

# LANNOITUS NESTEMÄISELLÄ FOSFORILLA KYLVÖN YHTEYDESSÄ



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Mustiala, maaseutuelinkeinot

Kevät, 2020

Antti Mäkelä

Maatilatalouden koulutusohjelma  
Mustiala

---

<b>Tekijä</b>	Antti Mäkelä	<b>Vuosi</b> 2020
<b>Työn nimi</b>	Lannoitus nestemäisellä fosforilla kylvön yhteydessä	
<b>Työn ohjaaja/t</b>	Heikki Pietilä	

---

#### TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia fosforipitoisen lannoitteen levitystä kylvön yhteydessä. Opinnäytetyö sisältää taustatietoa lannoituksesta, nestelannoitusjärjestelmän rakentamisen VM 6000ds -kylvökoneeseen, sekä viljelykokeen N-xt:n fosforipitoisella nestelannoitteella Yli-Mäkelän tilalla. Kylvökoneeseen rakennettiin nestelannoitusjärjestelmä, joka toimii keskipakopumpulla ja ohjataan sähköisesti ohjainlaitteella ja paineensäätöventtiilistöllä.

Lannoituskoe suoritettiin tilalla 7,42 hehtaarin alalla, jossa oli yhteensä 20 eri koeruutua kahdella eri lannoitustasolla, sekä nollaruuduilla. Koeruutuja mitattiin biomassakuvilla, lehtimittauksilla, näköhavainnoilla, sekä lopuksi puimalla lohkon koeruudut ja mittaamalla jokaisesta ruudusta kilot. Puiduista koeruuduista mitattiin myös kosteus, valkuainen ja tärkkelys.

Koeruutujen kylvö suoritettiin myöhään 1.6.2019 RGT Planet -ohralla ja puinti suoritettiin 28.9.2019. Kylvöolosuhteet olivat mainiot kuten alkukesäkin, mutta heinäkuun edetessä kasvusto kärsi kovasti kuivuudesta, mikä näkyi kasveissa tyhjinä jyvinä ja tähkinä. Varsinaisia eroja koeruutujen välillä silmämääräisesti ei voinut havaita paitsi Suomensalpietarilla lannoitetuissa ruuduissa, jotka olivat kasvussa hieman myöhässä NPK-ruutuihin verrattuna.

Koeruutujen mittauksista voitiin todeta lannoitustavan tuoneen lisäsatoa 80 kilosta yli 750 kiloon hehtaarille verrattuna viereiseen nollaruutuun. Nestelannoitus todettiin laskennallisesti osittain kannattavaksi, mutta koikeita todellisen kannattavuuden toteamiseksi tulee vielä tehdä lisää.

**Avainsanat** Viljelykoe, lannoitus, fosfori, satotaso

**Sivut** 40 sivua, joista liitteitä XX sivua

Name of degree programme  
Campus

---

<b>Author</b>	Antti Mäkelä	<b>Year</b> 2018
<b>Subject</b>	Liquid fertilization of phosphorus at sowing	
<b>Supervisors</b>	Heikki Pietilä	

---

#### ABSTRACT

The purpose of the thesis is examining the phosphorus containing fertilizer simultaneously with sowing. The thesis includes background information about fertilization, building of liquid fertilization system on VM 6000ds seed drill and sowing experiment with N-xt liquid fertilizer. Sowing experiment was made on Yli-Mäkelä farm in Lahti. Liquid fertilizing system was built into the drill which works with centrifugal pump. Liquid system is electrically controlled by controller and electric pressure control valve.

The fertilization experiment was performed in area of 7,42 hectares with 20 different test plots. The plots had two different fertilization levels and zero plots. The plots were measured by biomass images, leaf index measurement, visual observations and threshing plots and measuring the crop yield of each plot. Moisture, protein and starch content were also measured from each plot.

The test plots were sown late, on 1 of June 2019 with RGT Planet barley and threshing was performed 28 of September 2019. The sowing conditions and early summer were excellent for crop growing. During the summer the plots suffered lot of drought which appeared in the plant's empty spikes and cones. Actual differences between test plots couldn't be seen by eye except in the plots fertilized with only Suomensalpietari nitrogen fertilizer. Suomensalpietari plots were growing little late compared to the other NPK plots.

The result showed that the method of fertilization almost always brought extra kilos from 80 kilos to over 750 kilos per hectare. The calculations show that liquid fertilization was found calculated profitable with smaller amount of fertilizer. Further test are needed to establish the actual profitability of this method.

**Keywords** Sowing experiment, fertilizing, phosphorus, yield level

**Pages** 40 pages +

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	1
2	LANNOITUS KASVINVIJELYSSÄ .....	1
2.1	Kasvien tarvitsemat ravinteet .....	1
2.2	Maaperän vaikutus ravinteiden saatavuuteen .....	2
2.3	Fosfori yleisesti .....	3
2.3.1	Fosforin vaikutus kasviin .....	3
2.3.2	Fosfori maaperässä .....	3
2.4	Lannoitustavat kemiallisilla lannoitteilla .....	5
2.5	Rakeinen lannoitus .....	5
2.6	Nestemäinen lannoitus .....	6
3	KYLVÖNESTELANNOITTIMET .....	7
3.1	Nestelannoittimet länsimaissa .....	7
3.2	Nestelannoittimet Suomessa .....	9
4	NESTELANNOITUSJÄRJESTELMÄN RAKENTAMINEN .....	10
4.1	Kylvökoneen esittely .....	10
4.2	Nestelannoitusjärjestelmä vaihtoehdot .....	11
4.2.1	Happowa nestelannoitusjärjestelmä .....	12
4.2.2	Startec-nestelannoitusjärjestelmä .....	12
4.2.3	Great Plains -nestelannoitusjärjestelmä .....	13
4.2.4	Hypro-pumppu ja sähköinen ohjausjärjestelmä .....	14
4.2.5	Etusäiliön valinta .....	15
4.3	Järjestelmän rakentaminen .....	15
4.3.1	Pumpun ja hydrauliiikan rakentaminen .....	16
4.3.2	Nestelinjojen veto kylvökoneen vantaille .....	18
4.3.3	Ohjainlaitteen asennus ja järjestelmän testaus .....	23
4.4	Kustannukset .....	25
5	NESTEMÄISEN STARTTIFOSFORIN LANNOITUSKOE .....	25
5.1	Kokeen tutkimustavoite .....	25
5.2	Koelohko yleisesti .....	26
5.3	Lajike ja kylvömäärä .....	27
5.4	Lannoitteet ja lannoitusmäärät .....	28
5.4.1	Lannoitekustannus .....	29
5.5	Seuranta ja havainnointi .....	30
5.5.1	Muokkaus ja kylvö .....	30

5.5.2	Orastuminen.....	30
5.5.3	Kasvinsuojelu ja lisätyn käyttö .....	31
5.5.4	Puinti ja mittaus .....	31
6	MITTAUSTULOKSET .....	32
6.1	Sade ja lämpökertymä .....	32
6.2	Kasvuston biomassassa.....	33
6.3	Kasvuston lehtien fosfori, PE-arvo, mangaani ja PI-arvo .....	35
6.3.1	Fosforianalyysi.....	36
6.3.2	PE-arvo .....	37
6.3.3	PI-arvo .....	37
6.3.4	Mangaani.....	38
6.4	Silmämääräiset havainnot.....	39
6.5	Kasvuston jyväsato, valkuainen ja tärkkelys .....	41
6.5.1	Jyväsato .....	42
6.5.2	Valkuainen.....	44
6.5.3	Tärkkelys.....	44
7	YHTEENVETO .....	45
7.1	Johtopäätökset .....	45
7.2	Vaikutus satoon ja laatuun.....	45
7.3	Kannattavuus .....	46
7.4	Kokeen toistaminen .....	47
8	LÄHTEET .....	48

## Liitteet

### Liite 1. Lannoitemäärät koeruuduittain

## 1 JOHDANTO

Viljelykasvin sato määräytyy maanrakenteen, sääolosuhteiden, tautien ja ravinteiden mukaan. Näistä merkittävä tekijä ovat ravinteet, jotka ovat kasvin kehitykselle välttämättömiä. Pääravinteiden tyyppi ja varsinkin fosforin lannoitusrajat ovat Suomessa tiukat. Huippusatoa tavoitellessa fosfori on tiukkojen säännösten takia usein rajoittamassa satotasoa. On siis tärkeää saada kaikki mahdolliset ravinteet tehokkaasti kasvin käyttöön, jotta voidaan tavoitella hyviä satotuloksia.

Fosforin merkitys kasvin kasvun aikana on suuri. Fosfori on kasvin energian lähde ja vaikuttaa siten kasvin juuriston ja maanpäällisen osan kehittymiseen. Riittävällä fosforin saannilla kasvi myös kestävä ääriolosuhteita, kuten kuivuutta, paremmin hyvän juuriston ansiosta. Fosforia voidaan levittää kasville mineraalisina yhdisteinä, maahan rakeena tai nesteinä, sekä lehtilannoitteena. Suomessa lannoitus tapahtuu lähes aina rakeena ja lehtilannoituksena. Nestelannoitus kylvön yhteydessä on enemmän käytössä Pohjois-Amerikassa sekä joissain määrin Keski-Euroopassa.

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia nestemäisen fosforilannoitteen käyttöä lisänä kylvölannoituksen yhteydessä. Osa nestemäisistä fosforilannoitteista on edullisempaa tavalliseen fosforiin verrattuna ja aina nopeammin liukoisessa muodossa kasvin hyödynnettävissä. Nopealiukoisuus edesauttaa kasvin kasvuun lähtöä ja mahdollista satolisuutta. Tutkittavia asioita onkin taloudellisuus, käytettävyys ja mahdollinen sadonlisä.

Nestemäinen fosforilannoituskoe suoritetaan Yli-Mäkelän tilalla RGT Planet -ohralla. Koetta varten rakennetaan nestemäinen lannoitusjärjestelmä VM 6000ds -kylvökoneeseen ja nestelannoituskokeet hoidetaan N-xt fertiphos-lannoitteella. Mittaustuloksia kerätään lehdistä fosforipitoisuuksina, ilmakuviasta biomassana ja silmämääräisinä havaintoina. Lopuksi koeruudut puidaan ja punnitaan, sekä analysoidaan NIT-mittarilla. Opinnäytetyötä on tarkoitus hyödyntää tulevaisuudessa Yli-Mäkelän tilan viljelyssä, mikäli lannoituskokeet tuottavat tulosta ja lannoitus on taloudellisesti kannattavaa.

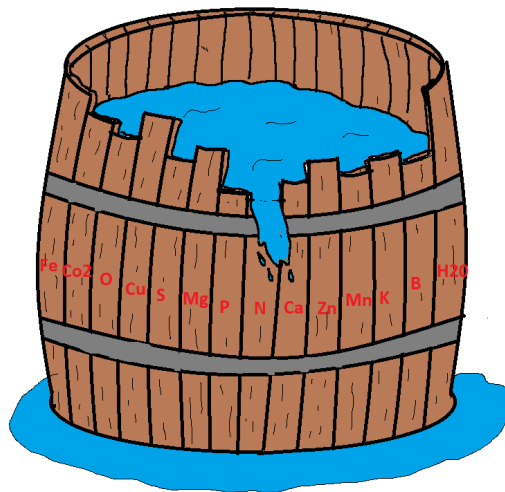
## 2 LANNOITUS KASVINVIJELYSSÄ

### 2.1 Kasvien tarvitsemat ravinteet

Kasviravinteet ovat kasveille välttämättömiä, jotta ne pystyvät kasvamaan siemenestä lisääntymiskykyisiksi täysikokoisiksi kasveiksi ja ylläpitämään

fotosynteesiä. Ravinteet koostuvat alkuaineista ja niitä on 16. Tämän lisäksi kasvit hyötyvät muistakin alkuaineista kuten piistä, seleenistä, koboltista ja natriumista, mutta ne eivät ole kasvin kasvulta välttämättömiä. (Harmoinen, 2009,6,9.)

Kasvien ravinteet jaotellaan makro- ja mikroravinteiksi. Makroravinteita tarvitaan yli 10 kiloa hehtaaria kohden ja mikroravinteita alle 1 kilo hehtaaria kohden. Ravinteet voidaan myös jaotella pääravinteisiin, sivuravinteisiin ja hivenravinteisiin. Typpiä, fosforia ja kaliumia kutsutaan pääravinteiksi, sillä ne ovat useimmiten kasvua rajoittavat tekijät. Magnesiumia, kalsiumia ja rikkiä kutsutaan sivuravinteiksi ja loppuja mikroravinteita hivenravinteiksi. Ravinteet ovat kuitenkin tasa-arvoisia tärkeydeltään, sillä jokaisen ravinteen puute rajoittaa tai estää kasvun kokonaan. (Harmoinen 2009, 9.) Ravinnetarve havainnollistuu hyvin Liebigin tynnyrillä, jossa vesi ei pysy sisällä, mikäli joku lauta on liian lyhyt. Tässä tapauksessa lyhyt lauta kuvaa ravinnetta, josta on puutosta ja vesi satotasa.



Kuva 1. Kuva 1.Liebig's barrel (Antti Mäkelä).

## 2.2 Maaperän vaikutus ravinteiden saatavuuteen

Maalajeilla on suuri vaikutus ravinteiden sitoutumiseen maaperään ja mihin muotoon ne sitoutuvat. Osa jaetuista ravinteista saattaa kiinnittyä nopeasti niin tiukkaan maaperään, etteivät ne ole enää kasvin käytettävissä.

Varsinkin turvemaileda ja karkeilla kivennäismailla ravinteet taas voivat helposti huuhtoutua kasvin ulottumattomiin, sillä maalajit läpäisevät hyvin vettä ja sitoutuminen on vähäistä. (Harmoinen, 2009, 19).

Maan pH-arvo vaikuttaa kasvin ravinteiden ottoon. Suomen peltomaat ovat usein liian happamia, joka vaikuttaa ravinteiden kuten fosforin, kaliumin, kalsiumin, rikin ja magnesiumin saatavuuteen. Kalkituksella ja oikealla pH:lla voidaan siis tehostaa kasvin ravinteiden ottoa. (Farmit, 2009).

Hyvä rakenteinen maa helpottaa juurien kasvua maaperässä ja siten tehostaa ravinteiden saantia. Hyvä rakenteinen maa ylläpitää ja lisää maaperäeliöiden toimintaa, jotka taas vapauttavat kasveille hyödyllisiä ravinteita. (Myllys, 2014). Maaperän ravinteiden hyödyntäminen siis vaatii maaperältä hyvää kasvukuntoa pH:n, salaojituksen, viljelykierron ja oikean viljelyajankohdan osalta, jotta maa ei tiivisty.

## 2.3 Fosfori yleisesti

### 2.3.1 Fosforin vaikutus kasviin

Fosfori on kasviravinne siinä missä muutkin kasviravinteet, mutta se kuuluu typen kanssa useimmiten eniten kasvua rajoittaviin tekijöihin. Fosfori vaikuttaa paljon kasvin energian vaihtoon ja sitä voisi verrata kasvin "patteriksi", joka varastoi ja siirtää energiaa kasville. (Kansas State University, 2011). Fosfori myös vaikuttaa kasvin kasvussa hyvin tärkeisiin tekijöihin, kuten juuriston kehittymiseen, tähkien määrään ja siementen määrään sekä parantaa satoa, parantaa sadon laatua ja nopeuttaa kasvin tuleentumista. Fosforin vaikutus juuriston kehitykseen vaikuttaa myös voimakkaasti muiden ravinteiden saantiin, sillä hyvä juuristo ottaa tehokkaammin ravinteita maaperästä. (Yara, n.d.).

### 2.3.2 Fosfori maaperässä

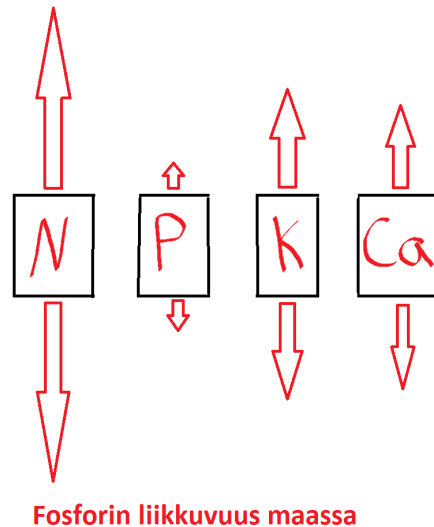
Fosforia on luonnossa maaperässä runsaasti apatiittimuodossa, joka on hyvin hitaasti kasvien käyttöön liukenevaa fosforia. Luonnollisessa tilassa kasvit hyödyntävätkin apatiittifosforia. Maan fosforipitoisuus pelloilla vaihtelee, mutta yleensä orgaanisten yhdisteiden sisältämää fosforia kivennäismaissa on 300-500 kiloa hehtaaria kohden ja parhaimmillaan muokkauskerroksessa fosforia on yhteensä 2000 kiloa hehtaaria kohden. (Harmoinen, 2009, 18.)

Iso osa pellolle levitettävästä rakeisesta fosforista liukenee nopeasti ja varastoituu sitoutumalla maaperän hiukkasiin. Sitoutuminen vaihtelee 50 ja 80 prosentin välillä riippuen maalajista ja lopun levitetyn fosforin kasvi hyödyntää käyttöönsä. Muun tarvitsemansa fosforin kasvi ottaa käyttöön



maaperään sitoutuneesta ja kasvijätteestä vapautuvasta fosforista. (Kansas State University, 2011).

Fosforin liikkuvuus maaperässä on erittäin huonoa ja sen saatavuuteen vaikuttaa paljolti maan pH-arvo. Nitraattityypeen verrattuna liikkuvuus on yli 10 kertaa huonompaa. Fosforin satovasteeseen vaikuttaa maan viljavuus ja olosuhteet kuten kylmyys ja märkyys, jotka saattavat aiheuttaa fosforin puutetta myös hyvän fosforitason mailla. Yaran tutkimuksien mukaan keväinen fosforilannoitus parantaa typpilannoituksen satovastetta myös korkean fosforiluokan mailla. (Yara n.d.).



Kuva 2. Fosforin liikkuvuus maassa havainnollistava kuva (Kansas State University).

Karjanlannassa oleva fosfori on suunnilleen saman veroista kuin teollisten lannoitteiden (Harmoinen 2009, 18). Karjanlannan isoimmat hyödyt verrattuna teollisiin lannoitteisiin on multavuuden eli orgaanisen aineksen lisääntyminen maaperässä pitkällä aikavälillä ja haittoina pidemmällä aikavälillä liian korkeaksi muodostuva fosforin määrä ja peltojen tiivistyminen (Yara, n.d.). Karjanlannan fosforipitoisuuteen vaikuttaa paljon lannan käsittely, esimerkiksi onko lanta kompostoitu vai separoitu ja mikä kuivitusmuoto tilalla on (Ravinne ja energia, 2017).

Fosforin liukenevuus maaperästä kasvin käytettäväksi riippuu suuresti maan lämpötilasta. Maan lämpötilan ollessa 21 C fosforin liukenevuus maaperästä on hyvä. 18 C lämpötilassa liukenevuus on 70 % ja 13 C lämpötilassa enää 32 % verrattuna 21 C asteen lämpötilaan. (Yara, n.d.).

## 2.4 Lannoitustavat kemiallisilla lannoitteilla

Suomen yleisin lannoitustapa on sijoituslannoitus, jossa lannoitteet jaetaan kasveille kylvön yhteydessä joko samasta kylvövantaasta tai erillisestä lannoitusvantaasta. Sijoituslannoituksessa lannoite on lähellä jyvää, josta se saa tehokkaimmin hyödynnettyä ravinteet käyttöönsä varsinkin fosforin osalta. Lannoituksen tehokkuus korostuu etenkin kuivissa olosuhteissa. Lannoitustapa on tehokas varsinkin Suomen keväisin kuivissa olosuhteissa ja savisissa maissa. (Harmoinen, 2009, 71).

Jaetussa lannoituksessa osa lannoitteista, kuten pelkkä typpi, voidaan jakaa jo ennen kylvölannoitusta. Kylvön yhteydessä voidaan sijoittaa typpi, fosfori ja kalilannoitus maahan (Harmoinen, 2009, 75). Jaettu lannoitus voidaan hoitaa myös kylvön jälkeen typen täydennyslannoituksena jopa useampaan otteeseen, jolloin typpeä jaetaan vain kasvukauden tarpeen mukaan. Lannoitustapa sopii varsinkin lohkoille, joiden satotaso on voimakkaasti riippuvainen sääolosuhteista ja satotasot vaihtelevat runsaasti vuosittain. (Farmit, 2019). Jaettu lannoitus voidaan suorittaa apulantara-keen lisäksi ruiskuttamalla, jolloin typen lisäksi voidaan antaa kasveille hivenravinteita havaittuihin puutostiloihin.

Pelkkä pintalannoitus on suosittua varsinkin Keski-Euroopassa, missä usein lannoite jaetaan pellolle pintaan ennen kylvöä ja kasvustoille kasvukauden aikana. Lannoitustapa tehostaa kylvötapautumaa, sillä kylvöstä puuttuu täysin apulannan sijoitus. Suomessa kyseinen lannoitustapa ei ole kovin yleinen, sillä kasvukauden ollessa lyhyt ravinteiden saanti vaikeutuu, varsinkin kuivissa olosuhteissa etenkin fosforin osalta. Keski-Euroopassa lannoitustapa taas toimii, sillä kasvukausi on huomattavasti pidempi ja maalat, sekä lajikkeet kylvömäärineen erilaisia.

## 2.5 Rakeinen lannoitus

Rakeinen lannoitus on yleisin lannoitustapa Suomessa. Ravinteet ovat sitoutettu rakeisiin joko sekoitettuna eli blendinä tai homogeenisesti NPK rakeina. Blendi rakeissa jokaisessa lannoiterakeessa on omaa ravinteensa, jolloin vaarana on rakeiden epätasainen jakautuminen ja kasvien ravinnepuutos. NPK-lannoitteissa jokaisessa rakeessa on kaikki niihin laitettut ravinteet, jolloin lannoitus on tasaisempaa. Yleisimmin raelannoitteet sisältävät pääravinteita eli typpeä, fosforia, kaliumia ja toisinaan myös rikkiä. Rakeisien lannoitteiden varastointi on varsin huoletonta, sillä ne säilyvät hyvin ulkonakin pressupeitteen alla. Suomessa rakeisten lannoitteiden myyntiä hallitsee vahvasti Yara 70-80 prosentin osuudella ja loppu 20-30 prosentin myyntiosuus jakautuu Belor Agrolle, Cemagrolle ja Agro Oy:lle (Kilpailu- ja kuluttajavirasto, 2017).

## 2.6 Nestemäinen lannoitus

Nestemäisten lannoitteiden suosio on lisääntynyt koko 2010-luvulla huomattavasti. Tällä hetkellä nestelannoitemarkkinoiden arvo on noin 2,5 miljardia dollaria ja markkinoiden arvioitu arvo vuonna 2025 tulee olemaan 3,1 miljardia dollaria, jolloin vuotuinen kasvu on 3,7 % (Markets and Markets, 2019). Nesteitä voidaan levittää maaperään tai lehtiin riippuen käyttötarkoituksesta. Maahan jaettavan nesteen etuna on sen nopea levittyminen maaperän vesiliuokseen, jolloin juuret saavat läheltä tasaisesti ravinteita. Nesteellä voidaan myös välttää osmoosia haittaava liiallinen suo-laantumisen. Kuivassa maaperässä runsaasti typpeä ja kaliumia sisältävät rakeet voivat olla liian "kuumia" juuristolle liiasta suolapitoisuudesta johtuen, jolloin juuret saattavat aluksi ohjautua pois niiden luota ja tämä saattaa häiritä kasvua (Michigan State University, 2019).

Lehdille levitetyn lannoitteen vaikutus on hyvin nopeaa ravinteiden imeytyessä lehtien läpi, mutta lyhytaikainen. Lehtilannoitus soveltuukin lähinnä täydentämään tai ennakoimaan havaittuja ravinnepuutostiloja. Nesteitä voidaan lähes aina sekoittaa, joten niistä voidaan tehdä yksilöllisempiä sekoituksia tarpeen mukaan. (Michigan State University, 2019). Esimerkiksi maaperän kärsiessä mangaanin puutoksesta voidaan nestelannoitteen sekaan laittaa mangaania lisänä. Kasvit saavat mangaanin paremmin hyödynnettyä maaperästä juuriston avulla kuin kasvin lehtien kautta.

Osa nestelannoitteista on hiiltä sisältäviä kompleksilannoitteita. Lannoitteen halutut ravinteet on yhdistetty positiiviseen varaukseen, jolloin maahan koskiessaan ne sitoutuvat maan negatiivisiin savi- ja humuspartikkeleihin, eivätkä huuhtoudu kasvin ulottumattomiin. Lannoitevalmistajien mukaan lannoitustarvetta voidaan näillä lannoitteilla vähentää typen osalta 20 % ja fosforin osalta 30 - 40 % satomäärien pysyessä samana. Kompleksilannoitteet eivät myöskään rasita maaperää niin voimakkaasti. Kompleksilannoitteissa kasvin käytettävissä oleva fosforin määrä kasvukaudella on 95-99 prosenttia kun taas tavallisissa lannoitteissa määrä on yleensä 20-30 prosenttia. (Lilja, 2020).

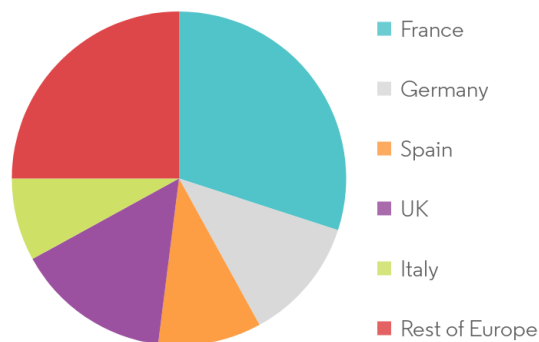
Nestemäisiä ja raemaisia lannoitteita vertaillen ei voi yksioikoisesti suositella vain toista lannoitemuotoa, sillä kasville ei ole teoriassa väliä missä muodossa lannoite tulee. Viljelijän on tehtävä päätös itse ottaen huomioon kustannuksia, levityksen helppoutta, sopivuutta ja potentiaalista kasvin hyötyä lannoitetta valitessaan. (Michigan State University, 2016).

### 3 KYLVÖNESTELANNOITTIMET

#### 3.1 Nestelannoittimet länsimaissa

Nestelannoituksen tarkkoja käyttäjämäärätilastoja ei löydy, mutta se on hyvin suosittua varsinkin Yhdysvalloissa, missä markkina-arvo on noin 1,3 miljardia dollaria ja Australiassa, missä markkina-arvo on noin 0,5 miljardia dollaria. Euroopassa markkina-arvo oli vuonna 2018 jopa 1,96 miljardia dollaria ja Ranska oli suurin nestelannoitteiden käyttäjä. Tilastot sisältävät maahan ja lehdille levitettävien lannoitteiden markkinat. Euroopan markkinoista merkittävä osa on lehtilannoitusta. (Mordor Intelligence, 2019)

Europe Liquid Fertiliser Market: Market Share, 2019



Source : Mordor Intelligence



Kuva 2. Nestelannoitusmarkkinoiden jakautuminen Euroopassa (Mordor intelligence).

Pohjois-Amerikassa nestelannoitusjärjestelmiä tekeviä yrityksiä on paljon. Johtava valmistaja on tällä hetkellä kanadalainen Pattison Liquid Systems, joka tekee ainoastaan nestejärjestelmiä kylvökoneisiin. Järjestelmä on käytännössä mahdollista asentaa mihin tahansa kylvökoneeseen, ja usein ne ovatkin jälkeinpäin rakennettuja. Yhdysvaltojen suurin kylvökonevalmistaja Great Plains valmistaa myös valmiita nestelannoituskylvökoneita sekä toimittaa pumppuja ja osia jälkiasennuksiin. Kylvökoneiden nestejärjestelmät ja vantaistot poikkeavat paljon alueittain. Koneisiin muokataan usein haluttu vantaisto, jota saatetaan muuttaa vuosittain paremmaksi. Lannoitteiden sijoitusta muutetaan myös olosuhteiden mukaan. Toimintamalli poikkeaa paljon Suomen mallista, jossa kylvökoneeseen ei yleensä tehdä muutoksia itse.



Kuva 3. Crosslot suorakylvökone nestelannoituksella.

Pohjois-Amerikassa jaettua nestelannoitusta suoritetaan kasvustoille maahan riviviljelykasveille, kuten maissille ja soijalle. Varsinkin kuivissa olosuhteissa on suurempi hyöty sijoittaa lannoite maahan vantaalla kuin rakeena tai ruiskutuksena kasvustoon, mikä saattaa aiheuttaa polttovioitusta. Lannoitetta jaetaan kuivilla alueilla myös kastelujärjestelmillä, joiden kautta ravinteita saadaan kasvin lehdille ja juuristoon. Alueilla, missä kuivuus ei ole ongelma, lannoitteita voidaan ajaa ruiskulla erikoissuuttimilla. Ruiskutus voidaan suorittaa esimerkiksi ennen kylvöä tai kylvön jälkeen maahan, nurmille keväällä sekä nurmen korjuiden jälkeen.



Kuva 4. Nestelannoitusuuttimet ruiskussa (Canolawatch).

Euroopassa nestelannoitus kylvön yhteydessä ei ole yhtä yleistä kuin Pohjois-Amerikassa, vaan lannoitusta tehdään useammin ruiskuttamalla ravinteita sekä hivenaineita kasvustoon tai maahan ennen kylvöä. Erikoiskasvinviljelyssä, kuten juurikkaan ja perunan viljelyssä, nestelannoitteen sijoittaminen kylvön yhteydessä on yleisempää. Euroopan isoimpia nestelannoitusjärjestelmien valmistajia on italialainen Startec, jonka laitteistoja tuodaan myös Suomeen. Suurimmat nestelannoitustoimijat Euroopassa ovat Yara international ASA, Nutrien Ltd, ICL Fertilizers, Haifa Group ja Tessen-derlo Group (Mordor Intelligence, 2019). Suomesta poiketen Yara tarjoaa esimerkiksi Iso-Britanniassa laajalti erilaisia nestelannoitusvaihtoehtoja viljelyyn.



Kuva 5. Suorakylvökoneen vannas, jossa näkyy nestelinja, siemenlinja ja rakeinen vannaslinja.

### 3.2 Nestelannoittimet Suomessa

Suomessa nestelannoitusta käytetään lähinnä erikoiskasveilla, kuten juurikkailla, perunalla ja vihanneksilla. Viljan nestelannoitusjärjestelmiä Suomessa on vähän ja ne on usein itse rakennettuja. Valmiita lannoitusjärjestelmäkomponentteja myy Suomessa Avagro, Propax Agro, Happowa ja MV-Agent. Kyseisien yritysten lannoitusjärjestelmät ovat vahvasti suunnattu erikoiskasveille, mutta niistä on mahdollista rakentaa myös viljan kylvöön soveltuvia ratkaisuja.

Suomessa myytäviä kylvön yhteydessä käytettäväksi soveltuvia nestelannoitteita ovat esimerkiksi Flex fertilizer systems, N-XT fertilizer ja Haifa Chemicals Ltd kompleksilannoitteet. Näiden lisäksi myös Yara on alkanut

vuonna 2019 tuoda maahan varsinkin erikoiskasveille suunnattuja jauheena toimitettavia ja veteen sekoitettavia nestelannoitteita. Kaikkia näitä lannoitteita voi levittää maahan joko ruiskulla, joka on varustettu erikoislannoitussuuttimilla, tai kylvökoneen nestelannoitusjärjestelmällä.

Nestelannoitusta on tutkittu Suomessa typpiliuoksen täydennyslannoituksena vehnällä, josta saatiin Yaran kokeissa 2012 hyviä tuloksia. Rakeiseen kertalannoitukseen nähden nestemäisellä lisälannoituksella saatiin 51 euroa suurempi tuotto hehtaaria kohden (Farmit, 2012). Sokerijuurikkaantutkimuslaitoksella on myös tutkittu kylvön yhteydessä sijoitetun starttilannoksen vaikutuksia juurikassatoon, jossa sitä verrattiin raemaiseen starttilannoitukseen. Rakeeseen verrattuna nestelannoitetta käytettäessä lisäsi se satoa 1,6 tonnia 5 fosforikilolla ja 4,6 tonnia 10 fosforikilolla. Tulokset olivat kahtena peräkkäisenä vuotena hyvin samanlaiset. (Juurikassarka, 3/2013 9,10)

## 4 NESTELANNOITUSJÄRJESTELMÄN RAKENTAMINEN

### 4.1 Kylvökoneen esittely

Nestelannoitusjärjestelmä asennettiin tässä opinnäytetyössä VM 6000ds pneumaattiseen kylvökoneeseen. Kone on ostettu tilalle uutena vuonna 2012 ja sillä on kylvetty yhteensä noin 3000 hehtaaria, joten kylvökoneen toiminta ja säätäminen on tuttua. Koneella voi kylvää kaikille kylvöpohjille ja sen vannas on kehitetty varsinkin suorakylvöä ajatellen, mutta suorakylvöä ei tilalla käytetä säännöllisesti.



Kuva 6. VM 6000DS kylvökone ja New Holland T7.270 kylvötraktori.

Kylvökoneessa on 6 metrin työleveys ja yhteensä 40 kappaletta kaksoiskiekkovantaita sivupyörän syvyydensäätömahdollisuudella. Lannoite ja siemen menevät samaan vantaaseen omissa putkissaan niin, että lannoite jää noin 1 – 2 cm etäisyydelle siemenen alapuolelle kylvövaossa. Vannas on tarkka kylvämään, mutta jokseenkin monimutkainen verrattuna muihin eurooppalaisiin pneumaattisiin kylvökoneisiin, joissa yleensä syvyyden määrittää vantaan takana oleva pyörä. Syvyys säädetään mekaanisesti vantaan kyljestä. Vannaspainatus säädetään hydraulisesti ja sen painatus vannasta kohden on maksimissaan 200 kiloa. Vantaan perässä on peitto-  
pyörä, jonka jännitystä voi säätää halutun kylvöjäljen mukaan. Koneen siemen- ja lannoitesäiliöiden väliseinä on portaattomasti säädettävissä. Väli-  
seinällä voidaan siis tarvittaessa säätää siemenpuoli isommaksi, jos lannoite-  
tarve on pienempi tai päinvastoin.



Kuva 7. VM 6000DS kaksoiskiekkovannasyksikkö, jossa näkyy kylvösyvyyden määrittävä sivupyörä ja perässä kulkeva peittopyörä.

#### 4.2 Nestelannoitusjärjestelmä vaihtoehdot

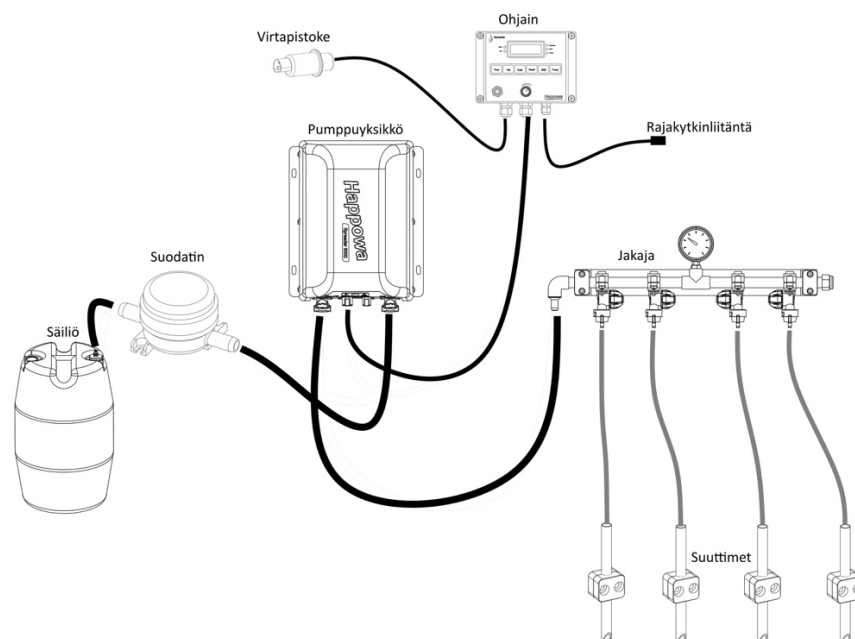
Nestelannoitusjärjestelmää valittaessa valinta keskittyi lähinnä Suomeen tuotaviin laitteisiin, joita oli kotimainen Happowa, Avagron toimittama Startec, sekä Propax Agron eri vaihtoehdot. Nestepumpun maksimi tuot-



totarpeeksi laskettiin 14 km/h kylvönopeudella ja 150 l/ha tarpeella yhteensä 21 litraa minuutissa. Todellisuudessa kylvönopeus on noin kilometrin hitaampi ja levitettävän nesteen määrä huomattavasti pienempi, mutta pumpun tuotto pyrittiin laskemaan niin yläkanttiin, ettei se tulisi missään vaiheessa aiheuttamaan ongelmaa.

#### 4.2.1 Happowa nestelannoitusjärjestelmä

Pääasiassa säilörehun hapotinpumppuja valmistava Happowan nestelannoitusjärjestelmä olisi kiinnostanut varsinkin kotimaisuuden takia, mutta sen mainostama lannoitukseen sopiva pumpun tuotto ei riittänyt. Maksimi tuotto pumpulla oli vain 6 litraa minuutissa ja pumpun ohjausjärjestelmä ei osannut säätää virtauksen määrää nopeuden mukaan. Hinnaltaan täydellinen pumppujärjestelmä olisi ollut noin 4000 euroa (alv 0%) kaikkine tarvikkeineen ilman etusäiliötä.



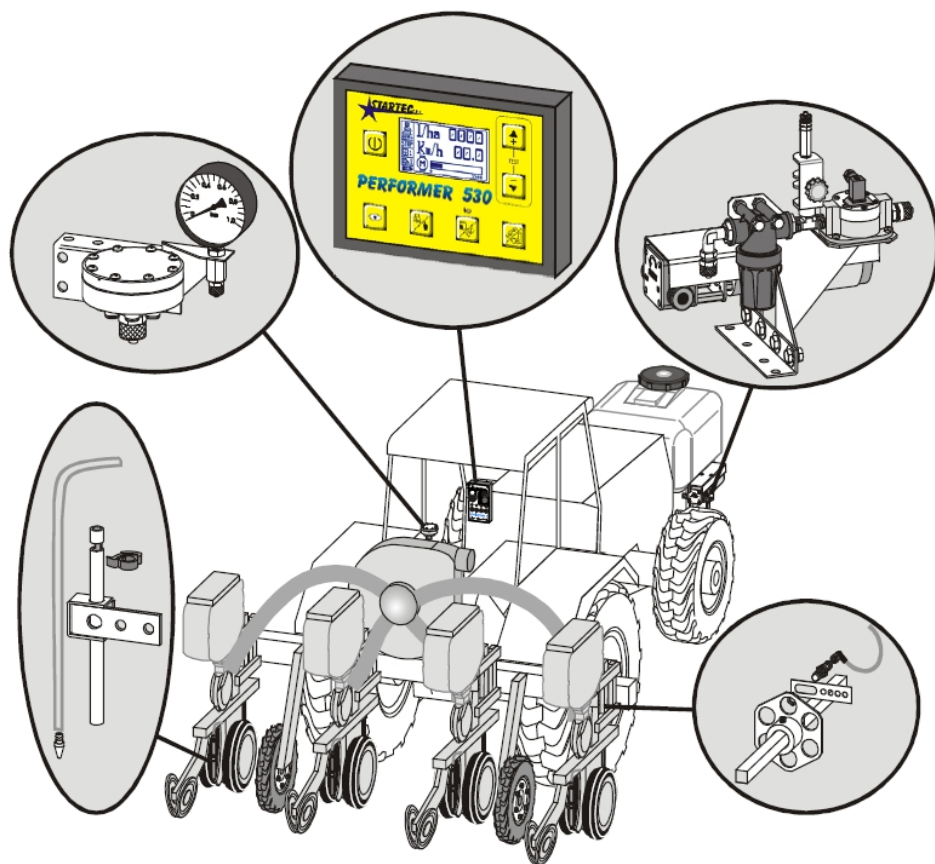
Kuva 8. Kuva 9. Havainnekuva Happowan järjestelmästä (Happowa).

#### 4.2.2 Startec-nestelannoitusjärjestelmä

Avagron myymä Startec on italialainen nestelannoitukseen erikoistunut yritys, joka on toiminut vuodesta 1998. Startec on ilmeisesti Euroopan suurin nestelannoitinvalmistaja ja sillä on laaja valikoima erilaisia ratkaisuja erikoiskasvien sekä viljakasvien nestelannoitukseen. Startecin järjestelmissä nesteen määrän ohjaus ja seuranta ovat edistyksellisiä ja tarkkoja.

Nesteen pumppaus hoituu sähköpumpulla, joita on useita eri vaihtoehtoa virtaustarpeen mukaan. Ohjainyksiköitä on myös useita eri malleja ja edistynein ohjainyksikkö on liitettävissä traktorin Isobus-järjestelmään.

Startecin järjestelmä oli kokonaisuudessaan järjestelmistä kiinnostavin, mutta ostoaiheet kaatuivat Avagron myyntiin ja Startecin hyvin pitkiin toimitusaikoihin. Järjestelmän hinnaksi olisi muodostunut 26 l/min virtaavalla pumppuyksiköllä noin 3500 euroa (alv 0%) ja 16l/min virtaavalla pumppuyksiköllä 2500 euroa (alv 0%).



Kuva 9. Havainnekuva Startec nestelannoitusjärjestelmästä maissinkylvökoneessa (Avagro).

#### 4.2.3 Great Plains -nestelannoitusjärjestelmä

Great Plainsin lannoitusjärjestelmä olisi perustunut mekaanisesti toimivaan, maapyörällä voiman ottavaan mäntäpumppuun ja Propax agron toimittamiin nestelinjoihin. Mäntäpumpusta virtauksen haluttu määrä säädetään mekaanisesti ja pumppu säätelee virtauksen lineaarisesti nopeuden

mukaan. Maapyörän lasku maahan tapahtuu samalla hydraulikalla kuin kylvökoneen vantaiden lasku. Ohjaamoon ei siis tule mitään sähköisiä hallintalaitteita vaan virtausmittari, josta valvotaan nesteen virtausmäärää.

Järjestelmässä kiinnosti sen yksinkertaisuus ja Great Plainsin pumpusta tehtiinkin ostopäätös, mutta jälleen kerran pumpun osto kaatui toimitusvaikeuksiin. Hintaa pelkällä pumpulla oli yli 3000 euroa (alv 0%) ja tarvikkeista olisi tullut reilu 1000 euroa lisää.



Kuva 10. Great Plainsin mäntäpumppu (Purplwave).

#### 4.2.4 Hypro-pumppu ja sähköinen ohjausjärjestelmä

Propax Agrolla oli myös tarjolla hydraulipumpulla ja sähköohjauksella toimiva vaihtoehto mekaanisen pumpun tilalle. Hypron hydraulisesti pyörivä keskipakopumppu pumppaa nestettä, jonka virtausta säätelee ruiskuissa käytettävä Geolinen sähköventtiilistö. Venttiilistöä ohjaa itse rakennettu ohjainlaite, joka säättää virtauksen kylvökoneesta saatavan nopeuden mukaan. Letkustot ja nestelinjat olivat tässä vaihtoehdossa samat kuin Great Plainsin pumpulla. Hintaa pumpulla, ohjainlaitteella ja nestelinjoilla oli noin 3600 euroa (alv 0%). Muiden järjestelmien toimitusvaikeuksien takia päädyttiin käyttämään kyseistä kokoonpanoa.

#### 4.2.5 Etusäiliön valinta

Etusäiliötä valittaessa oli tarkoituksena hankkia säiliö, josta olisi myös hyötyä kylvökauden ulkopuolella ruiskutusten yhteydessä lisäsäiliönä. Budjetitratkaisuna säiliö olisi voinut olla IPC-vesikontti, jolle olisi rakennettu teline traktorin keulalle. Kaksikäyttöisyyden ansiosta päädyttiin kuitenkin ruiskun etusäiliöön. Merkkivaihtoehtoja oli Amazone, Hardi, Startec ja Kverneland. Jokaisen valmistajan säiliön maksimikoko on noin 1300 litraa ja ne ovat kolmipistekiinnityksellä traktorin etunostolaitteeseen kiinnitettäviä. Muista säiliöistä poiketen Kvernelandin etusäiliössä oli itsessään pumppujärjestelmä, jolla lannoiteneustetta olisi voitu syöttää ja säätää. Säiliö oli kuitenkin huomattavasti kalliimpi kuin muut vaihtoehdot.

Startecin varsinaisesti nestelannoitukseen suunniteltu säiliö oli hinnaltaan edullisin, mutta sen toimitusajasta ei ollut tietoa, joten se tippui valintaluettelosta pois. Jäljelle jääneistä Amazonesta ja Hardista oli Hankkijan myymä Amazone FT 1001 huomattavasti edullisin. Säiliö oli ominaisuuksiltaan samanlainen kuin Hardin säiliö, joten ostopäätös Amazonen kohdalla oli selkeä. Hintaa etusäiliölle tuli noin 3400 euroa (alv 0%).

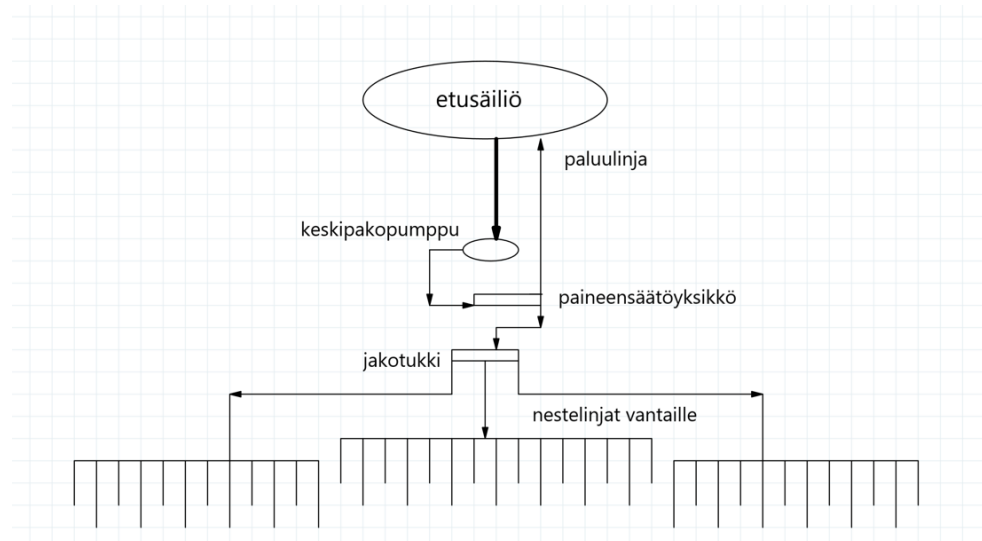


Kuva 11. Amazone FT 1001-etusäiliö kylvötraktorin keulalla.

#### 4.3 Järjestelmän rakentaminen

Lannoitusjärjestelmän valinnan jälkeen oli vuorossa järjestelmän kasaus. Perusrakenteeltaan lannoitusjärjestelmä muistuttaa yksinkertaista kasvin-

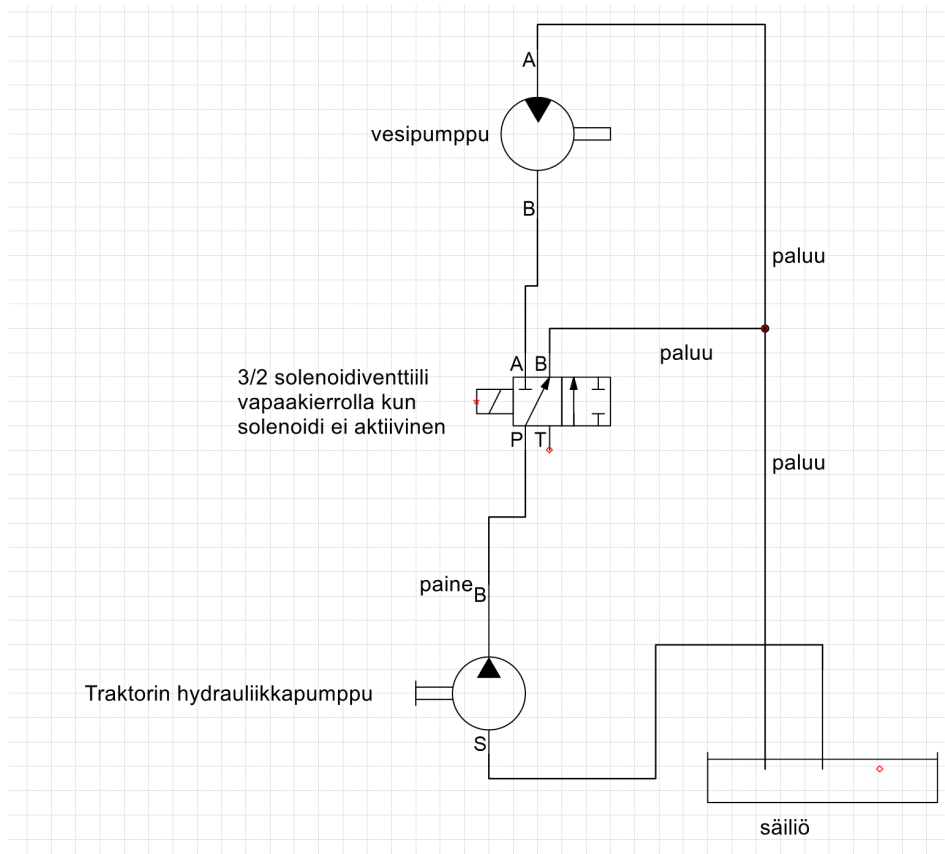
suojeluruiskua ja iso osa osistakin on niihin sopivia. Linjojen ja pumpun sijoittamisesta oli jonkinlainen mielikuva internetistä nähtyihin kuviin perustuen, mutta käytännön toteutus muotoutui hyvin pitkälle järjestelmää rakentaessa. Propax Agrolta haettiin ruiskun letkua,  $\frac{3}{4}$  tuuman paineilmaletkua, muoviputkea, suutinrunkoja, jakotukki ja Hypron keskipakopumppu. Linjojen ja pumpun rakentamiseen ei tullut kovin tarkkaa ohjeistusta, joten ne täytyi suunnitella ja rakentaa itse. Ohjainlaitteen suunnitteli ja rakensi Klaus Sandel, jonka ansiosta järjestelmä saatiin toimimaan halutulla tavalla.



Kuva 12. Kaavio suunnitelluista nestelinjoista.

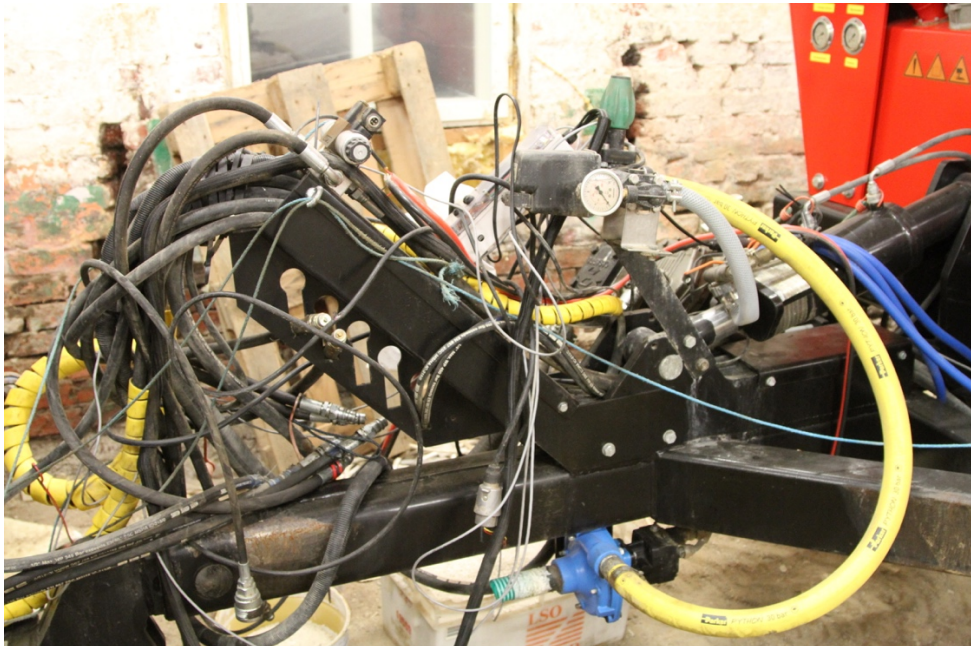
#### 4.3.1 Pumpun ja hydrauliiikan rakentaminen

Pumppu sijoitettiin kylvökoneen etuosaan aisan alle. Keskipakopumpun piti olla nestesäiliön pinnan alapuolella, sillä siinä ei ole itsessään imua, joka vaikutti paljon pumpun sijaintiin. Nestelinja traktorin keulalta pumpulle menee koneen pohjaa pitkin. Traktorin hydraulikka pyörittää pumpua jatkuvalla pumppauksella ja ohjainlaite määrää öljyn virtauksen pumpulle kylvökoneen vantaiden ollessa maassa. Vantaiden ollessa ilmassa ohjainlaite ohjaa solenoidiventtiilillä öljynvirtauksen takaisin traktorin paluulinjaan.

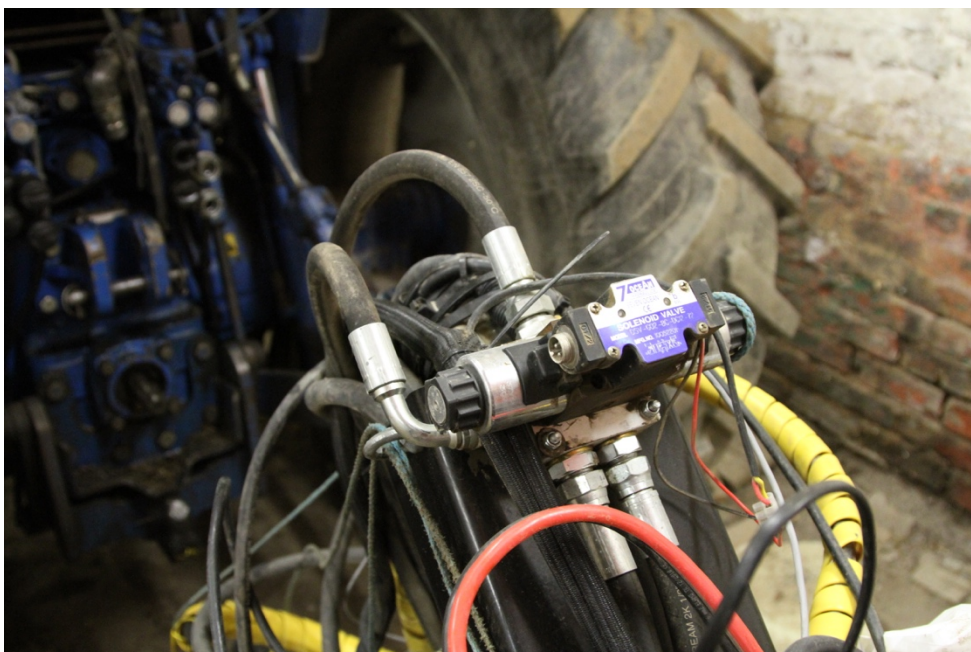


Kuva 13. Kuva hydrauliiikan kaaviosta.

Hydrauliikkaletkut teetettiin J Force Engineerillä, jonka kautta myös solenoidiventtiili hankittiin. Hydrauliikka kytkettiin kylvötraktorin neljänteen lohkokon, josta se pumppaa jatkuvasti öljyä kylväessä hyvin pienellä noin 8-10 prosentin teholla linjastoon. Linjasto ja pumppu todettiin toimivaksi pienten alkuongelmien jälkeen. Traktorin liian kova pumppauspaine rikkoi pumpusta akselin tiivisteet järjestelmää testatessa, jonka takia kylvöko-keet myöhästyivät parilla viikolla.



Kuva 14. Kuvassa näkyy aisan alapuolella vaaleansininen keskipakopumppu ja yläpuolella paineensäätöventtiili.

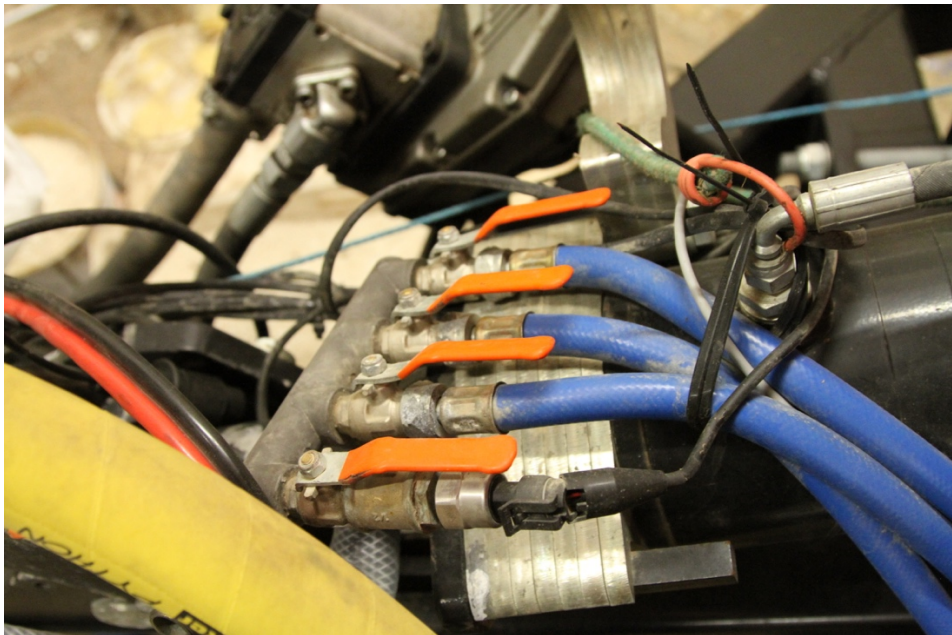


Kuva 15. Solenoidiventtiili asennettuna kylvökoneeseen.

#### 4.3.2 Nestelinjojen veto kylvökoneen vantaille

Nestelinjojen vetoon oli valmiita visioita, jotka oli kopioitu internetistä ja nähty Yhdysvalloissa vieraillessa tiloilla. Sähköiseltä paineensäätöventtiilitöltä neste virtaa jakotukkiin, joka jakaa linjat kolmeen eri lohkon kylvökoneen kuljetuksessa taittuvien lohkojen mukaan. Nestetukkiin sijoitettiin

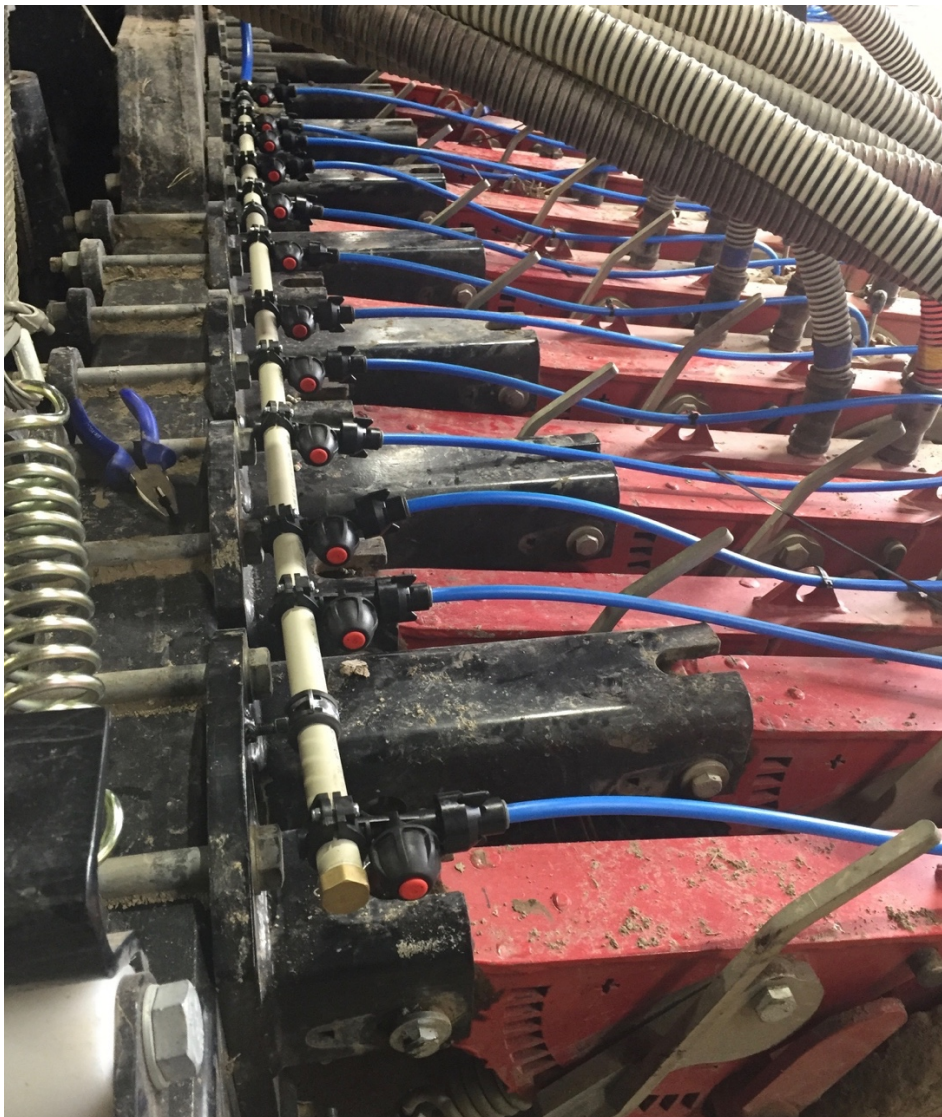
myös paineanturi, josta ohjainlaite tunnistaa paineen ja ohjaa sillä paineensäätöventtiilistöä.



Kuva 16. Paineensäätöventtiilin jälkeen jakotukki jakaa nestelinjat lohkoille ja jakotukissa on myös paineanturi.

Jakotukilta letkut vedettiin kylvökoneen vantaiden etupäähän, johon oli tehty jokaiselle lohkolle oma puolen tuuman suutinputkensa. Suutinputkiin tehtiin jokaisen vantaan kohdalle reikä, johon asennettiin ruiskun tippumisen estoyksiköllä varustettu suutinrunko. Suutinrunkoon asennettiin suodatin ja supistinprikka, jotta järjestelmään tulisi tarpeeksi painetta pienen nestevirtauksen takia. Suuttimen tilalle asennettiin Hypron adapteri, joka mahdollistaa 3/8'' pneumatiikkaputken liittämisen adapteriin. Pneumatiikkaletku vedettiin vantaan takapäähän vannaskiekkojen taakse.





Kuva 17. Kylvökoneen vannaslohko ja siihen asennettu suutinputki suutinrunkoineen sekä letkulinja vantaan takapäähän.

Lannoitusnesteen lopullinen sijoitus vantaan taakse ei ollut heti aluksi tiedossa. Vaihtoehtoina oli porata reikä vantaaseen ja viedä neste putkea pitkin siemenputken viereen tai viedä letku vantaan takapuolelle ja viedä letku mahdollisimman lähelle maata ja kylvöriiviä. Ongelmana oli molemmissa ratkaisuissa kestävyys, sillä vantaat ovat kovassa rasituksessa. Multapaakut ja kivet saattavat vääntää putkia ja rikkoa ne. Lopulta päädyttiin jälkimmäiseen ratkaisuun eli letkun vetoon vantaan taakse, sillä siitä on helpompi seurata letkujen mahdollisia tukoksia ja rikkoutumisia.



Kuva 18. Pneumatiikkaletkut vedettynä vantaan taakse.

Vannaskiekkojen välissä olevaan kiekkoraappaan hitsattiin M8-kokoinen mutteri, jonka läpi nesteletku vedettiin mahdollisimman lähelle kiekkojen alaosaan. Letkut tuntuivat toimivan aluksi hyvin kylväessä, sillä ne menivät joustavasti kylvörivin mukaan ja letkun pää kulki vielä avonaisessa kylvöurassa, jolloin neste menisi tarkasti kylvövakoon. Ennen varsinaista järjestelmän testausta todettiin, että letkut eivät kestä sellaisenaan, sillä ne eivät ole tarpeeksi joustavia ja painuvat kasaan mutterin juuresta kylväessä. Huolena oli myös letkujen mahdollinen tukkeutuminen, sillä letkut olivat halkaisijaltaan niin isoja ja pienen nestevirtauksen takia niissä ei olisi kunnollista painetta, joka pitäisi ne auki.



Kuva 19. M8- mutteri hitsattuna vannasraappaan ja nesteletku vedettyä vantaan alaosaan.

Letkun taittumis- ja tukkeutumisongelmaan ratkaisuksi keksittiin laittaa ohjainmutterin kohdalle letkuadapteri, joka supistaa letkun ulkohalkaisijaltaan 4 millin kokoiseksi. Ohuempi pneumatiikkaletku on huomattavasti joustavampaa ja pienemmän sisähalkaisijan ansiosta paine isompi, jolloin putken ei pitäisi tukkeutua niin herkästi. Tarvittaessa rikkoutuneen letkun vaihtaa nopeasti adapterin kohdalta. Kylväessä ratkaisu toimi hyvin ja kesti koekylvöt sekä syyskylvöt moitteetta.

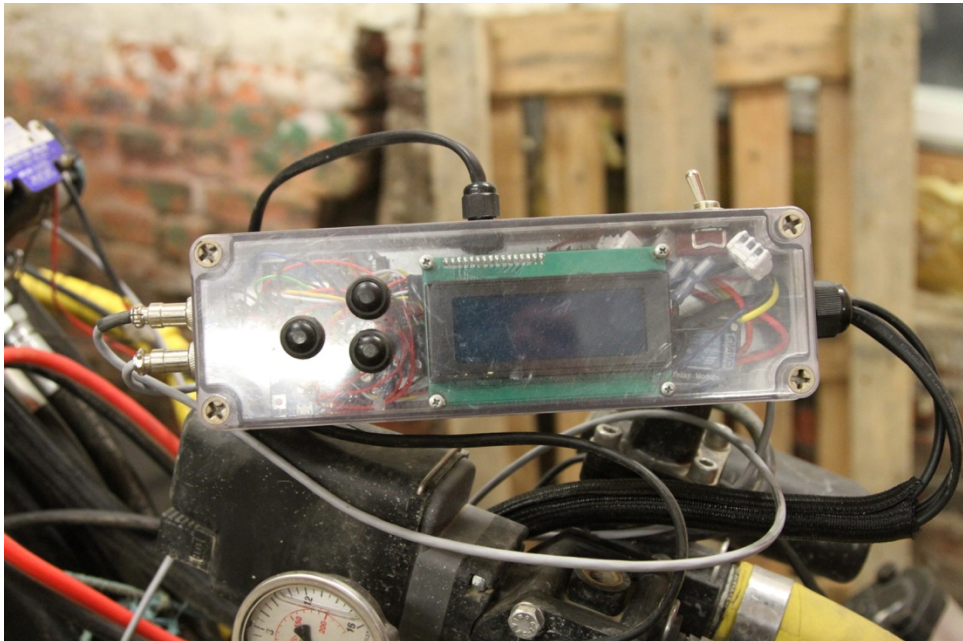


Kuva 20. Toimivampi versio nestelinjalle ohuemmallalla pneumaletkulla.

#### 4.3.3 Ohjainlaitteen asennus ja järjestelmän testaus

Ohjainlaitteen suunnitteli, ohjelmoi ja rakensi Klaus Sandell. Sandell oli rakentanut aikaisemminkin vastaavia ohjainlaitteita erilaisiin ruiskutus- ja lannoitusjärjestelmiin. Ohjainlaitteeseen määritetään nopeuspulssit ja nestemäärän kalibrointi suoritetaan mittaamalla nestevirtaus yhden vantaan nestelinjasta 1,5 bar paineella. Ohjainlaite määrittää näiden tietojen perusteella nesteen virtausmäärän ja säättää paineensäätöventtilistöä nopeuden mukaan. Ohjainlaite noudattaa alla olevaa kaavaa.

$$** C = 0.5959 + 0.0312 \beta^{2.1} - 0.1840 \beta^8 + 0.0029 \beta^{2.5} (106/Re)^{0.75} + 0.0900(L1/D) [\beta^4 / (1 - \beta^4)] - 0.0337(L2/D) \beta^3 \quad (1)$$



Kuva 21. Ohjainlaite.

Ohjainlaitteen ja säätöventtiilistön ollessa valmiina, jäi tehtäväksi laitteiston asennus kylvökoneeseen ja traktorin ohjaamoon, sekä nopeuspulssianturin rakentaminen vantaan sivupyörään. Pulssianturi johtoineen asennettiin tukevasti suojaan reunimmaiseen vantaaseen kannakeraudoilla, jotta se ei pääse ottamaan mihinkään kiinni kylväessä. Paineensäätöventtiilistölle rakennettiin oma telineensä pumpun ja painetukin väliin. Painanturi kytkettiin jakotukkiin ja johdotukset vedettiin ohjainlaitteeseen, joka oli traktorissa.



Kuva 22. Pulssianturi asennusvaiheessa vielä ilman suojakoteloä.

Testatessa järjestelmää oli aluksi ongelmia, sillä neste ei lähtenyt venttiilistöltä eteenpäin, vaan kaikki neste ohjautui paluulinjaa pitkin takaisin etusäiliöön. Ongelman ajateltiin ensiksi johtuvan liian pienestä virtauksesta ja paineesta, mutta lopulta vika löytyikin venttiilistön ohjainmoottorien väärinpäin olevista johdoista. Ongelman takia koekylvöt siirtyivät reilusti eteenpäin kesäkuun ensimmäiselle päivälle. Ennen varsinaisia koekylvöjä järjestelmällä kylvettiin yhteensä 20 hehtaaria, joista aluksi pelkällä vedellä 5 ha ja loput 15 ha nestelannoitteella. Pienen kalibroinnin jälkeen laitteiston todettiin toimivan hyvin ja nesteensyötön tarkkuus yllätti positiivisesti. Vantaiston nestelinjat toimivat myös hyvin ilman tukoksia ja putket pysyivät paikallaan.

#### 4.4 Kustannukset

Kokonaisuudessaan lannoitusjärjestelmälle tuli hintaa noin 7700 euroa (alv 0%). Etusäiliön osuus kustannuksista on noin puolet ja sitä voidaan käyttää myös muissa tarkoituksissa, mutta se lasketaan täysimääräisesti näihin kustannuksiin mukaan. Järjestelmän hehtaarikustannukseksi jaettuna 450 hehtaarilla tuli 17,1 euroa per hehtaari. Mikäli investoinnin jakaa viidelle vuodelle, kustannus hehtaaria kohden on 3,5 euroa hehtaari. Lannoitusjärjestelmän rakennuskuluja ei ole laskettu tähän mukaan, sillä työtunneista ei pidetty kirjaa.

## 5 NESTEMÄISEN STARTTIFOSFORIN LANNOITUSKOE

### 5.1 Kokeen tutkimustavoite

Lannoituskokeen tarkoituksena oli testata ja tutkia rakennetun lannoitusjärjestelmän toimivuutta käytännössä mahdollisena sadon lisäyksenä, sekä tutkia vaikutuksia kasvustossa yleisesti. Aikaisempia vastaavia lannoituskokeita ei ole Suomessa tehty viljakasveilla ja maailmanlaajuisesti tutkimustietoa löytyy hyvin vähän.

Kylvökokeen mittaustuloksia kerättiin lehdistä fosforipitoisuuksina, ilmakuivista biomassana sekä lopuksi koeruudut puitiin ja mitattiin kilot jokaisesta koeruudusta. Koeruutujen sadosta otettiin näytepussit, joista analysoitiin valkuainen, tärkkelys ja kosteus. Kasvustoja tarkkailtiin myös silmämääräisesti ja niistä kirjattiin havaintoja.

Tutkimustavoitteena oli saada konkreettisia eroavaisuuksia koeruutujen välille. Ruutuja oli yhteensä 20 kappaletta ja niissä yhteensä 2 eri lannoitusmäärää sekä nollaruutu, jotta kerrannaisia tulisi tarpeeksi ja eroja havaittaisiin koelohkojen välillä. Mikäli lannoitustapa toimii ja se on taloudellisesti järkevää, tultaisiin sitä myös jatkossa soveltamaan Yli-Mäkelän tilan viljelytavoissa.

Lannoitusjärjestelmän keskipakopumpun hajoaminen testausvaiheessa ja sen jälkeinen paineensäätöventtiilistön väärin päin oleva johdotus pitkitti kokeen kylvöpäivämäärän kesäkuun ensimmäiselle päivälle. Alun perin kylvö piti suorittaa heti toukokuun alussa maan ollessa vielä kylmää, jolloin fosforin tarve olisi korostunut paremmin. Kylvöaikaan maa oli jo hyvin lämmennyt ja olosuhteet hyvät. Tämän oletettiin pienentävän satoeroja lannoitusmäärien välillä, sillä lämpimästä maasta kasvi saisi jo paremmin ravinteita irti. Pitkittyneen kylvöpäivämäärän takia myös toisen Freyja Star-MAP nestemäisen lannoitteen kylvökoe päätettiin siirtää seuraavaan kevääseen.

## 5.2 Koelohko yleisesti

Lannoituskoe suoritettiin Yli-Mäkelän tilalla, joka sijaitsee Etelä-Lahdessa Renkomäessä. Koelohkona toimi lohko numero 3980094603 ja lohkon nimi on Ruoti Isopelto. Lohkon koko on 14,21 ha, josta koeruutuina oli yhteensä 7,77 hehtaarin ala. Lohko on maalajiltaan suurelta osin runsasmultaista hiesusavea ja multavaa hiesuista hienoa hietaa. Fosforiluokiltaan lohko on suurimmaksi osin välttävä tai huononlaatuinen, joten sen ajateltiin olevan hyvä juuri kyseistä koetta varten. Myös mangaani- ja sinkkitasot ovat välttävää ja huonoa luokkaa, joten fosforipitoisen nestelannoitteen mukana olevien hivenlannoitteiden mangaanin ja sinkin vaikutuksia olisi mahdollista tutkia.

Taulukko 1. Koelohkon Eurofinsillä teetetyt viljavuustutkimukset vuoden 2019 syksyltä.

Analyysi	Yksikkö	19-00114601	19-00114602	19-00114603	19-00114604	19-00114689	19-00114690	
		45	46	47	48	33	34	
Numero		3980094603	3980094603	3980094603	3980101875	3980025386	3980025386	
Peruslohkotunnus		Ruoti ip	Ruoti ip	Ruoti ip	Ruotin kulma	Visuri ruoti ip	Visuri ruoti ip	
Nimi								
Maalaji	FV(a)	Hs	Hs	hsHt	htHs	hsHt	He	
Multavuus	FV(a)	rm	rm	m	rm	m	rm	
Johtoluku	FV	10 mS/cm	0,6	0,5	0,5	0,9	0,6	0,5
pH	FV	6,4	6,0	6,4	6,5	6,4	6,4	
Kalsium (Ca)	FV(a) mg/l	1800	1600	1300	2000	1500	1500	
Fosfori (P)	FV(a) mg/l	5,2	5,8	7,2	5,5	9,0	5,3	
Kalium (K)	FV(a) mg/l	110	160	73	93	110	110	
Magnesium (Mg)	FV(a) mg/l	170	240	160	220	120	320	
Rikki (S)	FV(a) mg/l	5,8	8,0	5,2	6,4	5,8	5,4	
Kupari (Cu)	FV(a) mg/l			2,8				
Mangaani (Mn)	FV(a)			4,2				
Sinkki (Zn)	FV(a) mg/l			<1				
Kationin vaihtokapasiteetti	FV	cmol/kg	13	13	10	14	10	12
Ca/ KVK	FV	%	69	62	65	71	75	63
K/ KVK	FV	%	2	3	2	2	3	2
Mg/ KVK	FV	%	11	15	13	13	10	22
Na/ KVK	FV	%	2	2	3	2	3	2
Kalkitustarve	FV	tonni/ha	0	4	0	0	0	0
Suosittelava kalkkilaji	FV		Vapaa-valintainen	Kalkkikivi-jauhe	Vapaa-valintainen	Vapaa-valintainen	Vapaa-valintainen	Kalkkikivi-jauhe

Lohkon viljavuusolosuhteet eivät ole täysin samanlaiset, joten kaikki tulokset eivät täysin suoraan verrannollisia keskenään. Maalaji- ja viljavuuseroja on pyritty saamaan verrannollisiksi toistamalla lannoitekoetta peräkkäin

niin, että koe toistuisi jokaisella maalajilla ja eroja saataisiin näkyviin varsinakin ilmakuvista, sekä vierekkäisten ruutujen satoja voitaisiin vertailla.



Kuva 23. Koelohko ja koeruutujen sijainti.

Koeruutujen leveys määräytyi kylvökoneen leveyden mukaan, sekä pituus lohkon pituuden mukaan. 15 koeruutua oli kooltaan 0,42 ha ja loput 5 koeruutua kooltaan 0,21ha. Päisteet jätettiin pois koeruuduista. Koerurut kävivät hyvin jaoltaan puimurin pöydän kanssa yhteen, joka oli leveydeltään 6,1 metriä.

### 5.3 Lajike ja kylvömäärä

Lajikkeena toimi Rgt Planet -mallasohra, jota on tilalla viljelty neljä vuotta hyvin tuloksin. Lajike on todettu tilalla varsin toimivaksi ja se olikin vuonna 2019 ainoa viljelyksessä oleva ohralajike. Lajike sietää hyvin ääriolosuhteita ja on ollut huonoinakin vuosina yllättävän satoisa. Haittapuolina lajikkeella on pitkä kasvuaika, varsinkin myöhäisellä tautiaineruiskutuksella kasvuaika venyy pitkäksi sekä jälkiversontaa syntyy helposti kuivina vuosina.



Siementen kylvömäärää nostettiin normaalista 550 itävästä hieman myöhäisestä kylvöajankohdasta johtuen 570 itävään jyvään neliöllä, sillä kasvusto ei ehtisi mahdollisesti pensomaan kunnolla. Siemen oli yhden sato-kauden viljelyksessä ollutta sertifioitua siementä. Siemenet oli lajiteltu 2,5 millin seulalla ja peitattu Bayerin Redigo Pro -valmisteella.

#### 5.4 Lannoitteet ja lannoitusmäärät

Lohkon satotavoitteena oli saada keskisatona yli 6000 kiloa hehtaarilta, joten lannoituksen tarve oli iso. Yli-Mäkelän tilalla lannoitus hoidetaan jae-tusti, niin että kylvön yhteydessä kasvi saa noin 100 kg typpeä hehtaaria kohden ja tarvittavan määrän fosforia ja kaliumia. Typpeä ajetaan sen jäl-keen snapsilannoituksena oraille ja lisälannoituksena tarpeen mukaan riip-puen kasvustosta ja mitä lehtivihreämittari näyttää typen tarpeeksi. Hiven-lannoitusta kasveille annetaan tarpeen mukaan ruiskutusten yhteydessä.

Lannoituksena käytettiin kylvön yhteydessä Belorin NPK 27-3-3 lannoit-tetta, jota kylvettiin 400 kiloa hehtaarille, jolloin maahan tuli 108 kiloa typ-peä, 12 kiloa fosforia ja 12 kiloa kaliumia. Lisäksi koeruutujen reunaan tuli yhteensä viiden kylvökoneen leveyden mittainen Suomensalpietari -lan-noitus, joka levitettiin keskipakolevittimellä ennen muokkausta pellon pin-taan. Salpietaria levitettiin 400 kg/ha eli 108 kg typpeä hehtaarille. Lannoit-temääristä löytyy tarkempi taulukko liitteestä 1.

Nestemäinen koelannoite on N-xt Terra28 FertiPhos -lannoitetta, jonka ko-konaistypen määrä on 5 kg 100 kiloa kohden ja liukoisen fosforin määrä 8,7 kiloa 100 kiloa kohden. Lisäksi lannoitteessa on rikkiä 0,2 kg, mangaania 0,1 kg ja sinkkiä 0,1 kg 100 kiloa kohden. Lannoite on kompleksilannoitetta, jossa ravinteet on sidottu positiiviseen varaukseen. Lannoite sitoutuu savi-ja humuspartikkeleihin tehokkaasti huuhtoutumatta kasvin ulottumatto-miin tai sitoutumatta maaperään liian tiukasti käyttökeltomaan muo-toon. Lannoksesta pitäisi täten olla 95 - 99 % kasvin käytettävissä koko kas-vukauden (Lilja, 2020). Tällä tavalla fosforia pitäisi olla 50-80 prosenttia enemmän kasvin käytettävissä kasvukaudella verrattuna tavalliseen rae-maiseen lannoitteeseen.

Lannoitekokeessa N-xt -lannoitetta kylvettiin kahta eri määrää sekä nolla-ruutu. Maksimiruudussa lannoitenestettä annettiin 107,1 kg/ha, joka sis-älsi 9,3 kg/ha fosforia, 5,5 kg/ha typpeä, rikkiä 210 g/ha ja mangaania sekä sinkkiä 100 g/ha. Normaaliruudussa lannoitetta meni 47 kg/ha, joka sisälsi 4,14 kg/ha fosforia, typpeä 2,38 kg/ha, rikkiä 95 g/ha ja mangaania sekä sinkkiä 47 g/ha. Kolmannessa, eli nollaruudussa nestelannoitetta ei laitettu ollenkaan peltoon. Lannoitteen ominaispaino on 1,19 kiloa litraa kohden eli nesteen määrä hehtaaria kohden on 40 l/ha ja 90l/ha. Lannoitenestee-seen sekoitettiin vielä varmuuden vuoksi kolmannes vettä sekaan, jotta neste ei olisi niin väkevää. Veden kanssa nestettä siis todellisuudessa meni 140 litraa ja 60 litraa hehtaarille. Taulukoissa ja kaavioissa määristä puhu-taan nimikkeillä N-xt 0 kg, N-xt 4 kg ja N-xt 9 kg, työn selkeyttämiseksi.



Kuva 24. N-xT fosforilannoitteen tiedot.

Toinen koetta varten hankittu fosforilannoite olisi ollut huomattavasti edullisempi Freyja StarMAP lannoite, joka sisältää 26 kiloa liukoisessa muodossa olevaa fosforia ja 12 kiloa typpeä sataa kiloa kohden. Lannoite toimitetaan tuhannen kilon säkeissä vaaleana jauheena. Lannoite pitää itse sekoittaa veteen. Freyan lannoituskoe jäi pois tästä opinnäytetyöstä pitkityneen kylvöajankohdan ja kiireiden takia.

#### 5.4.1 Lannoitekustannus

Lannoitekustannus hehtaaria kohden riippuu lannoitteesta. Koetta varten hankittujen N-xT fertiphos ja Freyan StarMAP liukoisen fosforikilon hinta on N-xT:llä 8,8 e/kg (alv 0 %) ja Freyalla 1,54 e/kg (alv 0 %). N-xT -lannoitteessa on fosforin ja typen lisäksi mangaania sekä sinkkiä. N-xT -lannoitteen hyöty kylvökaudella pitäisi olla 95-99 prosenttisesti kasvin hyödynnettävissä, joten se ei ole suoraan verrannollinen muihin fosforilannoitteisiin.

N-xT:llä lannoitekustannus 4 kilolla on 36,4 e/ha ja 9 kilolla on 81,8 e/ha. Tällöin pienemmällä nestemäärällä sadonlisää tulisi saada yli 220 kg/ha ja isommalla määrällä 500 kg/ha viljan hinnan ollessa 165 e/t, jolla hintaa sato oli sidottu etukäteen maltaaksi, jotta lannoitustapa on kannattava.

## 5.5 Seuranta ja havainnointi

### 5.5.1 Muokkaus ja kylvö

Koelohko oli syksyn jäljiltä muokkaamatonta sänkeä ja sen muokkaus suoritettiin 3 päivää ennen kylvöä 29.5.2019 Lemken Rubin 9 -kiekkomuokkaimella matalaan noin 2 cm syvyyteen. Pellossa oli hyvin kosteutta sängin ja hyvän kevään ansiosta. Päivää ennen kylvöä 31.5.2019 maa muokattiin kylvökuntoon Lemken Zirkon 9/600 -jyrsimellä. Maa muokkautui hyvin, joten kylvöpohja oli kosteudeltaan ja rakenteeltaan todella hyvässä kylvökunnossa.

Kylvö suoritettiin 1.6.2019 aamupäivällä. Kylvösyvyys oli noin 2,5 cm ja ensin kylvettiin koeruudut, jotka oli lannoitettu Suomensalpietarilla. Salpietarikokeessa koeruutujen koko oli 0,21 ha ja niitä olivat yhteensä viisi kappaletta. Loput 15 Belorin lannoitteella kylvettyä koeruutua oli 0,42 hehtaarin kokoisia. Koeruutujen välit merkittiin aurausviitoin ja nestemäärät merkittiin paperille karttaan. Koeruudut pyrittiin kylvämään niin, että jokaisen nollaruudun toisella puolella oli normaalimäärä, ja toisella puolella maksimimäärä lannoitenestettä.

Koeruutujen lisäksi nestettä kokeiltiin kylvää pienelle alalle suorakylvönä, josta alun perin piti tulla myös koeruutuja. Iltapäivän puolella sadekuuron uhka sekoitti kirjanpidon suorakylvöosuudella, joten se jätettiin pois tutkimuksista. Kylvöjälki oli kokonaisuudessaan hyvä ja koeruutujen kylvö sujui ongelmitta suorakylvöosuutta lukuun ottamatta.

### 5.5.2 Orastuminen

Hyvistä kylvöolosuhteista johtuen oraiden oletettiin nousevan hieman alle viikossa pintaan, mutta ne nousivatkin pintaan jo 5 päivässä. Lannoitemäärillä ei ollut silmin havaittavaa eroa. Suorakylvöosuus orastui täysin samaa vauhtia muokatun osuuden kanssa, josta voi päätellä maan lämpötilan olleen hyvin ihanteellinen kylvölle. Tilalla on todettu suorakylvön orastuvuuden olevan yleensä 2-4 päivää hitaampaa verrattuna muokattuun maahan. Reilu viikko kylvöistä orastiheys oli 540-550 orasta neliöllä kaikilla satunnaisesti lasketuilla koeruuduilla.

Maan lämpötilan ja kosteuden ollessa hyvä voitiin päätellä myös fosforin liukenevuuden olevan maaperästä kasville hyvää luokkaa (Yara n.d.). Tämä vaikuttaa tietenkin kylvökokeen tuloksiin lannoitteista saatavan fosforin tarpeen pienentyessä.

### 5.5.3 Kasvinsuojelu ja lisätyn käyttö

Ensimmäinen kasvinsuojelutoimenpide tehtiin 16.6.2019 kun torjuttiin rik-kakasveja Express SX 27g/h, MCPA 0,5 l/ha + Sito 0,1 l/ha käsittelyllä. Rik-kakasveja pellossa oli vähäisesti, kevytmuokattuun maahan ja hyviin kasvuolosuhteisiin verrattuna. Kasvusto vaikutti muutenkin terveeltä ja taudittomalta.

Viikkoa myöhemmin 23.6.2019 suoritettiin snapsilannoitus ajamalla 8 kiloa lisätyn kasvustolle tehostamaan kasvua. Kasvusto näytti todella hyvältä, ehkä jopa liian tiuhalta runsaasta pensomisesta johtuen, joten tyypelle oli tarvetta. Typen ja muiden ravinteiden puutosoireita pystyi havaitsemaan silmämääräisesti Suomensalpietarilla lannoitetuissa ruuduissa, jotka olivat selkeästi muita ruutuja vaaleampia.

Korrensäade ja tautitorjunta suoritettiin 4.7.2019 Cerone 0,2 l/ha, Moddus 0,15 l/ha, Folicur expert 0,2 l/ha ja Neko kasviraavinne 2 l/ha sekoituksella. Kasvien tautipaine oli vähäistä ja kasvusto kärsi enemminkin kuivuudesta, joten korrensäade määrä pidettiin melko pienenä, ettei se stressaisi kasvustoa lisää.

Viimeinen tautiriskutus tehtiin 21.7. Ascra Xpro 0,5 l/ha aineella ja Neko 2 l/ha kasviraavinteella tähkälle. Tautipaine oli edelleen pientä, mutta kuivuudesta johtuvaa kellastumaa oli runsaasti havaittavissa lehdissä ja tähkien tyhjissä jyvissä. Yara Irix -mittarilla mitattuna kasvusto ei tarvinnut lisätyn snapsilannoituksen jälkeen, joten sitä ei ajettu, jotta valkuaisot eivät nousisi yli mallasohran ostorajojen.

### 5.5.4 Puinti ja mittaus

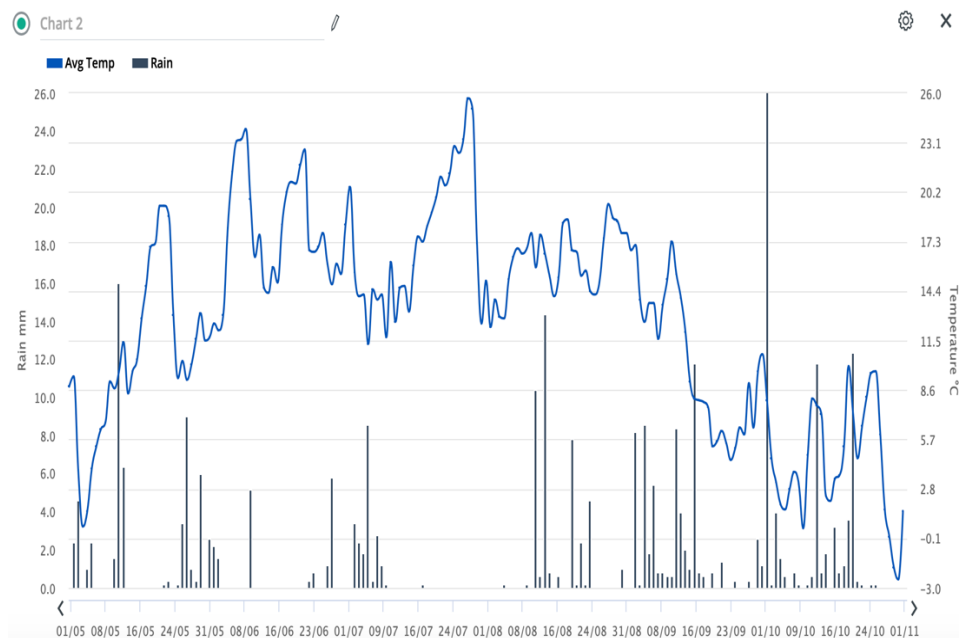
Sadonkorjuu suoritettiin 28.9.2019 ja se oli Yli-Mäkelän tilan viimeinen puintava viljakasvi. Syyskuun jatkuvat sateet venyttivät puinteja ja pitivät kasvuston märkänä iltapäivään asti ennen kuin oli puintiin sopiva sää. Puintipäivänä sää oli aurinkoinen, lämpötila reilu 10 astetta ja täysin tuuleton. Päisteet koeruuduista oli korjattu muutamaa päivää aiemmin. Puinti suoritettiin New Holland CX8040 -puimurilla.

Koeruutujen kilot mitattiin viljankuivaamon vaa'alla ja puimurin satokartoituslaitteistolla. Ensimmäiset 6 koeruutua mitattiin ensiksi puimurin satokartoituslaitteistolla yksitellen, jonka jälkeen jokainen koeruutu puitiin ja tyhjennettiin omaan kääryynsä. Kääryt punnittiin kuivurin vaa'alla erikseen. Tuloksia verrattiin puimurin satokartoitukseen ja todettiin, että puimurin mittaus oli noin 40 kilon virhemarginaalilla oikea punnituista kiloista, joka oli riittävä mittauksiin. Kaikki kilot olisi punnittu vaa'alla, mutta aikaa oli käytettävissä hyvin vähän puintiin ennen tulevia sateita. Koeruuduista otettiin myös näytepussit, joista mitattiin valkuainen, kosteus ja tärkkelys.

## 6 MITTAUSTULOKSET

### 6.1 Sade ja lämpökertymä

Alkukesällä kasvusto nauttia hyvistä olosuhteista, sillä kosteutta ja lämpöä riitti maassa hyvin. Runsas, koko kesän kestänyt tuulinen keli haihdutti kuitenkin maasta runsaasti vettä, ja ensimmäisiä kuivuuden oireita alkoi ilmestyä kesäkuun loppupuolella joistakin sateista huolimatta. Heinä-elokuu oli kasvustolle hyvin rankka, sillä vettä ei satanut 9.7.2019. - 19.8.2019 välisellä ajanjaksolla edes yhtä millimetriä.

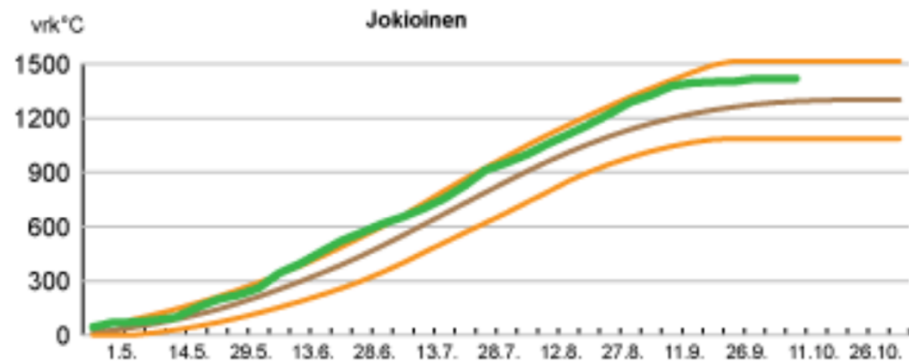


Kuva 25. Kuuden kuukauden säätiedot noin kilometrin päästä koelohkosta mitattuna Davis Weather link -sääasemalla.

Kasvustolle satoi vettä yhteensä 136,4 millimetriä, josta suurin osa satoi syyskuussa, jolloin kasvin vedentarve ei ollut enää niin suuri. Lännestä tulevat sadekuurot sattuivat useimmiten kiertämään Etelä-Lahden alueen. Tämä saattaa liittyä jollain tapaa Vesijärveen ja Salpausselän reunamuodostumaan, sillä tilan päätoimisen viljelijän 30 vuoden havainnointien perusteella ilmiö tuntuu toistuvan joka vuosi kyseisestä ilmansuunnasta saapuville sateille.

Kuivuus ilmeni kasvustossa versojen tyhjinä tähkinä ja tähkien yksittäisissä tyhjiissä jyvissä. Tähkät olivat myös lyhyitä verrattuna viereiseen lohkoon,

joka oli kylvetty noin kaksi viikkoa aikaisemmin ja näin kärsi vähemmän kuivuudesta.

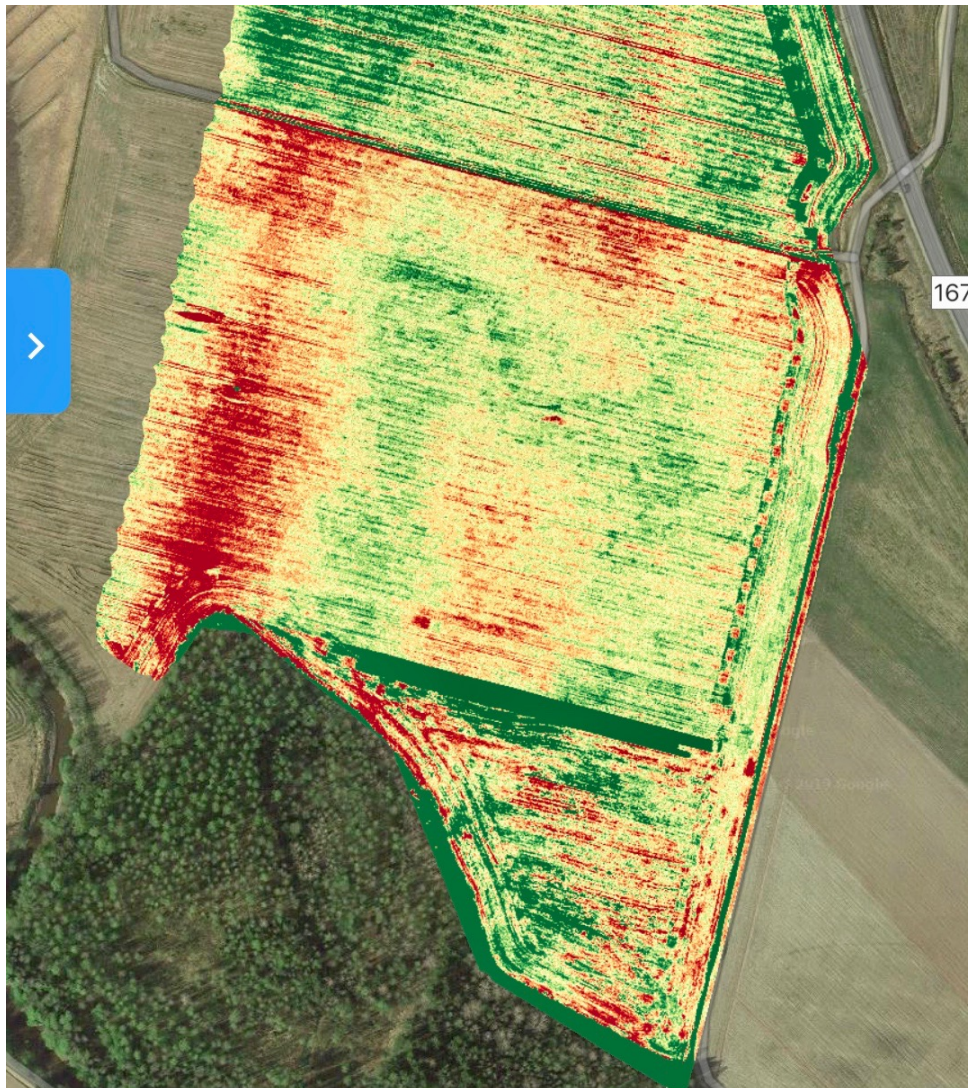


Kuva 26. Tehoisa lämpösumma mitattuna Jokioisten sääasemalta (Ilmatieteenlaitos, 2019)

Tehoisa lämpösummaa kasvustolle kertyi noin 1070 astetta Jokioisen asemalla mitattuna (Ilmatieteenlaitos, 2019). Rgt Planet -ohra vaatii valmistamiseen noin 982 tehoisaa lämpöastetta, joten kasvusto ehti valmistumaan hyvin myöhäisestä kylvöajankohdasta huolimatta. Lämpösumman kertymässä voi olla eroa verrattuna koelohkon lämpösummaan, sillä lähimpänä sijaitseva Jokioisten mittausasema sijaitsee linnuntietä yli 100 kilometrin päässä koelohkosta ja antaa näin ollen vain viitettä lämpimästä kesästä.

## 6.2 Kasvuston biomassa

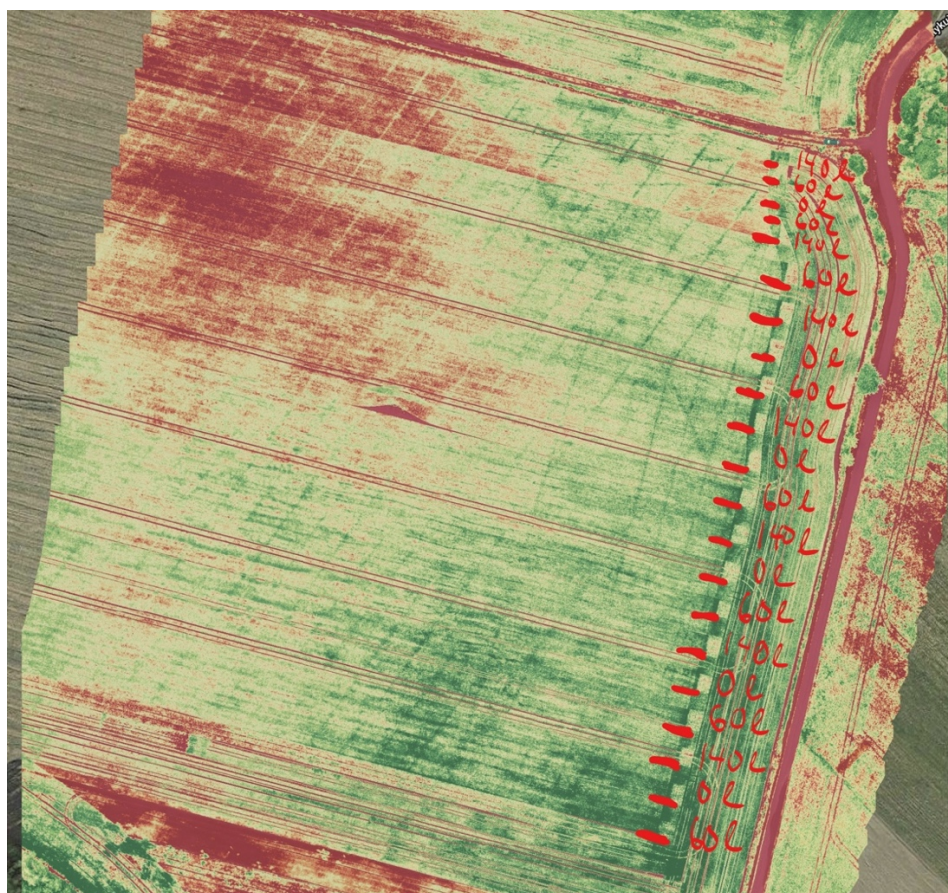
Kasvustot kuvattiin kolmeen kertaan Dji Inspire -dronella ja Drone deploy -sovelluksella, joka muodosti kuvista yhden kokonaisen kartan. Sovellus skaalasi kuvan biomassamuotoon kasvuston vihreyteen perustuen. Biomassakuvasta on helpompi havaita eroja kasvustosta silmämääräisesti. Kolmas biomassakuva katosi internetin palvelimelta, mutta se oli hyvin pitkälti samanlainen kuin tähän liitetty myöhäisempi kuva. Ensimmäinen kuva on otettu 13.6.2019 ja myöhäisempi 28.6.2019. Kuvissa vihreä kuvastaa parasta kasvustomassaa, keltainen on keskimääräistä ja punainen kuvastaa heikointa kasvustomassaa.



Kuva 27. Biomassakuva, 13.6.2019 otettu (Drone deploy).

Ensimmäisestä biomassakuvasta ei koeruujujen välillä huomaa juurikaan eroja. Kylvöstä oli kuvan ottohetkellä vasta 13 päivää, joten kasvusto oli harvaa ja vasta aloittamassa pensomista. Kuvasta kuitenkin näkyi maalarjierot orastumisen osalta. Jälkimmäisessä 29 päivää kylvöstä otetussa kuvassa koeruujujen erot näkyvät paremmin varsinkin huonommin kasvavissa kohdissa. Erot olivat kuitenkin oletettua pienemmät. Mahdollisesti NDVI-kameralla ja oikealla kuvausajankohdalla eroja olisi näkynyt paremmin.

Varsinaisia johtopäätöksiä nestemäisen fosforilannoitteen tuomasta edusta ei voi kuvien perusteella sanoa, sillä erot ovat varsin pieniä ja niitä on hankala verrata tulevaan satoon. Kuitenkin eroja oli havaittavissa, joten lannoitteesta oli jotain vaikutuksia kasvustolle.



Kuva 28. Biomassakuva, 28.6.2019 otettu, jossa näkyy koeruutujen neste-määrät (60l = N-xt 4 kg ja 140l = N-xt 9 kg) (Drone deploy).

### 6.3 Kasvuston lehtien fosfori, PE-arvo, mangaani ja PI-arvo

Oraita mitattiin 14.6.2019 fosfori- ja mangaanimittareilla ProAgrian asian-tuntija Teemu Rekolan toimesta. Mangaanimittari on malliltaan Nutri Nostica Easy55 ja fosforimittari Spectra Crop. Näytteitä otettiin yhteensä kahdeksasta koeruudusta, joista puolet oli nollaruutuja ja loput N-xt 9 kg nes-telannoitetta sisältäviä ruutuja, sekä yksi N-xt 4 kg ruutu. Jokaisesta mita-tusta ruudusta otettiin yhteensä neljä lehtianalyysia pienentämään virhe-mittauksen riskiä.

Mittauksista selvisi kasvin mangaani, fosfori, PE-arvo ja PI-johtoarvo sekä stressitila. Mangaanin mittaus suoritettiin, sillä N-Xt -lannoitene-ste sisälsi myös mangaania. Pellossa mangaanitasot ovat välttäviä, joten lannoit-teesta ajateltiin olevan hyötyä ja vaikutusta kasvin kasvulle.

Mittaus oli tarkoitus suorittaa parin viikon päästä uudelleen ja verrata tu-loksia, mutta kiireiden takia mittaukset jäivät tekemättä. Myöhemmin, kun



mittauksia olisi voinut suorittaa, olivat kasvuston lehdet jo liian vanhoja mittausta varten.

### 6.3.1 Fosforianalyysi

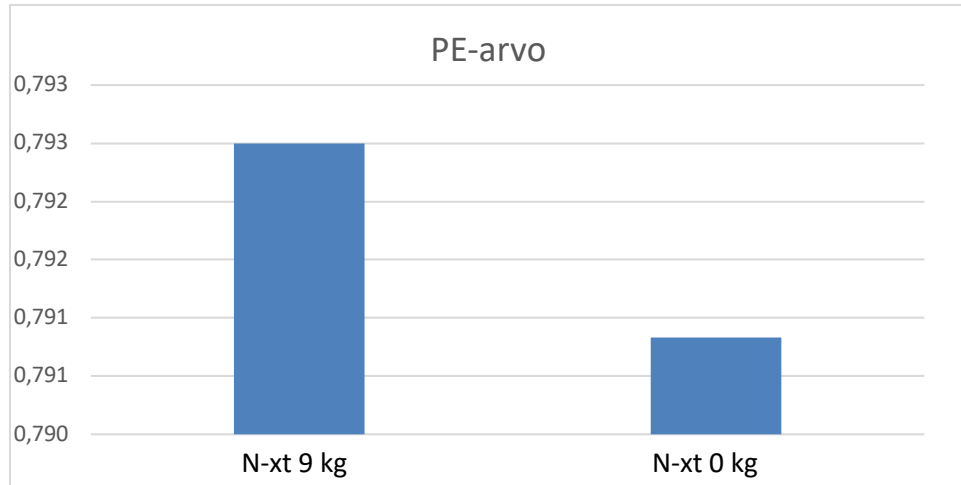
Taulukko 2. Mittaustulokset.

Sarake1	Mangaani	Fofori PE	PI	P Analyysi
1. N-xt 9 kg	95	0,79	2,69	
	96	0,79	2,37	
	95	0,78	1,87	
	89	0,73	1,22	
Keskiarvo	93,75	0,7725	2,0375	Hyvä
2. N-xt 0 kg	96	0,8	3,06	
	86	0,7	0,77	
	96	0,8	3,04	
	94	0,78	1,94	
Keskiarvo	93	0,77	2,68	hyvä
3. N-xt 9 kg	96	0,8	3,5	
	97	0,8	3,24	
	95	0,8	3,24	
	96	0,78	2,47	
Keskiarvo	96	0,795	3,1125	Hyvä
4. N-xt 0 kg	97	0,8	3,21	
	96	0,81	3,72	
	97	0,8	3,24	
	94	0,8	2,61	
Keskiarvo	96	0,8025	3,195	hyvä
5. N-xt 9kg	93	0,8	3,15	
	97	0,81	4,54	
	96	0,77	1,74	
	96	0,8	3,53	
Keskiarvo	95,5	0,795	3,24	hyvä
6. N-xt 0 kg	97	0,81	4,85	
	96	0,8	3,69	
	96	0,8	3,43	
	96	0,79	2,45	
Keskiarvo	96,25	0,8	3,605	hyvä
7. N-xt 4 kg	95	0,78	2,55	
	94	0,8	2,85	
	96	0,79	2,41	
	97	0,8	2,74	
Keskiarvo	95,5	0,7925	2,6375	hyvä
8. N-xt 9 kg	97	0,81	3,32	
	97	0,8	3,44	
	96	0,81	4,44	
	96	0,81	3,81	
Keskiarvo	96,5	0,8075	3,7525	hyvä

Spectra Crop ilmoitti kasvin fosforitason kolmella värillä: vihreä, keltainen ja punainen. Vihreä kuvastaa hyvää fosforin tasoa kasvissa, keltainen tason olevan tyydyttävän rajoilla ja punainen ilmaisee lisälannoituksen tarvetta. (Spectra Crop, n.d.) Fosforitasot olivat mittauksissa vihreällä yhtä mittausta lukuun ottamatta, jossa arvo näytti nollaruudussa keltaista.

Lohkon fosforitasot ovat arvoiltaan huonoja, mutta fosforitasot lehdissä olivat yhtä mittausta lukuun ottamatta hyvät. Tämä kertoo fosforin irronneen maaperästä hyvin kyseisenä kesänä.

### 6.3.2 PE-arvo

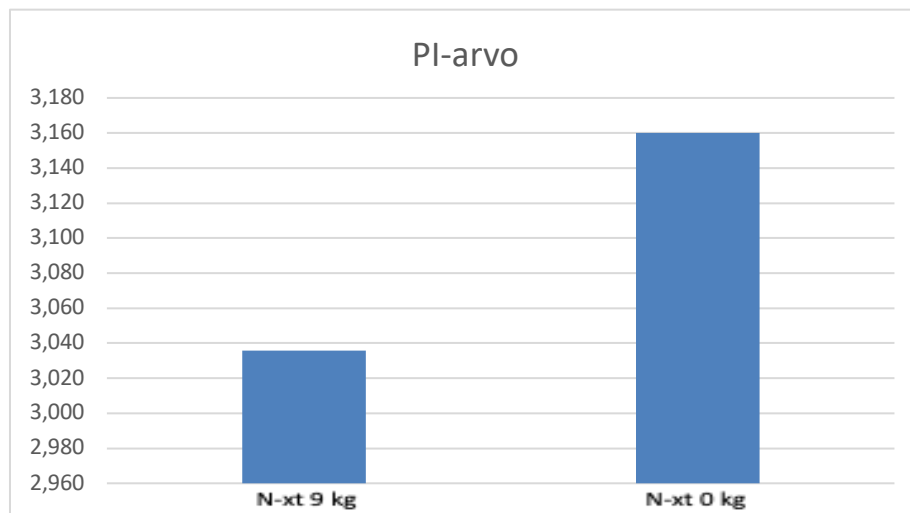


Kuva 29. Fosforimittarin PE keskiarvo koeruuduilta.

PE-arvo eli Photosynthetic Efficiency ilmoittaa fotosynteesin tehokkuutta ja kasvin elinvoimaisuutta fosforin osalta. Arvo on normaali alueella 0,75 - 0,85. Mikäli arvo on alle 0,75, on kasvin fotosynteesi häiriintynyt. PE-arvo on yksi vahvimmista parametreista, joita kasvinkasvattaja voi hyödyntää tuottavuuden optimoimiseksi. (Spectra Crop, n.d.)

Kaikki mittausarvot olivat hyvin lähellä toisiaan, mutta keskiarvo oli suurempi maksimiruuduissa. Ero on kuitenkin hyvin pieni ja sen ei pitäisi vaikuttaa kasvin kasvuun merkittävästi.

### 6.3.3 PI-arvo

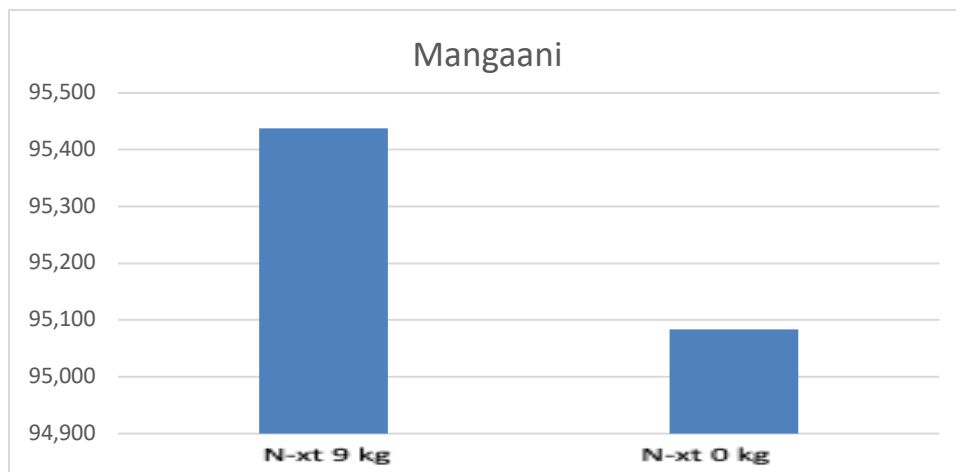


Kuva 30. Fosforimittarin PI-keskiarvo koeruuduilta.

PI-arvo eli Plant Vitality Index ilmoittaa kasvin elinvoimaindeksin mittaamalla energiansiirtoa fotosynteesin yksi ja kaksi välillä. Arvo on hyvin samantapainen kuin PE-arvo, mutta se reagoi helpommin stressiin, kuten kuivuuteen ja kuumuuteen. Terveellä ja stressittömällä kasvilla arvo on aina yli 2,5 ja jos se on alle tuon lukeman, kärsii kasvi stressistä. (Spectra Crop)

PI-arvoissa oli enemmän vaihtelua ja osa arvoista oli selkeästi alle 2,5. Keskiarvoissa arvot olivat kuitenkin hyvää luokkaa. Keskiarvo oli kuitenkin hie- man parempi ruuduilla, joita ei ollut lannoitettu.

#### 6.3.4 Mangaani



Kuva 31. Mangaanimittarin mangaanimäärän keskiarvot koeruuduilta PEU -arvossa.

Nutri Nostican mittari ilmoitti mangaanin määrän PEU-arvona, jolloin maksimiarvo 100 kuvastaa täysin terveen kasvin mangaanipitoisuutta. Arvot 90-99 riittävät turvaamaan syysviljoilla talvehtimisen. Arvon ollessa alle 90 kasville on suositeltavaa antaa lisää mangaania satotason laskemisen välttämiseksi. (Nutrinostica n.d.)

Mangaanin PEU-arvo oli hyvää luokkaa lähes kaikissa mittauksissa, ja varsinaisia havaittavia eroja nollaruutujen ja lannoiteruutujen välillä ei ollut. Tulos oli yllättävä, sillä maaperässä on runsasta mangaanin puutosta ja kasvustoissa on usein havaittavissa mangaaninpuutoksen oireita, mikäli mangaanin lehtilannoitusta ei ole annettu. Mangaanin vaikutusta satota-

soon ei voitu kuitenkaan täysin pois sulkea näillä mittauksilla, sillä myöhemmillä mittauksilla arvot olisivat voineet olla hyvin erilaiset ja mangaanin puutosoireita olisi voitu havaita.

#### 6.4 Silmämääräiset havainnot

Koeruutujen kasvua seurattiin koko kasvukauden ja eroja ruutujen välillä yritettiin löytää. Kasvustot vaikuttivat hyvin samanlaisilta ja eroja oli vaikea havaita salpietariruutuja lukuun ottamatta, joissa erot näkyivät melko selvästi. Pensominen oli hyvin runsasta ja kasvustot olivat hieman liiankin tiheitä. Alkukesän suotuisat sääolosuhteet ja lämmin maa paransivat pensontaa ja pensominen oli huomattavasti runsaampaa kuin muilla aikaisemmin tilalla kylvetyillä RGT Planet -lohkoilla.



Kuva 32. Vasemmalla suomensalpietariruutu + N-xt 9 kg ja oikealla Belorilla lannoitettu ruutu + N-xt 4kg 18.8.2019

Suomensalpietarilla lannoitetut ruudut erottuivat koko kesän. Kasvustot kasvoivat selkeästi NPK-koeruutuja jäljessä ja tuleentuvat myös myöhemmin. Kuitenkin salpietariruutujen sato yllätti, sillä sato oli jopa parempi kuin viereisillä NPK-koeruuduilla. Jäljessä olevan kasvun pääteltiin johtuvan ravinteiden hitaammasta saannista maaperästä, sillä lannoiterakkeet olivat kauempana jyvistä. Kasvit joutuivat ottamaan kaiken kaliumin, sekä enemmän fosforia maaperästä, mikä mahdollisesti hidasti salpietariruutujen kasvua.



Kuva 33. Täysi tähkä ja tyhjä tähkä 5.8.2019.

Kasvustossa oli havaittavissa kuivuuden vaikutuksia kesän edetessä. Varsinkin heinäkuun aikana kuivuudesta kärsineen kasvuston lehdet ja sivuversot kellastuivat. Tähkien täytyessä kasvustosta erottui paljon tyhjiä tähkiä, sekä tähkiä, joista osa jyvistä oli jäänyt täyttymättä. Kasvustot olivat kuitenkin varsin hyviä olosuhteisiin nähden. Tähkien jyväluku ei ollut keskimääräisesti kovin hyvä, mutta niitä oli erittäin paljon.



Kuva 34. Kasvustosta erottuu tyhjät jyvät vaaleina laikkuina 5.8.2019.

## 6.5 Kasvuston jyväsato, valkuainen ja tärkkelys

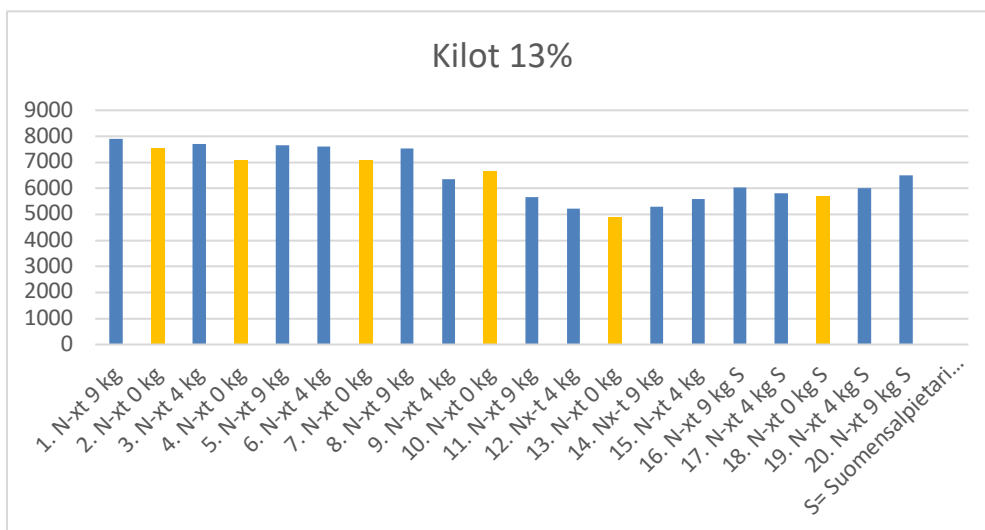
Taulukko 3. Taulukkoon on kerätty kaikki puinnin yhteydessä mitatut tiedot.

Koeruutu	Kilot yht	Kosteus	Valkuainen	Tärkkelys	Kilot märkä/	Kilot 13%
1. N-xt 9 kg	3626	23,10 %	10,6	70,1	9065	7909
2. N-xt 0 kg	3460	23,50 %	10,7	69,8	8650	7547
3. N-xt 4 kg	3530	23,70 %	11,4	69,8	8825	7699
4. N-xt 0 kg	3197	22,90 %	10,5	70	7993	7086
5. N-xt 9 kg	3458	22,90 %	11	69,3	8645	7664
6. N-xt 4 kg	3433	22,90 %	11	69,3	8583	7609
7. N-xt 0 kg	3192	22,30 %	11,2	68,3	7980	7074
8. N-xt 9 kg	3400	23,00 %	11	68,7	8500	7535
9. N-xt 4 kg	2867	22,20 %	10,9	69,5	7160	6347
10. N-xt 0 kg	2966	21,80 %	11	67,8	7415	6677
11. N-xt 9 kg	2518	21,80 %	11,3	67,8	6295	5669
12. Nx-t 4 kg	2324	21,30 %	11,6	66,5	5810	5231
13. N-xt 0 kg	2184	21,30 %	12,1	66,4	5460	4917
14. Nx-t 9 kg	2348	21,80 %	11,7	67,8	5870	5285
15. N-xt 4 kg	2519	22,10 %	11,7	68,3	6298	5583
16. N-xt 9 kg S	1340	22,00 %	11,9	67,5	6700	6033
17. N-xt 4 kg S	1290				6450	5808
18. N-xt 0 kg S	1271				6355	5722
19. N-xt 4 kg S	1332				6660	5997
20. N-xt 9 kg S	1403				7015	6497
S= Suomensalpietari 400kg						

Kasvuston jyväsadon, kosteuden, valkuaisen ja tärkkelyksen mittaustulokset kerättiin Exceliin, josta tietoja on helppo tarkastella ja vertailla. Mit-

taustulosten tarkkuus jyväsadossa on noin +/- 40 kg. Valkuaisen, tärkkelyksen ja kosteuden mittaustulos on mitattu kalibroidulla viljanvastaanotto-laitoksen NIT-mittarilla. Koeruutuja 17, 18, 19 ja 20 ei mitattu NIT-mittarilla, sillä sato puitiin samaan säiliöön ja näytteitä ei saatu siitä syystä otettua. Näytteistä olisi voitu vielä ottaa hehtolitrapienot ylös, mutta se jäi tekemättä.

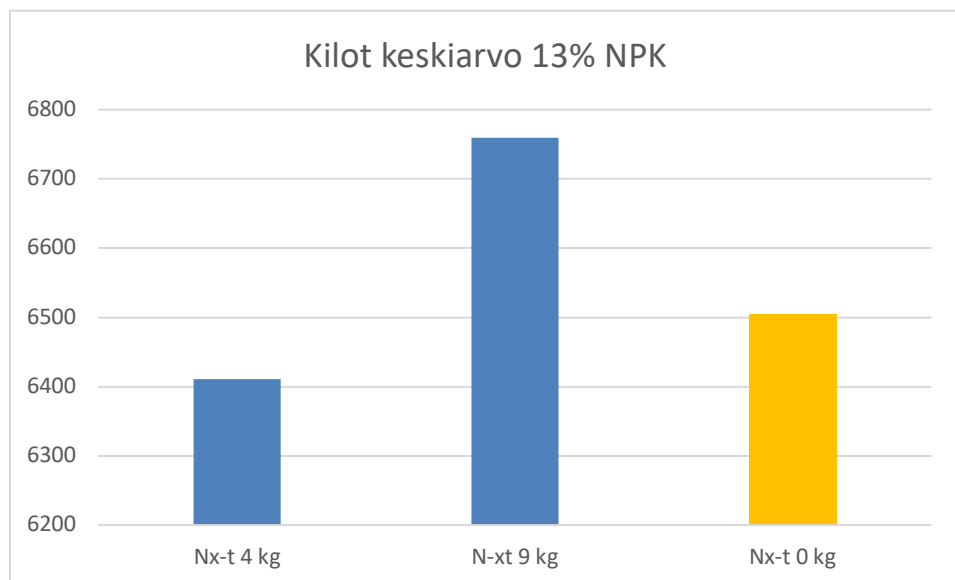
### 6.5.1 Jyväsato



Kuva 35. Koeruutujen kilot 13 prosentin kosteudessa ilmoitettuna.

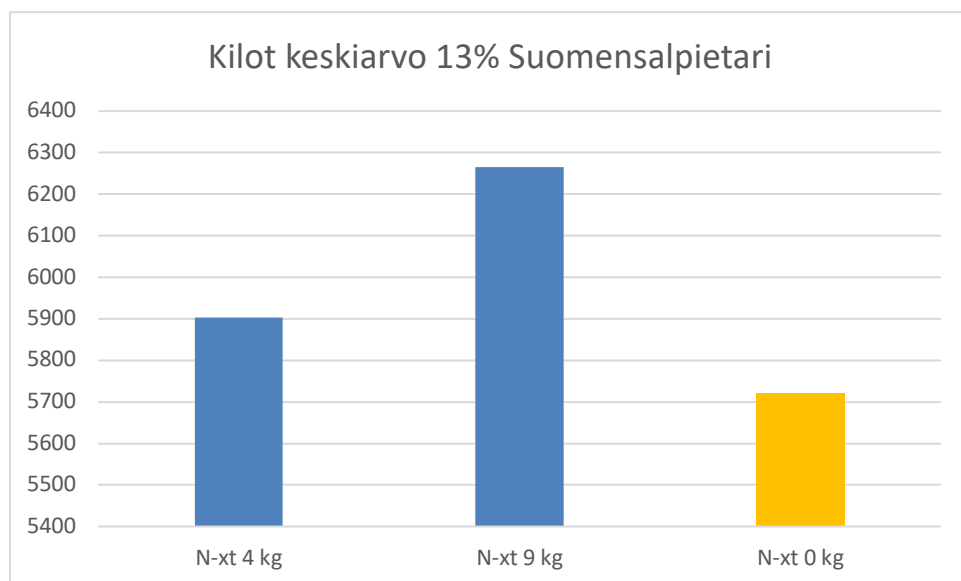
Kaaviosta voi todeta nestelannoitteen lisännen satoa viereiseen nollaruutuun verrattuna. Poikkeuksena on nollaruutu 10, jossa poikkeavasti parempi sato kuin viereisissä lannoitetuissa ruuduissa. Sadonlisä vierekkäisiä ruutuja verrattaessa vaihteli noin 80 kilosta yli 750 kiloon.

NPK-ruuduilla viereiseen nollaruutuun verrattuna sadonlisä oli 442 kg/ha N-xt 9 kilolla ja 403kg/ha N-xt 4 kilolla lannoitettuna, mikäli nollaruutua 10 ei lasketa. Jos nollaruutu 10 lasketaan mukaan, oli sadonlisää NPK ruuduilla keskimäärin viereiseen nollaruutuun verrattuna 152kg/ha N-xt 9 kilolla ja 256kg/ha N-xt 4 kilolla. Suomensalpietarilla viereiseen nollaruutuun verrattuna satoa tuli N-xt 9 kilolla keskimäärin 543kg/ha ja N-xt 4 kilolla 180 kiloa.



Kuva 36. NPK-koeruutujen keskimääräinen 13% sato lannoitustasoittain

Kaikkien NPK-koeruutujen keskiarvon mukaan N-xt 9 kilolla lannoitetut ruudut olivat 250 kg/ha satoisampia kuin nollaruutu, mutta N-xt 4 kilolla lannoitettu ruutu oli sadoltaan noin 90 kg/ha pienempi kuin nollaruutu.

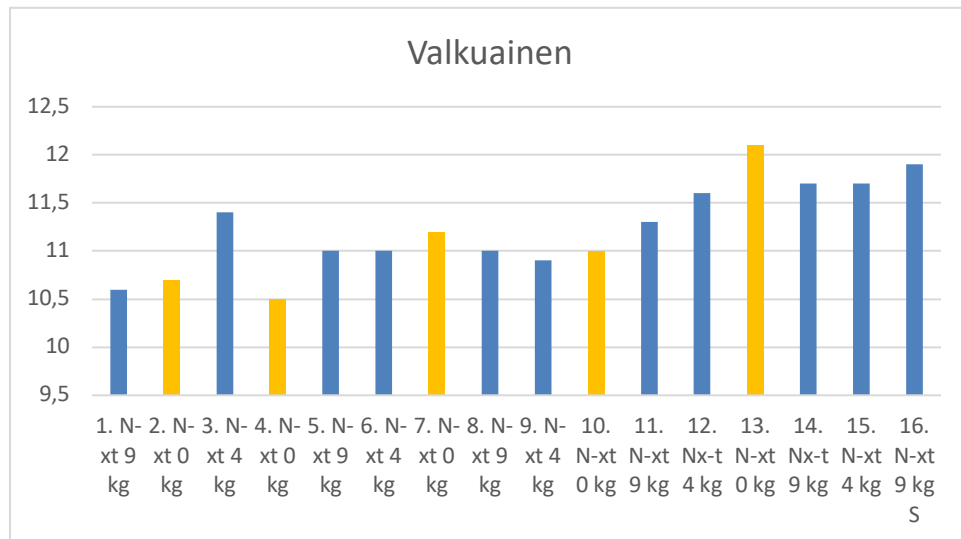


Kuva 37. Suomensalpietari koeruutujen keskimääräinen 13% sato lannoitustasoittain

Suomensalpietarilla N-xt 9 kg lannoitetusta koeruuduista tuli sadonlisää keskimäärin 543 kg/h verrattuna nollaruutuun. N-xt 4 kg koeruuduista tuli satoa lisää keskimäärin 180 kg/ha verrattuna nollaruutuun. Suomensalpietarilla lannoitetuissa koeruuduissa oli vain yksi nollaruutu.



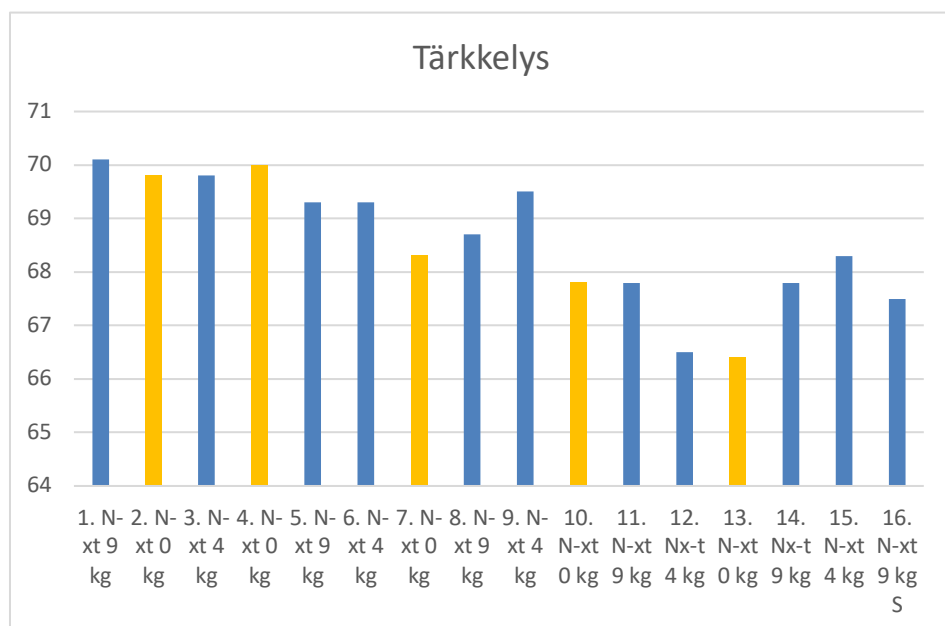
## 6.5.2 Valkuainen



Kuva 38. Kaavio valkuaisen määrästä koeruuduilla.

Valkuaisen määrä ei ollut kovinkaan johdonmukainen nestelannoitteen lannoitustasoon verrattuna, mutta kaaviosta kuitenkin pystyy havaitsemaan jonkinlaista korrelaatiota heikomman sadon ja korkeamman valkuaismäärän välillä. Tulos oli siinä määrin johdonmukainen, että paremman satotason kasvusto oli käyttänyt typen paremmin jyvän kasvattamiseen, eikä valkuaisen muodostukseen.

## 6.5.3 Tärkkelys



Kuva 39. Kaavio tärkkelyksen määrästä koeruuduissa

NIT-laite mittasi myös tärkkelyksen määrän, jonka määrä oli jossain määrin verrannollinen satoon. Tärkkelys oli keskimääräisesti korkeampi paremman satotason koeruuduissa. Suoraan nestelannoitteen määrään tärkkelyksen määrä ei ole verrannollinen mittausten mukaan.

## 7 YHTEENVETO

### 7.1 Johtopäätökset

Opinnäytetyö fosforin nestemäisestä lannoituksesta kylvön yhteydessä onnistui, sillä kylvökoneeseen saatiin rakennettua toimiva nestelannoitusjärjestelmä ja koeruuduista saatiin vertailukelpoisia tuloksia. Kaikilla mitaustavoilla ei havaittu eroja koeruutujen välillä. Kuitenkin lähes kaikista koeruuduista saatiin lisää satoa nestelannoitteella. Satoerot tahtoivat hukkua helposti keskiarvoissa, mutta viereisiä koeruutuja vertaillen tulokset olivat selkeitä. Koeruutuja vertaillen oli selkeä yhteys nestelannoitteella ja sen määrällä satotasoon.

Jälkeenpäin ajatellen lannoitusjärjestelmän rakentamisessa olisi voitu tehdä moni asia eri lailla, mutta nykyinen järjestelmä on hyvä pohja, josta jatkaa sen kehittämistä. Myös lannoituskoe olisi voitu suorittaa paremmin, esimerkiksi aikaisemmalla kylvöajankohdalla kylmempään maahan, josta eroja olisi mahdollisesti ollut enemmän havaittavissa.

Taustatutkimus lisäsi myös opinnäytetyön tekijän tietoa lannoituksesta ja kasvin ravinteiden otosta, joita voidaan tulevaisuudessa hyödyntää viljelyssä. Alun perin edullisesta nestemäisestä fosforista liikkeelle lähtenyt idea vaihtuikin kalliimman kompleksilannoitteen tutkimiseen. Edullisemmän nestemäisen fosforilannoitteen lannoituskokeet sekä tutkimus jatkuvat tilalla seuraavana keväänä, kuten myös kompleksilannoitteen tutkimus.

### 7.2 Vaikutus satoon ja laatuun

Nestelannoitus lisäsi satoa lähes kaikilla koeruuduilla verrattuna nollaruutuihin. Sadonlisän muodostuminen ainoastaan nestemäisen fosforin vaikutuksesta ei ole varmaa, sillä mangaanimittauksia suoritettiin vain kerran, jolloin mangaanin tarvetta kasvustossa ei ilmennyt. Nollaruudut saattoivat myöhemmin kärsiä mangaanin puutteesta, joka jäi mittaamatta. Myös sinikin ja rikin vaikutuksista kasvuston satotasoon ei voida olla varmoja.

Myöhäinen kylvö ja lämmin maa saattoi vaikuttaa myös tulokseen. Mahdollisesti aikaisemmalla kylvöajankohdalla olisi voitu saada enemmän eroja mittauksiin. Sadon laatuun, kuten valkuaiseen ja tärkkelykseen, lannoitus ei suoranaisesti vaikuttanut. Sadonlisä vaihteli 80 kilosta yli 770 kiloon.

### 7.3 Kannattavuus

Taulukko 4. NPK ja Salpietariruutujen kannattavuus ilman koeruutua 10.

Koeruudut/lannoite	Kustannukset	Toteutunut sadonlisä kg	toteutunut tuotto	Tulos
NPK + N-xt 9 kg	81,8	442	72,9	-8,9e/ha
NPK + N-xt 4 kg	36,4	403	66,5	30,1e/ha
Salpietari + N-xt 9 kg	81,8	543	89,6	7,8e/ha
Salpietari + N-xt 4 kg	36,4	180,4	29,9	-6,5e/ha

Mittausten keskiarvoon perustuen kumpikaan lannoitustapa ei ollut kannattava NPK-ruuduilla, mutta viereisiä koeruutuja vertaillen nollaruutuihin päästiin parempiin tuloksiin. Maksimiruudussa N-xt 9 kilolla sadonlisää pitäisi olla yli 500kg/ha. Tällöin 81,8 euron hehtaarikustannus maksaisi itsensä takaisin. Sadonlisä N-xt 9 kilolla oli 442 kg/ha ilman nollaruutua 10 ja nollaruutu mukaan laskettuna 152 kg/ha, joten lannoitus ei ollut kummallakaan laskentatavalla kannattavaa.

Normaalilla nestemäärällä eli N-xt 4 kilolla sadonlisän olisi oltava yli 220 kiloa hehtaarilta, jotta se maksaisi 36,4 euron hehtaarikustannuksen takaisin. Ruutujen keskimääräinen sadonlisä oli 403 kg pois lukien nollaruutu 10, ja nollaruutu mukaan laskettuna 257 kg hehtaarilta. Molemmilla laskentatavoilla lannoitus kuitenkin kannatti.

Suomensalpietarilla lannoitetuissa koeruuduissa sadonlisää tuli N-xt 9 kilolla keskimäärin 543kg/ha, joka puolestaan kattoi lannoituskustannukset. N-xt 4 kilolla sadonlisää tuli 180,5 kg/ha, mikä ei kattanut lannoituksesta koituvia kustannuksia.

Nestelannoituksen todellisen kannattavuuden selvittäminen vaatii vielä useita toisintoja kokeina, sekä käytännön viljelyssä. Koe kuitenkin antoi osviittaa, että nestelannoitus saattaisi olla varteenotettava vaihtoehto, ja sitä tullaan jatkossakin tutkimaan Yli-Mäkelän tilalla.

#### 7.4 Kokeen toistaminen

Kokeita nestemäisillä lannoitteilla tullaan toistamaan ja tutkimaan myös keväällä 2020 useammilla eri lohkoilla. Tarkoituksena on päästä kylvämään keväällä 2020 kylmään maahan ja eri maalajeille koeruutuja, sekä N-Xt:n ja Freyan nestelannoitteella. Kokeet tehdään omasta mielenkiinnosta viljelyn kehittämiseksi.

## 8 LÄHTEET

Avagro (n.d.). *Startec nestemäiset lannoittimet*.

Haettu 1.2.2019 osoitteesta <http://www.avagro.fi/tuotteet/kasvukaudella-kaytettavat-koneet/lannoitteen-levittimet/startec-nestemaisten-aineiden>

Canolawatch (2013). *Equipment for top-dressing fertilizer*.

Haettu 8.12.2019 osoitteesta <https://www.canolawatch.org/2013/05/29/equipment-for-top-dressing-fertilizer/>

Farmit (n.d.). *Lannoituksen jakaminen*. Haettu 7.12.2019 osoitteesta

<https://www.farmit.net/kasvinviljely/lannoitus/suunnittelu/jaettu-lannoitus>

Harmoinen, T. & Peltonen, J. (2009). *Ravinteet kasvintuotannossa*. Pro Agria Keskusten liitto.

Kansas State University Department of Agronomy (2011). *Phosphorus facts Soil plant and fertilizer*. Haettu 6.12.2019 osoitteesta

[https://www.agronomy.k-state.edu/services/soiltesting/documents/fertilizer\\_recommendations\\_and\\_references/Phosphorus%20Facts.pdf](https://www.agronomy.k-state.edu/services/soiltesting/documents/fertilizer_recommendations_and_references/Phosphorus%20Facts.pdf)

Kilpailu- ja kuluttajavirasto (2017). Päätös Dnro KKV/217/14.00.00/2014

Haettu 2.6.2020 osoitteesta:

<https://www.kkv.fi/globalassets/kkv-suomi/ratkaisut-aloitteet-lausunnot/ratkaisut/kilpailuasiat/2017/muut-ratkaisut/r-2014-00-0217.pdf>

Lilja, R (2020). Puhelinhaastattelu N-xt kompleksialannoitteista.

28.02.2020, Lahti

Michigan State University (2016). *Pros and cons of granular and liquid fertilizers*. Haettu 9.12.2019 osoitteesta

[https://www.canr.msu.edu/news/pros\\_and\\_cons\\_of\\_granular\\_and\\_liquid\\_fertilizers](https://www.canr.msu.edu/news/pros_and_cons_of_granular_and_liquid_fertilizers)

Mordor intelligence (2019). *Europe liquid fertilizer market- Growth trends and forecast (2020-2025)*. Haettu 2.1.2020 osoitteesta

<https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/europe-liquid-fertilizers-market>

Myllys, M. (2009) *Maan rakenne paremmaksi juurten avulla*.

Haettu 5.12.2019 osoitteesta <https://www.doria.fi/handle/10024/103471>

Nutrinostica (n.d.). *NutriNostica plant efficiency analysing system*.  
Haettu 2.2.2020 osoitteesta <http://nutrinostica.dk/Products2.aspx?pageld=8>

Ravinne ja energia (2017). *Perusteita karjanlannasta ja sen käytöstä*.  
Haettu 7.12.2019 osoitteesta [http://ravinnejaenergia.fi/site/wp-content/uploads/2017/06/Separointi\\_yleistietoa-karjanlannasta.pdf](http://ravinnejaenergia.fi/site/wp-content/uploads/2017/06/Separointi_yleistietoa-karjanlannasta.pdf)

Suomi, J. (2013). Fosforikokeita juurikkaalla. *Juurikasarka 3/2013*  
Haettu 2.1.2020 osoitteesta [http://www.sjt.fi/wp-content/uploads/2014/04/Juurikassarka\\_3-2013.pdf](http://www.sjt.fi/wp-content/uploads/2014/04/Juurikassarka_3-2013.pdf)

Spectracrop (n.d.). *How does the P-tester work?* Haettu 2.2.2020 osoitteesta <http://www.spectracrop.com/function>

Yara (n.d.). *Fosforin vaikutus juuriin ja versoutumiseen*. Haettu 6.12.2019 osoitteesta <https://www.yara.fi/lannoitus/ravinteet/fosfori/fosfori-tahkat-ja-versot/>

## LIITTEET

## Liite 1

Koeruutu	Rakeinen lannoite	Määrä	N	P	K	Nestelannos	P2	N3	S	Mg	Zn
Koeruutu 1	Belor NPK 27-3-3	400kg	108	12	12	107kg	9,3	5,5	0,2	0,10	0,10
Koeruutu 2	Belor NPK 27-3-3	400kg	108	12	12	0kg	0,0	0,0	0	0,00	0,00
Koeruutu 3	Belor NPK 27-3-3	400kg	108	12	12	47kg	4,1	2,4	0,1	0,05	0,05
Koeruutu 4	Belor NPK 27-3-3	400kg	108	12	12	0kg	0,0	0,0	0	0,00	0,00
Koeruutu 5	Belor NPK 27-3-3	400kg	108	12	12	107kg	9,3	5,5	0,2	0,10	0,10
Koeruutu 6	Belor NPK 27-3-3	400kg	108	12	12	47kg	4,1	2,4	0,1	0,05	0,05
Koeruutu 7	Belor NPK 27-3-3	400kg	108	12	12	0kg	0,0	0,0	0	0,00	0,00
Koeruutu 8	Belor NPK 27-3-3	400kg	108	12	12	107kg	9,3	5,5	0,2	0,10	0,10
Koeruutu 9	Belor NPK 27-3-3	400kg	108	12	12	47kg	4,1	2,4	0,1	0,05	0,05
Koeruutu 10	Belor NPK 27-3-3	400kg	108	12	12	0kg	0,0	0,0	0	0,00	0,00
Koeruutu 11	Belor NPK 27-3-3	400kg	108	12	12	107kg	9,3	5,5	0,2	0,10	0,10
Koeruutu 12	Belor NPK 27-3-3	400kg	108	12	12	47kg	4,1	2,4	0,1	0,05	0,05
Koeruutu 13	Belor NPK 27-3-3	400kg	108	12	12	0kg	0,0	0,0	0	0,00	0,00
Koeruutu 14	Belor NPK 27-3-3	400kg	108	12	12	107kg	9,3	5,5	0,2	0,10	0,10
Koeruutu 15	Belor NPK 27-3-3	400kg	108	12	12	47kg	4,1	2,4	0,1	0,05	0,05
Koeruutu 16	Yara S-Salpietari 27	400kg	108	0	0	107kg	9,3	5,5	0,2	0,10	0,10
Koeruutu 17	Yara S-Salpietari 27	400kg	108	0	0	47kg	4,1	2,4	0,1	0,05	0,05
Koeruutu 18	Yara S-Salpietari 27	400kg	108	0	0	0kg	0,0	0,0	0	0,00	0,00
Koeruutu 19	Yara S-Salpietari 27	400kg	108	0	0	47kg	4,1	2,4	0,1	0,05	0,05
Koeruutu 20	Yara S-Salpietari 27	400kg	108	0	0	107kg	9,3	5,5	0,2	0,10	0,10