minimoimaan mittausvirhe. Kokeessa pH:ta mitattiin jokaisen näytteenoton yhteydessä näytepulloista. Happamuuden mittaus jäi alkutilanteessa mittaamatta, sillä mittari ei ollut vielä silloin saatavilla. Happamuusmittauksen jälkeen näytteet pakastettiin.



KUVA 1. Koeastioiden sijoittelu (Pulkkinen 2018)

### 5.1.2 Slurrybugs käsittelyt kokeessa

SlurryBugsia suositellaan lisäämään seitsemän päivän välein mikrobikannan ylläpitämiseksi. SlurryBugs bakteerit toimitetaan lepotilassa, joten ne pitää herättää lämpimässä vedessä noin 20 minuutin ajan ennen lietteeseen sekoittamista. Yhdellä desilitralla Slurrybugsia voidaan käsitellä noin  $45\text{m}^3$  lietettä. Ensimmäisellä kerralla suositellaan käytettävän kaksinkertaista annosta, sekä sekoitettavan ilmaa lietteen sekaan painepesurilla, voimakkaalla vesisuihkulla tai lankulla. Koeolosuhteiden takia lietettä sekoitettiin manuaalisesti, sillä painepesurin avulla liete olisi laimentunut, eikä lisättyä veden määrää olisi pystynyt mittaamaan tarkasti. Kokeen alussa käsiteltiin kahdeksan koeastian sisältämät lietteet kaksinkertaisella annoksella, eli käsittelyä varten mitattiin SlurryBugsia  $1600\text{litran}$  käsittelyä vastaava määrä eli  $1\text{kg}/450\,000\text{l} \cdot 1600\text{l} = 0,003555$  eli noin  $3,56\text{g}$ . Lopuille käsittelykerroille mitattiin  $80\text{litran}$  käsittelyä vastaava määrä eli  $1\text{kg}/450\,000\text{l} \cdot 80\text{l} = 0,177777\text{g}$  eli noin  $0,178\text{g}$  SlurryBugsia.

### 5.1.3 Laboratorioanalyysit lietenäytteistä ja laskennalliset analyysit

Kokeen aikana lietteestä otettiin neljänä ajankohtana näytteitä, aloituksessa, viikolla neljä, seitsemän ja lopetuksessa, eli viikolla kymmenen. Näytteet kerättiin noin litran astioihin sekoitetun koeastian lietteen pinnasta. Astioihin merkattiin permanenttitussilla ajankohta, sekä koeastian numero. Näytteenoton jälkeen

näytteistä mitattiin pH, jonka jälkeen ne pakastettiin. Lietenäytteet analysoitiin Mikkelissä eurofinsin toimesta. Lietenäytteet toimitettiin laboratorioon jäisinä. Lietteestä analysoitiin lietteen kuiva-aineprosentti, tilavuuspaino, liukoinen tyyppi, ja kokonaistyyppipitoisuus, fosfori- ja kaliumpitoisuus. pH-mittaus tehtiin kokeen aikana koetilalla ECO 209 pH-mittarilla, joka on Unkarilaisen Adwa Hungary Kft tuote Mittari kalibroitiin jokaisen mittauksen yhteydessä laitteen ohjeiden mukaisesti. Elektroninen potentiometri mittaa jännite-eroa, mikä syntyy lietteen ja elektrodin sisäisen nesteen jännitteen välille, ja määrittää sitä kautta pH:n. (Adwa 2019.)

Lietteen viskositeettia ei mitattu kokeen aikana mutta viskositeettia arvioitiin matemaattisen kaavan avulla, mikä pohjautuu viskositeetin ja kuiva-aineen väliseen riippuvuuteen. Landry ym. (2004) ovat mitanneet lietteen viskositeetin riippuvuutta kuiva-aineeseen keräämästään aineistostaan, jonka pohjalta he ovat kehittäneet lietteen viskositeetille laskentakaavan, mikä pohjautuu kuiva-ainepitoisuuteen. Lämpötilan ollessa 20 °C, ja kuiva-ainepitoisuuden ollessa 9-14 prosenttia, voidaan käyttää varauksin kaavaa: naudana lietteelle:  $\mu_{\text{slurry}} = 4 \cdot 10^{-5} \cdot \text{DM}^{4.4671}$ , ja sian lietteelle:  $\mu_{\text{slurry}} = 4 \cdot 10^{-6} \cdot \text{DM}^{4.632}$  Tulokseksi ( $\mu_{\text{slurry}}$ ) saadaan viskositeetille kansainvälisen yksikköjärjestelmän SI-järjestelmän mukainen arvo (Pa s)

#### 5.1.4 Tilastollinen käsittely

Tulosten käsittelyssä käytettiin perusmuotoista varianssianalyysia, mitä voidaan käyttää useamman ryhmän keskiarvojen vertailuun. Varianssianalyysilla pyritään selvittämään ryhmien keskiarvojen välisiä eroja, ja ovatko ne merkittävästi satunnaisvaihtelua suurempia. Mitä enemmän ryhmien välinen keskiarvo eroaa koko joukon keskiarvosta, sitä suuremmalla todennäköisyydellä muuttuja on vaihtelun syynä. Varianssianalyysin avulla testataan hypoteesia, jonka odotusarvo on, ettei ryhmien keskiarvojen välillä ole eroa. (Taani 2007)

Varianssianalyysin avulla testataan kahta hypoteesia; nollahypoteesi ja vaihtoehtoinen hypoteesi. Nollahypoteesi tarkoittaa, että ryhmien keskiarvot ovat samansuuruiset, ja vaihtoehtoinen hypoteesi sitä, että keskiarvojen välillä on eroa ainakin kahden ryhmän välillä. Varianssianalyysin tuloksena saadaan  $p$ -arvo, joka kertoo todennäköisyyden, että vaihtoehtoinen hypoteesi pitää paikkaansa. Yleisenä  $p$ -arvon raja-arvona pidetään 0,05 eli viiden prosentin varmuutta, että nollahypoteesi ei pidä paikkaansa, eli toisin sanoen, ryhmien välillä on 95% todennäköisyydellä eroa. Varianssianalyysin käyttöön liittyy tiettyjä käyttöedellytyksiä, jotka ovat; otokset ovat satunnaisesti valittuja, ja toisistaan riippumattomia, otokset ovat peräisin normaali jakautuneesta perusjoukosta, ja että otoksien varianssi, eli hajonta on yhtä suurta. (Taani 2007)

Tässä kokeessa varianssianalyysin käyttöedellytykset täyttyvät. Kokeen aikana käytettiin lietettä, joka oli otettu samasta karjasta, ja samalla tavalla annosteltu. Jokaisessa koeastiassa oli kokeen aikana sama



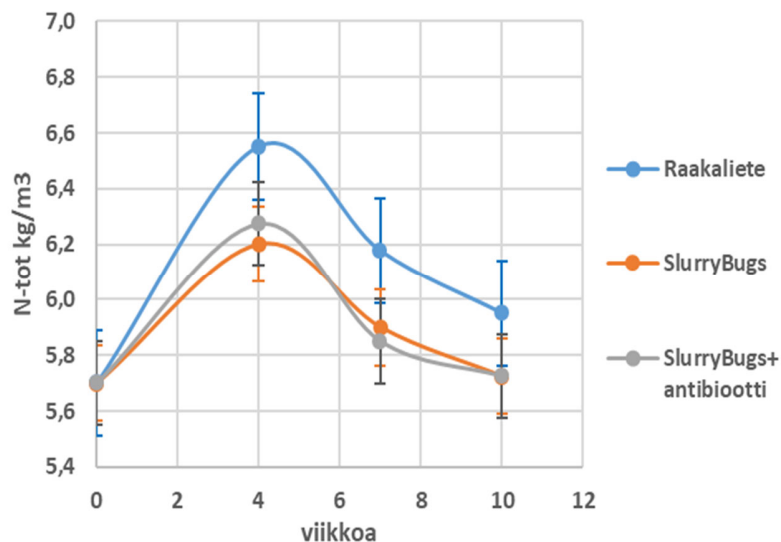
määrä lietettä, ja sekoittaminen tapahtui samalla tavalla. Ainoa muuttuja kokeen aikana oli tehdyt manipulaatiot. Lietettä pyrittiin käsittelemään muuten mahdollisimman samalla tavalla. Koeasetelma oli täydellisesti satunnaistettu koe, jolloin koejäsenten sisäinen hajonta oli joissakin tapauksissa suurta ja hajontojen epätasaisuuden vuoksi olisi ollut parempi käyttää Kruskal-Wallisin koetta.

## 6 KÄYTTÖKOEEN TULOKSET

Kokeen alussa lietteen kokonaistyyppimäärä oli keskimäärin  $5,7\text{kg/m}^3$ , liukoinen typpi  $3,4\text{kg/m}^3$ , fosfori  $1,1\text{kg/m}^3$ , ja kalium  $3,6\text{kg/m}^3$ . Lietteiden kuiva-ainepitoisuus kokeen alussa oli  $13,5\%$ . Kokonaisravinnepitoisuudet sekä kuiva-ainepitoisuudet olivat näytteissä valtakunnallisiin maaseutuviraston (2016b) keskiarvoihin verrattuna noin kaksinkertaiset. Valtakunnallisesti kokonaistyyppimäärät naudan lietelannassa ovat noin  $2,9\text{kg/m}^3$ , liukoinen typpi  $1,7$ , fosfori noin  $0,5\text{kg/m}^3$ , ja kalium  $3,8\text{kg/m}^3$ . Kuiva-ainepitoisuus on valtakunnallisesti keskimäärin  $6,3\%$  (Luostarinen ym. 2011).

### 6.1 Kokonaistyyppi

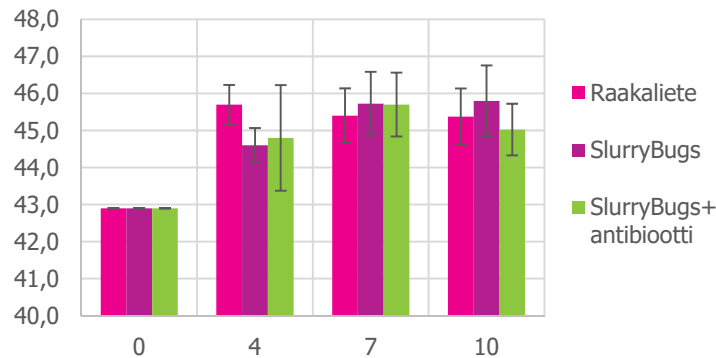
Kokonaistyyppiluku nousi aloituksesta toiseen näytteenottoon verrattuna. Koska aloituksessa ei otettu kuin yksi näyte, ei tälle välille voitu laskea tilastollista merkittävyyttä. Kokonaistyyppipitoisuudet laskivat kaikissa näytteissä viikkojen neljä ja kymmenen välisenä aikana. Raakalietteen kokonaistyyppi laski noin  $9\%$  arvosta  $6,6\text{ kg/m}^3$  ( $p=0,06$ ), Slurrybugs käsitellyissä noin  $8\%$ , arvosta  $6,2\text{ kg/m}^3$  ( $p=0,022$ ) ja antibiootti käsitellyissä noin  $9,5\%$  arvosta  $6,3\text{kg/m}^3$  ( $p=0,007$ ), kuten kuvioista 7 voidaan todeta. Käsiteltyjen lietteiden osalta kokonaistyyppi oli laskenut käsittelemättömään lantaan verrattuna viikkojen neljä ja kymmenen välisenä aikana noin viisi prosenttia enemmän raakalietteeseen verrattuna.



KUVIO 7. Kokonaistyyppi  $\text{kg/m}^3$  (Mäkinie mi 2019)

Abbruzzesen (2016) yhdeksän viikon testissä kokonaistyyppipitoisuuden osalta ei havaittu merkittävää eroa kontrollilietteen ja SB-lietteen osalta. Hänen kokeessaan kokonaistyyppipitoisuus laskivat kontrolli, sekä SB-

käsitellyssä lietteessä yhtä paljon. Tarkastellessa kokonaistyypeä painoyksikössä g/kg, nähdään ettei kokeen aikana tapahtunut merkittäviä muutoksia ajallisesti koejäsenien välillä, kuten kuviosta 8 voidaan todeta.

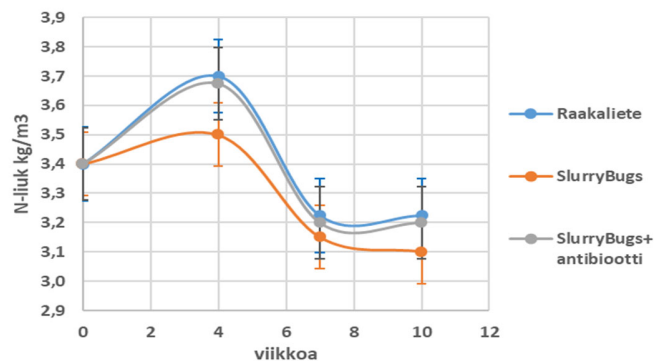


KUVIO 8. Kokonaistyyppi g/kg ka (Mäkiemi 2019)

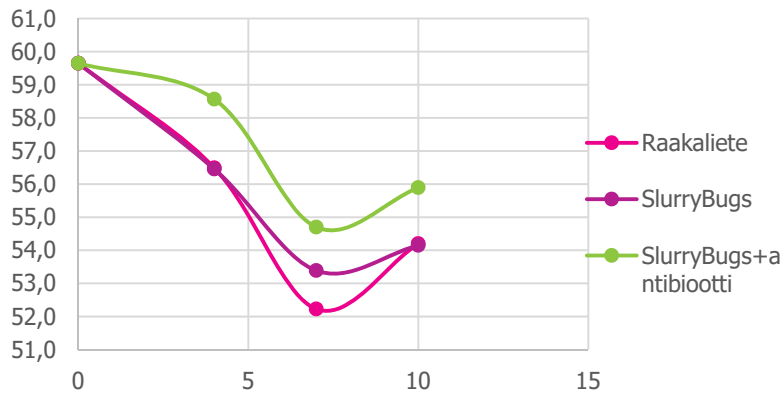
Jos tuloksia verrataan nitraattidirektiivin mukaiseen kokonaistypen 170kg/ha maksimilevitysmäärään, raakaliettä voidaan levittää maksimissaan 27,3m<sup>3</sup>/ha ja SlurryBugs-käsiteltyä 28,6m<sup>3</sup>/ha, eli SlurryBugs-käsiteltyä lietettä voitaisiin levittää kokonaistypen osalta 1,3m<sup>3</sup>/ha enemmän käsittelemättömään lietteeseen verrattuna.

## 6.2 Liukoinen typpi

Liukoisien typpien pitoisuus nousi aloituksesta toiseen näytteenottoon. Kuten edellä mainittu tilastollista merkittävyyttä ei voitu tältä väliltä laskea. Tämän jälkeen liukoisien typpien pitoisuus laski kaikissa koejäsenissä. Raakalietteessä liukoinen typpi laski viikkojen neljä ja kymmenen välisenä aikana noin 13,5% arvosta 3,7kg/m<sup>3</sup> ( $p < 0,001$ ). Samana aikana SlurryBugs-käsitellyssä lietteessä liukoinen typpi laski 11,4% arvosta 3,5kg/m<sup>3</sup> ( $p = 0,002$ ), ja antibiootikkäsitellyssä laskua oli noin 13,5% arvosta 3,7kg/m<sup>3</sup> ( $p < 0,001$ ). Kuviosta 9 nähdään liukoisien typpien muutos kiloina kuutiota kohden. Kuviosta 10 nähdään liukoisien typpien muutokset suhteessa kokonaistyyppiin.



KUVIO 9. Liukoisien typpien pitoisuus kokeen aikana (Mäkiemi 2019)



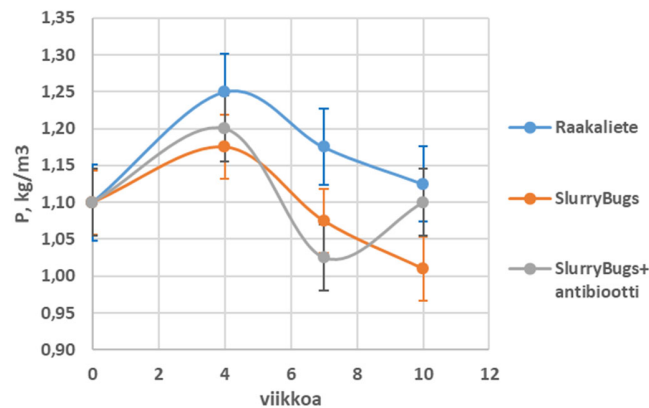
KUVIO 10. Typen liukoisuus (%) (Mäkinieniemi 2019)

Suurin osa Abburzzenen (2016) kokeen kokonaistypestä oli liukoisessa muodossa (noin 70%), kun tässä kokeessa liukoisen typen osuus vaihteli alun 59 prosentista viikon kymmenen 54 prosenttiin, kuten kuvasta 10 voidaan todeta. Varastoinnin aikana ammoniumia voi muodostua kahdella tapaa, mikrobien hajottaessa ureaa hydrolyysin avulla ja typen mineralisoituessa. Tehostajabakteerien luvattiin vähentävän lietteen typipäästöjä vähentämällä ammoniakkin haihduntaa käyttämällä ammonium-typpeä hyväkseen, mikä ei Abburzzenen kokeen mukaan näytä onnistuneen kovinkaan tehokkaasti, sillä kokeiden välillä ei ole havaittu merkittävää muutosta käsitellyn ja käsittelemättömän lietteen ammonium-pitoisuuksien välillä.

Syyksi tälle epäiltiin mikrobien lyhyttä ikää. Mikrobit voivat sitoa ammoniumtyppeä itseensä, mutta kuollessaan typpi vapautuu muiden mikrobien käyttöön ja sitä kautta vapautua ammoniakkina ilmaan, joten tällöin ratkaisu on vain väliaikainen. Tutkimusten mukaan lisättäessä lietteeseen lisäaineita tai vieraita mikrobeja, pitää niiden saada dominanssi ympäristössään, jotta ne voivat menestyä pidempään. Liukoinen typpi ei tulisi kokeen tuloksilla levityksen osalta rajoittavaksi tekijäksi, sillä kokonaistypipitoisuus rajoittuisi kaikissa tapauksissa ennen liukoisen typen rajan ylittymistä.

### 6.3 Fosfori

Fosforin osalta raakalietteessä ei havaittu kokeen aikana tilastollisesti merkittäviä muutoksia. Raakalietteessä fosforia oli keskimäärin  $1,18\text{kg}/\text{m}^3$ . SB-käsitellyssä fosforipitoisuus laski viikkojen neljä ja kymmenen välisenä aikana raakalietteeseen verrattuna yhdeksän prosenttia enemmän arvosta  $1,18\text{kg}/\text{m}^3$  arvoon  $1,01\text{kg}/\text{m}^3$  ( $p=0,008$ ) ja antibioottikäsitellyssä seitsemän prosenttia enemmän arvosta  $1,2\text{kg}/\text{m}^3$  arvoon  $1,1\text{kg}/\text{m}^3$  ( $p=0,005$ ). Kuviossa 11 nähdään koejäsenten välinen ero fosforin osalta.



KUVIO 11. Fosfori  $\text{kg}/\text{m}^3$  (Mäkinie mi 2019)

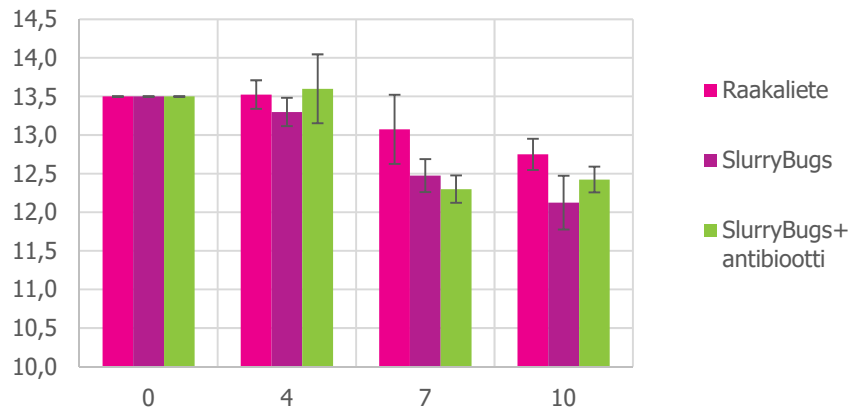
Abbruzzesen (2016) tutkimuksessa havaittiin, että hänen kontrollinäytössä oli fosforia kokeen lopussa 27% vähemmän verrattuna SlurryBugs käsiteltyyn lietteeseen yhdeksän viikon jälkeen. Käsittelemättömän lietteen kokonaisfosfori laski aloituksesta loppuun keskimäärin 19%, kun taas käsitellyn lietteen fosforimäärä laski keskimäärin noin 6%. Hänen ja tämän kokeen tulokset eivät ole johdonmukaisia keskenään, sillä tässä kokeessa kävi juuri päinvastaisesti.

Abbruzzesen (2016) tutkimuksessa ei selvitetty mistä tämä voisi johtua, mutta hypoteesina pidettiin, että fosfori olisi voinut haihtua fosfiinina ( $\text{PH}_3$ ), ja SlurryBugsin sisältämät *bacillus*-bakteerit olisivat hillinneet tätä haihtumista. Fosfiini on hyvin herkästi haihtuva kaasu, jota muodostuu luonnossa erilaisten anaerobisten bakteerien välityksellä. Tehostajabakteerit voisivat syrjäyttää nämä bakteerit lietteessä, mikä voisi selittää vähentyneet fosfiinipäästöt käsitellyssä lietteessä.

### 6.4 Kuiva-aine

Alkutilanteeseen verrattuna kuiva-aineprosentti laski käsitellyissä lietteissä. Myös raakalietteessä havaittiin pientä, mutta merkitsemätöntä muutosta. Raakalietteen kuiva-ainepitoisuus oli keskimäärin 13,1.

SlurryBugs käsittelyllä kuiva-ainepitoisuus laski arvosta 13,5% arvoon 12,1% ( $p=0,055$ ) ja antibioottikäsitelyssä 13,5%:sta arvoon 12,4% ( $p=0,044$ ). Kuviossa 12 voidaan nähdä koejäsenten kuiva-ainepitoisuuden muutos ajan suhteen.

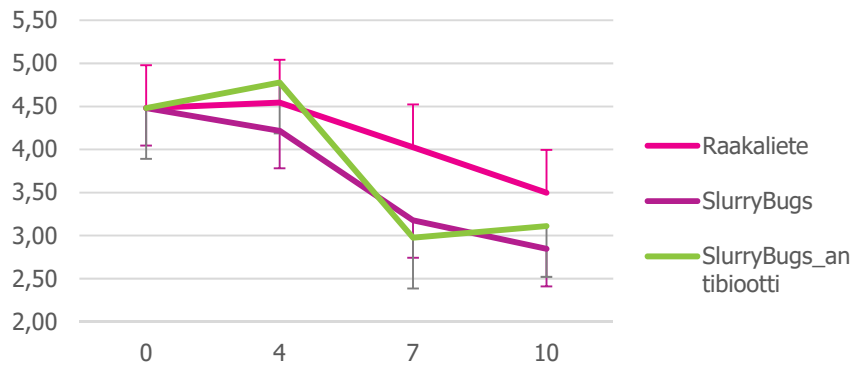


KUVIO 12. Kuiva-aineprosentti viikoittain (Mäkinieniemi 2019)

Tulokset ovat ristiriitaiset Abbruzzesen (2016) tuloksiin, sillä hänen tutkimuksissaan kuiva-ainepitoisuus pysyi käsitellyssä lietteessä korkeampana verrattuna käsittelemättömään lietteeseen. Toisaalta tämän kokeen tulokset ovat johdonmukaisia tuotteen valmistajan lupauksiin (Johansson 2018). Suomalaisiin keskiarvoihin verrattuna kokeen liete oli kuiva-ainepitoisuudeltaan keskiarvoja korkeampi. Viljavuuspalvelun (Luostarinen ym. 2011) keskiarvojen mukaan naudan lietelannan kuiva-ainepitoisuus on noin 6,2%, kun kokeen alussa kuiva-ainepitoisuus oli yli kaksinkertainen 13,5%.

## 6.5 Viskositeetti

Kaavaa käyttäen laskettiin kokeen tuloksista suuntaa-antavat viskositeetti-arvot, joiden tulokset mukailevat kuiva-ainetuloksia, kuten kuviosta 13 voidaan todeta. Viskositeettiluvut laskivat käsitellyssä lietteessä raakaliettä enemmän. Raakalietteen laskennallinen viskositeetti laski hieman, muttei tilastollisesti merkittävästi. Viikkojen neljä ja kymmenen välillä havaittiin käsitellyissä lietteissä muutosta. SB-käsittelyn lietteen laskennallinen viskositeetti laski arvosta 4,22Pa s arvoon 2,85Pa s ( $p=0,048$ ) ja antibioottikäsitelyssä arvosta 4,78Pa s arvoon 3,11Pa s ( $p=0,035$ ).

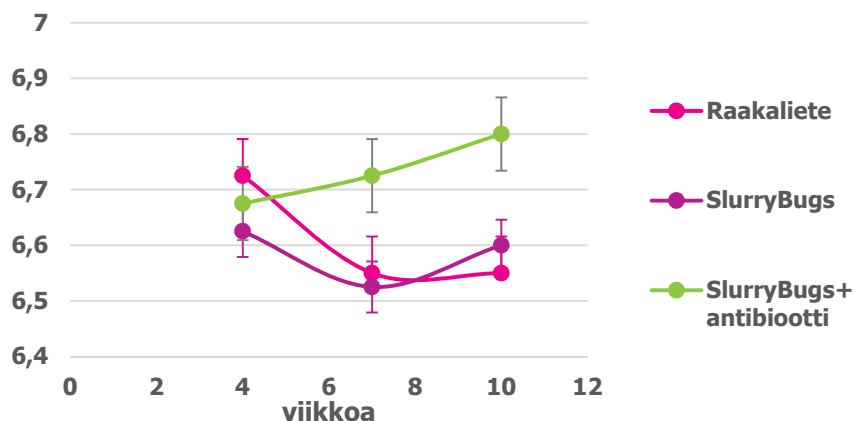


KUVIO 13. Laskennallinen viskositeetin muutos kokeen aikana (Mäkinieniemi 2019)

Kokeen laskennalliset viskositeettitulokset vaihtelivat kokeen aikana 2,02-5,98 Pa s. Huoneenlämmössä moottoriöljyn SAE 60 tai klyserolin viskositeetti n. 1-2 (Pa s), siirappi/hunaja 2-3 (Pa s), melassi 5-10 (Pa s), vesi 0,001 (Pa s). Viskositeetin aleneminen voi olla tilalle hyvinkin merkittävä tekijä varsinkin tilakoon kasvaessa, jolloin sekoitettava lietemäärä on suuri. Vanhoissa ahtaissa lietekuiluissa lietteen liikkuminen voi häiriintyä etenkin talviaikaan, sillä alhainen lämpötila alentaa lietteen viskositeettia. Tilannetta voidaan helpottaa vaikuttamalla kuiva-ainepitoisuuteen. Tuloksia tulee kuitenkin tarkastella kriittisesti, sillä laskukaava perustuu yhden tutkimuksen havaintojen perusteella tehtyyn laskukaavaan.

## 6.6 pH

Kokeen aikana ei havaittu tilastollisesti merkittävää muutosta happamuuden osalta, kuten kuviosta 14 voidaan todeta. Kokeen liete oli kuitenkin normaalia happamampaa (kokeessa keskimäärin 6,6-6,7, ja normaalisti 7-7,5), eikä se merkittävästi kerennyt kymmenen viikon aikana muuttumaan, vaikka lietteen oma mikrobitoiminta nostaa varastoinnin aikana pH:ta luontaisesti. Normaalista alhaisempi pH on voinut vaikuttaa



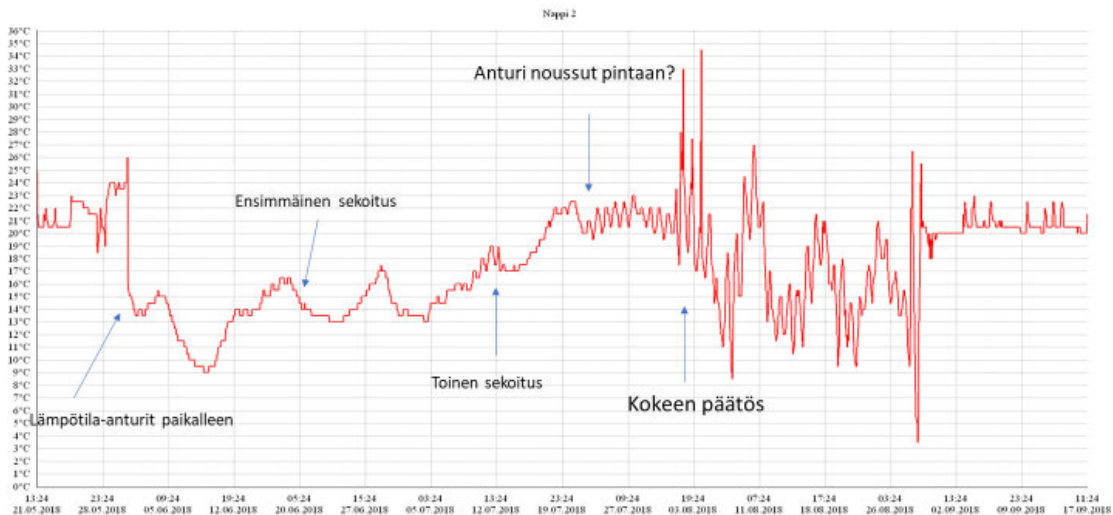
lietteen SlurryBugs-bakteerien toimintaan. 10-kantaisessa logaritmisessa asteikossa pienetkin vaihtelut merkitsevät suurta vaihtelua liuoksen oksonium-ionien aktiivisuudessa.

KUVIO 14. Lietteiden pH (Mäkinen 2019)

Kokeessa käytetty liete oli merkittävästi happamampaa kuin verrattuna Abbruzzesen (2016) kokeessa käytettyyn lietteeseen, missä kokeen alussa lietteiden pH oli yli 8,5 ja kahdeksan viikon päästä vielä 8,0-8,1. Happamuuden erot ovat voineet olla yksi tekijä, miksi kokeiden tulokset eroavat toisistaan.

## 6.7 Lämpötila

Lietteiden lämpötilat olivat kokeen ajan keskimäärin noin 18 celsiusastetta, mutta lämpötila vaihteli suuresti. Alhaisimmillaan mitattiin 8 celsiusastetta, ja ylimmillään jopa 27 celsiusastetta. Kokeen aikana havaittiin, että jotkut anturit nousivat pintaan, mikä on voinut olla syynä suuriin vaihteluihin, ja keskiarvoihin. Kokeen aikana ilma oli hyvin lämmintä, eikä sen aikana satanut juurikaan. Kuviosta 15 nähdään esimerkiksi yhden lämpötila-anturin keräämää dataa, ja kuinka paljon lämpötilat ovat vaihdelleet kokeen aikana. Lietteiden lämpötila oli suureksi osaksi yli 10 celsiusastetta, joten voidaan olettaa, että lietteeseen sekoitettuna virtsan urea on muuntunut kokonaan ammoniakiksi ureaasin välityksellä. Lietteiden lämpötila nousi vasta kokeen puolivälissä *bacillus*-bakteereille optimilämpötilaan typensidonnan osalta (15-25 °C), toisaalta tuote oli suunniteltu kylmiin olosuhteisiin



KUVIO 15. esimerkki lämpötilamittauksesta (Mäkinen 2019)



## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn tarkoituksena oli tutkia lietteen tehostajabakteerin käyttäjäkokemuksia, sekä bakteerien toimintaa Suomen olosuhteissa testaamalla sitä käytännön kokeella. Lietteiden tehostajabakteerien avulla vähentävien ravinteiden haihtumista ja kuorettumista varastoinnin aikana. Kyselytutkimukseen osallistuneet olivat pääasiassa tyytyväisiä tuotteeseen. Vastaajat olivat tyytyväisiä etenkin sen lietteen ominaisuuksiin tekemistä muutoksista, kuten kuorettuman ja sekoittamistarpeen laskemisesta. Kyselytutkimuksen tuloksia tulee kuitenkin tulkita varovaisesti, sillä vastausprosentti jäi alhaiseksi. Kyselytutkimuksen näki ja avasi 20 vastaajaa, mutta vain seitsemän lopulta vastasi, joten vastaajaryhmä on voinut valikoitua. Kyselytutkimuksella ei saatu tyhjentävästi vastattua tutkimuskysymyksiin, mutta sen avulla saatiin arvokasta tietoa käyttäjäkokemuksista tuntemattoman tuotteen käytöstä. Tuotteen käyttäjäkokemuksia voisi tutkia esimerkiksi teemahaastatteluiden avulla, jolloin voisi syventyä perusteellisemmin tuotteen käyttäjäkokemuksiin, ja tuotteen käyttöön liittyviin ongelmiin ja hyötyihin.

Käyttökokeen pohjalta tehtyjen analyysien perusteella voidaan todeta lietteiden tehostajabakteerin alentavan lietteiden kuiva-ainepitoisuutta, vähentävän kokonaistyyppi-, ja fosforipitoisuutta tilavuuteen nähden. Tämä sallisi suuremman lietemäärän levityksen hehtaaria kohden. Antibiootilla ei havaittu olevan merkitystä lietteiden ravinnesisältöön tai ominaisuuksiin SlurryBugs-käsiteltyyn lietteeseen verrattuna.

Tuotteen avulla vaikuttavan lietteiden ravinnesisältöön sitomalla bakteerien avulla haihtuvaa ammoniakki-tyyppiä vakaampaan orgaaniseen muotoon, jolloin ravinteiden haihtuminen vähenee varastointivaiheessa. Kaikissa koejäsenissä kokonaistyyppi laski noin 0,5-0,6kg/m<sup>3</sup>, sekä jokaisen koejäsenen liukoinen tyyppi laski noin 0,4-0,5kg/m<sup>3</sup>. SB-käsitellyissä lietteissä kokonaistyyppi laski noin 5% enemmän raakalietteeseen verrattuna. Liukoisen typen osuus kokeen alussa oli 59,6%, jonka osuus laski raakalietteessä ja SlurryBugs käsitellyssä 54,2% eli noin 5,4 %-yksikköä. Antibiootikkäsitellyssä lietteessä liukoisen typen osuus laski 55,9%, eli noin 3,7 %-yksikköä. Joten tehostajabakteeri ei ole tehnyt merkittävää muutosta lietteiden tyyppipitoisuuksiin tai sisältöön. Liukoisen typen osuus on laskenut kaikissa koeastioissa, joten haihtumista on tapahtunut kaikissa koejäsenissä, eikä SlurryBugsilla ole ollut merkitystä tähän kymmenen viikon kokeen aikana.

Kokeen aikana havaittiin käsitellyissä lietteissä fosforin osuuden laskua, mutta raakalietteessä ei havaittu merkittävää fosforin muutosta kokeen aikana. Englantilaisessa tutkimuksessa havaittiin päinvastainen muutos, jolloin hypoteesina esitettiin, että *bacillus*-bakteerit olisivat vähentäneet fosforin haihtumista lietteiden varastointiaikana. *Bacillus*-bakteerit kykenevät muuntamaan lietteiden sisältämää fosforia kasveille käyttökelpo-

poiseksi fosforihapoksi. Fosforihappoa käytetään esimerkiksi DNA:n muodostuksessa rakennusosana. Kokeessa käytetyssä lietteessä on oletettavasti erilainen bakteerikanta kuin englantilaisessa kokeessa käytetyssä lietteessä.

Kuiva-ainepitoisuuksissa syntyi kokeen aikana eroja vain käsitellyissä lietteissä. Kokeen aikana kuiva-ainepitoisuus oli kokeen lopussa SlurryBugs-käsitellyssä lietteessä 0,6%-yksikköä, ja antibioottikäsitellyssä 0,3%-yksikköä alhaisempi raakalietteeseen verrattuna. SlurryBugsilla näyttäisi siis olevan kuiva-ainetta hajottava vaikutus. Lisääntynyt biologinen aktiivisuus voi selittää kuiva-ainepitoisuuden laskun, jolloin mikrobit ovat hyödyntäneet lietteen pitkiä hiiliketjuja ravinnokseen, jolloin hiiltä on haihtunut hiilidioksidina. Voimakas kuorettuma on mahdollisesti ehkäissyt veden haihduntaa kokeen aikana, jolloin kuiva-ainepitoisuus on päässyt laskemaan, veden haihduntaa ei kuitenkaan mitattu kokeen aikana.

Lämpötila-anturit olivat hyvin kevyitä, ja muovipusseihin oli jäänyt ilmaa, lisäksi sekoittaessa lietteeseen sekoittui ilmaa, mikä on voinut edesauttaa lämpötila-antureiden nousua pintaan. Pusseihin olisi pitänyt lisätä painoja, jotta kelluminen olisi voitu ehkäistä. Kokeessa käytetty liete oli hyvin jäykkää, eli kuiva-ainepitoisuus oli normaalia korkeampi. Lämmin kuiva keli ja korkea kuiva-ainepitoisuus voivat olla syynä nopeaan kuorettumisen muodostumiseen. Lämmin sää lisää ammoniakkin haihtumista, mutta kokeen aikana ei havaittu SlurryBugsin vähentävän ammoniakkin haihduntaa lietteessä. Syynä tähän voi olla, että SlurryBugs on alkuun toiminut tehokkaasti, muttei ole päässyt dominoivaan rooliin, vaan sen kasvu on hiipunut jossain vaiheessa, jolloin muut bakteerit ovat päässeet valtaan, jolloin SlurryBugs-bakteereihin sitoutuneet ravinteet ovat vapautuneet muiden bakteerien käyttöön.

SlurryBugsilla ei näytä olevan vaikutusta lietteen happamuuteen. Kokeen aikana ei havaittu happamuudessa merkittäviä muutoksia. Kokeessa käytetyssä lietteessä oli korkea typpisisältö, sekä kuiva-ainepitoisuus, joten voidaan olettaa, että sen puskurikapasiteetti on vahva. Happamuuden muutoksiin vaadittaisiin esimerkiksi merkittävä kuiva-ainepitoisuuden lasku, jolloin haituvat rasvahapot haihtuisivat hiilidioksidina. Haihtuvat rasvahapot ylläpitävät happamuutta, joten korkeasta kuiva-ainepitoisuudesta voidaan päätellä lietteen sisältävän paljon rasvahappoja, minkä seurauksena lietteen pH on neutraalia alhaisempaa. Kokeen aikana kuiva-ainepitoisuus laski, mutta samalla emäksistä tyyppiä oli liuoksessa vähemmän haihdunnan tai laimenemisen takia, joten tästä syystä pH-arvot ovat voineet pysyä niin muuttumattomana kokeen aikana.

Lannan ravinnesisältöön ja ravinteiden haihduntaan vaikuttavat monet tekijät, kuten eläinten ruokinta, lannan keräys teknologia, varastointi, varastoihin lisätyt muut aineet, kuivikkeiden käyttö ja levitysmenetelmät. Lietteen biologinen toiminta on monimutkainen järjestelmä, mihin vaikuttavat monet tekijät kuten happamuus, lämpötila ja happipitoisuus. Tutkittavan kohteen monimutkainen järjestelmä yllätti tekijän kokeen ollessa jo käynnissä, joten tarkemmalla tutkimussuunnitelmalla olisi mahdollisesti saatu tarkempia tuloksia aikaiseksi.

Kyselytutkimuksen alhainen vastausprosentti jätti monia kysymyksiä auki. Kysely oli aukaistu yli 20 kertaa, mutta vastauksia saatiin vain seitsemän. Vastausprosentin ollessa matala, kyselyn tuloksista ei voitu tehdä suurempia johtopäätöksiä. Miksi suuri osa kyselyyn osallistuneista oli avannut sähköpostin ja kyselyn, mutta silti jättänyt vastaamatta? Oliko kysymysten asettelussa tapahtunut jokin virhe, mikä olisi johtanut vastaamattomuutta, vai eikö käyttäjillä ole ollut antaa mielipidettä tuotteesta?

Käytännön kokeen jälkeen heräsi kysymyksiä, joihin ei osattu etukäteen varautua, kuten onko järkevää tutkia lietteen happamuutta, ilman että tutkitaan kokonaisuipitoisuutta, eli ionivahvuutta. Voiko pH-mittausta pitää luotettavana ilman sitä? Olisiko tutkimus kannattanut tehdä ilman lietteen lisäystä, jolloin ruokinnan vaihtumisilta, ja sitä kautta ravinnepitoisuuksien vaihteluilta olisi vältytty? Tutkimuksessa käytetty liete oli valtakunnan keskiarvoihin verrattuna hyvin erilaista. Sen ravinnepitoisuudet ja kuiva-ainepitoisuudet olivat lähes kaksinkertaiset, joten se on voinut vaikuttaa bakteerien toimintaan ja sitä kautta kokeen vertailukelpoisuuteen.

Tässä tutkimuksessa taustatietoa on kerätty huolellisesti, ja aihetta on kuvattu käyttäen apuna kirjallisia lähteitä. Lähdekritiikistä on pyritty pitämään huolta. Tutkimuskysymykset ovat selkeät. Tutkimuksen tekijä on opiskelija, joten se voi alentaa validiteettia, vaikkakin tutkimukset tehtiin lehtoreiden valvonnassa. Käytännön koetta ei valvottu, vaan opiskelija teki käytännön työt itsenäisesti.

Karjanlannasta on moneksi. Se on arvokas lannoite, mutta samalla sen käyttöön liittyy paljon ratkaisemattomia ongelmia ja riskitekijöitä. Karjatalouden keskittyminen pienille alueille aiheuttaa haasteita ravinteiden tasaiselle käytölle. Karjanlannan hyödylliset ravinteet voidaan hukata huonolla käsittelyllä, ja pitkä talvi on oma haasteensa lietteen varastointiin. Suomi ei ole päässyt vuosikymmenessä yhtään lähemmäksi päästötavoitettaan ammoniakkin osalta, joten tehokkaita keinoja ammoniakkin haihdunnan vähentämiseksi tarvitaan pikaisesti. Ammoniakin haihtuminen karjanlannasta on hyvin luontainen prosessi, eikä tämän prosessin pysäyttämiseksi ole vielä löydetty kustannustehokkaita keinoja.

## 9 LÄHTEET

- A-LAB 2016. Sään ja ympäristön mittaus [verkkosivut] [viitattu 2019-04-14] Saatavilla: <http://www.a-lab.fi/en-products>
- ABBRUZZESE, Vito 2016. Using bio-manipulation to optimise nutrient management within intensive farm systems. [verkkoteksti] [viitattu 2018-02-24] Saatavilla: [http://eprints.lancs.ac.uk/86607/1/Vito\\_Abbruzzoese\\_s\\_thesis.pdf](http://eprints.lancs.ac.uk/86607/1/Vito_Abbruzzoese_s_thesis.pdf)
- ADWA 2019. ECO209 Continuous pH Indicator [Verkkosivu] [Viitattu 2019-04-14] Saatavilla: <http://www.adwainstruments.com/continuous-monitors/88-ph-monitor/35-eco-209>
- BANERJEE Manas Ranjan, YESMIN Laila, VESSEY Joseph Kevin 2005. Handbook of Microbial bio-fertilizers ISBN: 978-1-56022-269-9 Food Products Press, New York 2006 s.145
- BOEHRINGER INGELHEIM ANIMAL HEALTH NORDICS A/S 2017. Penovet käyttöohjeet. [Verkkojulkaisu] [viitattu 2018-03-01] Saatavilla: <http://spc.nam.fi/index/nam/html/nam/vetspc/9/223569.pdf>
- CHRISTENSEN Morten, SOMMER Sven, 2013. Manure characterisation and inorganic chemistry. Animal manure recycling treatment and management ISBN: 978-1-118-48853-9 John Wiley & Sons Ltd 2013 s.46-47
- ENVIROSYSTEMS 2018. [verkkosivu] [envirosystems.co.uk](http://envirosystems.co.uk) [viitattu 2018-02-24] Saatavilla: <http://www.envirosystems.co.uk/slurry-improvers/>
- ELINTARVIKEVIRASTO 2016. Bacillus cereus. [Verkkojulkaisu] [Viitattu 2018-29-03] Saatavilla: <https://www.evira.fi/elintarvikkeet/tietoa-elintarvikkeista/elintarvikevaarat/ruokamyrkytykset/ruokamyrkytyksia-aiheuttavia-bakteereja/bacillus-cereus/>
- ETT 2011. Delvotest SP NT Easy use [verkkojulkaisu] [Viitattu 2019-04-14] Saatavilla: [https://www.ett.fi/sites/default/files/user\\_files/terveydenhuolto/utareterveys/valio/Delvotest\\_tin\\_teko\\_ohje\\_9\\_9\\_2011.pdf](https://www.ett.fi/sites/default/files/user_files/terveydenhuolto/utareterveys/valio/Delvotest_tin_teko_ohje_9_9_2011.pdf)
- EUROFINS 2019. LANTASAATE. [Verkkojulkaisu] [Viitattu 2019-01-30] Saatavilla: [https://cdnmedia.eurofins.com/european-east/media/1818631/lanta\\_ohje.pdf](https://cdnmedia.eurofins.com/european-east/media/1818631/lanta_ohje.pdf)
- EUROOPAN PARLAMENTIN JA NEUVOSTON DIREKTIIVI (EU) 2016/2284. tiettyjen ilman epäpuh-  
tauksien kansallisten päästöjen vähentämisestä, direktiivin 2003/35/EY muuttamisesta sekä di-  
rektiivin 2001/81/EY kumoamisesta [verkkojulkaisu] [Viitattu 2018-03-19] Saatavilla: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:32016L2284>
- FINLEX. Valtionneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta. [Verkkojulkaisu] [Viitattu 2018-04-05] Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20141250>
- GENTILI Francesco, JUMPPONEN, Ari 2005. Handbook of microbial biofertilizers. ISBN: 978-1-56022-269-9 Food Products Press, New York 2006 s.7-9

- GRÖNROOS Juha 2014. Maatalouden ammoniakkipäästöjen vähentämismahdollisuudet ja –kustannukset. [Verkkojulkaisu] [Viitattu 2018-03-19] Saatavilla: [http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/152766/YMra\\_26\\_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/152766/YMra_26_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- HELLSTEDT Maarit, LUOSTARINEN Sari, REGINA Kristiina, SÄRKIJÄRVI Susanna, GRÖNROOS Juha, HAAPALA Hannu 2017. Lypsykarjanavetoiden ammoniakkipäästöjen nykytaso ja vähentämismenetemät ISBN: 978-952-326-453-3 Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2017 [Verkkojulkaisu] [Viitattu 2018-03-27] Saatavilla: [http://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/540248/luke-luobio\\_53\\_2017.pdf?sequence=1](http://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/540248/luke-luobio_53_2017.pdf?sequence=1)
- JENSEN Lars, SOMMER Sven 2013. Manure organic matter – Characteristics and microbial transformations. Animal Manure recycling: treatment and management. ISBN: 9781118488539 John Wiley & Sons, Isobritannia 2013 S. 68-70
- JOHANNSON Pauli 2018. SlurryBugs Cold Climate [Verkkosivu] [Viitattu 2018-04-04] Saatavilla: <https://www.vihtarinkone.com/3>
- KEMPPAINEN, E. 1987. Silage effluent: nutrient content and capacity to reduce ammonia loss when mixed with urine or slurry. Ann. Agric. Fenn. 26: 95-105. (Agric. Res. Centre, Dept. Agric. Chem. Phys., SF-31600 Jokioinen, Finland [viitattu 2018-02-25] saatavilla: <http://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/484752/mtt-aaf-v26-n2.pdf?sequence=1#page=19>
- KIVISALMI Ville 2003. Nitrifikaatiobakteerien toiminta. [Verkkojulkaisu] [Viitattu 2018-04-05] Saatavilla: <http://www.mv.helsinki.fi/home/kivisalm/Nitrifikaatiobakteerien%20toiminta.pdf>
- LANDRY Hubert, LAGUE C, ROBERGE M, 2004. Physical and rheological properties of manure products. *Eng.Agric.*, 20, 277-288.
- LUOMIO Jukka 2019. Antibiootit. [verkkojulkaisu] [Viitattu 2019-01-17] Saatavilla: [https://www.terveyskirjasto.fi/kotisivut/tk.koti?p\\_artikkeli=dlk01177](https://www.terveyskirjasto.fi/kotisivut/tk.koti?p_artikkeli=dlk01177)
- LUOSTARINEN Sari, HELLSTEDT Maarit, NOUSIAINEN, Jouni, GRÖNROOS Juha, MUNTHER Joonas, 2016. Suomen Normilanta-hankkeen loppuraportti [Verkkojulkaisu] [Viitattu 2018-03-13] Saatavilla: [www.ym.fi/download/noname/%7B4CB496FB-E4B5-4A69-9861-B39E7725844A%7D/119178](http://www.ym.fi/download/noname/%7B4CB496FB-E4B5-4A69-9861-B39E7725844A%7D/119178)
- LUOSTARINEN Sari, LOGREN Johanna, GRÖNROOS Juha, LEHTONEN Heikki, PAAVOLA Teija, RANKINEN Katri, RINTALA Jukka, SALO Tapio, YLIVAINIO Kari JÄRVENPÄÄ Markku, 2011. Lanan kestävä hyödyntäminen [Verkkojulkaisu] [Viitattu 2019-01-16] Saatavilla: <http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti21.pdf>
- MAASEUTUVIRASTO 2016a. Täydentävät ehdot. [verkkojulkaisu] [viitattu 2018-02-24] Saatavilla: <http://www.mavi.fi/fi/opaat-ja-lomakkeet/Documents/t%C3%A4ydent%C3%A4vien%20ehtojen%20opas%202016.pdf>
- MAASEUTUVIRASTO 2016b. Täydentävien ehtojen opas 2016 [Verkkojulkaisu] [Viitattu 2018-04-05] Saatavilla: [http://www.mavi.fi/fi/opaat-ja-lomakkeet/viljelijä/Documents/T%C3%A4ydent%C3%A4vien\\_ehtojen\\_opas\\_2016\\_\\_taulukot.pdf](http://www.mavi.fi/fi/opaat-ja-lomakkeet/viljelijä/Documents/T%C3%A4ydent%C3%A4vien_ehtojen_opas_2016__taulukot.pdf)

- MAASEUTUVIRASTO 2016b. Lannoitus ja ympäristökorvaus [nettisivu] [viitattu 2018-02-24] Saatavilla: <http://www.mavi.fi/fi/tuet-ja-palvelut/viljelijä/Sivut/lannoitus.aspx>
- MCSPADDEN GARDENER Brian B 2004. Ecology of Bacillus and Paenibacillus spp. in Agricultural Systems. *Phytopathology* 94:1252-1258 [Verkkójulkaisu] [viitattu 2018-03-29] Saatavilla: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdfplus/10.1094/PHYTO.2004.94.11.1252>
- NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY 2018. Penicillin G [Verkkójulkaisu] [viitattu 2019-01-17] Saatavilla: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5904#section=Information-Sources>
- PALVA Reetta, ALASUUTARI Sakari, HARMOINEN Taina 2009. Lannan käsittely ja käyttö. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy
- PEDA.NET 2014. Ioniyhdisteiden eli suolojen valmistaminen ja nimeäminen. [verkkójulkaisu] [viitattu 2019-04-08] Saatavilla: <https://peda.net/kannus/jvk/oppiaineet2/kemia/kemia32/oppi-kirja/IV/18>
- RIPATTI Riitta 2005. greenhousegas emissions in Finland 1990-2003. [verkkójulkaisu] [viitattu 2018-04-05] Saatavilla: [http://www.stat.fi/tup/khkinv/nir\\_2005\\_unfccc.pdf](http://www.stat.fi/tup/khkinv/nir_2005_unfccc.pdf)
- RIIKKO Kaisa 2014. Lantaravinteet kiertoon yhteistyöllä ja tekniikalla. Farmit 8/2014 [Verkkójulkaisu] [viitattu 2018-03-27] Saatavilla: [https://www.jarke.fi/sites/default/files/farmi\\_8\\_2014\\_jarki-lanta.pdf](https://www.jarke.fi/sites/default/files/farmi_8_2014_jarki-lanta.pdf)
- SALO Tapio, GRÖNROOS Juha, LUOSTARINEN Sari, KAPUINEN Petri, MANNINEN Kaisa, RANKINEN Katri ja MYLLYVIITA Tanja 2015. Lietelannan happokäsittely lannan ravinteiden käytön tehostamisen tukena [nettijulkaisu] [viitattu 2018-02-25] Saatavissa: [http://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/520282/luke-lubio\\_56\\_2015.pdf;sequence=2](http://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/520282/luke-lubio_56_2015.pdf;sequence=2)
- SOLUNETTI 2006. Mikrobit [Verkkójulkaisu] [viitattu 2018-03-29] Saatavilla: <http://www.solunetti.fi/fi/solubiologia/mikrobit/>
- SUOMEN VIRALLINEN TILASTO (SVT): Ilmapäästöt toimialoittain. ISSN=2323-7589, Liitetaulukko 3. Ammoniakkipäästöt (NH<sub>3</sub>) toimialoittain 2008-2015, tonnia. Helsinki: Tilastokeskus [verkkójulkaisu] [viitattu: 19.3.2018] Saatavilla: [https://www.stat.fi/til/tilma/2015/tilma\\_2015\\_2017-10-05\\_tau\\_003\\_fi.html](https://www.stat.fi/til/tilma/2015/tilma_2015_2017-10-05_tau_003_fi.html)
- SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUS 2015. Rikin ja typen oksidien päästövähennystavoitteet saavutettiin - ammoniakkin ei. [Verkkójulkaisu] [viitattu 2018-03-19] Saatavilla: [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat\\_ja\\_tilastot/Ympariston\\_tilan\\_indikaattorit/Ilman\\_epapuhautudet/Rikin\\_ja\\_typen\\_oksidiien\\_paastovahennysta\(28645\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Ympariston_tilan_indikaattorit/Ilman_epapuhautudet/Rikin_ja_typen_oksidiien_paastovahennysta(28645))
- TAANILA Aki 2007. Varianssianalyysi [Verkkójulkaisu] [viitattu 2018-02-23] Saatavilla: <https://docplayer.fi/7611110-Aki-taanila-varienssianalyysi.html><https://docplayer.fi/7611110-Aki-taanila-varienssianalyysi.html>
- TILASTOKESKUS 2019. Frekvenssijakauma. [Verkkosivu] [viitattu 2019-04-11] Viitattu: <https://www.stat.fi/meta/kas/frekvenssi.html>

TURNBULL 1996. Chapter 15 Bacillus. Medical Microbiology. 4th edition. [Verkkojulkaisu] [Viitattu 2018-03-29] Saatavilla: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK7699/>

VILPAS Pertti 2018. Kvantitatiivinen tutkimus [verkkojulkaisu] [Viitattu 2018-03-13] Saatavilla <https://users.metropolia.fi/~pervil/kvantsu/Moniste.pdf>

YMPÄRISTÖMINISTERIÖ 2018. Lannan ravinnetaulukko [Verkkojulkaisu] [viitattu 2018-03-13] Saatavissa: [www.ymparisto.fi/download/noname/%7BDD6E2EDB-11C0-451C-8546.../57994](http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BDD6E2EDB-11C0-451C-8546.../57994)

YMPÄRISTÖMINISTERIÖ 2018b. Toimintaohjelma maatalouden ammoniakkipäästöjen vähentämiseksi Suomessa. ISBN PDF: 978-952-453-970-8 [Verkkojulkaisu] [Viitattu 2018-04-04] Saatavilla: [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160627/MMM\\_1\\_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160627/MMM_1_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

YMPÄRISTÖMINISTERIÖ 2010. Kotieläintalouden ympäristönsuojeluohje [Verkkojulkaisu] [Viitattu 2019-04-11] Saatavilla: [file:///C:/Users/Hp/Downloads/OH1\\_2010\\_Kotiel%C3%A4intalouden\\_ymp%C3%A4rist%C3%B6nsuojeluohje.pdf](file:///C:/Users/Hp/Downloads/OH1_2010_Kotiel%C3%A4intalouden_ymp%C3%A4rist%C3%B6nsuojeluohje.pdf)

WEBPROLOL 2019. Kysely- ja raportointityökalu [Verkkosivu] [Viitattu 2019-04-11] Saatavilla: <https://webropol.fi/kysely-ja-raportointityokalu/>

LIITE 1. KYSELYTUTKIMUKSEN KYSELYLOMAKE

## Kysely SlurryBugs tehostajabakteerin käyttökokemuksista

### 1. Millainen on tilanne tuotantotapa?

Tavanomainen

Luomu

### 2. Millaista kotieläintuotantoa teillä on?

Maidontuotantoa

Muuta naudantuotantoa

Sikatuotantoa

Muuta, mikä?

---

### 3. Millainen lietevarasto tilallanne on?

Avosäiliö

Kannellinen säiliö

Lietelaguuni

Muu, mikä?

---



**4. Millanen lannanpoistojärjestelmä eläintiloissanne on?**

Avoraappa

Slalom

Putkilannanpoisto

Imulannanpoisto

Lannanpoistorobotti

Muu, mikä?

---

**5. Kuinka paljon tilallanne tuotetaan lantaa vuodessa?**

0- 1000 kuutiota

1001- 2000 kuutiota

2001- 4000 kuutiota

4001- 6000 kuutiota

Yli 6000 kuutiota

**6. Kulkeutuuko lietevarastoihin muita, kuin eläinperäisiä aineita? Voitte valita useamman vaihtoehdon.**

Pesuedet

Muu jätevesi

Antibioottimaidot

Erottelumaidot

Rehun puristenesteet

Muuta, mitä?

---

**7. Minä vuosina olette käyttäneet Slurrybugs tehostajabakteeria? Valitkaa kaikki vuodet jolloin olette käyttäneet tuotetta.**

2009

2010

2011

2012

2013

2014

2015

2016

2017

2018

**8. Kuinka pitkään olette käyttäneet SlurryBugsia?**

Yli 12 kuukautta

Alle 12 kuukautta

Alle 6 kuukautta

Alle kuukauden

**9. Jos SlurryBugsin käyttö ei ole jatkunut, niin miksi se ei ole jatkunut?**

---

---

---

**10. SlurryBugsin käyttö on helppoa?**

1 2 3 4 5

täysin eri mieltä

Täysin samaa mieltä

**11. Onko SlurryBugsin käytössä ilmennyt jotain haasteita?**

---

---

---

**12. SlurryBugsin käyttö on vähentänyt muiden lannoitteiden käyttöä?**

1 2 3 4 5

Täysin eri mieltä

Täysin samaa mieltä

**13. Onko lietteen ravinnepitoisuuksia analysoitu ennen ja jälkeen SlurryBugsin käytön?**

On

Ei

**14. Millaisia lietteen ravinnepitoisuuksien eroja olette havainneet SlurryBugsin käytön aloittamisen myötä? (1= laskenut merkittävästi, 2= laskenut vähän, 3= ei ole tapahtunut muutosta, 4= noussut vähän, 5= noussut merkittävästi)**

1 2 3 4 5

Kokonaistyyppipitoisuus on laskenut

Kokonaistyyppipitoisuus on noussut

Liukoisen typen osuus on laskenut

Liukoisen typen osuus on noussut

Fosforipitoisuus on laskenut

Fosforipitoisuus on noussut

Kaliumpitoisuus on laskenut

Kaliumpitoisuus on noussut

Kuiva-ainepitoisuus on laskenut

Kuiva-ainepitoisuus on noussut

**15. Millaisia muutoksia olette havainneet lietteen ominaisuuksissa SlurryBugsin käytön aloittamisen myötä? (1= lisääntynyt merkittävästi, 2= lisääntynyt vähän, 3= ei ole tapahtunut muutosta, 4= vähentynyt vähän, 5= vähentynyt merkittävästi)**

1 2 3 4 5

Lietteen sekoitustarve on lisääntynyt

Lietteen sekoitustarve on vähentynyt

Kuorettuminen on lisääntynyt

Kuorettuminen on vähentynyt

Lannan haju on lisääntynyt

Lannan haju on vähentynyt

**16. Onko lietteen ominaisuudet muuttuneet jotenkin muuten SlurryBugsin käytön myötä?**

---



---



---

**17. Tähän voitte kertoa kokemuksia SlurryBugsin käytöstä omin sanoin.**

---



---



---

**LIITE 2. LIETENÄYTTEIDEN TULOKSET**

näyttenumero näyte	Liukoinen typpi (N) g/kg ka	kg/Tonni	Kg/m3	Kokonaistyyppi (N) g/kg ka	MU	Kg/tonni	MU	Kg/m3	MU	Fosfori (P) g/kg ka	MU	Kg/tonni	MU	Kg/m3	MU	Kalium (K) g/kg ka	MU	kg/tonni	MU	Kg/m3	MU	Kuiva-aine (%)	Kosteus (%)	Tilavuuspaino kg/m3
1 vko 0	25,3	3,4	3,4	42,9	8,6	5,8	1,2	5,7	1,1	8,0	1,2	1,1	0,2	1,1	0,2	27	5	3,7	0,7	3,6	0,7	13,5	86,5	980
2 vko 4 1:1	26,7	3,5	3,7	45,1	9,0	5,9	1,2	6,2	1,2	8,2	1,2	1,1	0,2	1,1	0,2	31	6	4,0	0,8	4,2	0,8	13	87	1100
3 vko 4 1:2	24,9	3,4	3,6	47,5	9,5	6,5	1,3	6,9	1,4	8,7	1,3	1,2	0,2	1,3	0,2	30	6	4,2	0,8	4,4	0,9	13,7	86,3	1100
4 vko 4 1:3	26,8	3,6	3,8	44,8	9	6	1,2	6,4	1,3	8,7	1,3	1,2	0,2	1,3	0,2	29	6	3,8	0,8	4,1	0,8	13,4	86,6	1100
5 vko 4 1:4	25,4	3,5	3,7	45,4	9,1	6,3	1,3	6,7	1,3	8,6	1,3	1,2	0,2	1,3	0,2	30	6	4,2	0,8	4,5	0,9	14	86	1100
6 vko 4 2:1	24,6	3,3	3,6	45	9	6,1	1,2	6,5	1,3	8,5	1,3	1,2	0,2	1,2	0,2	28	6	3,8	0,8	4,1	0,8	13,6	86,4	1100
7 vko 4 2:2	26,4	3,5	3,6	45,1	9	5,9	1,2	6,1	1,2	8,7	1,3	1,1	0,2	1,2	0,2	27	5	3,5	0,7	3,6	0,7	13,1	86,9	1000
8 vko 4 2:3	23,2	3,2	3,3	43	8,6	5,9	1,2	6,2	1,2	8,6	1,3	1,2	0,2	1,2	0,2	27	5	3,7	0,7	3,9	0,8	13,7	86,3	1000
9 vko 4 2:4	26,5	3,4	3,5	45,3	9,1	5,8	1,2	6	1,2	8,2	1,2	1,1	0,2	1,1	0,2	27	5	3,5	0,7	3,7	0,7	12,8	87,2	1000
10 vko 4 3:1	26,3	3,6	3,8	43,9	8,8	6,1	1,2	6,4	1,3	8,5	1,3	1,2	0,2	1,2	0,2	29	6	4	0,8	4,1	0,8	13,8	86,2	1000
11 vko 4 3:2	29	3,5	3,7	49,6	9,9	6	1,2	6,3	1,3	8,6	1,3	1	0,2	1,1	0,2	28	6	3,3	0,7	3,5	0,7	12,1	87,9	1100
12 vko 4 3:3	24,8	3,5	3,5	42,1	8,4	5,9	1,2	5,9	1,2	8,3	1,2	1,2	0,2	1,2	0,2	30	6	4,2	0,8	4,2	0,8	14,1	85,9	1000
13 vko 4 3:4	25,2	3,6	3,7	43,6	8,7	6,3	1,3	6,5	1,3	8,8	1,3	1,3	0,2	1,3	0,2	31	6	4,4	0,9	4,6	0,9	14,4	85,6	1000
14 vko 7 1:1	26,2	3,1	3,2	47,9	9,6	5,7	1,1	5,9	1,2	8,5	1,3	1	0,2	1,1	0,2	27	5	3,2	0,6	3,4	0,7	11,8	88,2	1000
15 vko 7 1:2	23,4	3	3,1	44,7	8,9	5,8	1,2	5,9	1,2	8	1,2	1	0,2	1,1	0,2	26	5	3,3	0,7	3,4	0,7	12,9	87,1	1000
16 vko 7 1:3	22,4	3,2	3,4	44,1	8,8	6,3	1,3	6,8	1,4	8,3	1,2	1,2	0,2	1,3	0,2	28	6	3,9	0,8	4,2	0,8	14,3	85,7	1100
17 vko 7 1:4	23,9	3,2	3,2	44,9	9	6	1,2	6,1	0,2	8,5	1,3	1,1	0,2	1,2	0,2	29	6	3,8	0,8	3,9	0,8	13,3	86,7	1000
18 vko 7 2:1	26,1	3,1	3,2	48,5	9,7	5,8	1,2	5,9	1,2	8,2	1,2	0,98	0,15	1	0,2	30	6	3,6	0,7	3,7	0,7	12	88	1000
19 vko 7 2:2	23,7	3	3,1	43,8	8,8	5,6	1,1	5,8	1,2	8,1	1,2	1	0,2	1,1	0,2	27	5	3,4	0,7	3,6	0,7	12,9	87,1	1000
20 vko 7 2:3	23,8	3,1	3,2	45,4	9,1	5,8	1,2	6,1	1,2	8,3	1,2	1,1	0,2	1,1	0,2	27	5	3,4	0,7	3,6	0,7	12,9	87,1	1100
21 vko 7 2:4	24,1	2,9	3,1	45,2	9	5,5	1,1	5,8	1,2	8,4	1,3	1	0,2	1,1	0,2	33	7	4	0,8	4,2	0,8	12,1	87,9	1100
22 vko 7 3:1	25,3	3	3,2	48	9,6	5,8	1,2	6	1,2	8	1,2	0,96	0,14	1	0,2	32	6	3,9	0,8	4,1	0,8	12	88	1000
23 vko 7 3:2	25,8	3,1	3,2	44,3	8,9	5,3	1,1	5,6	1,1	8,2	1,2	0,99	0,15	1	0,2	32	6	3,8	0,8	4	0,8	12,1	87,9	1000
24 vko 7 3:3	25,2	3,1	3,2	46,7	9,3	5,7	1,1	5,9	1,2	8,3	1,2	1	0,2	1	0,2	27	5	3,3	0,7	3,4	0,7	12,2	87,8	1000
25 vko 7 3:4	23,9	3,1	3,2	43,8	8,8	5,7	1,1	5,9	1,2	8	1,2	1	0,2	1,1	0,2	30	6	3,9	0,8	4,1	0,8	12,9	87,1	1000
26 vko 10 1:1	24,7	3,2	3,3	44	8,8	5,6	1,1	5,9	1,2	8,6	1,3	1,1	0,2	1,2	0,2	33	7	4,2	0,8	4,4	0,9	12,8	87,2	1100
27 vko 10 1:2	23,6	3,1	3,1	44,4	8,9	5,7	1,1	5,9	1,2	8,2	1,2	1,1	0,2	1,1	0,2	30	6	3,9	0,8	4	0,8	12,9	87,1	1000
28 vko 10 1:3	24,7	3,3	3,3	45,2	9	6	1,2	6	1,2	8,6	1,3	1,1	0,2	1,2	0,2	29	6	3,8	0,8	3,9	0,8	13,2	86,8	1000
29 vko 10 1:4	25,8	3,1	3,2	47,9	9,6	5,8	1,2	6	1,2	8,4	1,3	1	0,2	1	0,2	31	6	3,7	0,7	3,8	0,8	12,1	87,9	1000
30 vko 10 2:1	26,4	3,1	3,2	47,7	9,5	5,6	1,1	5,9	1,2	8,5	1,3	1	0,2	1	0,2	30	6	3,6	0,7	3,7	0,7	11,8	88,2	1000
31 vko 10 2:2	23,4	3,1	3,2	42,6	8,5	5,6	1,1	5,8	1,2	7,9	1,2	1,1	0,2	1,1	0,2	30	6	4	0,8	4,1	0,8	13,2	86,8	1000
32 vko 10 2:3	25	3,1	3,1	46,5	9,3	5,7	1,1	5,8	1,2	8,4	1,3	1	0,2	1	0,2	31	6	3,8	0,8	3,8	0,8	12,2	87,8	1000
33 vko 10 2:4	25	2,8	2,9	46,4	9,3	5,2	1	5,4	1,1	8,1	1,2	0,91	0,14	0,94	0,14	34	7	3,9	0,8	4	0,8	11,3	88,7	1000
34 vko 10 3:1	25,6	3,1	3,2	46,7	9,3	5,7	1,1	5,8	1,2	8,6	1,3	1	0,2	1,1	0,2	33	7	4	0,8	4,2	0,8	12,2	87,8	1000
35 vko 10 3:2	24,3	3	3,1	44,2	8,8	5,4	1,1	5,6	1,1	8,7	1,3	1,1	0,2	1,1	0,2	33	7	4,1	0,8	4,3	0,8	12,3	87,7	1000
36 vko 10 3:3	25,7	3,1	3,2	46	9,2	5,6	1,1	5,8	1,2	8,5	1,3	1	0,2	1,1	0,2	29	6	3,6	0,7	3,7	0,7	12,2	87,8	1000
37 vko 10 3:4	24,6	3,2	3,3	43,2	8,6	5,6	1,1	5,7	1,1	8,2	1,2	1,1	0,2	1,1	0,2	28	6	3,7	0,7	3,8	0,8	13	87	1000