



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
LUONNONVARA- JA YMPÄRISTÖALA

LIETTEEN SIJOITTAMISEN VAIKUTUKSET NURMISATOON JA MAAN RAKENTEeseen

TEKIJÄ: Saku Jäppinen

Koulutusala Luonnonvara- ja ympäristöala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Agrologin tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä Saku Jäppinen			
Työn nimi Lietteen sijoittamisen vaikutukset nurmisatoon ja maan rakenteeseen			
Päiväys	02.05.2019	Sivumäärä/Liitteet	53/2
Ohjaajat Kirsi Mäkinieniemi, Heli Wahlroos			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Lantalogistiikka-hanke, Pasi Eskelinen			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Suomessa nurmentuotanto on yksi suurimmista pellonkäyttömuodoista. Nurmien keskisadot Suomessa ovat vain noin 5 000–6 000 kilogrammaa kuiva-ainetta hehtaarilta. Koska nurmikasveilla on korkea satopotentiaali, voi osa siitä jäädä hyödyntämättä alhaisilla kuiva-ainesadoilla. Korkeita nurmisatoja tavoiteltaessa lannoitusratkaisuihin ja viljelytoimenpiteisiin tulee kiinnittää enemmän huomiota kuin normaalisti.</p> <p>Opinnäytetyön tarkoitus oli selvittää, vaikuttaako peräkkäisinä vuosina toistuvasti tehty lietteen multaaminen nurmisatoon ja maan rakenteeseen. Lietteen multauksen ajatellaan katkovan nurmikasvuston juuria ja maan oletetaan tiivistyvän korkeiden akselimassojen alla. Opinnäytetyössä tehdyt kasvinviljelykokeet toteuttiin havaintokaistoilla eli opinnäytetyö oli kokeellinen tutkimustyö. Opinnäytetyön toimeksiantaja toimi Lantalogistiikka-hanke Savonia-ammattikorkeakoululta, jonka toimesta havaintokaistat oltiin alun perin perustettu.</p> <p>Havaintokaistoja kokeessa mukana oli neljä kappaletta. Jotta mahdollisia lietteen multauksen vaikutuksia pystyttiin tutkimaan, vertailtiin lietteen multausta lietteen letku- ja pintalevitykseen sekä väkilannoitukseen. Satotulokset kerättiin kahdesta nurmisadosta. Lisäksi kasvukaudella suoritettiin laajamittaiset penetrometrimittaukset, jokaiselle lohkolle kaivettiin kuoppatesti sekä syksyllä kerättiin kaistakohtaiset maanäytteet.</p> <p>Kasvukausi 2018 oli poikkeuksellisen kuiva ja lämmin, mikä jo osaltaan vaikutti nurmen kasvuun ja kehitykseen. Kokeen tuloksista voidaan todeta, että kuiva-ainesadoissa ei muodostunut eroja lannoituskäsittelyjen välille. Keskimäärin kaistat tuottivat kahdesta niitosta noin 6 500 kilogrammaa kuiva-ainetta hehtaarilta. Ensimmäisessä sadossa multainkaistan separoidun nestejakeen levitys myöhästyi, mikä näkyi kasvuston tiheydessä ja lehtivihreälukemissa. Rehuanalyysien tulosten perusteella eri lannoitustapojen välille syntyi eroja. Penetrometrimittaukset, kuoppatesti sekä maanäytteet osoittivat kaistojen maan kasvukunnon olleen hyvä, eikä kaistojen välillä ollut suuria eroja.</p> <p>Tämän tutkimuksen tulokset osoittavat sen, että lannoitustavalla ei ole suurta merkitystä sadon laatuun tai määrään. Lannoituskäsittelyjen välille kasvukaudella syntyneet erot selittyvät pitkälti lannoituksen määrällä sekä lannoituksen ajankohdilla. Tutkimus myös vahvistaa sitä, kuinka paljon nurmi tarvitsee ja hyödyntää typpeä ja kaliumia kasvukaudella. Opinnäytetyön tutkimus toi Lantalogistiikka-hankkeelle uutta tutkimustietoa sekä vertailukuvaa muihin tutkimuksiin. Tulevaisuudessa naudan lietalantaan liittyvissä kokeissa kannattaa suunnata tutkimusta siihen, kuinka naudan lietalannasta ravinteet saataisiin nopeammin kasveille käyttökelpoiseen muotoon.</p>			
Avainsanat nurmituotanto, naudanlietalanta, maan rakenne, nurmisato, lannoituskäsittely			

Field of Study Natural Resources and the Environment			
Degree Programme Degree Programme in Agriculture and rural Industries			
Author(s) Saku Jäppinen			
Title of Thesis Liquid manure placement effects on the grass crop and soil structure			
Date	02.05.2019	Pages/Appendices	53/2
Supervisor(s) Kirsi Mäkinen, Heli Wahlroos			
Client Organisation /Partners Lantalogistiikka-project			
<p>Abstract</p> <p>In Finland, grass production is one of the largest forms of field use. In Finland grass yields are on average only about 5 000–6 000 kilograms of dry matter yields per hectare. Because grass plants have a high harvest potential, some part of it can be left untapped with low dry matter of yields. In achieving high grass yields, more attention should be paid to fertilization solutions and cultivation measures as normal.</p> <p>The purpose of the thesis was to find out is there some effect on the grass yield and soil structure when liquid manure injection is repeated in successive years. Using liquid manure injection, it is thought to break roots of the grass growth and high axle masses are expected to pack the soil. In the thesis the crop cultivation tests were carried out in observation sectors, so the thesis was an experimental research work. As the commissioner of the thesis was Lantalogistiikka-project from Savonia University of Applied Sciences, by which the observation lansectors were originally set up.</p> <p>In this experiment there were four observation sectors. Liquid manure injection was compared with liquid manure drip hose booming, liquid manure surface spreading and fertilizer spreading so that effects of injection can be researched. The results of yields were collected from two grass crops. In addition, during the growing season-penetrometer measurements were carried out, each observation sector had a test pit and in autumn soil samples were collected from every sector.</p> <p>The growing season 2018 was really dry and warm, which already influenced the growth and development of the grass. Experimental data shows that there were no differences in dry matter yields between fertilizer treatments. On average the sectors produced about 6 500 kilograms of dry matter per hectare from two harvesting. In the first harvesting placement sector liquid manure spreading was delayed, which can be seen in the density of grass growth and also in the amount of chlorophyll. Feed analyzes show that there were differences between fertilizer treatments. Penetrometer measurements, test pits and soil samples showed that the growth condition of the soil was in a good level and there were no significant differences between the sectors.</p> <p>The results of this thesis show that fertilization treatment does not affect much the quality of the grass or the amount of grass. During the growth season developed differences between fertilizer treatments were explained by the amount of fertilizer and fertilizer timing. The research also confirms how much grass needs and utilizes nitrogen and potassium in the growing season. This thesis gives new research data to the Lantalogistiikka-project and a comparison base to other researches. In the future the research work of liquid manure should be directed to how to get nutrients of liquid manure quickly in usable form for plants.</p>			
<p>Keywords grass production, liquid manure, soil structure, grass crop, fertilization processing</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	NAUDAN LIETELANTA NURMISÄILÖREHUN LANNOITTEENA	7
3	LANNOITTEIDEN LEVITYSMENETELMÄT.....	9
3.1	Lannoitteiden keskipakoislevitin	9
3.2	Lietteen hajalevitys	10
3.3	Lietteen letkulevitys	10
3.4	Kiekkovannasmultaaminen	11
4	LIETTEEN SIJOITTAMISEN VAIKUTUKSIA.....	12
4.1	Lietteen sijoittamisen vaikutukset nurmisatoon	12
4.2	Lietteen sijoittamisen vaikutukset maan rakenteeseen.....	13
5	TAVOITTEET JA TUTKIMUSMENETELMÄT	14
5.1	Opinnäytetyön kokeellisen osan toteutus.....	15
5.2	Viljelytoimenpiteet ja lannoitustasot	16
5.3	Sääolosuhteet kasvukaudella 2018.....	17
5.4	Mittaukset ja analyysit.....	18
5.4.1	SPAD-mittaus, kasvuston korkeuden mittaaminen ja kasvuston tiheyden määrittäminen..	18
5.4.2	Kehikönäytteen otto, satotasomääritys ja botaaninen analyysi.....	20
5.4.3	Raaka-ainenäyteanalyysi	23
5.4.4	Kuoppatesti ja penetrometri.....	23
5.4.5	Viljavuustutkimukset	24
5.5	Tulosten analysointimenetelmät.....	24
6	KENTTÄKOKEEN TULOKSET	26
6.1	SPAD-tulokset.....	26
6.2	Kasvuston tiheydet, korkeudet, satotasot ja rikkakasvipitoisuudet	27
6.2.1	Ensimmäinen säilörehusato.....	27
6.2.2	Toinen säilörehusato	29
6.3	Rehuraaka-aineen rehuarvot havaintokaistoilla	30
6.4	Tuhka- ja kivennäispitoisuudet havaintokaistoilla	35
6.6	Viljavuustulokset havaintokaistoilla.....	40

7 JOHTOPÄÄTÖKSET	46
8 POHDINTA.....	48
LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	50
LIITE 1: VARIANSSIANALYYSIEN SEKÄ PARIVERTAILUJEN TULOKSET	54

1 JOHDANTO

Suomessa nurmisäilörehu on tärkein yksittäinen tekijä nautojen ruokinnassa. Vuonna 2018 Suomessa peltopinta-ala oli noin 2,2 miljoonaa hehtaaria, joista rehunurmella oli 760 000 hehtaaria. Vuonna 2017 Suomessa kerättiin säilörehua tuorekiloina 12 290 kilogrammaa hehtaarilta. (Partala 2018.) Tämä tarkoittaisi 35 kuiva-aineprosentilla vain 4 300 kilogramman kuiva-ainesatoa hehtaarilta.

Nurmilla on todella korkea satopotentiaali ja osa siitä saattaa jäädä vielä hyödyntämättä alhaisilla sadoilla. Nykypäivänä peltoalasta käydään tiukkaa kilpailua, joten on järkevää tavoitella huippusatoja lohkoilta, jotka itsellään on viljelyssä. Korkeita satoja (10 000kg ka/v) tavoiteltaessa viljelytekniset ratkaisut täytyy miettiä tarkkaan sekä lietteen levityksessä tulisi miettiä vaihtoehtoisia levitysmenetelmiä, jotta pellolta saataisiin enemmän laadukasta nurmisäilörehua.

Suomessa vuonna 2017 naudan lietelantaa syntyi noin 11,6 miljoonaa tonnia (Luostarinen, Hellstedt, Nousiainen, Gröönroos ja Munther 2017). Ajatellaan teoriatietoon pohjautuen, että koko 11,6 miljoonaa tonnia naudan lietelantaa levitettäisiin pelkästään aiemmin mainitun 760 000 rehunurmi hehtaarin alalle. Tämä tarkoittaisi noin 15,3 tonnia naudan lietelantaa jokaiselle nurmihehtaarille. Tällä levitysmäärällä ja keskimääräisillä naudan lietelannan pitoisuuksilla kertyisi jokaiselle hehtaarille peräti 32 kilogrammaa liukoista typpeä, 8,8 kilogrammaa fosforia sekä 58 kilogrammaa kaliumia. Tämä osoittaa sen, että karjanlantaa kannattaa hyödyntää nurmen lannoituksessa, mutta väkilannoitteita karjanlannalla ei kuitenkaan voi täysin korvata eli täydennyslannoitus kannattaa silti tehdä väkilannoitteilla (Farmit s.a.).

Opinnäytetyöni aiheeksi muotoutui oman kiinnostukseni ja ajankohtaisuuden vuoksi lietteen sijoittaminen, jolla pyritään vähentämään ympäristöhaittoja, sillä lietteen sijoittaminen vähentää ravinnehuuhtoumia pellolta. Aihetta pidän ajankohtaisena, koska nykypäivänä puhutaan paljon maatalouden ympäristöhaitoista. Havaintojeni mukaan aiheesta ei ole tehty kovinkaan montaa tutkimusta. Lisäksi aiheen valintaa edesauttoivat hyvän toimeksiantajan ja ohjaajan löytyminen. Toimeksiantajana opinnäytetyössä toimii Lantalogistiikka-hanke Savonia-ammattikorkeakoululta, jonka päätavoitteena on parantaa karjanlannan hyödyntämistä erityisesti Pohjois-Savon alueella (Lantalogistiikka-hanke s.a.).

Työn kokeellisen osan tarkoituksena on selvittää, vaikuttaako monena peräkkäisenä vuotena toistuvasti tehty lietteen sijoittaminen nurmisatoon ja maanrakenteeseen. Opinnäytetyön tavoitteena on saada esille mahdolliset lietteen sijoittamisen vaikutukset nurmisatoon ja maanrakenteeseen vertaamalla sitä väkilannoitukseen sekä lietteen letku- ja pintalevitykseen. Tuloksia voidaan hyödyntää tulevaisuudessa nurmen lannoituksen suunnittelussa ja toteutuksessa. Teoriosuudessa käyn läpi jo tehtyjä tutkimuksia lietteen sijoittamisen vaikutuksista nurmisatoon sekä maan rakenteeseen. Teoriaosuudessa esitellään yleisimmät levitysmenetelmät, jotka ovat samoja kuin havaintokaistoilla käytettävät lannoitusmenetelmät. Samalla selvitetään karjanlannan käyttöä lannoitteena sekä sen sisältämiä pääravinteita.

2 NAUDAN LIETELANTA NURMISÄILÖREHUN LANNOITTEENA

Karjanlanta on pääosin typpeä (N), fosforia (P) ja kaliumia (K) sisältävä orgaaninen lannoite. Karjanlanta on pääosin lietteenä ja kuivalantana. Tässä työssä käsittelen nimenomaan liettelantaa, joka sisältää sontaa, virtsaa, pesu- ja sulamisvesiä. (Virtanen 2017.) Lietelanta sisältää myös hivenravinteita, joita lantaan tulee eläinten kivennäisruokinnan kautta (Kurki ja Valo 2013, 6).

Mikäli lietettä levitettäisiin nurmelle 30 tonnia hehtaarille, toisi se kasveille käyttökelpoista liukoista typpeä noin 70 kilogrammaa hehtaarille (Kurki ja Valo 2013, 2). Jos nurmen lannoitus tehtäisiin liukoisen typen osalta maksimimäärillä riippuen multavuudesta ja korjuukerroista (240kg/ha/v), olisi tämä 70 kilogrammaa hehtaarille jo 30 prosenttia koko kesän maksimilevitysmäärästä liukoisen typen osalta. Karjanlannasta voidaan siis sanoa, että se on arvokas lannoitusreservi ja vähentää tiloilla ostoväkilannoitteiden käyttöä.

Nurmen lannoitus on tärkein yksittäinen tekijä, jolla pellostaa saadaan suuria kuiva-ainesatoja. Jotta lannoitteista saadaan kaikki ravinteet tehokkaasti hyödynnettyä, pellon kasvukuntotekijöiden (muun muassa ojitus ja pinnanmuodot) tulee olla kunnossa. (Yara 2019.) Nurmia lannoitetaan Suomessa pääosin typpi-, fosfori-, kalium- ja rikkilannoitteilla ja myös hivenlannoitusta suositellaan tehtävän (Farmit s.a).

Lannasta ja orgaanisista lannoitteista kertyvälle kokonaistypelle on olemassa nitraattiasetus, joka rajoittaa vuosittaisen kokonaistypen levitysmäärän 170 kilogrammaan hehtaarille. Tätä asetusta jokaisen on noudatettava. Nitraattasetuksen mukaan liukoisen typen enimmäislevitysmäärä on nurmelle vuodessa riippuen maalajista 210–250 kilogrammaa hehtaarille. Mikäli liukoisen typen lannoitusmäärä ylittää 150 kilogrammaa hehtaarille vuodessa, lannoitusmäärä on jaettava kahteen erään ja lannoitus kertojen välillä on oltava vähintään kaksi viikkoa väliä. Orgaanisia lannoitteita saa levittää 15.9. jälkeenkin talven yli kasvipeitteisille lohkoille, mutta tällöin orgaanisten lannoitteiden multaaminen on välttämätöntä. (Valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta 2014.)

Ympäristöehtojen mukaan lannoitustasot ovat hieman erilaiset. Vuonna 2016 Suomessa noin 90 prosenttia tiloista ja peltopinta-alasta oli sitoutunut ympäristökorvaukseen (Solla ja Äijälä 2017). Alla olevassa taulukossa (taulukko 1) on kuvattu ympäristöehtojen mukaiset lannoitustasot. Nämä ehdot koskevat vain ympäristöehtoon sitoutuneita viljelijöitä (Yara 2018).

TAULUKKO 1. N-lannoitustasot ympäristökorvauksen mukaan (Yara 2018.)

Liukoinen N (kg/ha)	Liukoisen typen maksimi levitysmäärät (kg/ha/v)			
	Vähä multaiset ja multavat maat	Runsasmultaiset maat	Erittäin runsasmultaiset maat	Eloperäiset maat
Säilörehunurmi (2.satoa)	200	190	180	160
Säilörehunurmi (3.satoa)	240	230	220	190

Lainsäädännön mukaan, jota kaikkien on noudatettava, kokonaisfosforin maksimimäärä on 325 kilogrammaa hehtaarille viiden vuoden käyttöjaksoina eli 65 kilogrammaa hehtaarille vuodessa (maa- ja metsätalousministeriö 2016).

Ympäristökorvaukseen kuuluvilla viljelijöillä fosforilannoitus määräytyy viljavuusnäytteen sekä taulukkoarvojen mukaan. Kokonaisfosfori huomioidaan 100 prosenttisesti levitysajankohdasta riippumatta. Lannoitukseen on laskettava myös epäorgaanisten eli väkilannoitteiden, orgaanisten lannoitevalmisteiden sekä kotieläinten lannan sisältämät ravinteet. Karjanlannasta käytetään voimassa olevaa lanta-analyysia tai taulukkoarvoa, jos analyysia ei ole tehty. (Kolari 2016.)

Ympäristökorvaus ja lainsäädäntö eivät rajoita kaliumin tai muiden hivenravinteiden käyttömääriä. Karjanlannan sisältäessä myös kaliumia, on se järkevää levittää nurmelle. Nurmikasvit tarvitsevat kaliumia runsaasti, lähes saman verran kuin tyypeä. Erityisesti keväällä nurmikasvusto ottaa kaliumia yli tarpeensa. (Kurki ja Valo 2013, 5.) Kalium parantaa nurmikasvuston korren vahvuutta, vesitaloutta sekä kylmän ja kuivuuden kestävyyttä sekä lisää myös satoa (Yara-nurmi 2019).

3 LANNOITTEIDEN LEVITYSMENETELMÄT

Opinnäytetyö käsittelee yhtä väkilannoitteen levitysmenetelmää sekä lisäksi lietteen letku- ja hajalevitystä sekä lietteen kiekkovannasmultaamista. Väkilannoitteiden ja lietteen levitysmenetelmiä on lukuisia, mutta tässä työssä käsitellään niistä vain edellä mainitut. Levitysyhdistelmien painoissa on suuria eroja lietteen ja väkilannoitteiden levityksen välillä. Väkilannoitusyhdistelmän painot jäävät yleisesti alhaisemmaksi kuin lietteen levitysyhdistelmän ja näin mahdolliset tiivistymis- ja tallausvauriot ovat vähäisempiä. Väkilannoitteen levitysmenetelmä on tutkimuksessa mukana, jotta voidaan verrata väkilannoitus levitysmenetelmän vaikutuksien eroja lietteen levitysmenetelmiin.

Ravinteet päätyvät kolmella muulla levitysmenetelmällä pintaan, mutta yhdessä lietteen levitysmenetelmässä eli lietteen multauksessa ravinteet pääosin menevät multaimen tekemään viilton pellossa (Peltonen ja Harmoinen 2009, 73; Palva, Alasuutari, Harmoinen ja Alakukku 2009, 75-78). Tässä opinnäytetyössä käsitellään kiekkovannasmultaamista sekä lietteen haja- ja letkulevitystä. Opinnäytetyössä käsiteltävä väkilannoitteenlevitin on keskipakoislevitin.

3.1 Lannoitteiden keskipakoislevitin

Keskipakoislevitin (kuva 1) on lannoitteen levitinmalli, jolla levitetään pääsääntöisesti rakeistettuja lannoitteita, joka Suomessa yleisin pintalevitykseen tarkoitettu lannoitteenlevitin. Keskipakoislevittimen toimintaperiaate on yksinkertainen: säiliössä olevat rakeiset lannoitteet valuvat pohjassa olevan luukun kautta levitinlautasille, joita levittimessä mallin mukaan on yksi tai kaksi. Levitinlautaset pyörivät ja keskipakoisvoiman ansiosta lannoitteet leviävät tasaisesti peltoon. (Mäkelä ja Mikkola, 1987.)

Lannoitteen levittäminen säädöt tulevat olla tarkasti tehty, jotta lannoiterakeet leviävät tasaisesti. Lannoitteiden levitessä tasaisesti levityslevydelle saadaan lannoitteista paras mahdollinen hyöty. Keskipakoislevittimen säädöt tehdään valmistajien taulukkojen mukaan. (Yara 2018).



KUVA 1. Väkilannoitteen levitin (Lantalogistiikka-hanke 2016.)

3.2 Lietteen hajalevitys

Hajalevitystä voidaan pitää yleisimpänä lietteen levitysmenetelmänä (kuva 2). Hajalevityksessä liete leviää pellon pintaan koko työleveydelle. Levityksessä ongelmana voidaan pitää levityskuvion muuttamista lannan ominaisuuksien sekä levitysnopeuden mukaan (Salo ja Kapuinen 2014).

Isoimmat ongelmat tulevat kuitenkin ravinteiden huuhtoutumisessa sekä haihtumisessa. Erityisesti tyyppi haihtuu pintalevityksessä tehokkaasti, koska lanta on ilman kanssa yhteydessä (Joki-Tokola s.a.) Tämä levitysmenetelmä on selkeästi edullisin menetelmä levittää liettä. Kaluston edullisuus sekä levittämisen nopeus tekevät tästä menetelmästä yleisen.



KUVA 2. Lietteen hajalevitys (Lantalogistiikka-hanke 2017.)

3.3 Lietteen letkulevitys

Lietteen letkulevityksessä liete ohjataan maan pinnalle letkuja pitkin suoraan kasvuston juurelle (kuva 3). Liete jää letkulevittimen jälkeen maan pintaan siististi, jolloin liete ei sotke kasvustoa paljoakaan. Letkulevittimellä levitettäessä erityisesti typen haihdunta on vähäisempää ja hajuhaitat pienempiä verrattuna pintalevitykseen. (PEL-tuote 2019.) Letkulevittimen hyötyinä voidaan pitää tasaista levityskuviota, sillä tehollinen työleveys on aina sama. Lannan koostumus ei vaikuta lietteen levitys tasaisuuteen tällä menetelmällä. (Salo ja Kapuinen 2015.)



KUVA 3. Letkulevitin (Jäppinen 2014-18-06.)

3.4 Kiekkovannasmultaaminen

Multaaminen on lietteen levitysmenetelmä (kuva 4), jossa lietelanta sijoitetaan maan sisään jo levityksen aikana. Multain tekee pellon pintaan vähintään viisi senttimetriä syvän viillon, johon liete ohjataan, multaimen kiekkojen takana olevilla suuttimilla. (ELY-keskus s.a.) Menetelmän hyötyinä voidaan pitää sen parempaa lannoitusvaikutusta, kuin lietteen haja- ja letkulevityksessä sekä lietteen multaaminen peltoon vähentää typen haihtumista ja ravinteiden huuhtoutumisriskiä (Lötjönen 2014). Multaukseen saa ympäristökorvauksessa hehtaariperusteista tukea, joka on tällä hetkellä 40 euroa hehtaarille (Setälä 2018).



KUVA 4. Kiekkovannasmultain (Lantalogistiikka-hanke 2016.)

4 LIETTEEN SIJOITTAMISEN VAIKUTUKSIA

Vuonna 2011 Suomessa lietelannan levitysalasta jo kolmanneksella oli käytetty levitysmenetelmänä lietteen sijoittamista maahan (Lehtonen 2011). Lietteiden sijoittamisesta puhutaan, kun laite tekee peltomaan pintaan viillon, minne lanta tai virtsa ohjataan tai käytetään multavaa laitetta, jonka etupuolelle orgaaninen lannoite johdetaan, joka sekoittaa sen maahan heti. (ELY-keskus s.a.)

Ravinteiden hyväksikäyttö paranee typen, kaliumin ja fosforin osalta. Nämä ovat painavia syitä sille, että lietteen sijoittaminen on yleistynyt. Sijoittamisen yleistymiseen on mahdollisesti vaikuttanut myös syyspintalevityksen kielto eli käytännössä sijoittamisella saadaan noin kaksi kuukautta levitysaikaa lisää syksyllä. (Lötjönen 2014.)

4.1 Lietteen sijoittamisen vaikutukset nurmisatoon

Luonnonvarakeskuksen Maaningan yksikkö toteutti kenttäkokeen vuosina 2015–2016 lietteen sijoittamisen aiheuttamista satotappioista hiesumaalla. Silmämääräisten havaintojen perusteella toistuva lietelannan sijoittaminen voi vaurioittaa nurmikasvustoa ja aiheuttaa mahdollisia satotappioita. Mahdollisten satotappioiden arveltiin johtuvan sijoitusvantaisten vaikutuksista sekä koneiden aiheuttamista tallausvaurioista kasvustossa. (Järvenranta, Rätty, Hartikainen ja Virkajärvi 2018, 200.)

Koe perustettiin nurmilohkolle kahtena kerranteena, jossa oli neljä eri levitysvariaatiota. Koeruutujen käsittelyt olivat seuraavat: ensimmäisessä levitysvariaatiossa oli yksi levityskerta kasvukaudelle ensimmäisen rehunteon jälkeen, jolloin sijoitettiin 20 tonnia hehtaarille lietettä ja annettiin typpitäydennys väkilannoitteella. Toisessa variaatiossa oli kaksi levityskertaa kasvukaudella: liete sijoitettiin ensimmäiseen ja toiseen satoon. Lietteen sijoitusmäärä oli keväällä 20 tonnia hehtaarille ja kesällä 20 tonnia hehtaarille sekä lisäksi ravinteita täydennettiin väkilannoitteella. Kolmannessa variaatiossa oli pelkkä väkilannoite, mutta koeruutujen yli ajettiin sijoitusvantaat maassa. Liete sijoitettiin sijoitettavalla lietevaunulla. Neljännessä variaatiossa oli myös pelkkä väkilannoite, mutta koeruutujen yli ajettiin lietevaunulla vantaat ilmassa. (Järvenranta ym. 2018, 200.)

Satoa korjattiin vuonna 2015 kaksi kertaa ja vuonna 2016 kolme kertaa. Koeruuduista määritettiin sadon laatu, määrä ja kasvustotiheys. Kehikonäytteitä otettiin vuonna 2016 renkaan jäljistä sekä ei-renkaan jäljistä, joilla haluttiin selvittää mahdolliset renkaiden aiheuttamat tallaustappiot. (Järvenranta ym. 2018, 200.)

Tuloksena saatiin sijoittamisen tuottavan noin 10 prosenttia pienemmän nurmisadon kuin väkilannoitus. Levitysvantailla ei ollut merkitystä sadon määrään, vaikka lietettä sijoitettiin kaksi peräkkäistä kesää monta kertaa kasvukaudessa. Rehuarvoissa ei ollut merkittävää eroa. Väkilannoite koeruudulla typpisato oli hieman korkeampi, kuin lietettä saaneilla ruuduilla. Tämä selittyy osin lietteen typen heikommasta hyväksikäytettävyydestä. (Järvenranta ym. 2018, 200.)

Renkaiden aiheuttamat tallausvauriot vaikuttavat eniten ensimmäisessä niitossa, jolloin kaikilla koejäsenillä oli noin 30 prosenttia pienempi satotaso. Tämä ero on tilastollisesti merkittävä. Toisessa niitossa taas renkaiden aiheuttama tallauksesta johtuva satotappio oli enää vain 7 prosenttia. Suurta eroa selittää pellon märkyys kevään lietteen levityksessä sekä se, että koeruuduilla ei ollut päisteitä. (Järvenranta ym. 2018, 200.) Mikäli kokeet toteutettaisiin peltomittakaavassa, missä päisteajoa tulee enemmän, voitaisiin olettaa satotappioiden nousevan. Kokeessa ei vertailtu muita lietteen levitysmenetelmiä väkilannoitukseen, kuin kiekkovannas multaamista.

4.2 Lietteen sijoittamisen vaikutukset maan rakenteeseen

Lietteen sijoittamisen vaikutukset maan rakenteeseen ovat pääasiassa samoja kuin muillakin levitysmenetelmillä, eli renkaiden aiheuttamat tiivistymiset ja tallaukset. Maan mururakenteen ollessa kunnossa ei peltomaata ole pilattu turhilla ajokerroilla. Levitysajankohta on ratkaisevassa asemassa maan tiivistymisen kanssa. Tämän vuoksi pellolle ei tulisi mennä sen ollessa märkä. (Järki 2017.) Aiemmin mainitussa Luonnonvarakeskuksen kokeessa multaimen vaikutuksia maan rakenteeseen ei tutkittu tarkemmin (Järvenranta ja Rätty 2017).

Itse lietteenlevityskalustolla, rengastuksella ja rengaspaineilla sekä akselipainoilla pyritään vaikuttamaan tiivistymisen ennaltaehkäisyyn (Alakukku 2008). Maan tiivistymisen riski kasvaa multauksessa, koska multaimet ovat yleensä työlevydeltyään melko kapeita ja näin ollen ajouria tulee pellolle tiheämpään. Myös multaimella varustetut lietevaunut painavat multaimen takia enemmän. (Järki 2017.)

Karjanlanta maahan on sijoitettuna erinomainen maanparannusaine, sillä karjanlanta lisää maaperän eloperäisen eli orgaanisen aineksen määrää sekä ravinteita. Lannasta muodostuu maahan humusta, joka kuohkeuttaa maata. Kuohkeassa maassa mururakenne, vesitalous sekä maan ilmavuus ovat kunnossa. (Maatila2020 2017.)

5 TAVOITTEET JA TUTKIMUSMENETELMÄT

Opinnäytetyön tutkimusosan tarkoituksena on selvittää, onko toistuvasti tehdyllä lietteen sijoittamisella jokin merkitys nurmisadon laatuun tai määrään. Lietteen sijoittamista verrataan lietteen letku- ja hajalevitykseen sekä väkilannoitukseen. Samalla tutkitaan, lisääntyvätkö rikkakasvit erityisesti juolavehänä lietteen sijoittamisen myötä. Lisäksi tarkoituksena on tutkia, vaikuttaako lietteen sijoittaminen maan fysiologisiin ominaisuuksiin, koska jo mainitussa Luonnonvarakeskuksen toteuttamassa kokeessa sitä ei tutkittu.

Tavoitteena on saada kattavia ja vertailukelpoisia tuloksia mahdollisista lietteen sijoittamisen vaikutuksista nurmisatoon ja maanrakenteeseen. Tavoitteena on myös, että opinnäytetyössä esiintyvät tulokset ovat luotettavia ja hyödynnettävissä tulevaisuudessa. Pyrkimyksenä on saada kokonaisvaltainen kuva lannoitusmenetelmien mahdollisista eroista ja niiden vaikutuksista maaperään sekä nurmisatoon.

Reliabiliteettiä eli luotettavuutta työhön pyritään tuomaan näytteiden ja mittauksien täsmällisyydellä. Satonäytteet käsitellään Luonnonvarakeskuksen toimipisteessä Maaningalla ja rehu- ja maanäytteet lähetetään jatkokäsiteltäviksi Eurofins Scientificille, jotka osaltaan nostavat reliabiliteettiä. Opinnäytetyössä sekä näytteiden keräämisessä ja käsittelyssä on tukena kasvi tuotannon ammattilaisia, joiden ansiosta työn luotettavuus nousee.

Luotettavuutta tutkimuksessa laskee se, että tuloksia ei kerätä kuin yhdeltä kasvukaudelta. Tutkimuksen tuloksia täytyy tulkita kriittisesti, koska lannoitusmäärät saattavat vaihdella havaintokais-toilla huomattavasti. Osa havainnoista on täysin silmämääräisiä havaintoja, joita voi tulkita eri tavalla. Tutkimuksessa validiteetti eli pätevyys pyritään pitämään hyvällä tasolla eli mittausmenetelmät mittaavat juuri niitä asioita, joita tutkimuksessa on tarkoitus mitata eli sadon laatua ja määrä sekä maan rakennetta. Mittausmenetelmät esitetään opinnäytetyössä myöhemmin.

Havaintokaistalla suoritettavat kokeet tehdään läpinäkyvästi eli tulokset tuodaan julki muuntelematta. Tutkimuksessa noudatetaan laadittua tutkimussuunnitelmaa ja aikataulua. Lannoitusmäärissä noudatetaan asetuksia ja lakeja, eli kaikki toiminta on avointa havaintokaistoilla. Havaintokaistoilta saatavat tulokset säilytetään, jotta ne voidaan tarvittaessa esittää ja ottaa käyttöön esimerkiksi jatkotutkimuksia varten. Työssä käytetään monipuolisesti luotettavia lähteitä ja lähteet löytyvät lähdeluettelosta.

Tutkimuksessa käytetään kolmea hypoteesia. Ensimmäinen hypoteesi on, että lietteen sijoittaminen eli tässä tutkimuksessa lietteen multaus, alentaa satotasoa verrattuna pintalevitykseen. Tutkimuksessa pintalevitys käsittää nestejakeen haja- ja letkulevityksen sekä väkilannoitteen pintalevityksen. Satotason aleneman multauksessa oletetaan aiheutuvan mekaanisista vaurioista.

Toisena tutkimushypoteesina on, että lietteen käyttö nurmen lannoituksessa tiivistää maan rakennetta enemmän kuin väkilannoitteen käyttö. Maan tiivistymisen oletetaan johtuvan lietteen levityk-

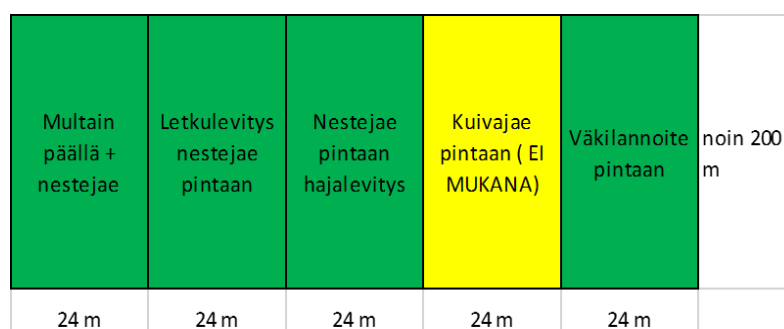
sessä korkeammista akselimassoista kuin väkilannoitteen levityksessä. Tiivistymiä pellolle tulee laajemmille alueille lietteen levityksessä, johtuen suuremmista käyttömääristä, ajokerroista ja kapeammista työleveyksistä.

Kolmantena hypoteesina on, että juolavehnan osuus kasvaa, kun lietettä sijoitetaan multaavalla laitteella. Multaimella ajettaessa multain katkoo kasvuston juuria, niin viljelykasvien kuin juolavehnan. Juolavehnan juuria katkottaessa juolavehna pystyy lisääntymään myös katkotuista juurista eli katkominen edesauttaa juolavehnan lisääntymistä. Myös muut rikkakasvit lisääntyvät monena peräkkäisenä vuotena tehdyn multauksen takia. Näin ollen voidaan sanoa, että rikkakasvien lisääntymisen nurmikasvustossa vaikuttaa suoraan rehuarvoihin.

5.1 Opinnäytetyön kokeellisen osan toteutus

Havaintokaistakokeet toteutettiin Ylä-Savon ammattiopiston pellolla Iisalmessa. Kokeissa käytettiin separoitua naudanlietteen nestejakeita toisin kuin Luonnonvarakeskuksen Maaningan kokeessa, jossa käytettiin raakaliettä (Järvenranta ja Rätty 2017). Eri levitysmenetelmäkaistoja pellolle oli perustettu viisi, mutta tässä kokeessa havainnoitiin neljää eri kaistaa. Kaista, joka ei ollut mukana kokeessa oli separoidun kuivajakeen levityskaista. Tätä kaistaa ei kokeeseen otettu mukaan, koska ei ole kovinkaan yleistä levittää nurmelle kuivajakeita ja tutkimuksessa haluttiin keskittyä lietteisiin.

Opinnäytetyö oli kokeellinen tutkimustyö, joka toteutettiin havaintokaistojen avulla. Havaintokaistat olivat noin 200 metriä pitkiä ja 24 metriä leveitä (kuvio 1). Kaistat oli perustettu vuonna 2015 kauran suojaviljaan, joten vuoden 2018 kesä oli kaistoille kolmas kasvukausi. Kaistat perustettiin esittelemään separoidun lantajakeiden käytön ja lietteen levitysmenetelmien vaikutuksia nurmikasvustolle. Kaistoista voitiin havainnoida jo pitkäaikaisvaikutuksia.



KUVIO 1. Havaintokaistat

Alla olevassa taulukossa 2 on kuvattu separoidun nestejakeen ravinnepitoisuudet kokonais- ja liukoisen typen sekä fosforin ja kaliumin osalta. Taulukossa pitoussuudet on kuvattu yksikössä kilogrammaa tonnissa. Taulukon arvot ovat peräisin lanta-analyysistä, joka on otettu vuonna 2017 ja kaistojen lannoitus on suunniteltu näiden arvojen mukaan. Naudan lietelannan ravinnepitoisuudet ovat taulukkoarvoja.

TAULUKKO 2. Separoidun nestejakeen ja lietalannan ravinnepitoisuudet (Karhunen ja Leppävuori 2017.)

Lantalaji	Ravinnepitoisuudet kilogrammaa tonnissa			
	Liuk. N	Kok. N	Kok. P	Kok. K
Separoitu nestejake	0,8	1,4	0,11	1,9
Naudan lietalanta	1,8	3,3	0,5	2,9

5.2 Viljelytoimenpiteet ja lannoitustasot

Kasvukaudella 2018 viljelytoimenpiteet käsitellyillä lohkoilla olivat väkilannoitteiden levitys, kasvin-suojelu, naudnan separoidun nestejakeen levitys (taulukko 3) sekä nurmisäilörehun korjuu. Säilörehusadot korjattiin Ylä-Savon ammattiopiston konekalustolla. Ensimmäinen nurmisato korjattiin 12. kesäkuuta ja toinen säilörehusato korjattiin 25. heinäkuuta.

TAULUKKO 3. Separoidun nestejakeen levitysajankohdat kasvukaudella

Käsittely	Levitysajankohdat kasvukaudella 2018	
	Ajankohta 1. sato	Ajankohta 2. sato
Multain	4.6	19.6
Letkulevitys	18.5	19.6
Hajalevitys	18.5	19.6
Väkilannoite	-	-

Lannoitustasoissa kuvataan lannoitelaji sekä separoidusta naudnanlietteen ja väkilannoitteen levitysmäärät. Lannoituksissa käytettiin typpikaliumlannoitetta (NK-lannoite), jossa typpeä on 27 prosenttia, fosforia 0 prosenttia ja kaliumia 1 prosentti (27-0-1). Lohkoilta korjattiin kokeen päätyttyä vielä kolmas säilörehusato, mutta kolmannen sadon satotietoja opinnäytetyössä ei käsitellä, koska kolmas säilörehusato lannoitettiin ainoastaan typpirikkaalla väkilannoitteella. Jokainen käsitelty lohko sai kolmannen satoon väkilannoitetta 150 kilogrammaa hehtaariille, josta typpeä kertyi 40 kilogrammaa hehtaariille ja kaliumia 2 kilogrammaa hehtaariille.

Toukokuun 2018 loppupuolella nurmikasvustosta torjuttiin leveälehtisiä rikkakasveja ruiskuttamalla. Kasvinsuojeluaineena käytettiin Primusta, jonka tehoaine on florasulaami. Aine on tarkoitettu nurmen rikkakasvien torjuntaan ja vaikuttaa rikkakasveihin lehtien kautta. Primus ehkäisee kasvien aminohapposynteesin, minkä vuoksi rikkakasvit eivät enää onnistuneen kasvinsuojelukäsittelyn jälkeen pysty tuottamaan elintärkeitä aminohappoja. (Lantmännen 2019.) Tankkiseoksessa käytettiin Primusta 0,1 litraa ja vettä 200 litraa hehtaariille. Rikkakasvientorjunta myöhästyi tarpeeseen sekä käyttöajankohtaan nähden, koska käyttöaikasuositus tuotteelle on keväällä heti nurmen kasvun alettua (Lantmännen 2019).

Multainkaistan lannoituskäsittelyt kasvukaudelle olivat separoidun nestejakeen levitys ensimmäiseen ja toiseen satoon. Levitys toteutettiin 18 kuution multaavalla lietevaunulla niin, että levitysmäärä oli 35 tonnia hehtaarille molemmissa sadoissa. Ravinteita täydennettiin molemmissa sadoissa NK-lannoitteella (27-0-1). NK-lannoitetta lohko sai ensimmäiseen satoon 269 kilogrammaa ja toiseen satoon 272 kilogrammaa.

Letkulevityskaistan lannoitus toteutui seuraavasti; separoitu nestejake kaksi kertaa kasvukaudella, ensimmäiseen ja toiseen satoon, levitysmäärä oli 35 tonnia hehtaarille molemmilla kerroilla. Letkulevitys toteutettiin 12,5 kuution lietevaunulla, jossa oli 12 metrin letkulevitin. Ravinteita täydennettiin NK-lannoitteella (27-0-1). Ensimmäisessä sadossa levitysmäärä oli 269 kilogrammaa kaistalle ja toisessa sadossa levitysmäärä oli 272 kilogrammaa kaistalle.

Hajalevityskaistan lannoituskäsittelyt toteutuivat niin, että separoitua nestejakea levitettiin kaksi kertaa kasvukaudella. Nestejake ajettiin ensimmäiseen ja toiseen säilörehusatoon 12 kuution lietevaunulla, jossa oli hajalevityslautanen. Nestejakeen levitysmäärä molemmilla levityskerroilla oli 35 tonnia hehtaarille. Ravinnetarpeita täydennettiin lohkoille NK-lannoitteella (27-0-1), ensimmäisessä sadossa 269 kilogrammaa ja toisessa sadossa 272 kilogrammaa.

Väkilannoituskaistan käsittelyt olivat kasvukaudella seuraavat; NK-väkilannoite kaksi kertaa kasvukauden aikana. Lannoitus tehtiin keskipakoislevittimellä, jonka työleveys oli 10 metriä. Ensimmäiseen satoon NK-lannoitetta (27-0-1) ajettiin 370 kilogrammaa hehtaarille ja toiseen satoon saman verran.

Alla olevassa taulukossa 4 on kuvattu koko kasvukaudella kertyneet ravinnemäärät (sulkujen sisään). Kertyneisiin ravinnemääriin on otettu huomioon väkilannoitteista sekä separoidusta naudannetta kertyneet ravinteet. Taulukkoon sulkujen sisään on eritelty koko kasvukaudella kertyneet ravinteet ja ennen sulkua kerrotaan vain ensimmäisen sekä toisen sadon lannoituksesta kertyneet ravinteet.

TAULUKKO 4. Kasvukaudella kertyneet ravinteet kilogrammaa hehtaarille.

Käsittely	Liukoisen tyypin, kokonaisfosforin ja kaliumin määrät		
	Liuk. N	Kok. P	Kok. K
Multain	199,7 (239,9)	7,4 (7,4)	144 (146)
Letkulevitys	199,7 (239,9)	7,4 (7,4)	144 (146)
Hajalevitys	199,7 (239,9)	7,4 (7,4)	144 (146)
Väkilannoite	199,7 (239,9)	0 (0)	5 (7)

5.3 Sääolosuhteet kasvukaudella 2018

Sääolosuhteet kasvukaudella 2018 olivat poikkeuksellisen lämpimät ja vähäsateiset. Maaningan Hailolan säähavaintoaseman mukaan toukokuussa sademäärä oli noin 30 millimetriä ja tehoisaa lämpösuhmaa kertyi toukokuun aikana 247 astetta. Kesäkuun aikana satoi noin 100 millimetriä ja tehoisaa lämpösuhmaa kertyi toukokuun alusta kesäkuun loppuun 509 astetta. Heinäkuussa vettä satoi

Maaningan Halolassa vain 20 millimetriä ja tehoisaa lämpösomaa kertyi toukokuun alusta jopa 968 astetta heinäkuun loppuun. (Farmit 2019.)

Säähavaintojen pohjalta voidaan todeta kenttäkokeen aikana vallitsevien sääolosuhteiden olevan vähäsateisia ja poikkeuksellisen lämpimiä. Tosin esimerkiksi sateet voivat olla paikallisia, joten paikakuntakohtaisia eroja voi syntyä. Lämpimästä kasvukaudesta kertoo myös korkea lämpösomakeräytymä, jota toukokuun alusta heinäkuun loppuun kertyi huimat 968 astetta. Vastaavat luvut vuonna 2017 oli 599 astetta ja vuonna 2016 lämpösomaa kertyi 903 astetta. (Farmit 2019.)

5.4 Mittaukset ja analyysit

Havaintokaistoista otettiin kesän aikana ennen sadonkorjuukertoja sadon kehitystä ja laatua kuvaavia mittauksia (kasvuston korkeus, silmämääräinen tiheys, SPAD-arvo) sekä leikattiin edustavat kehikonäytteet kasvustosta sen satomäärän, botaanisen koostumuksen, kemiallisen koostumuksen ja rehuarvojen selvittämiseksi. Kesän aikana kaistoilla toteutettiin penetrometrimittaukset kolme kertaa, jotka ajoittuivat touko-, kesä- ja elokuulle. Syksyllä jokaiselta neljältä havaintokaistalta otettiin kaistakohtaiset maa-analyysit.

Näytteiden ottaminen sekä analysointi olivat pääosin opinnäytetyön tekijän työtä, mutta rehuanalyysit ja maanäytteet toimitettiin laboratorioon käsiteltäväksi. Laboratoriossa määritettiin näytteiden rehuarvot sekä kemiallinen koostumus. Näytteiden ja havaintojen ottaminen tehtiin aina samassa järjestyksessä aloittaen multainkaistasta ja lopettaen väkilannoitekaistasta. Multainkaista kuvassa 5 jää Kotikyläntieltä katsottuna oikeaan reunaan.



KUVA 5. Havaintokaistat ja näytteenottopisteet (Mäkiniemi 2018-04-20.)

5.4.1 SPAD-mittaus, kasvuston korkeuden mittaaminen ja kasvuston tiheyden määrittäminen

Havaintokaistoilta mitattiin ennen kehikonäytteiden leikkaamista kasvuston lehtivihreän määrä. Mittaukset toteutettiin SPAD-mittarilla (HAD-YL6 Chlorophyll meter, Xian Yima Optoelec Co Ltd., Kiina), jonka lukema kuvaa reaaliaikaisen typpipitoisuuden mitatusta lehdestä. Lukema kertoo, kuinka kas-

vusto on käyttänyt typpeä. Mittaukset tehtiin kehikonäytteiden leikkaamisen yhteydessä näytteenottokehikon sisään sattuvista timotei nurmikasvin ylimmästä täysin kehittyneestä lehdestä (kuva 6). Osanäytteitä näytteenottokehikon sisältä otettiin viisi kappaletta luotettavan tuloksen varmistamiseksi. Näytteet otettiin aina timoteinurmikasvista, jotta jokaisella loholla käsittely olisi sama. SPAD-osanäytteitä tuli yhdeltä kaistalta yhteensä 15 kappaletta. Mittaustulokset kirjattiin ylös vihkoon, josta tulokset siirrettiin myöhemmin sähköiseen muotoon Excel-taulukkoon.



KUVA 5. SPAD-mittaus (Jäppinen 2018-07-24.)

SPAD-mittausten ohessa mitattiin kasvuston korkeus (kuva 6) sekä määritettiin kasvuston tiheys silmämääräisesti. Korkeus mitattiin jokaisen leikatun kehikonalan kolmelta sivulta rullamitalla. Mittauksen lukemat otettiin tasolta, johon suurin osa nurmikasvuston kasveista ylettyi, ei siis pisintä kasvia. Mittauksista laskettiin lopuksi keskiarvo, jotta saatiin luotettava ja tarkka keskimääräinen korkeus. Mitatut lukemat kirjattiin paperille ylös havaintokaistoittain. Nurmikasvuston tiheys määritettiin silmämääräisesti näytteenottokehikon sisältä eli käytännössä havainnoitiin kasvuston peittävyttä kehikon sisällä. Kasvuston ollessa täystiheä, 100 prosenttia tarkoittaa täyspeittävää kasvustoa.



KUVA 6. Kasvuston korkeuden mittaaminen (Jäppinen 2018-07-24.)

5.4.2 Kehikönäytteen otto, satotasomääritys ja botaaninen analyysi

Jokaiselta havaintolohkolta kerättiin kehikönäytteet kaksi kertaa kesän aikana. Näytteet otettiin kesäkuun 11. päivä ja heinäkuun 24. päivä. Näytteet kerättiin molemmilla korjuukerroilla edeltävänä päivänä säilörehun niitosta, joka mahdollisti riittävän tarkan satotason määrittämisen. Kehikönäytteiden perusteella määritettiin tarkka tuore- ja kuiva-ainesato (kg ka/ha) lohkoilta. Yhdeltä havaintokaistalta otettiin kolme näytettä. Näytteet otettiin lohkoista sellaisista kasvukohdista, jotka edustivat mahdollisimman hyvin koko havaintokaistan kasvustoa.

Näytteenottokehikko oli mitaltaan 25 senttimetriä kertaa 50 senttimetriä (kuva 7) eli kehikon ala on 0,125 neliometriä. Kehikönäyte leikattiin tasaisesti saksilla näytteenottokehikon reunoja myöten seitsemään senttimetriin. Näytteet pyrittiin ottamaan kevät- ja syysrehunteoissa läheltä toisiaan, mutta ei täysin samasta kohtaa. Toisessa sadossa pyrittiin välttämään kuoppatestin tekokohtia. Näytteet laitettiin suoraan muovipusseihin, pusseista puristettiin ilma pois ja suljettiin huolellisesti. Näytepusseja merkittiin tussilla sekä jokaisen pussin sisälle laitettiin niitolappu, mistä ilmeni mistä näyte on. Näillä toimenpiteillä poissuljettiin pussien sekoittuminen keskenään. Näytepusseja säilytettiin kylmiössä +3 °C asteessa aina käsittelyyn saakka.



KUVA 7. Kehikönäytteenotto (Jäppinen 2018-06-11.)

Kehikönäytteistä määritettiin tuoresato niin, että leikattujen kehikollisten sato punnittiin kolmen desimaalin tarkalla vaa'alla ja kirjattiin suoraan Excel-tiedostoon. Tulos muunnettiin hehtaarisadoksi (kg/ha) jakamalla punnittu tuoresato (kilogramma) näytteenottokehikon alalla (0,125m²) ja kertomalla tämä tulos 10 tuhannella. Tällöin tuorepainoksi saatiin kilogrammaa hehtaarille.

Botaaninen tutkimus tehtiin punnituista kehikönäytteistä, jossa selvitettiin juolavehnän osuus kasvustosta. Tutkimus tehtiin näytteiden ollessa tuoreita (kuva 8). Tutkittavana oli siis 12 näytettä (kolme näytettä/kaista). Näytteet eroteltiin kolmeen eri fraktioon ja punnittiin kaikkien fraktioiden tuorepainot erikseen. Fraktiot olivat viljelykasvit; timotei ja nurminata, juolavehnä sekä rikkakasvit. Juolavehnän erottaa viljelykasvista parhaiten sen lehtien yläpinnalla olevista vaaleista karvoista. Tuloksista tehtiin Excel-tiedosto, jossa näkyy näytteiden nurmikasvuston viljelykasvin, juolavehnän ja muiden rikkakasvien osuudet eriteltyinä.



KUVA 8. Botaaninen tutkimus (Jäppinen 2018-07-24.)

Kuiva-ainepitoisuus määritettiin kehikonäytteistä niin, että botaaniset osanäytteet yhdistettiin takaisin ja näytteitä kuivattiin lämpökaapissa +60 °C:ssa 48 tuntia. Näytteitä kuivattiin uunissa matalassa lämpötilassa, jotta nurmikasvin solurakenne ei kuolisi ja näin analyysien teko laboratorioissa onnistuu. Kuivauksen jälkeen näytteet punnittiin vaa'alla (kuva 9). Kuvassa pussi on taarattu vaa'alle, jolloin pussin paino ei tule mukaan vaa'an antamaan lukemaan. Nurminäytteet laitettiin merkittyihin pusseihin (kuva 10). Vaakatulokset muunnettiin kuiva-ainesadoksi (kilogrammaa kuiva-ainetta hehtaarilta) kertomalla kunkin näytteenottokehikon tuoresato sen kuiva-ainepitoisuudella.



KUVA 9. Nurminäytteen kuivapainon määrittäminen (Jäppinen 2018-07-26.)



KUVA 10. Kuivatun nurminäytteen pussitus (Jäppinen 2018-06-13.)

5.4.3 Raaka-ainenäyteanalyysi

Jokaisesta näytteestä lähetettiin raaka-ainenäyteanalyysi Eurofins Scientificille analysoitavaksi. Tutkittavaksi lähteneet näytteet olivat kuivattuina ja merkittyinä paperipusseissa. Sekä kevät- että syysrehunteossa näytteitä lähti laboratorioon 12 kappaletta.

Näytteillä haluttiin tuoda selvästi esille nurmisadon laatu, jotta voitiin tarkkailla kasvuston koostumusta. Eurofins Scientificiltä tilattiin nurmipaketti, joka sisälsi seuraavat analyysit; D-arvo-, muuntokelppoinen energia-, raakavalkuainen-, ohutsuolessa imeytävää valkuainen (OIV)-, pötsin valkuaisosa (PVT)-, kokonaiskuitu (NDF)-, sokeri sekä suppean kivennäisanalyysin.

5.4.4 Kuoppatesti ja penetrometri

Penetrometrillä mitattiin maan tiivistymistä maan eri kerroksissa. Mittaukset tehtiin DICKEY-john merkisellä mekaanisella penetrometrillä. Mittaukset toteutettiin kolmesta eri kohtaa havaintolohkoilta 50 metrin välein, jotta saatiin kattava tieto pellon tiiveydestä. Kuiva kesä mahdollisesti vaikutti mittaustuloksiin, sillä maa on silloin luonnostaan kovempaa ja vastusta on enemmän. Saman mittauskerran tulokset ovat kuitenkin vertailukelpoisia keskenään (DICKEY-john 2005.)

Kesän aikana penetrometri-mittaukset toteutettiin yhteensä kolme kertaa. Ensimmäinen mittaus toteutettiin 17 toukokuuta, toinen 18 kesäkuuta ja kolmas 7 elokuuta. Toukokuun penetrometri-mittaukset tehtiin hieman lietteen levityksen jälkeen, kaksi viimeistä mittausta tehtiin ennen lietteen levitystä. Mittauksia tehtäessä pyrittiin välttämään renkaanjälkiä ja mittaukset tehtiin aina samasta kohtaa. Mittauskohtia yhdellä kaistalla oli kolme ja yhdestä mittauskohdasta otettiin kolmesta viiteen osamittausta. Penetrometrin antamat lukemat kirjattiin paikan päällä ylös vihkoon, josta tulokset siirrettiin Excel-taulukkoon. Alla olevassa havaintokuvassa käynnissä penetrometrimittaus (kuva 11).



KUVA 11. Penetrometri-mittaus (Jäppinen 2018-07-08.)

Kuoppatestillä haluttiin selvittää maan biologisia ja fysiologisia ominaisuuksia, joita voitiin tarkastella ja arvioida pelto-olosuhteissa arviointilomakkeen kanssa (Pirkkamaa, Jokela ja Rantala s.a.) Kokonaisvaltainen katsaus maan kasvukunnosta ja ominaisuuksista saadaan, kun kuoppatestiin liitetään maa-analyysit. Kuoppatestissä tarkasteltiin erityisesti maan rakennetta, tiivistymiä sekä mururakennetta. Muita havainnoitavia asioita oli pieneliöstön toiminta, eloperäisten aineiden hajoaminen sekä juuriston kasvu (Ahponen ja Penttinen 2017).

Kasvukaudella jokaiselle neljälle lohkolle kaivettiin yksi kuoppatesti. Kuoppatestit kaivettiin 18 kesäkuuta penetrometri-mittauksien ohella. Kaivetun kuopan koko oli noin 30 kertaa 40 senttimetriä ja syvyys noin 20–30 senttimetriä. Kuoppa kaivettiin pistolapiolla pellolle sellaiseen kohtaan missä maata ei ollut ennen sekoitettu. Kuoppatestin havaintojen teossa käytettiin apuna peltomaan laatu-testin havaintolomaketta.

5.4.5 Viljavuustutkimukset

Viimeisenä syksyllä havaintolohkoilta otettiin maa-analyysit. Näytteet kerättiin pellolta maalajikohtaisesti, pellon tasalaatuisesta kohdasta välttämällä maan poikkeavia kohtia. Näytteet otettiin näytekairalla koko muokkauskerroksesta. Osanäytteistä poistettiin kivet, roskat ja jankko. Maanäytteet kerättiin lohkolta hajapistemenetelmällä kokoomanäytteellä. Lohkon näytteet otettiin kävelemällä lohkot pituussuunnassa läpi tekemällä hajontaa linjalta. Osanäytteitä lohkolta otettiin viisi kappaletta rasiaa kohden noin 20 metrin välein.

Yhteensä näytteitä lähti analysoitavaksi neljä kappaletta, eli yksi näyte jokaista käsiteltyä kaistaa kohden. Maa-analyysit kertovat maalajin, multavuuden, johtoluvun, pH:n, kaliumin, fosforin, rikin, kalsiumin, kuparin, mangaanin sekä magnesiumin. Lisäksi näytteistä haluttiin selvittää pellon reservi-viljavuudet fosforilta, kaliumilta ja magnesiumilta.

Maan ravinnevarat voidaan jaotella karkeasti kahteen eri luokkaan eli liukoisiin ravinteisiin ja reserviravinteisiin. Liukoiset ravinteet ovat maassa maanesteessä helposti vaihtuvassa muodossa, kun taas reserviravinteet ovat vaikeasti vaihtuvassa muodossa maa-aineksessa. Liukoiset ravinteet ovat kasveille kaikkein helpoiten käytettävissä, mutta nurmikasvit käyttävät myös reserviravinteita ainakin kaliumin ja fosforin osalta (Kykkänen ja Virkajärvi 2014). Liukoiset ravinnepitoisuudet voivat muuttua lyhyelläkin aikavälillä, kun taas reserviravinnepitoisuuksien ajatellaan olevan enemmän pysyviä pitkälläkin aikavälillä.

5.5 Tulosten analysointimenetelmät

Tulosten analysoinnissa käytettiin tilastotieteellisiä menetelmiä, jotta numeeristen tietojen pohjalta voitiin tehdä johtopäätöksiä. Tilastotiedettä käytetään opinnäytetyössä juuri sen takia, koska saatuihin tuloksiin liittyy epävarmuutta ja satunnaisuutta. Tulokset analysoi lehtori Kirsi Mäkinie mi tilastollisin menetelmin hyödyntäen Webropol 3.0 Professional Statistics- tilastointimoduulia. Ohjelmalla voidaan analysoida perusanalyysit niin kuin monimuuttujaanalyysitkin. Tilastollisista menetelmistä käytettiin varianssianalyysia (*analysis of variance, ANOVA*) ja parivertailussa t-testiä.

Varianssianalyyssissä tarkastellaan joko kahden tai useamman joukon keskiarvoja ja selvitetään eroavatko näiden keskiarvot tilastollisesti merkitsevästi toisistaan. Tässä opinnäytetyössä siis tutkitaan eri lannoitusmenetelmillä saatuja tuloksia keskenään varianssianalyyssillä eli selittävänä muuttujina tässä on eri lannoituskäsittelyt; multain, letkulevitys, hajalevitys sekä väkilannoitteen pintalevitys. (KvantiMOTV 2002.)

Varianssianalyyssin tuloksena saadaan niin kutsuttu p-arvo. P-arvo kertoo virheellisten päätelmien todennäköisyyden, eli sen, kuinka suurella todennäköisyydellä havaittava ero johtuu jostain muusta kuin selittävästä muuttujasta eli lannoituskäsittelystä (KvantiMOTV 2002). Tässä tutkimuksessa p-arvon ollessa alle 0,05 (5%) on ero lannoituskäsittelyiden välillä tilastollisesti merkitsevä. Jos taas varianssianalyyssin p-arvo on yli 0,05, ei eroa pidetä tilastollisesti merkitseväksi. Toisaalta jos p-arvo on 0,5-0,10 välillä, katsotaan sen merkitsevän taipumusta eli tendenssiä. Varianssianalyyssitulokoihin on merkitty myös tähti (*), jotka kertovat eron merkitsevyyden. Yksi tähti (*) tarkoittaa, että ero on "melkein merkitsevä", kaksi tähteä (**) kertoo, että ero on "merkitsevä" ja kolme tähteä (***) taas kertoo eron olevan "erittäin merkitsevä". (KvantiMOTV 2003.)

Toinen tilastollinen menetelmä tulosten analysoinnissa oli parivertailu, jossa hyödynnettiin kahden riippumattoman otoksen t-testiä, joka soveltuu hyvin kokeelliseen tutkimusasetelmaan. T-testi tehtiin kahden riippumattoman otoksen vertailuna, koska samalla kerralla t-testissä oli vertailtavana vain yhtenä ajankohtana saatuja tuloksia eli ensimmäisen ja toisen säilörehunkorjuun tulokset. (Taani 2013.) Tuloksia käsiteltäessä suoritettiin ensin varianssianalyysi, jolla selvitettiin, onko eri lannoituskäsittelyjen välillä merkitseviä eroja selitettävissä muuttujissa. Jos varianssianalyyssissä havaittiin merkitsevä ero, selvitettiin eri lannoituskäsittelyjen väliset erot pareittain t-testillä.

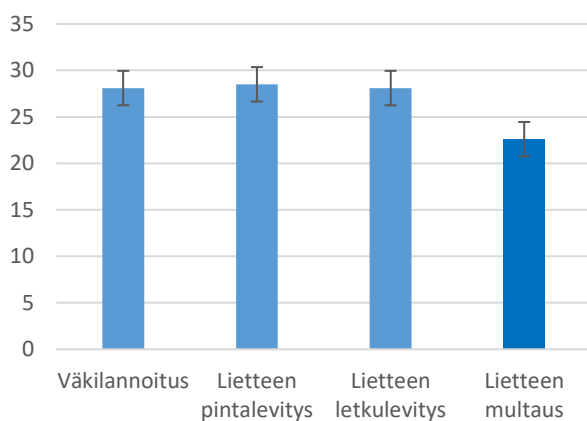
6 KENTTÄKOKEEN TULOKSET

Tässä osiossa tarkastellaan havaintokaistoilta kerättyjen mittausten ja analyysien tuloksia. Mittauksen tuloksia on kerätty toukokuusta aina syyskuuhun asti eli käytännössä koko kasvukauden ajan. Pääosin tulokset kentällä kerättiin vihkoon, josta ne koottiin yhteen Excel-tiedostoon. Tulosten analysoinnissa on käytetty varianssianalyysiä (*analysis of variance*) ja parivertailumenetelmää (t-testi). Tulokset tuodaan esille kirjallisina ja havainnollistavina kuvioina.

6.1 SPAD-tulokset

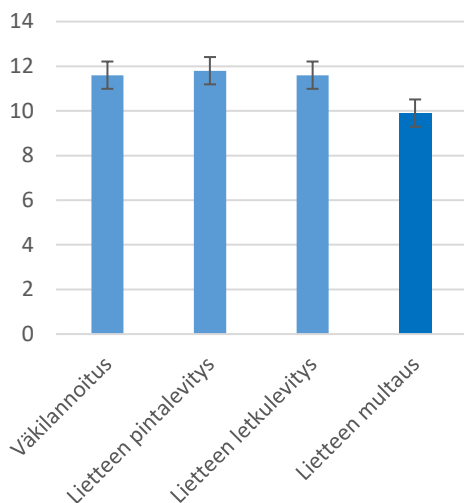
SPAD-mittaustulosten perusteella ensimmäisessä säilörehunkorjuussa lehtivihreäpitoisuuksissa löytyi eroja eri lannoituskäsittelyjen välillä ($p=0,042$). Selvästi alhaisimmat SPAD-luvut eli lehtivihreäpitoisuudet havaittiin lietteenmultaushavaintokaistalla, jossa SPAD-luku oli keskimäärin 22,6, kun taas muilla lannoitustavoilla SPAD-luvut vaihtelivat 28,1–28,5 (kuvio 2).

Käytännössä jos samalla nurmikasvilajilla havaitaan kahden SPAD-yksikön ero, kertoo se kasvuston kärsivän typenpuutteesta (Kaasinen, Rasa ja Heikkinen 2010, 7). Yleisenä ohjeena voidaan pitää yhden SPAD-yksikön vastaavan 4-7 kilogrammaa typpeä hehtaarille (Farmit 2009). Näiden pohjalta voidaan todeta, että multainkaistan kasvusto on ottanut 24–42 kilogrammaa vähemmän typpeä hehtaarilta kuin muut kaistat.



KUVIO 2. Lehtivihreälukemat ensimmäisessä sadossa

Lehtien typpipitoisuuksissa ensimmäisessä sadossa ei eroja löytynyt ($p=0,073$). Pieniä eroja eri lannoituskäsittelyjen välille silti syntyi (kuvio 3). Multainkaistan timoteinlehtien typpipitoisuus jäi hieman muita alhaisemmaksi (9,9), kun taas muilla kaistoilla lukemat vaihtelivat 11,6–11,8 välillä. Näin lehtien keskimääräiseksi typpipitoisuudeksi kaikilla kaistoilla muodostui 11.



KUVIO 3. Lehtien typpipitoisuus g/kg ka ensimmäisessä sadossa

Toisessa säilörehusadossa kasvuston lehtivihreämäärissä ei eroja enää syntynyt ($p=0,76$). Lehtivihreälukemien keskiarvo oli 32,7, joka on hieman korkeampi kuin ensimmäisessä sadossa. Samoin lehtien typpipitoisuudet olivat korkeampia toisessa sadossa, keskiarvon ollessa 12,9. Toisessa sadossa ei eroja syntynyt lehtien typpipitoisuuksiin ($p=0,99$).

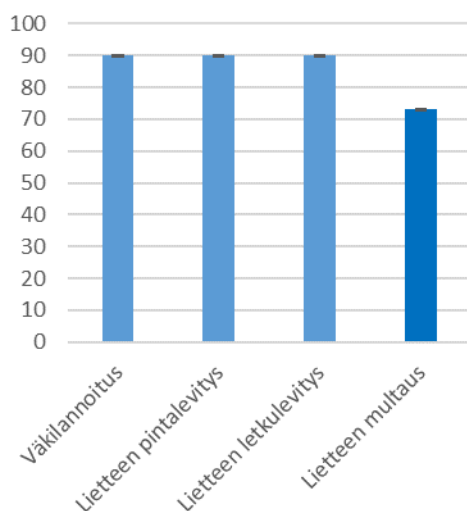
6.2 Kasvuston tiheydet, korkeudet, satotasot ja rikkakasvipitoisuudet

Satotason määrittäminen tehtiin näytteenottokehikon ja vaa'an avulla. Kasvusto leikattiin tarkasti seitsemään senttiin jokaisella kehikolla, sillä leikkauskorkeus vaikuttaa satotason määrittämisen tarkkuuteen. Näytteenottokehikot leikattiin aina samana päivänä, jotta satotaso ei muuttuisi kaistojen välillä kasvun seurauksena.

Korjatuista säilörehu kasvustoista ei silmämääräisesti pystynyt sanomaan sadon määrällisiä tai laadullisia eroja. Ensimmäisessä sadossa ei näyttänyt olevan kasvitauteja eikä rikkakasveja johtuen onnistuneesta kasvinsuojelusta. Silmämääräisesti toisen sadon nurmikasvustossa oli rikkakasveja huomattavasti enemmän.

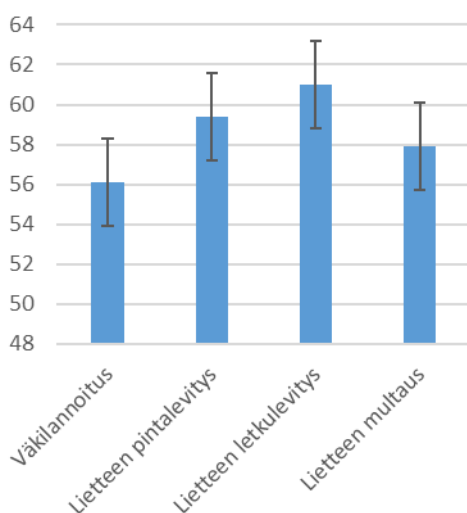
6.2.1 Ensimmäinen säilörehusato

Kasvustojen tiheyden määritykset tehtiin silmämääräisesti kasvustosta ennen kehikonäytteen leikkaamista. Ensimmäisessä säilörehunkorjuussa kasvustontiheys prosentteihin muodostui merkitsevä ero ($p=0,027$). Lietteen multauskaistan nurmikasvusto oli selvästi muita kaistoja harvempaa ja kasvustontiheys prosentti jäi 73 prosenttiin, kun taas muilla lannoituskäsittelytavoilla tiheysprosentti oli 90 (kuviokuva 4). Kasvuston tiheyden oletettavasti on vaikuttanut separoidun nautanlietteen myöhästynyt multaus. Havaintokaistojen nurmikasvuston tiheydet ovat kolmannen vuoden nurmelle todella korkeat, ottaen huomioon sen, että lohkoja ei ole täydennyskylvetty nurmikierron aikana.



KUVIO 4. Kasvuston tiheysprosentit niittopäivänä ensimmäisessä sadossa

Kasvuston korkeuksien määrittäminen tehtiin myös kehikonäytteiden sisällä olevista nurmikasveista. Kasvuston keskimääräiset korkeudet kaikilla kastoilla olivat 59 senttimetriä. Vaikka kaistoilla havaittiin eroja kasvuston korkeuksissa (kuvio 5), erot eivät olleet merkitseviä ($p=0,49$).

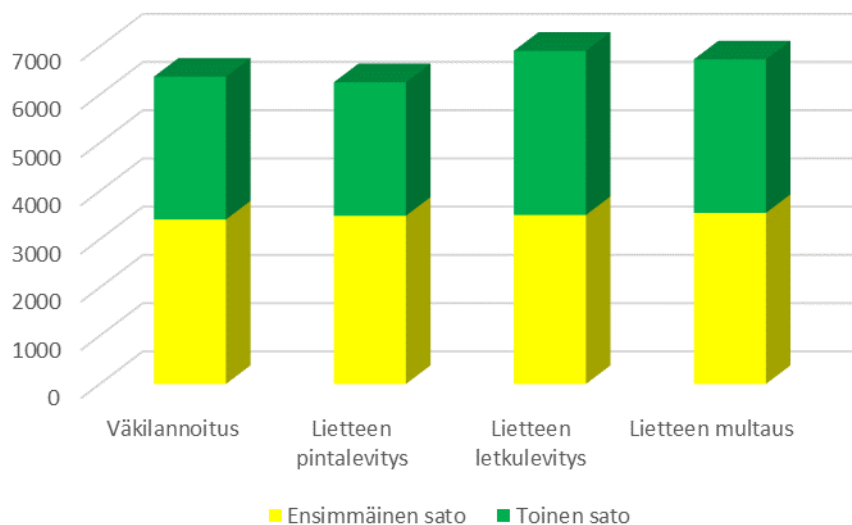


KUVIO 5. Kasvuston korkeudet senttimetreinä ensimmäisessä säilörehusadossa

Rikkakasvien ja juolavehnan botaanisen tutkimuksen pohjalta ei voida sanoa, että mikään lannoitus- käsittely tavoista lisäisi nurmikasvuston rikkakasvi ja/tai juolavehnan osuutta kasvustossa. Rikkakasvien prosenttiosuudet punnituissa tuorenäytteissä olivat keskimäärin 0,52 prosenttiyksikköä. Eroja eri lannoituskäsittelyjen välille ei syntynyt ($p=0,52$). Täytyy muistaa, että kehikonäyteeseen otetaan vain pieni näyte pellostä, eikä se kerro koko pellon tilannetta. Rikkakasvientorjunta oli selvästi tehonnut rikkakasveihin keväällä, vaikka ruiskutuksen ajankohta ei ollut optimaalinen.

Kuiva-ainesadoissa eri levitysmenetelmien välille ei eroja syntynyt (p -arvo=0,99), joiden voitaisiin olettaa johtuvan levitysmenetelmästä (kuvio 6). Keskimäärin kaistat tuottivat kuiva-ainesatoa 3 487

kilogrammaa kuiva-ainetta hehtaarille. Suuria eroja syntyi kuiva-aine sadoissa kaistojen sisällä riip-puen näytteenottokohdasta, jotka voivat johtua pellon ominaisuuksista, huonosta lannoitus tasaisuu-desta tai näytteenotosta.



KUVIO 6. Kuiva-ainesadot kilogrammaa hehtaarilta

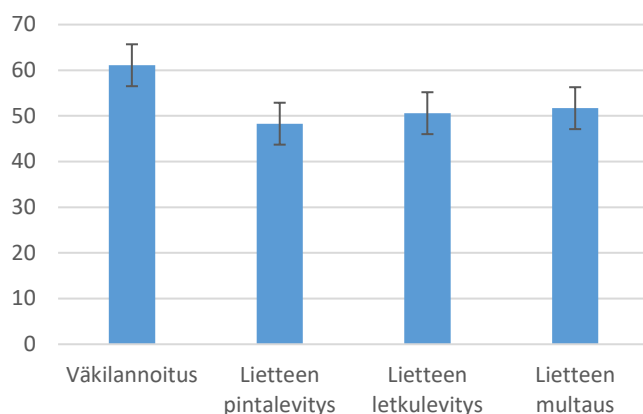
Luonnonvarakeskuksen kokeessa lietteen sijoittaminen tuotti ensimmäisessä sadossa noin 4 200 ki-logrammaa kuiva-ainetta hehtaarille (Järvenranta ja Rätty 2017). Opinnäytetyön kenttäkokeessa mul-tainkaista tuotti 3 500 kilogrammaa kuiva-ainetta hehtaarille. Satotasojen ero on merkittävä.

6.2.2 Toinen säilörehusato

Toisessa nurmisadossa kasvustontiheyteen ei enää suuria eroja syntynyt ($p=0,19$). Tiheysprosentit vaihtelivat 95:n ja 100:n prosentin välillä. Mitattujen tuloksien pohjalta keskiarvoksi muodostuu 96,8 prosenttia. Kevään myöhästännyt separoidun nestejakeen multaus ei näkynyt enää toisessa sadossa.

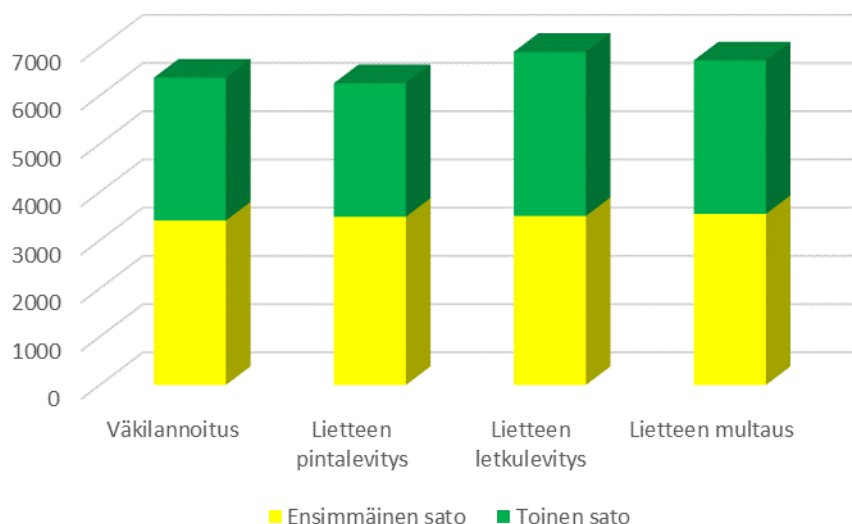
Nurmikasvuston korkeuden vaihtelut toisessa sadossa olivat suurempia, kuin ensimmäisessä sa-dossa. Keskimääräisesti kasvuston korkeudet olivat 52,9 senttimetriä kaikilla lannoituskäsittelyta-voilla. Vaikka kasvuston korkeudenvaihtelut olivat suuria (kuvio 7), eivät erot olleet merkitseviä ($p=0,21$).

Lannoituskäsittelyjen välillä ei ollut eroa rikkakasvipitoisuudessa punnituissa tuorepainossa ($p=0,36$). Rikkakasvien osuus punnituissa kehikonäytteissä oli keskimäärin 0,56 prosenttia. Silmämääräisesti multainkaistalla oli eniten rikkakasveja toisessa sadossa. Multainkaistalla oli suurin reunavaikutus ojasta, josta rikkakasvit ovat voineet levitä kaistalle.



KUVIO 7. Kasvuston korkeudet senttimetreinä toisessa säilörehunkorjuussa

Punnittujen kehikkonäytteiden pohjalta kaistat tuottivat keskimäärin 3080 kiloa kuiva-ainetta hehtaarialta toisessa sadossa, eli kuiva-ainesato oli hieman alhaisempi kuin ensimmäinen rehunteon kuiva-ainesato. Vaikka kuiva-ainesatoihin syntyi pieniä eroja eri kaistojen välille (kuvio 8), eivät erot olleet merkitseviä ($p=0,44$).



KUVIO 8. Kuiva-ainesadot kilogrammaa hehtaarialta

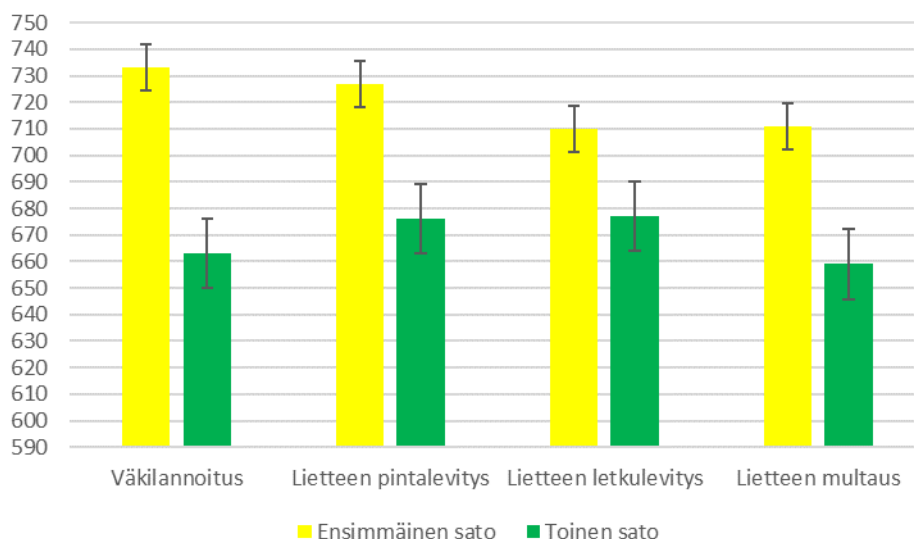
Pellot tuottamaan-hankkeen toteuttamassa kokeessa lietteen multaus tuotti toisessa sadossa 2 740 kilogrammaa kuiva-ainetta hehtaarialta ja 100 kilogrammaa typpeä väkilannoitteena saanut nurmi-tuotti 3 720 kilogramma kuiva-ainetta hehtaarialta. (Kurki ja Valo 2013.) Vertailuna voidaan todeta, että opinnäytetyön kenttäkokeissa multainkaista tuotti paremman kuiva-ainesadon, kuin Pellot tuottamaan -hankkeen multainkaista. Opinnäytetyön väkilannoituskaista taas tuotti hieman alhaisemman kuiva-ainesadon kuin Pellot tuottamaan -hankkeen väkilannoituskaista.

6.3 Rehuraaka-aineen rehuarvot havaintokaistoilla

Tässä osiossa tulokset ilmoitetaan yksikössä g/kg ka. Lyhenne tarkoittaa grammoja kilossa kuiva-ainetta. Käytännössä lyhenne ilmoittaa tässä jonkin pitoisuutta rehun kuiva-aineessa. Lyhennettä käytetään, jotta tulosten lukeminen on sujuvampaa.

Ensimmäisessä säilörehunkorjuussa D-arvoihin ei muodostunut eroja eri levitysmenetelmien välille ($p=0,16$). Kaikilla havaintokaistoilla D-arvo oli keskimäärin 720 g/kg ka (kuvio 9). Toisessa sadossa D-arvo oli laskenut kaikilla käsitellyillä kaistoilla keskimäärin 669 g/kg ka, mutta tässäkin eri levitysmenetelmien välille ei eroja syntynyt ($p=0,73$). Valion kootuissa säilörehu tuloksissa D-arvo oli Pohjois-Savossa vuonna 2018 ensimmäisessä niitossa 717 g/kg ka ja toisessa niitossa 661 g/kg ka (Nyholm 2018). Jos tuloksia vertaa Valion keräämiin tuloksiin ei D-arvoissa ole suurta eroa kummasakaan sadossa.

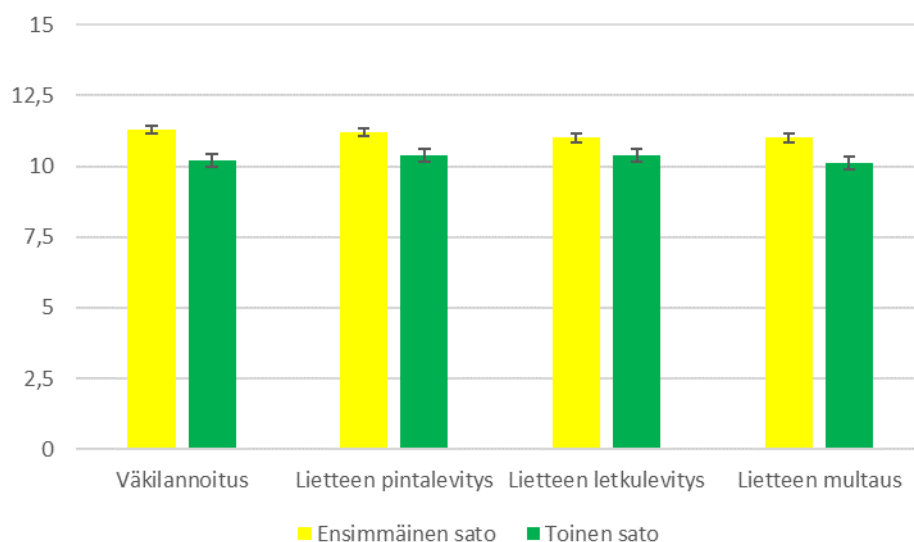
Säilörehussa sulavuutta kuvaava D-arvotavoite on lypsylehmillä 680-700 g/kg ka välillä. Säilörehun D-arvo vaikuttaa lypsylehmillä maitotuotokseen, syöntiin ja ravintoaineiden hyväksikäyttöön. (Hyrkäs, Sairanen ja Virkajärvi 2012, 4.) Näin voidaan todeta ensimmäisen sadon D-arvon olleen hieman korkea lypsylehmille.



KUVIO 9. D-arvot ensimmäisessä ja toisessa säilörehusadossa

ME-arvoihin eli muuntokelpoisen energian määriin ei kaistojen välillä syntynyt eroja ensimmäisessä sadossa ($p=0,20$). ME-arvot olivat keskimäärin kaistoilla 11,1 g/kg ka. Myöskään toisessa säilörehusadossa ei eroja syntynyt ($p=0,71$). Toisessa sadossa ME-arvot olivat keskimäärin 10,3 g/kg ka, eli hieman alhaisemmat kuin ensimmäisessä sadossa.

ME-arvo on laskennallinen arvo, joka lasketaan D-arvosta. ME-arvo kuvaa rehun energian määrää yhdessä kilossa kuiva-ainetta. Tavoitearvo muuntokelpoiselle energialle on 10,8-11,2 g/kg ka. (Hartojoki.) Saatuja ME-arvoja verraten tavoitearvoihin voidaan todeta ensimmäisen sadon muuntokelpoisen energian olevan tavoitearvojen puitteissa, mutta toisessa sadossa ME-arvo on jäänyt hieman alle tavoitearvojen. Alla olevassa kuviossa (kuvio 10) esitetty ME-arvot molemmista sadoista.

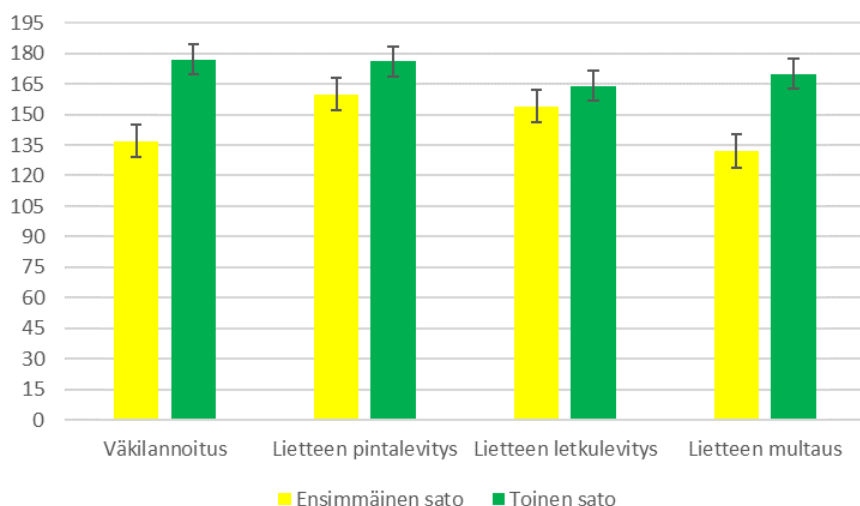


KUVIO 10. Muuntokelpoisen energian määrät g/kg ka molemmista säilörehusadoista.

Ensimmäisessä säilörehusadossa raakavalkuaisen määrässä löytyi lannoitustapojen välillä eroja ($p=0,06$). Selvästi alhaisemmat raakavalkuaisen määrät olivat väkilannoitus- ja multainkaistalla, jossa lukemat olivat 132–137 g/kg ka. Letkulevitys- sekä pintalevityskaistalla lukemat olivat 154–160 g/kg ka eli selvästi korkeammat. Multainkaistan alhainen raakavalkuaisen määrä selvittyy pitkälti separoidun naudanlietteen myöhästyneellä levityksellä. Väkilannoituskaistan alhainen raakavalkuaisen määrä voi johtua kuivuudesta, jolloin väkilannoitteet eivät mahdollisesti ole lienneet maahan täysin.

Toisessa sadossa erot olivat tasoittuneet, eikä eroja lannoitustapojen välille enää syntynyt ($p=0,65$). Kaikilla kaistoilla raakavalkuaispitoisuudet olivat keskimäärin 171,9 g/kg ka eli voidaan todeta raakavalkuaispitoisuuksien nousseen ensimmäisestä sadosta. Alla olevassa taulukossa (kuvio 11) kuvataan raakavalkuaispitoisuudet molemmista sadoista.

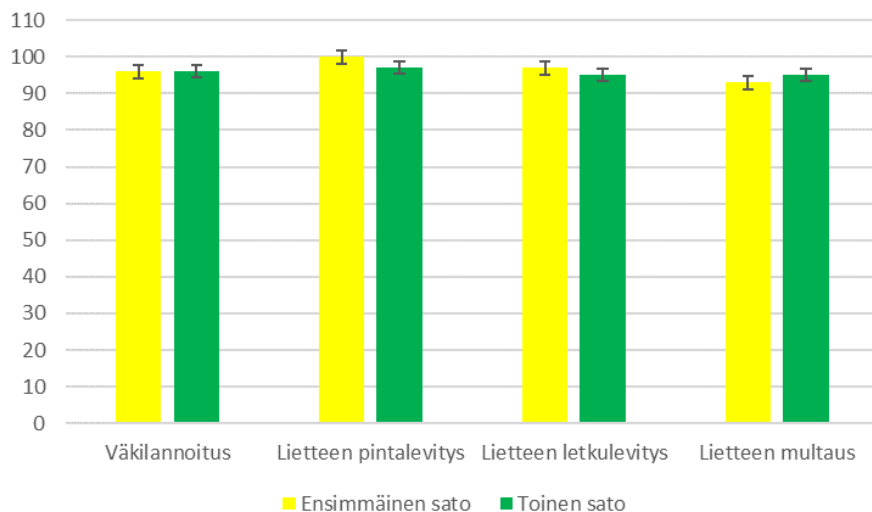
Raakavalkuaiselle tavoitearvot lypsylehmän säilörehussa ovat 130–160 g/kg ka. Raakavalkuaispitoisuuden vaikuttaa typpilannoituksen määrä, milloin säilörehu korjataan sekä viljeltävä kasvilaji. (Hartojoki.) Voidaan todeta, että ensimmäisessä sadossa raakavalkuaispitoisuudet ovat tavoitearvoissa, mutta toisessa sadossa taas pitoisuudet ovat hieman korkeahkot. Pohjois-Savossa vuonna 2018 Valion koottujen tulosten mukaan raakavalkuainen säilörehussa oli keskimäärin ensimmäisessä sadossa 145 g/kg ka ja toisessa sadossa 154 g/kg ka (Nyholm 2018). Toisessa säilörehusadossa kokeen tuloksia verraten Valion tuloksiin voidaan todeta raakavalkuaisen määrän olleen korkea.



KUVIO 11. Raakavalkuaispitoisuudet g/kg ka

Kesän ensimmäisen säilörehusadon OIV-pitoisuuksissa (ohutsuolessa imeytyvä valkuainen) ei eroja kaistojen välillä löytynyt ($p=0,058$). Kuitenkin tässä tapauksessa voidaan puhua taipumuksesta eroon. Multainkaistan sadon OIV-pitoisuudet olivat 93 g/kg ka, muilla kaistoilla lukemat olivat 96–100 g/kg ka. Toisessa säilörehusadossa pienetkin erot olivat tasoittuneet OIV-pitoisuuksissa, eikä eroja kaistojen välille syntynyt ($p=0,689$). Keskimäärin kaikilla kaistoilla OIV-pitoisuudet olivat 95,8 g/kg ka, joten eroja ei käytännössä syntynyt satojen välille keskimääräisissä OIV-pitoisuuksissa (kuvio 12). Ero voi selittyä myöhästyneellä separoidun naudaneliönnin levityksellä, jolloin tyyppi ei ole ollut vielä täysin kasveille käyttökelpoisessa muodossa.

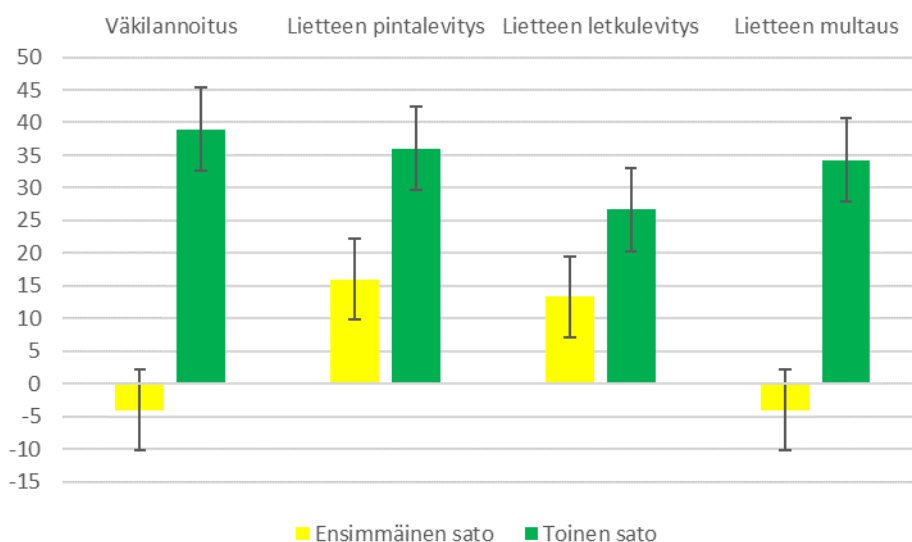
Laskennalliset tavoitearvot ohutsuolessa imeytyvälle valkuaiselle ovat ruokinnassa märehitijöille 80–85 g/kg ka (Hartojoki s.a.). Ohutsuolessa imeytyvän valkuaisen määrät olivat tavoitearvoja korkeampia kaikilla kaistoilla molemmissa sadoissa. Maidossa valkuaispitoisuutta voidaan yrittää nostaa lisäämällä ruokinnan OIV-pitoisuutta, tämä vaatii kuitenkin hyvän säilörehun sekä korkean kuiva-ainesyönnin (Karlström 2018).



KUVIO 12. OIV-pitoisuudet g/kg ka molemmista säilörehusadoista.

PVT-määrissä eli pötsin valkuaistaseessa löytyi eroja kaistojen välillä ensimmäisessä sadossa ($p=0,002$). Tässä tulokset jakoutuivat selvästi kahteen ryhmään. Alhaisimmat PVT-pitoisuudet olivat väkilannoituskaistalla (-4 g/kg ka) sekä multainkaistalla (-4 g/kg ka). Lietteen pintalevitys- ja letkulevityskaistoilla lukemat olivat huomattavasti korkeammat 16 g/kg ka ja 13,3g/kg ka. Toiseen satoon PVT-pitoisuudet olivat nousseet huomattavasti eikä kaistojen välille eroja enää syntynyt ($p=0,631$). Keskimäärin kaistojen PVT-pitoisuudet olivat 34 g/kg ka. Alhaiset PVT-pitoisuudet selittyvät multainkaistalla myöhästyneellä lannoitusajankohdalla ja väkilannoituskaistalla mahdollisesti kuivasta maaperästä, jolloin väkilannoitteiden ravinteet ei ole lienneet täysin maahan kasveille käyttökelpoiseksi.

Pötsin valkuaistaseelle löytyy laskennallinen tavoitearvo, jossa riittää, että luku on positiivinen. Kun arvo menee negatiiviseksi, tulisi ruokintaan lisätä PVT-positiivista rehua (Hartojoki s.a.). Ensimmäisen sadon väkilannoitus- ja multainkaistan PVT-lukemat painuivat negatiivisiksi. Tässä nähdään selkeästi yhteys OIV-pitoisuksiin nimenomaan ensimmäisessä sadossa väkilannoitus- ja multainkaistoilla, joissa lukemat olivat myös alhaisemmat. Alla olevassa kuviossa (kuvio 13) esitetty OIV-pitoisuudet molemmista sadoista.

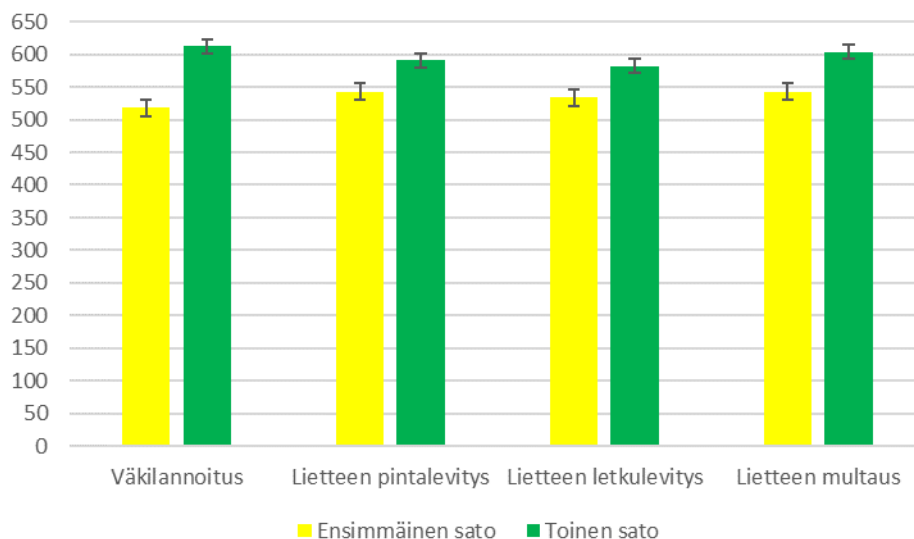


KUVIO 13. PVT-pitoisuudet g/kg ka molemmista säilörehusadoista

NDF-kuitumääriin eli kokonaiskuituun ei lannoitustapojen välille syntynyt eroja ensimmäisessä sadossa ($p=0,533$). NDF-kuituarvot olivat ensimmäisessä sadossa keskimäärin kaikilla kaistoilla 537,4 g/kg ka. Toisessa sadossa kaistoilla muodostui NDF-kuitupitoisuuksissa samankaltaista toteumaa, kuin ensimmäisessä sadossa eli eroja ei syntynyt ($p=0,192$) ja keskimäärin NDF-kuituarvot olivat 597 g/kg ka. NDF-kuituarvot ovat selvästi nousseet toisessa sadossa (kuvio 14).

NDF-kuitua säilörehussa tulee olla riittävästi, jotta pötsinmikrobit toimivat kunnolla. Jos säilörehussa ei ole kuitua tarpeeksi altistaa se eläimen happamalle pötsille ja tuo haasteita ruokintaan. Tavoitearvot NDF-kuidulle ovat 530–580 g/kg ka. (Kakriainen-Rouhiainen 2018). Joten voidaan todeta kummankin sadon kuitupitoisuuksien riittävän ruokinnassa. Valion tuloksissa kuitupitoisuudet olivat Pohjois-Savossa vuonna 2018 ensimmäisessä säilörehusadossa 510 g/kg ka ja toisessa sadossa 551

g/kg ka (Nyholm 2018). Kokeen tuloksissa kuitupitoisuudet olivat korkeammat molemmissa sadoissa, kuin Valion keräämissä tuloksissa.



KUVIO 14. Kokonaiskuitupitoisuudet g/kg ka molemmista sadoista

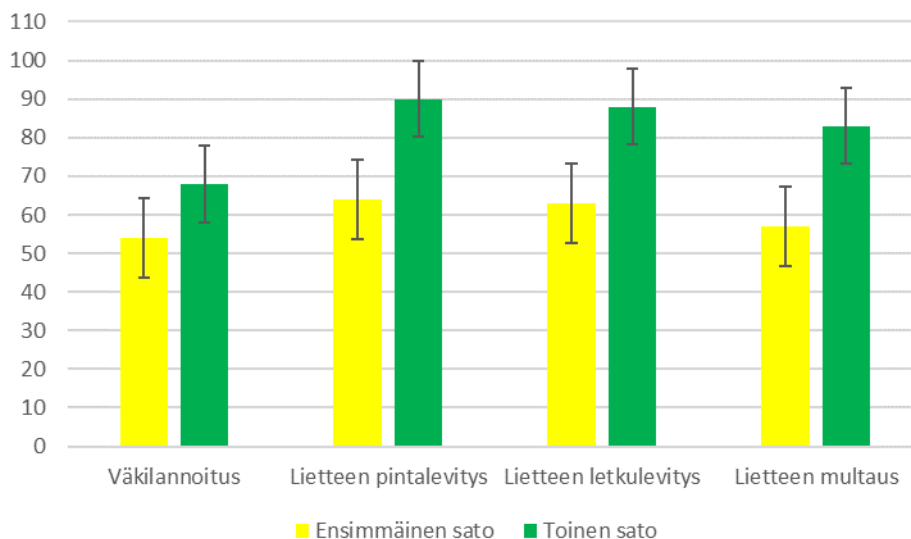
Sokerin osalta ei kaistojen välille syntynyt eroja ($p=0,24$) ensimmäisessä sadossa. Keskimäärin keskiarvot olivat kaikilla käsitellyillä kastoilla 155,3 g/kg ka. Toisessa säilörehusadossakaan ei kaistojen välille eroja syntynyt ($p=0,32$). Keskimäärin sokeripitoisuudet olivat kaikilla kastoilla 64,3 g/kg ka. Sokerille tavoitearvot ovat 50–150 g/kg ka, joka kuvaa kuinka hyvin säilörehu on säilynyt säilönnän aikana (Kakriainen-Rouhiainen 2018.) Valion kootuissa tuloksissa Pohjois-Savossa sokerin pitoisuudet säilörehussa olivat ensimmäisessä sadossa 177 g/kg ka ja toisessa sadossa 110 g/kg ka (Nyholm 2018). Valion tuloksissa sokeripitoisuudet ovat molemmissa säilörehusadoissa korkeammat, kuin opinäytetyön tuloksissa.

6.4 Tuhka- ja kivennäispitoisuudet havaintokaistoilla

Tuhkan määrissä lannoitustapojen välille syntyi eroja ($p=0,008$) ensimmäisessä sadossa. Korkeimmat tuhkapitoisuudet havaittiin lietteen pintalevityskaistalla, jossa lukemat olivat keskimäärin 64 g/kg ka. Alhaisimmat tuhkapitoisuudet olivat väkilannoituskaistalla, jossa ne olivat keskimäärin 54 g/kg ka. Myös toisessa sadossa tuhkan määrissä löytyi eroja lannoituskäsittelyjen välillä ($p=0,004$). Toisessa sadossa toteuma oli samankaltainen, kuin ensimmäisessä sadossa eli lietteen pintalevityskaista tuotti korkeimmat tuhkapitoisuudet (90 g/kg ka) ja alhaisimmat väkilannoituskaista (68 g/kg ka).

Korkeita tuhkapitoisuuksia pintalevityskaistalla selittää lietteestä kertyneet kalium ja fosfori, jotka rehussa ovat kivennäisaineita. Tuhkan määrä rehussa kuvaa nimenomaan rehun sisältämiä kivennäisaineita. Korkea tuhkapitoisuus siis johtuu mahdollisesti lietteestä kertyneistä kalium ja fosfori määristä.

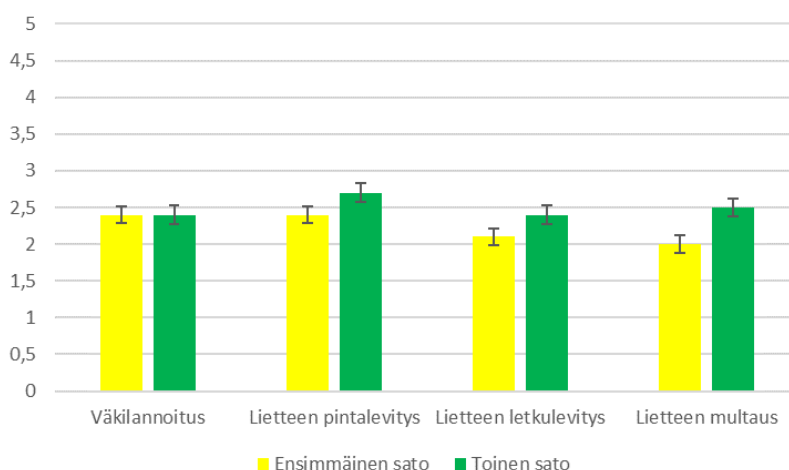
Tuhkan määrä tulisi olla säilörehussa 50–100 g/kg ka välillä. Jos rehuerässä tuhkapitoisuus nousee yli tavoitearvojen, voidaan olettaa rehun sisältävän maata (Hartojoki s.a.). Tuloksia tarkastellessa nähdään tuhka määrien pysyvän tavoitearvojen sisällä molemmissa sadoissa (kuvio 15).



KUVIO 15. Satojen tuhkapitoisuudet g/kg ka

Fosforipitoisuuksissa löytyi eroja lannoituskäsittelyn välillä ensimmäisessä sadossa ($p=0,03$). Alhaisin fosforipitoisuus oli lietteen multainkaistalla 2,0 g/kg ka ja korkeimmat pitoisuudet väkilannoitus- ja lietteenpintalevityskaistalla, joilla ne olivat 2,4 g/kg ka. Toiseen satoon erot olivat tasoittuneet eikä eroja syntynyt ($p=0,59$). Kaikkien kaistojen keskiarvo toisessa sadossa oli 2,52 g/kg ka. Alhainen fosforipitoisuus ensimmäisessä sadossa multainkaistalla johtui oletettavasti myöhästyneestä separoidun naudanlietteen levityksestä.

Fosforin tulisi olla säilörehussa yli 3,0 g/kg ka, jotta eläimet saisivat riittävästi fosforia. Lian alhainen fosforipitoisuus säilörehussa voi aiheuttaa eläimille erinäisiä fosforin puutosoireita. (Yara 2018.) Molempien satojen fosforipitoisuuksia verrattaessa tavoitearvoon, voidaan todeta niiden olevan tavoitearvojen ulkopuolella (kuvio 16). Kaistoille levitetty typpikaliumväkilannoite ei sisällä fosforia lainkaan, mikä todennäköisesti vaikuttanut negatiivisesti rehun fosforipitoisuuteen.

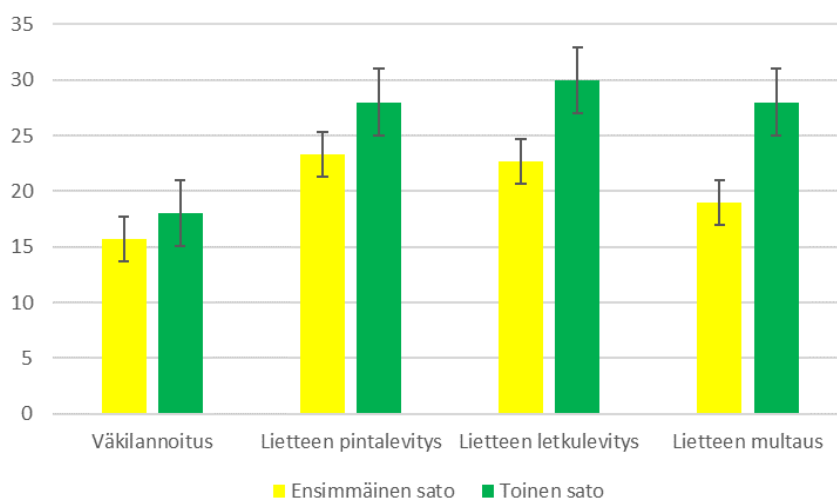


KUVIO 16. Fosforipitoisuudet g/kg ka

Kaliumpitoisuuksiin syntyi kaistojen välillä suuria eroja ($p=0,001$). Huomattavasti alhaisimmat kaliumpitoisuudet antoi väkilannoitekaista, jossa keskimäärin lukemat olivat 15,7 g/kg ka. Suurimmat kaliumpitoisuudet olivat lietteen pintalevityskaistalla, jossa lukemat olivat keskimäärin 23,3 g/kg ka. Lietteenletkulevitys- ja multainkaistan lukemat vaihtelivat 19,0–22,7 g/kg ka välillä. Tämä ero selittyy sillä, että väkilannoitteista kertyy huomattavasti vähemmän kaliumia kuin lietteestä.

Toisessa säilörehusadossa erot säilyivät merkittävänä ($p=0,002$). Tässäkin sadossa alhaisimmat kaliumpitoisuudet (18 g/kg ka) tuotti väkilannoitekaista ja korkeimmat (30 g/kg) lietteen letkulevityskaista ka. Kaliumpitoisuudet ovat toisessa sadossa korkeampia kaikilla kastoilla (kuvio 17).

Lannoitussuosituksen mukaan säilörehun kaliumpitoisuus tulisi olla lähellä 30 g/kg ka. Kun lukema on lähellä 30 g/kg ka:ta, voidaan todeta kaliumlannoituksen olleen riittävä (Valtonen 2016). Väkilannoituskaistan molempien satojen kaliumpitoisuuksia tarkastellessa voidaan todeta kaliumlannoituksen olleen riittämätön, joka näkyi siis alhaisilla kaliumpitoisuuksilla.



KUVIO 17. Satojen kaliumpitoisuudet g/kg ka

Magnesiumin osalta kaistojen välillä ei eroja ollut ensimmäisessä sadossa ($p=0,57$). Kaikkien kaistojen keskiarvo oli 1,4 g/kg ka. Toisessakaan sadossa kaistojen välille ei eroja syntynyt ($p=0,26$), kaistojen keskiarvon ollessa 2,5 g/kg ka. Erityisesti umpilehmien ruokinnassa magnesiumpitoisuudet tulisi olla 3,5 g/kg ka, sillä liian alhainen magnesiumpitoisuus vaarantaa eläimen poikimahalvaukselle (Turpeinen 2017).

Kalsiumpitoisuuksiin ei lannoituskäsittelyjen välille syntynyt eroja ensimmäisessä sadossa ($p=0,15$). Keskimäärin kalsiumpitoisuudet olivat kaikilla lannoituskäsittelyillä 3,2 g/kg ka. Toisenkaan satoon ei kalsiumpitoisuuksiin eroja syntynyt ($p=0,16$). Toisessa sadossa kalsiumpitoisuudet olivat keskimäärin kaikilla kaistoilla 5,3 g/kg ka eli huomattavasti korkeammat kuin ensimmäisessä sadossa. Liiallinen kalsiuminsaanti ruokinnassa voi häiritä muiden kivennäisaineiden hyväksikäyttöä (Syrjälä-Qvist 1998).

Natriuminpitoisuuksien välille ei muodostunut eroja ensimmäisessä sadossa ($p=1,0$). Kaistojen keskimääräinen natriumpitoisuus oli 0,2 g/kg ka. Myöskään toisessa sadossa ei lannoituskäsittelyjen välille syntynyt eroja natriumpitoisuuksiin. Keskimäärin kaistat tuottivat 0,2 g/kg ka natriumpitoisuuden. Maidossa natriumpitoisuus pysyy aina samana. Mikäli lehmä kärsii natriuminpuutoksesta, vähentää se maidontuotosta. (Syrjälä-Qvist 1998.)

6.5 Maan rakenne ja tiiviys havaintokaistoilla

Penetrometrin antamat luvut tarkoittavat maan vastusta paunoina neliötuuma kohti. Mittaukset toteutettiin DICKEY-john merkkisellä penetrometrillä. Valmistaja on asettanut suuntaa-antavia lukuja tiiveyden vaikutuksesta juuriston kehitykseen. Alla olevaan taulukkoon kuvattu valmistajan antamat luvut ja niiden mahdollinen vaikutus juuristoon (taulukko 5). Tuloksia ei laskettu tilastollisin menetelmin, sillä tuloksien keskiarvoista ja hajonnoista voitiin päätellä, että eroja tuskin syntyy eri lannoituskäsittelyjen välille.

TAULUKKO 5. Valmistajan suuntaa-antavia lukuja maan tiiveydestä (DICKEY-john 2005.)

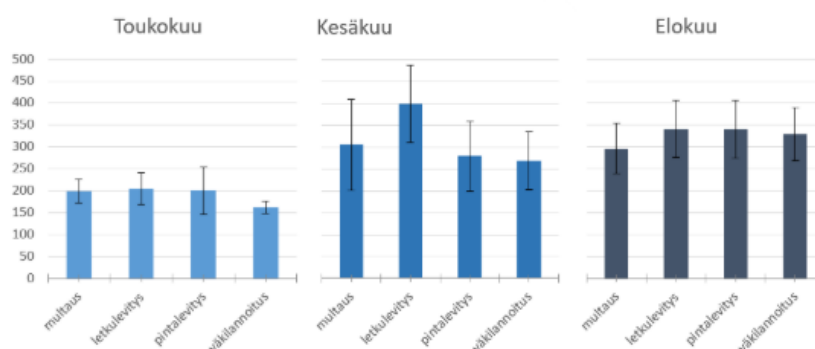
Maan vastus paunoina neliötuumaa kohti	
Lukema lbs	
0-200	Hyvä
200-300	Tyydyttävä
300-500	Heikko

Kasvukaudella toteutettujen penetrometrimittausten tuloksista nähdään maan pintamaan tiiveyden vaihtelevan toukokuun ja elokuun välillä (kuvio 18). Vaihteluiden voidaan olettaa johtuvan osin myös kuivan kesän tuomista muutoksista maahan, jotka osin ovat voineet vaikuttavaa mittaustuloksiin.

Keväällä toukokuussa tehdyissä mittauksissa väkilannoitekaistan pintamaan lukemat olivat hieman alhaisempia, kuin muilla kaistoilla. Lisäksi vaihtelu kaistan sisällä oli maltillisempaa. Keskimäärin luke-

mat kaikilla kaistoilla toukokuussa olivat 192. Lukemia verrattaessa penetrometrin valmistajan suunta-antaviin lukemiin, voidaan todeta, että maassa ei suuria tiivistymiä ole. Kesäkuun mittaukset toteutettiin kuivaan maahan, joka paikoitellen lohkeili silmin nähden. Keskimäärin kaistojen mittausvastaus oli 313 paunaa neliö tuumaa kohden, eli maan tiiveystila valmistajan viitearvoihin verraten oli tyydyttävä.

Elokuussa tehdyt penetrometrimittaukset tehtiin kuivan kesän takia vielä kuivempaan maahan kuin kesäkuun mittaukset. Keskimäärin mittausvastukset kaikilla käsitellyillä kaistoilla olivat 327 paunaa neliö tuumaa kohden. Tuloksien pohjalta voidaan todeta, että mittausvastukset pintamaassa nousivat havaintokaistoilla syksyä kohti.



KUVIO 18. Maan pintakerroksen mittausvastukset kasvukaudella 2018.

Toukokuun mittauksiin pohjautuen kaistoilla selvästi tiivistyneempi kerros maassa alkoi keskimäärin noin 19 senttimetrin syvyydessä. Mittausvastukset 19 senttimetrissä kaikilla kaistoilla oli keskimäärin 288. Toukokuun pintakerroksen mittausvastus oli 192 paunaa neliö tuumaa kohden. Näin voidaan todeta, että pientä tiivistymää kaistoilla oli noin 20 senttimetrin syvyydessä. Selviä eroja kaistojen välillä kuitenkin ei ole.

Kesäkuussa tiivistymä maan rakenteessa tulee selvästi aikaisemmin kuin toukokuun mittauksissa. Mittausvastukset olivat keskimäärin kaikilla kaistoilla 435 paunaa neliö tuumaa kohden jo noin kolmessa senttimetrissä. Kevään mittauksiin verrattaessa maan lujuus oli muuttunut huomattavasti.

Elokuussa tehdyt mittaukset osoittivat, että muutosta on tapahtunut maanrakenteessa. Mitatut lukemat olivat keskimäärin 385 paunaa neliö tuumaa kohden 5 senttimetrin syvyydessä, josta penetrometri ei mennyt enää syvemmälle.

Kolmesti kasvukaudella toteutettujen penetrometrimittauksien tietojen pohjalta voidaan yhteenvetona todeta, että keväällä toukokuussa pintamaan- ja muokkauskerroksen lukemat olivat selvästi alhaisempia kuin kesä- ja elokuussa. Suurimmat lukemat maasta mitattiin kuitenkin kesäkuussa niin pintamaasta kuin muokkauskerroksesta. Mittauksien pohjalta voidaan todeta, että kaistojen välille ei eroja syntynyt, jotka voisivat johtua lannoitustavasta.

Kuoppatestin tuloksien esiintuonnin helpottamiseksi on maan kerrokset jaoteltu kolmeen eri profiiliin; koko maan profiiliin, ruokamultakerrokseen sekä pohjamaahan. Havaintojen pohjalta koko maan profiilista löytyi pientä tiivistymää noin 15 senttimetrin syvyydestä kaikilla käsitellyillä kaistoilla. Silmin nähtäen maasta ei voinut havaita tiivistymää vaan vasta maata murrettaessa tiivistymä saatiin esille.

Ruokamultakerroksesta tehtyjen havaintojen pohjalta ei maan yleisrakenteeseen, murtumiseen, murujen muotoon eikä kokoon tullut eroja kaistojen välillä. Ruokamultakerroksien maa oli rakenteeltaan helposti murtuvaa ja yksihiukkeista. Murujen koko oli noin 5–20 millimetriä ja muodoltaan murut olivat pyöreitä ja kuohkeita jokaisella kaistalla. Maanpintarakenteessa, multavuudessa ja kasvustotähteiden hajoamisessa ei käsitellyillä kaistoilla ollut juurikaan vaihtelua. Maan pintarakenne oli silmin nähtäen hieman kuorettunut, joka osin voi johtua kesän kuivuudesta. Maan multavuus jokaisella kaistalla oli hyvä ja kasvustotähteet olivat maatuneet maahan lähes täysin. Sylinterinmuotoisia lierokäytäviä löytyi havaintojen perusteella eniten väkilannoitus- ja multainkaistalta, vaikkakin käytävien lukumääräiset erot olivat pieniä jokaisen kaistan välillä.

Pohjamaasta tehtyjen havaintojen perusteella pohjamaan rakenne oli kaikilla käsitellyillä kaistoilla melko yksihiukkeinen ja melko kovettunut eikä maa murtunut kovinkaan helposti. Lierokäytävissä oli samanlaista toteumaa kuin ruokamultakerroksen lierokäytävissä eli käytäviä oli eniten väkilannoitus- ja multainkaistalla. Juurikäytävät ylettyivät pohjamaahan saakka jokaisella kaistalla.

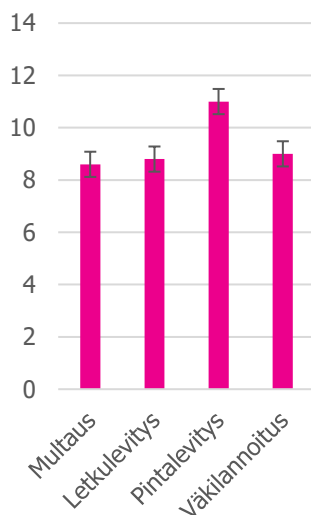
Yhteenvedona voidaan todeta, että maan kasvukunto jokaisella kaistalla oli kunnossa. Suuria eroja ei kaistojen välille ei syntynyt ja pienetkin erot olivat tulkinnanvaraisia, koska havainnot on tehty silmämääräisesti. Tiettyjä tuloksia kuitenkin tukee kerätyt maanäytteet sekä suoritettut penetrometrimittaukset.

6.6 Viljavuustulokset havaintokaistoilla

Viljavuustutkimuksen tuloksinassa käytetään apuna valmiita viljavuustutkimustaulukkoja. Viljavuustutkimusta tulkittaessa täytyy tietää maalaji ja sen multavuus. Ravinnepitoisuuksien, maalajin ja multavuuden pohjalta jokaiselle ravinteelle luokitellaan oma viljavuusluokka. Ravinnepitoisuudet ilmoitetaan tuloksissa tilavuusmittoina mg/l eli milligrammaa litrassa maata. Koska kaistoilta ei otettu rinnakkaisnäytteitä, ei tuloksia ole laskettu tilastollisin menetelmin. Tästä syystä tuloksien pohjalta ei voida sanoa onko jokin menetelmä vaikuttanut maan ravinnepitoisuuksiin. Kuvaajissa näkyvät hajontapalkit kuvaavat koko pellon sisäistä hajontaa eli hajontapalkit eivät ole kaistakohtaisia.

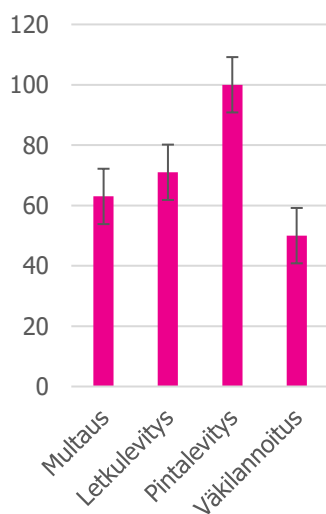
Maanäyte analyysistä saatujen tietojen pohjalta kaistojen maalajeissa, multavuudessa, pH:ssa ja johtoluvuissa ei ollut mitään eroja. Jokaisen neljän kaistan maalaji oli hietamoreeni ja multavuus ei vaihdellut käsittelyjen välillä runsasmultavasta. Maan pH-taso oli analyysien perusteella 6,5 eli viljavuusluokassa hyvä ja näin ollen kalkitustarvetta lohkoilla ei esiintynyt. Maan johtoluku vaihteli 0,9–1,1 mg/l kaistojen välillä.

Jokaisella lohkolla liukoisen ravinnefosforitaso oli viljavuusluokassa tyydyttävä, jolle taulukkoarvot ovat 8–15 mg/l (Eurofins 2019). Pintalevityskaistan maanäytteiden perusteella kaistan liukoisen fosforin määrä oli korkein kaikista lohkoista, jolla se oli 11 mg/l. Muiden lohkojen liukoisen fosforin määrä oli lähellä yhdeksää, keskiarvon ollessa 9,35 mg/l (kuvio 19).



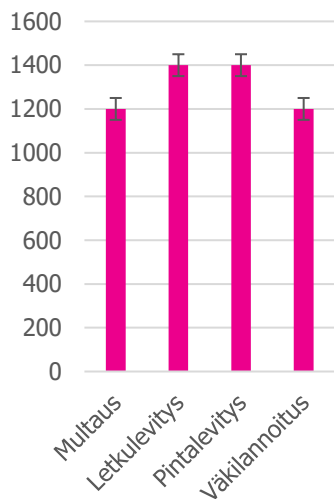
KUVIO 19. Liukoisen fosforin pitoisuudet mg/l

Liukoisen kaliumin osalta myös viljavuusluokkiin tuli hajontaa (Kuvio 20). Lietteen multaus- ja väkilannoitekaista ovat kaliumin osalta viljavuusluokassa huononlainen, joka on taulukkoarvoina 40–70 mg/l. Lietteen letku- ja pintalevityskaistan viljavuusluokka on parempi eli välttävä, tämän viljavuusluokan viitearvot ovat 70–100 milligrammaa litrassa (Eurofins 2019). Suurimman arvon antoi jälleen lietteen pintalevityskaista, jossa pitoisuus oli 100 mg/l ja alhaisimman kaliumarvon antoi väkilannoituskaista, jossa se oli 50 mg/l.



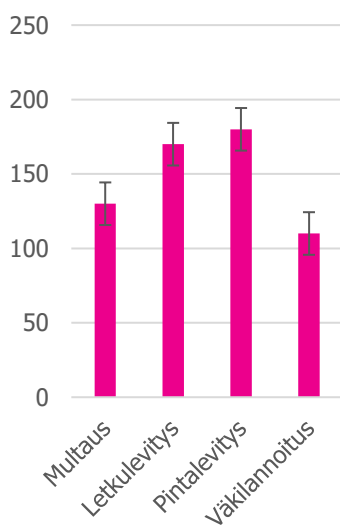
KUVIO 20. Liukoisen kaliumin pitoisuudet mg/l

Liukoisen kalsiumin osalta hajonta oli paljon maltillisempaa kaistojen välillä (kuvio 21). Jokaisen neljän kaistan viljavuusluokka kalsiumin osalta asetui välttävän viljavuusluokan viitearvojen sisään, jotka ovat 800–1400 mg/l (Eurofins 2019). Pinta- ja letkulevityskaistan pitoisuudet olivat tässä hie-man korkeammat, 1400 mg/l kuin lietteen multaus- ja väkilannoitekaistalla, jossa pitoisuudet molemmilla olivat 1200 mg/l.



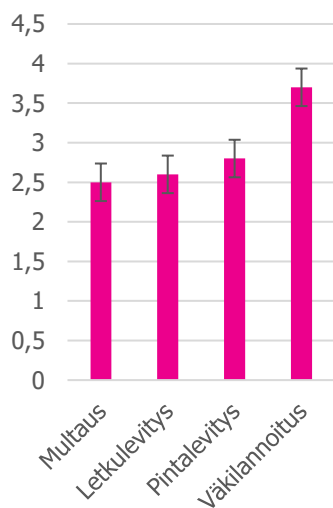
KUVIO 21. Liukoisen kalsiumin pitoisuudet mg/l

Maanäytteet osoittavat lohkojen liukoisen magnesiumin olevan viljavuusluokassa välttävä, jossa viitearvot magnesiumille ovat 80–110 mg/l (Eurofins 2019). Myös tässä pitoisuudet jakoutuivat selvästi kahteen luokkaan (kuvio 22). Kuten edellä mainituissa ravinteissakin lietteen pinta- ja letkulevityskaistan magnesiumipitoisuus lukemat olivat korkeammat (180 ja 170 mg/l) kuin lietteen multaus- ja väkilannoitekaistalla (110 ja 130 mg/l).



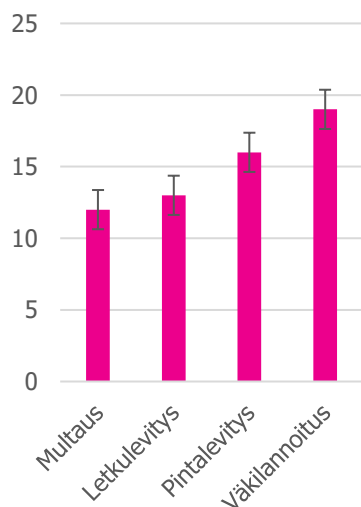
KUVIO 22. Liukoisen magnesiumin pitoisuudet mg/l

Liukoisen kuparin määriin maanäytteissä syntyi hieman erilaista vaihtelua (kuvio 23). Lietteen multa- ja letkulevityskaistan viljavuusluokka kuparin osalta oli välttävä, viitearvot 1,5–2,7 mg/l (Eurofins 2019). Liukoisen kuparin pitoisuuslukema multaускаistalla oli 2,5 mg/l ja letkulevityskaistalla 2,6 mg/l. Väkilannoite- ja pintalevityskaistan viljavuusluokka oli tyydyttävä. Tämän viljavuusluokan viitearvot ovat 2,7–5 mg/l (Eurofins 2019). Näiden kahden kaistan välille syntyi vaihtelua viljavuusluokan sisälläkin. Väkilannoitekaistan liukoisen kuparin pitoisuuslukema oli 3,7 mg/l, kun taas pintalevityskaistalla lukema jäi 2,8 mg/l.



KUVIO 23. Liukoisen kuparin pitoisuudet mg/l

Liukoisessa mangaanissa nähdään samanlaista toteutumaa kuin liukoisen kuparinkin osalta, vaikkakin viljavuusluokka pysyy jokaisella kaistalla samana eli välttävänä. Tässäkin tapauksessa lietteen multaускаistan maanäytteet antavat alhaisimman mangaanilukeman. Siitä lukema nousee tasaisesti kaistoilla samassa järjestyksessä korkeimpaan eli väkilannoituskaistaan (kuvio 24).

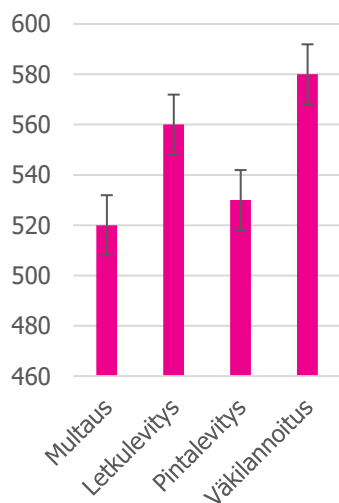


KUVIO 24. Liukoisen mangaanin pitoisuudet mg/l

Rikin pitoisuudet luokittuivat näytteiden pohjalta viljavuusluokkaan tyydyttävä. Vaikka letkulevityskaistan rikkipitoisuus oli jostain syystä muita alhaisempi, pysyi se silti samassa viljavuusluokassa.

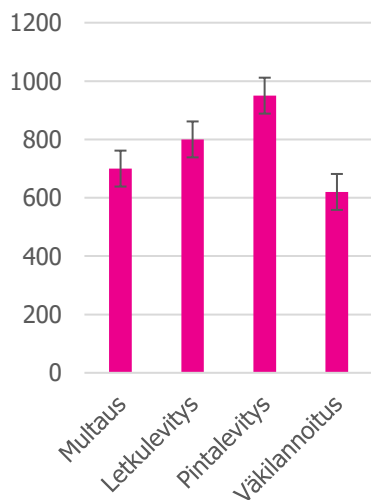
Liukoisen sinkin osalta yksi kaistoista erottui muista selvästi. Multainkaistan sinkkipitoisuus oli muita alhaisempi ja jäi viljavuusluokkaan tyydyttävä, kun taas muiden kaistojen viljavuusluokka oli hyvä.

Maan reservifosforitilanne jokaisella loholla oli miltei sama. Jokaisen lohkon viljavuusluokka asettui tyydyttävään, jossa reservifosforin viitearvot ovat 400–600 mg/l (Eurofins 2019). Väkilannoituskaistan reservifosforimäärä nousi korkeimmaksi, jossa pitoisuus oli 580 mg/l (kuvio 25). Multainkaistan reservifosforin pitoisuudet olivat 520 mg/l ja näin ollen myös alhaisimmat.



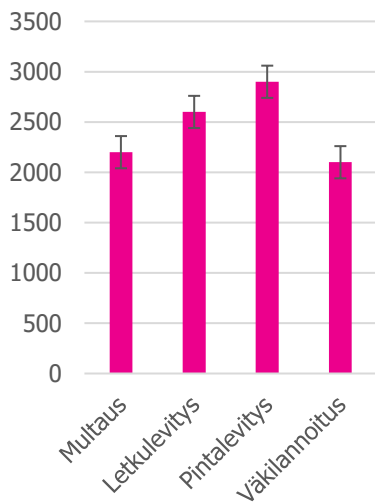
KUVIO 25. Reservi fosfori pitoisuudet mg/l

Reservikaliumipitoisuudet luokittuivat kaikilla neljällä kaistalla viljavuusluokkaan välttävä. Viitearvot tälle viljavuusluokalle on 500–1000 mg/l (Eurofins 2019). Vaikka jokaisen kaistan viljavuusluokka pysyi välttävän viljavuusluokan sisällä, pientä vaihtelua eri lannoitustapojen välille syntyi (kuvio 26). Eniten reservikaliumia maassa maanäytteiden perusteella oli lietteen pintalevityskaistalla (950 mg/l) ja selvästi vähiten väkilannoituskaistalla (620 mg/l).



KUVIO 26. Reservikaliumin pitoisuudet

Kaikkien kaistojen reservimagnesiumpitoisuudet olivat todella korkeat. Pitoisuuksien pohjalta jokaisen kaistan reservimagnesiumin viljavuusluokka oli hyvä. Viljavuusluokan viitearvot reservimagnesiumille ovat <2000 mg/l (Eurofins 2019). Tässä voidaan nähdä samanlaista taipumusta, kuin reservikaliuminkin osalta (kuvio 27) eli lietteen pintalevityskaistalla pitoisuudet olivat korkeimmat (2900 mg/l) ja väkilannoituskaistalla alhaisimmat (2100 mg/l).



KUVIO 27. Reservimagnesiumin pitoisuudet mg/l

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää vaikuttaako lietteen toistuva sijoittaminen nurmisa-
don määrään, laatuun tai maan rakenteeseen. Toistuvasta sijoittamisesta voidaan puhua, kun lie-
tettä sijoitetaan nurmeen monena peräkkäisenä vuonna vähintään kaksi kertaa kasvukauden aikana.
Opinnäytetyön kokeellinen osa toteutettiin havaintokaistojen avulla, joilla oli neljä eri lannoituskäsit-
telyä. Lannoituskäsittelyt olivat lietteen haja- ja letkulevitys, lietteen kiekkovannas multaaminen
sekä väkilannoitteiden pintalevitys. Lannoituskäsittelyt ovat olleet havaintokaistolla samat kolmen
kasvukauden ajan, joten havaintokaistoilta saaduissa tuloksissa näkyi mahdollisesti jo lannoituskäsit-
telyjen pitkäaikaisvaikutukset.

Tutkimuksessa käytettiin kolmea hypoteesia. Ensimmäinen hypoteesi oli, että lietteen sijoittaminen
eli tässä tutkimuksessa lietteen multaus alentaa satotasoja verrattuna pintalevitykseen. Toisena hy-
poteesina oli, että juolavehnän ja rikkakasvien osuus nurmikasvustossa kasvaa lietteen sijoittamisen
myötä. Kolmas hypoteesi oli, että lietteen käyttö nurmen lannoituksessa tiivistää maan rakennetta
enemmän kuin väkilannoitteiden käyttö. Havaintokaistoilta kerättiin kasvukauden aikana kolme säilö-
rehusatoa. Satotuloksia opinnäytetyöhön kerättiin kahdesta sadosta eli kolmannen rehunteon sato-
tuloksia opinnäytetyössä ei käsitellä, koska kolmannen sadon lannoitus toteutettiin ainoastaan väki-
lannoitteilla.

Keskimäärin kaistat tuottivat kahdesta niitosta 6 500 kilon kuiva-ainesadon hehtaarilta. Tutkimuk-
sessa ensimmäisenä hypoteesina oli, että lietteen sijoittaminen alentaa satotasoja verrattuna pinta-
levitykseen, mutta kuiva-aine satoiin ei lannoituskäsittelyjen välille merkitseviä eroja syntynyt kum-
massakaan säilörehunkorjuussa. Ensimmäisessä korjatussa säilörehusadossa kasvuston tiheys ja
lehtivihreänmäärä olivat alhaisempia multainkaistalla verrattuna muihin kaistoihin, tämän voidaan
olettaa johtuvan myöhästyneestä separoidun naudanlietteen multaamisesta. Multaus tehtiin vain
noin viikkoa ennen kasvuston niittoa, mikä oletettavasti vaikutti tiheyteen. Toisessa sadossa ei
enää kasvustossa ollut eroja lannoituskäsittelyjen välillä.

Ensimmäisessä sadossa syntyi myös eroja rehuarvoihin ja kivennäispitoisuuksiin. Raakavalkuainen
sekä PVT (pötsin valkuaistase) olivat rehunäytteiden mukaan alhaisimmat lietteen multaus- ja väki-
lannoitekaistalla, mikä osin kertoo ainakin multainkaistan kärsineen typenpuutteesta ensimmäisessä
sadossa, mikä selittyy taas myöhästyneellä multauksella. Tuhkapitoisuus kertoo kivennäispitoisuuks-
ista rehussa. Kivennäispitoisuudet olivat molemmissa sadoissa alhaiset väkilannoitekaistalla, joka
näkyi alhaisilla kaliumpitoisuuksilla molemmissa sadoissa. Väkilannoitteista kaliumia ei kertynyt selväs-
tikkään riittävästi väkilannoitekaistalle verrattuna lietekaistoihin, jotka saivat kaliumia lisäksi naudan
separoidusta lietteestä.

Toisena hypoteesina oli, että lietteen sijoittaminen lisää juolavehnän ja rikkakasvien määrä nurmi-
kasvustossa, mutta tuloksien pohjalta voidaan sanoa, että lietteen sijoittaminen multaamalla ei lisää

nurmikasvustossa rikkakasvien ja juolavehnän määrää. Täytyy muistaa, että juolavehnän ja rikkakasvien osuudet määritettiin kehikonäytteistä, jotka eivät kerro koko pellon tilannetta. Silmin tehtävien havaintojen perusteella toisessa sadossa rikkakasveja pellolla oli enemmän.

Kolmantena hypoteesina oli, että lietteen sijoittaminen näkyy maan rakenteessa tiivistymisellä, mutta toteutettujen penetrometrimittauksien pohjalta ei kaistojen välille suuria eroja syntynyt. Mittausvastukset nousivat niin pintamaassa kuin syvemmilläkin maassa syksyä kohti mentäessä. Mittaustuloksiin on osin vaikuttanut vähäsateinen ja kuiva kesä, jolloin maan vastus on luonnostaan suurempi, kuin tavallisesti. Osin mittaustuloksia vahvistaa kuoppatestien kaivaminen kesällä. Kuoppatesteillä havaittiin jokaisella kaistalla pientä tiivistymää 5-20 senttimetrissä, jotka tallentuivat myös penetrometrimittaustuloksiin. Jokaisen käsittelyn kaistan kasvukunnosta voidaan siis sanoa kasvukunnon olevan hyvä. Koska kuoppatestien havainnot ovat täysin tulkinnanvaraisia, täytyy tuloksia tulkita kriittisesti. Vaikka maanviljavuuksissa maanäytteiden mukaan oli eroja, ei voida sanoa, ovatko erot johtuneet lannoituskäsittelystä, koska kaistoilta ei otettu rinnakkaisnäytteitä.

Havaintokaistoilta kerättyjä tuloksia pitää tulkita kriittisesti, koska osa havainnoista oli täysin silmämääräisiä sekä tuloksia ei kerätty kuin yhdeltä kasvukaudelta. Jos tuloksia olisi kerätty kahdelta kasvukaudelta, voitaisiin tuloksia pitää huomattavasti luotettavampina. Kuoppatestin tulokset ovat täysin työn laatijan arvioita maankasvukunnosta, joita ei voida pitää kovinkaan luotettavina. Satotuloksia voidaan pitää melko luotettavina, tosin luotettavuutta laskee oppilastyönä toteutettu väki- ja lietelannoitus eikä lannoitustasaisuudesta ole takuuta. Edellisten kasvukausien lannoitusten toteuttamisesta varmuutta ei ole, joten jos virheitä on tapahtunut ne voivat näkyä myös vuoden 2018 kasvukauden tuloksissa. Rehu- ja maa-analysien tuloksia voidaan pitää luotettavina, koska näytteet on analysoitu laboratorio-olosuhteissa.

Yhteenvedona voidaan todeta, että lannoitusmenetelmä ei tässä kokeessa vaikuttanut suoranaisesti sadon laatuun tai määrään. Lannoituskäsittelyjen välille syntyneet erot selittyvät pitkälti lannoitusmäärällä tai lannoituksen ajankohdalla, eivätkä niinkään johtuneet lannoitusmenetelmästä. Penetro-metri mittauksien sekä kuoppatestin tuloksien pohjalta voidaan todeta, että kaistojen välille ei eroja syntynyt, jotka voisivat johtua lannoitustavasta.

8 POHDINTA

Lietteen sijoittaminen ei tässä kokeessa vaikuttanut negatiivisesti sadon laatuun tai määrään. Vaikka lietteen sijoittamisesta puhutaan sen paremman ravinteiden hyväksikäytettävyyden puolesta, ei se myöskään antanut mitään satovasteita nurmella. Kokeen tulokset olisivat voineet olla lietteen multainkaistalla aivan erilaiset ensimmäisessä sadossa, jos sijoittaminen eli tässä kokeessa multaus olisi tehty samaan aikaan kuin muutkin separoidun naudanelietteen levitykset. Suurin nurmen kasvua rajoittava kasvutekijä oli tässä kokeessa todennäköisesti vesi. Ympäristön kannalta lietteen sijoittaminen vähentää ravinnehuuhtoutumia, mikä on mielestäni painava syy siirtyä lietteen sijoittamiseen.

Peltomittakaavassa toteutetut tutkimukset sisältävät paljon muuttujia, jotka saattavat vaikuttaa kokeen toteutukseen ja tuloksiin. Opinnäytetyön tulokset kerättiin Ylä-Savon ammattiopiston havaintokaistoilla, joista myös pyrittiin keräämään mahdollisimman laadukkaat säilörehusadot, mikä muutti alkuperäistä koesuunnitelmaa. Haasteita tutkimuksessa oli lähinnä tiedonkulun kanssa, koska viljelytoimenpiteet sekä lannoitukset muuttuivat alkuperäisestä suunnitelmasta ja nämä asiat tulivat myöhemmin tekijälle yllätyksenä.

Harjoittelupaikkani Maaningan Luonnonvarakeskus oli tärkeässä roolissa näytteiden käsittelyssä, jonka tiloissa näytteiden käsittely onnistui vaivattomasti. Tutkimusaineiston kerääminen oli työnlaajan vastuulla, mikä osin aiheutti erityisjärjestelyitä harjoittelupaikalla, mutta joustavan harjoittelupaikan ansiosta näytteet saatiin kerättyä ajallaan. Opinnäytetyön laatimista edesauttoivat ammattitaitoinen ohjaaja sekä Luonnonvarakeskuksen Maaningan yksikön henkilöstö. Kokonaisuudessaan havaintokaistoilta saatiin kerättyä paljon tutkimusaineistoa, jotka olivat riittävät opinnäytetyön laatimiseen. Olosuhteet, muuttujat ja muut edellä mainitut asiat huomioon ottaen tutkimuksen reliabiliteetti on mielestäni hyvä.

Tutkimuksessa eroja syntyi lannoituskäsittelyjen välille, mutta erot olivat pääosin riippuvaisia lannoitusmääristä ja lannoitusajankohdista. Työ vahvistaa omaa näkemystäni, että karjanlanta kannattaa hyödyntää nurmenlannoituksessa, koska karjanlanta sisältää paljon kaliumia ja typpeä, jota nurmi tarvitsee ja hyödyntää paljon. Näen, että karjanlanta on nurmenlannoituksessa hyvä peruslannoite, jota tosin täytyy täydentää väkilannoitteella.

Karjanlannan heikko typen hyväksikäytettävyys verrattuna väkilannoitteisiin kuvastaa sitä, että karjanlannan levitystä nurmelle ei tulisi tehdä lähellä rehuntekoa. Oikean ajankohdan määrittäminen lietteen levitykselle on monimutkainen asia. Keväällä nurmipellot ovat monesti märkiä, jolloin kalusto aiheuttaa mahdollisesti tiivistymisiä sekä tallausvaurioita. Toisaalta taas kesällä pellot kantavat hyvin ensimmäisen rehunteon jälkeen. Yleensä kesällä sää on kuitenkin vähäsateinen ja kuuma, mikä ei ole optimaalisin keli lietteen levitykselle, koska helteellä typen haihdunta on suurempaa eritoten pintalevityksessä. Mielestäni paras ajankohta lietteen levitykselle on kahden niiton taktiikassa keväällä, jos olosuhteet sen sallivat ja kolmen niiton taktiikassa ensimmäisen rehunteon jälkeen. Tämä siksi, että lietteen levityksen jälkeen tulisi vielä kaksi sadonkorjuuta, jolloin lietteen hitaasti liukenevan typen satovaste hyödynnettäisiin varmasti. Kuiva kesä taas osoitti kokeessa lietteenpintalevityksen

haittapuolet eli kasvuston tahriintumisen levityksessä. Toisessa sadossa pintalevityskaistan kasvusto oli osin vielä lannassa johtuen vähäisistä sateista.

Tulevaisuudessa tutkimuksissa kannattaakin keskittyä siihen, miten karjanlannan ravinteet saataisiin nopeammin kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Jatkotutkimuksissa levitysmenetelmiin mukaan kannattaa ottaa lietteenvetoletkulevitys, jossa levityskaluston paino on huomattavasti alhaisempi, koska lietevaununun paino jää kokonaan pois. Jos karjanlannan ravinteita saataisiin hyödynnettyä tehokkaammin kuin nykyisin, voitaisiin ostoväkilannoitteiden käyttöä tilalla vähentää.

Havaintojeni mukaan moni viljelijä on miettinyt lietteen multaamisen hyödyllisyyttä verrattuna veitsimultaimiin. Veitsimultaimia on saatavilla huomattavasti leveämmillä työleveyksillä, kuin kiekkovannas multaimia. Työlevyden ollessa leveämpi syntyy ajouria peltoon vähemmän sekä työteho kasvaa. Omien kokemusten pohjalta suurimmat satotappiot nurmikasvustossa tulee nimenomaan ajourista, joita tosin tässä opinnäytetyössä ei tutkittu. Veitsimultaimen hyötyinä pidän sen keveyttä ja työlevyettä verrattuna kiekkovannas multaimen. Keveys ja työleveys yhdessä säästävät maan rakennetta, kuten myös nurmikasvutoa tallausvaurioilta.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

- AHPONEN, Katri ja Penttinen, Sanna 2017. Peltomaan laatutestin itsearviointi ja kuoppatesti [verkkodokumentti]. Pro-Agria. [Viitattu 2018-04-10.] Saatavissa: https://www.mtk.fi/liitot/pohjois-savo/hankkeet/kohtitulevaa/2017tukitilaisuudet/fi_FI/tukipuhveti/_files/97812969118370110/default/Peltomaan%20laatutesti%20ja%20itsearviointi%20ProAgria.%20Katri%20Ahponen.pdf
- ALAKUKKU, Laura 2008-11-21. Märän maan tiivistyminen uhkaa peltomaita [verkkoartikkeli]. Ura-kointi Uutiset. [Viitattu 2018-04-10.] Saatavissa: <http://www.urakointiutiset.fi/uutiset/maran-maan-tiivistyminen-uhkaa-peltomaita/>
- DICKEY-JOHN 2005. Penetrometri tunnistaa maan tiivistymisen! [verkkodokumentti]. DICKEY-john corboration. [Viitattu 2019-01-29.] Saatavissa: http://www.palola.net/sct_suom.pdf
- ELY-KESKUS s.a. Kooste lohko-kohtaisista toimenpiteistä ympäristökorvauksessa [verkkodokumentti]. Ely-keskus. [Viitattu 2019-02-01.] Saatavissa: <https://www.ely-keskus.fi/documents/10191/8697221/Kooste+lohko-kohtaisista+toimenpiteist%C3%A4%20ymp%C3%A4rist%C3%B6korvauksessa.pdf/6162f2c4-3999-4bda-a7bd-2794ae069c85>
- EUROFINS 2019. Viljavuustutkimuksen tulkinta [verkkodokumentti]. Eurofins viljavuuspalvelu Oy. [Viitattu 2019-01-03.] Saatavissa: https://cdnmedia.eurofins.com/european-east/media/2849228/viljavuustutkimuksentulkinta_01022019.pdf
- FARMIT 2009. Tähkävaiheen lisätyellä lisää valkuaista [verkkosivu]. Farmit. [Viitattu 2019-01-15.] Saatavissa: <https://www.farmit.net/kasvinviljely/2009/07/06/tahkavaiheen-lisatypella-lisaa-valku-aista>
- FARMIT 2019. Tilastot [verkkosivu]. Farmit. [Viitattu 2019-03-03.] Saatavissa: <https://www.farmit.net/weather-service/tilastot>
- FARMIT s.a. Säilörehunurmen lannoitus [verkkajulkaisu]. Farmit. [Viitattu 2019-02-16.] Saatavissa: <https://www.farmit.net/kasvinviljely/nurmikasvit/sailorehunurmi/lannoitus>
- HARTOJOKI, Jenna s.a. Rehuanalyysin tulkintaohjeistus: Märehtijät [verkkodokumentti.] Seilab. [Viitattu 2019-01-05.] Saatavissa: <http://www.seilab.fi/tutkimukset/rehututkimukset.html/47916.pdf>
- HYRKÄS, Maarit, SAIRANEN, Auvo ja VIRKAJÄRVI Perttu 2012. Säilörehun korjuuajan merkitys nurmisadon laatuun ja määrään [verkkodokumentti]. Karpe-hanke. [Viitattu 2019-01-15.] Saatavissa: <http://www.karpe.fi/materiaalit/karpekirjasto/paatosjulkaisu.pdf>
- JOKI-TOKOLA, Erkki s.a. Miten saan lannan ravinteet mahdollisimman tehokkaasti hyötykäyttöön peltoviljelyssä – mitä tekniikkaa se vaatii? [verkkajulkaisu]. MTT Ruukki. [Viitattu 2019-02-15.] Saatavissa: <http://www.oamk.fi/hankkeet/vene/docs/rehuseminaari/jokitokola>
- JÄPPINEN, Saku 2014-06-18. Lietteen letkulevitys [digikuva]. Sijainti: Siilinjärvi: Saku Jäppisen valokuvatiedostot.
- JÄPPINEN, Saku 2018-06-11. Kehikonäytteenotto [digikuva]. Sijainti: Siilinjärvi: Saku Jäppisen sähköiset kansiot
- JÄPPINEN, Saku 2018-06-13. Kuivatun nurminäytteen pussitus [digikuva]. Sijainti: Siilinjärvi: Saku Jäppisen sähköiset kansiot.
- JÄPPINEN, Saku 2018-07-08. Penetrometrimittaus [digikuva]. Sijainti: Siilinjärvi: Sakun sähköiset kansiot.
- JÄPPINEN, Saku 2018-07-24. Botaaninen tutkimus [digikuva]. Sijainti: Siilinjärvi: Sakun sähköiset kansiot.
- JÄPPINEN, Saku 2018-07-24. Kasvuston korkeuden mittaaminen [digikuva]. Sijainti: Siilinjärvi: Sakun sähköiset kansiot.

- JÄPPINEN, Saku 2018-07-24. Spad-mittaus [digikuva]. Sijainti: Siilinjärvi: Saku Jäppisen sähköiset kansiot.
- JÄPPINEN, Saku 2018-07-26. Nurminäytteen kuivapainon määrittäminen [digikuva]. Sijainti: Siilinjärvi: Saku Jäppisen sähköiset kansiot.
- JÄRKI 2017. Levityssajalla on väliä- väärin ajoitettu levitys lisää huuhtoutumisriskiä [verkkosivu]. JÄRKI. [Viitattu 2018-10-17.] Saatavissa: <https://www.jarki.fi/fi/isku/levityssajalla-valia>
- JÄRVENRANTA, Kirsi ja RÄTY, Mari 2018. Haittaako lietteen sijoittaminen nurmen kasvua? Käytännön maamies 6/2018, 30-32.
- JÄRVENRANTA, Kirsi, RÄTY, Mari, HARTIKAINEN, Miika ja VIRKAJÄRVI, Perttu. Lietteen sijoittamisen aiheuttamat satotappiot hiesumaalla 2018-01-10. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote no 34. [Vittattu 2018-04-06.] Saatavissa: http://www.smts.fi/sites/smts.fi/files/MTP2018_Abstrakti-kirja.pdf
- KAASINEN, S, RASA, K ja HEIKKINEN, K. 2010. Typpilannoituksen tarkentaminen TEHO:n tilakokeilu v. 2009 [verkkajulkaisu]. TEHO. [Viitattu 2019-01-04.] Saatavissa: <https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B684454FD-A759-45B8-AFAD-CFF2B54D593F%7D/55528>
- KAJAANIN AMMATTIKORKEAKOULU. Tutkimusongelmat ja -tehtävät sekä hypoteesit [verkkosivu]. Kajaanin ammattikorkeakoulu. [Viitattu 2018-04-20]. Saatavissa: <https://www.kamk.fi/opari/Opinnaytetyopakki/Teoreettinen-materiaali/Tukimateriaali/Tutkimusongelmat>
- KAKRIAINEN-ROUHIAINEN, Sanna 2018. Säilörehuanalyysi antaa pohjan ruokinnan suunnittelulle [verkkosivu]. Atria. [Viitattu 2019-01-05.] Saatavissa: <https://www.atriatuottajat.fi/at-rianauta/ruokintajarehut/karkearehut/Sivut/sailorehuanalyysientulkinta.aspx>
- KARHUNEN, Kaija ja LEPPÄVUORI, Heikki 2017. Naudan liettelannan ravinnepitoisuus ja sen merkitys lannoituksen suunnittelussa [verkkosivu]. RE-maatala. [Viitattu 2019-01-20]. Saatavissa: <http://ravinnejaenergia.fi/fi/liettelannan-ravinnepitoisuus-ja-sen-merkitys-lannoituksen-suunnittelussa/>
- KARLSTRÖM, Tiina 2018. Maidon pitoisuudet kertovat, onnistuiko ruokinta [verkkosivu]. ProAgria. [Viitattu 2019-01-15.] Saatavissa: <https://www.proagriaoulu.fi/fi/maidon-pitoisuudet-kertovat-ruokinnan-onnistumisesta/>
- KOLARI, Minna 2016. Ympäristökorvauksen mukainen lannoitus ja katsaus täydentävistä ehdoista [verkkosivu]. ELY. [Viitattu 2018-04-13.] Saatavissa: <http://www.loimaa.fi/tiedostot/42/documents/MAATALOUS/lannoitus%20ja%20t%C3%A4yd%20ehdot.pdf>
- KURKI, Päivi ja VALO, Ritva 2013. Karjanlannan ravinne varastosta arvokas sijoitus nurmeen [verkkosivu]. Pellot tuottamaan. [Viitattu 2018-04-13.] Saatavissa: https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/netti2013_lanta_logot.pdf
- KVANTIMOTV 2002. Varianssianalyysi [verkkosivu]. Yhteiskuntatieteellinen tietoaarkisto: Menetelmän opetuksen tietovaranto. [Viitattu 2019-01-02.] Saatavissa: <https://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/variassi/anova.html>
- KVANTIMOTV 2003. Hypoteesin testaus [verkkosivu]. Yhteiskuntatieteellinen tietoaarkisto: Menetelmäopetuksen tietovaranto. [Viitattu 2018-12-31.] Saatavissa: <https://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/hypoteesi/testaus.html#valinta>
- KYKKÄNEN, Sanna ja VIRKAJÄRVI, Perttu 2014. Nurmen lannoitussuosituksien muuttuvat [verkkodokumentti]. Ruokinta. [Viitattu 2019-01-02.] Saatavissa: https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/mtt/esittely/toimipaikat/ruukki/Tietopankki/Pelto- ja kasvitutkimus/Nurmikasvit/Nurmen%20lannoitussuosituksien_muuttuvat%20kykkänen.pdf
- LANTALOGISTIikka-HANKE a.s. Lantalogistiikka [verkkosivu]. Savonia ammattikorkeakoulu, Ely, Ylä-Savon ammattiopisto, Luke ja Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahasto Eurooppa investoi maaseutualueisiin. [Viitattu 2018-04-13.] Saatavissa: <http://lantalogistiikka.savonia.fi/index.php>

- LANTALOGISTIIKKA 2016. Kiekkovannasmultain [digikuva]. Sijainti: Iisalmi. Saku Jäppisen valokuvakansiot.
- LANTALOGISTIIKKA 2016. Väkilannoiteen levitin [digikuva]. Sijainti: Nilsiä. Saku Jäppisen valokuvakansiot.
- LANTALOGISTIIKKA 2017. Lietteen pintalevitys [digikuva]. Sijainti: Iisalmi. Saku Jäppisen valokuvakansiot.
- LANTMÄNNEN AGRO 2019. Primus 0,5l rikkakasvien torjunta-aine [verkkosivu]. Lantmännen Agro. [Viitattu 2019-01-15.] Saatavissa: <https://www.lantmannenagro.fi/tuotteet/kasvinsuojeluaineet/rikkakasvien-torjunta-aineet/primus-05l-rikkakasvien-torjunta-aine/>
- LEHTONEN, Satu 2011-10-20. Lähes kaikki liete sijotetaan tai mullataan maahan. Maaseudun Tulevaisuus. [Viitattu 2018-03-18.] Saatavissa: <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/maatalous/l%C3%A4hes-kaikki-lanta-sijotetaan-tai-mullataan-maahan-1.5008>
- LUOSTARINEN, Sari, HELLSTEDT, Maarit, NOUSIAINEN, Joni, GRÖÖNROOS, Juha ja MUNTHER, Joonas 2017. Missä luuraavat Suomen lannat [verkkajulkaisu]. Käytännön maamies. [Viitattu 2019-02-21.] Saatavissa: <http://kaytannonmaamies.fi/share/20264/6d6de4>
- LÖTJÖNEN, TIMO 2014. Karjanlannan levityksen teknologiat ja talous [verkkodokumentti]. MTT. [Viitattu 2019-01-26.] Saatavissa: https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/mtt/esittely/toimipaiikat/ruukki/Tietopankki/Naudanlihanuotanto/Nivala_Kempele_TimoL.pdf
- MAA- JA METSÄTALOUSMINISTERIÖ, 2016-02-08. Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista annetun maa- ja metsätalousministeriön asetuksen muuttamisesta, nro 5/16 [verkkodokumentti]. [Viitattu 2018-04-16]. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/data/normit/42474/16005fi.pdf>
- MAAATILA2020 2017. Ravinteiden tehokas käyttö on kannattavuuden perusta [verkkosivu]. Maatila2020. [Viitattu 2018-04-04.] Saatavissa: <http://maatila2020.savonia.fi/index.php/ravinteet>
- MÄKELÄ, Jukka ja MIKKOLA, Hannu 1987. Lannoitteen levityksen tasaisuus [verkkodokumentti]. Valtion maatalousteknologian tutkimuslaitos. [Viitattu 2019-04-04.] Saatavissa: <https://ju-kuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/484437/vtselostus47.pdf?sequence=1>
- MÄKINIEMI, Kirsi 2018-04-18. Havaintokaistat ja näytteenottopisteet [kuvakaappaus]. Sijainti: Saku Jäppisen kansiot.
- NYHOLM, Laura 2018. SÄILÖREHUJEN RAAKA-AINENÄYTTEET 1. SATO 2018 [verkkodokumentti]. Valio. [Viitattu 2019-03-06.] Saatavissa: <https://fl-cdn.scdn1.secure.raxcdn.com/files/sites/897/artturi-s-il-rehujen-raaka-ainen-ytteet-2018-1-sato-cb053e6c-6311-424e-b3af-a4cacce256de.pdf>
- NYHOLM, Laura 2018. SÄILÖREHUJEN RAAKA-AINENÄYTTEET 2. SATO 2018 [verkkodokumentti]. Valio. [Viitattu 2019-03-06.] Saatavissa: <https://fl-cdn.scdn1.secure.raxcdn.com/files/sites/897/artturi-s-il-rehujen-raaka-ainen-ytteet-2018-2-sato-2384a674-9746-4dbb-aeda-19f0477df7f3.pdf>
- PALVA, Reetta, ALASUUTARI, Sakari, HARMOINEN, Taina ja ALAKUKKU Laura 2009. Lannan käsittely ja käyttö. Tieto tuottamaan 128. Keuruu: Otavan kirjapaino oy.
- PARTALA, Anneli 2018-07-17. Käytössä oleva maatalousmaa [verkkosivu]. Luonnonvarakeskus. [Viitattu 2019-01-06.] Saatavissa: <https://stat.luke.fi/kaytossa-oleva-maatalousmaa>
- PELTONEN, Jari ja HARMOINEN Taina 2009. Ravinteet kasvituoannossa. Tieto tuottamaan 127. Keuruu: Otavan kirjapaino oy.
- PEL-TUOTE 2019. Letkulevittimet [verkkosivu]. PELTUOTE. [Viitattu 2019-03-06.] Saatavissa: <http://pel-tuote.fi/letkulevittimet/>
- PIRKKAMAA, Juha, JOKELA, Erkki ja RANTALA, Menna s.a. Peltomaan laatutesti [verkkosivu]. Agro-net. [Viitattu 2018-09-04.] Saatavissa: http://www.virtuaali.info/efarmer/peltomaan_laaturtesti/index.php

- SALO, Tapio ja KAPUINEN Petri 2015. Levitysmenetelmät avainasemassa lannan tehokkaassa käytössä [verkkosivu]. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. [Viitattu 2019-03-01.] Saatavissa: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:NEiT6ZKbkiAJ:https://docplayer.fi/27742619-Levitysmenetelmat-avainasemassa-lannan-tehokkaassa-kaytossa-tapio-salo-ja-petri-kapui-nen.html+%&cd=1&hl=fi&ct=clnk&gl=fi>
- SETÄLÄ, Anna 2018. EU-TUET 2018 [verkkodokumentti]. MTK. [Viitattu 2019-02-10.] Saatavissa: https://www.mtk.fi/liitot/varsinaissuomi/tilaisuuksien_materiaalit/Tukineuvot2018/fi_FI/Tukineuvot2018/_files/99814460103856090/default/Tukikoulutus%202018%20Anna%20Set%C3%A4l%C3%A4.pdf
- SOLLA, Maarit ja ÄIJÄLÄ Markku 2017. Ympäristökorvaus ja valvonta [verkkodokumentti]. ELY. [Viitattu 2019-04-02.] Saatavissa: https://www.mtk.fi/liitot/varsinaissuomi/tilaisuuksien_materiaalit/Tukineuvot2017/fi_FI/Tukineuvoja_2017/_files/99369383219889157/default/Ymparistokorvaus%20kevat%202017%20Aijala_Solla.pdf
- SYRJÄLÄ-QVIST, Liisa 1998. Perusrehujen kivennäiset tasapainoon [verkkosivu]. Maatilan Pellervo. [Viitattu 2019-01-15.] Saatavissa: <https://www.pellervo.fi/maatila/3uusin/398lsq.htm>
- TAANILA, Aki 2013. Riippumattomat vai riippuvat otokset? [verkkosivu]. Akin menetelmäblogi. [Viitattu 2019-01-10.] Saatavissa: <https://tilastoapu.wordpress.com/2012/02/10/kahden-riippumattoman-otoksen-vertailu/>
- TURPEINEN, Eevelina 2017. Muista anylsoida rehuista myös magnesium [verkkosivu]. ProAgria. [Viitattu 2019-01-07.] Saatavissa: <https://pohjois-savo.proagria.fi/blogit/savolaeset-ossoojat/2017/09/20/muista-analysoida-rehuista-myos-magnesium>
- VALTIONEUVOSTON ASETUS ERÄIDEN MAA- JA PUUTARHALOUDESTA PERÄISIN OLEVIEN PÄÄSTÖJEN RAJOITTAMISESTA. A 18.12.2014/1250. Finlex. Lainsäädäntö. [Viitattu 2018-04-06.] Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20141250>
- VALTONEN, Olli 2016. Kaliumin tarve korostuu tänä kesänä [verkkosivu]. ProAgria. [Viitattu 2019-02-08.] Saatavissa: <https://www.proagria.fi/blogit/ruohonjuurella/2016/07/10/kaliumin-tarve-korostuu-tana-kesana>
- VIRTANEN, Johanna 2017. Perusteita karjanlannasta ja sen käytöstä [verkkodokumentti]. Ylä-Savon Ammattiopisto. [Viitattu 2019-04-02.] Saatavissa: http://ravinneenergia.fi/site/wp-content/uploads/2017/06/Separointi_yleistietoa-karjanlannasta.pdf
- YARA 2018. Nurmi [verkkosivu]. Yara. [Viitattu 2019-02-16.] Saatavissa: <https://www.yara.fi/lannoitus/ymparistokorvaus/nurmi/>
- YARA 2018. Säilörehun fosforipitoisuus on laskenut [verkkosivu]. Yara. [Viitattu 2019-01-03.] Saatavissa: <https://www.yara.fi/lannoitus/nurmi/nurmen-tutkimukset/sailorehun-fosforipitoisuus-on-laskenut/>
- YARA 2019. Nurmen lannoitus [verkkosivu]. Yara. [Viitattu 2019-02-16.] Saatavissa: <https://www.yara.fi/lannoitus/nurmi/nurmen-lannoitus/>
- YARA-NURMI 2019. Kaliumin vaikutus nurmisatoon [verkkosivu]. Yara. [Viitattu 2019-03-01.] Saatavissa: <https://www.yara.fi/lannoitus/nurmi/kaliumin-vaikutus-nurmisatoon/>

LIITE 1: VARIANSSIANALYYSIEN SEKÄ PARIVERTAILUJEN TULOKSET

SATOTULOKSET JA KASVUSTON OMINAISUUDET												
Lannoitustapa	Niitto	Kuiva-ainesato kg ka/ha	Rikkakasvi-pitoisuus, % tuorepainost	Kuiva-aine-%	SPAD (Chl)	Lehtien N-pitoisuus	Kasvuston tiheys %	Kasvuston korkeus cm				
Väkilannoitus	1	3411 a	0,02 a	25,0 a	28,1 a	11,6 a	90 a	56,1 a				
Lietteen pintalevitys	1	3488 a	0,33 a	23,1 a	28,5 a	11,8 a	90 a	59,4 a				
Lietteen letkulevitys	1	3504 a	1,65 a	24,1 a	28,1 a	11,6 a	90 a	61,0 a				
Lietteen multaus	1	3547 a	0,09 a	25,8 ab	22,6 ab	9,9 ab	73 b	57,9 a				
	keskiarvo	3487	0,52	24,5	26,8	11	86	59				
	SD	466	1,42	1,41	3,21	1,06	0,09	3,79				
	SEM	269	0,82	0,81	1,86	0,61	0,05	2,19				
	p-arvo	0,99	0,52	0,065	0,042	0,073	0,027	0,49				
		ns	ns	o	*	o	*	ns				
Lannoitustapa	Niitto	Kuiva-ainesato kg ka/ha	pitoisuus, % tuorepainost	Kuiva-aine-%	SPAD (Chl)	Lehtien N-pitoisuus	Kasvuston tiheys %	Kasvuston korkeus cm				
Väkilannoitus	2	2962 a	0,00 a	23,3 a	34,4 a	13,0 a	97 a	61,1 a				
Lietteen pintalevitys	2	2770 a	0,00 a	22,2 a	32,1 a	12,9 a	95 a	48,3 a				
Lietteen letkulevitys	2	3405 a	1,36 a	24,2 a	32,1 a	12,9 a	100 a	50,6 a				
Lietteen multaus	2	3185 a	0,86 a	23,7 a	32,3 a	12,9 a	95 a	51,7 a				
	keskiarvo	3080	0,56	23,4	32,7	12,9	96,8	52,9				
	SD	476	1,08	1,71	2,77	1,02	3,26	7,95				
	SEM	275	0,62	0,99	1,60	0,59	1,88	4,59				
	p-arvo	0,44	0,36	0,62	0,76	0,99	0,19	0,21				
		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns				

REHUARVOT JA KIVENNÄSPITOISUUDET												
Lannoitustapa	Niitto	D-arvo g/kg ka	ME-arvo g/kg ka	Raakavalkuain en g/kg ka	OIV g/kg ka	PVT g/kg ka	NDF-kuitu g/kg ka	Sokeri g/kg ka	Tuhka g/kg ka			
Väkilannoitus	1	733 a	11,3 a	137 a	96 a	-4,0 a	518 a	168 a	54 a			
Lietteen pintalevitys	1	727 a	11,2 a	160 b	100 a	16,0 b	543 a	141 a	64 b			
Lietteen letkulevitys	1	710 a	11,0 a	154 b	97 a	13,3 b	534 a	149 a	63 b			
Lietteen multaus	1	711 a	11,0 a	132 a	93 a	-4,0 a	543 a	163 a	57 ab			
	keskiarvo	720,2	11,1	145,8	96,3	5,3	534,7	155,3	59,5			
	SD	15,1	0,2	13,9	3,3	10,8	22,3	18,0	5,2			
	SEM	8,7	0,1	8,0	1,9	6,2	12,9	10,4	3,0			
	p-arvo	0,16	0,20	0,006	0,058	0,002	0,533	0,243	0,008			
		ns	ns	**	o	**	ns	ns	**			
Lannoitustapa	Niitto	Fosfori (P) g/kg ka	Kalium (K) g/kg ka	Magnesium (Mg) g/kg ka	Kalsium (Ca) g/kg ka	Natrium (Na) g/kg ka						
Väkilannoitus	1	2,4 a	15,7 a	1,5 a	3,5 a	0,2 a						
Lietteen pintalevitys	1	2,4 a	23,3 b	1,3 a	3,2 a	0,2 a						
Lietteen letkulevitys	1	2,1 ab	22,7 b	1,4 a	3,2 a	0,2 a						
Lietteen multaus	1	2,0 ab	19,0 a	1,3 a	2,8 a	0,2 a						
	keskiarvo	2,23	20,2	1,4	3,2	0,2						
	SD	0,2	3,4	0,1	0,4	0,0						
	SEM	0,1	2,0	0,1	0,2	0,0						
	p-arvo	0,03	0,001	0,579	0,156	1,00						
		*	***	ns	ns	ns						

Lannoitustapa	Niitto	D-arvo		ME-arvo		Raakavalkuainen		OIV g/kg		PVT g/kg		MDF-kuitu		Sokeri		Tuhka	
		g/kg	ka	g/kg	ka	g/kg	ka	g/kg	ka	g/kg	ka	g/kg	ka	g/kg	ka	g/kg	ka
Väkilannoitus	2	663	a	10,2	a	177	a	96	a	39,0	a	612	a	57	a	68	a
Lietteen pintalevitys	2	676	a	10,4	a	176	a	97	a	36,0	a	591	a	62	a	90	b
Lietteen letkulevitys	2	677	a	10,4	a	164	a	95	a	26,7	a	582	ab	80	a	88	b
Lietteen multaus	2	659	a	10,1	a	170	a	95	a	34,3	a	604	a	58	a	83	b
	keskiarvo	668,8		10,3		171,9		95,8		34,0		597,3		64,3		82,3	
	SD	22,7		0,4		12,6		2,8		11,1		18,4		17,1		9,9	
	SEM	13,1		0,2		7,3		1,6		6,4		10,6		9,9		5,7	
	p-arvo	0,73		0,71		0,65		0,689		0,631		0,192		0,325		0,004	
		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		**	
Lannoitustapa	Niitto	Fosfori (P)		Kalium (K)		Magnesium (Mg)		Kalsium (Ca)		Natrium (Na)							
		g/kg	ka	g/kg	ka	m (Mg)		(Ca) g/kg		(Na) g/kg							
Väkilannoitus	2	2,4	a	18	a	3,0	a	5,7	a	>0,21							
Lietteen pintalevitys	2	2,7	a	28	b	2,5	a	5,7	a	0,2							
Lietteen letkulevitys	2	2,4	a	30	b	2,3	a	5,1	a	>0,21							
Lietteen multaus	2	2,5	a	28	b	2,3	a	4,7	a	>0,21							
	keskiarvo	2,52		26,1		2,5		5,3		0,2							
	SD	0,2		5,2		0,5		0,6		0,0							
	SEM	0,1		3,0		0,3		0,4		0,0							
	p-arvo	0,59		0,002		0,264		0,161		1,00							
		ns		**		ns		ns		ns							