

**KASVITAUTI- JA  
KASVUNSÄÄDEAINEIDEN  
KÄYTTÖMÄÄRÄN ARVIOIMINEN SEKÄ  
KOHDISTAMINEN LEVITYSKARTTOJEN  
AVULLA OHRALLA JA VEHNÄLLÄ.**

Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Maaseutuelinkeinot, Mustiala

Kevät, 2024

Vili Silmälä

Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma, Mustiala

Tekijä Vili Silmälä

Työn nimi Kasvitauti- ja kasvunsäädäaineiden käyttömäärän arvioiminen sekä kohdistaminen levityskarttojen avulla ohralla ja vehnällä.

Ohjaaja Heikki Pietilä

Tiivistelmä

Vuosi 2024

---

Opinnäytetyö on toteutettu toimeksiantona kasvinsuojelualan yritykselle Bayer Crop Sciencelle. Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää kasvunsäde- ja kasvitautien torjunta-aineiden levittämistä paikkakohtaisesti käyttömäärää säädellen ohralla ja vehnällä.

Perinteisesti viljakasvien kasvinsuojelutoimenpiteet tehdään tasasäätönä, jolloin torjunta-aineita levitetään sama määrä koko peltolohkolle. Paikkakohtaisessa määräsäädössä torjunta-aineiden levitysmäärää vaihdellaan eli kohdennetaan peltolohkon sisällä tarkemmin. Kasvunsäde- ja kasvitautien torjunta-aineita levitettäessä käyttömäärää säädellen kasvinsuojeluaine kohdistetaan satelliittipaikannuksen tai kasvustosensorin avulla. Kohdistus tapahtuu siihen peltolohkon osaan, mistä kasvinsuojeluaineelle saadaan paras vastine. Tällöin puhutaan määräsäädöstä ja täsmäkasvinsuojelusta.

Opinnäytetyössä tarkastellaan Bayer Crop Sciencen toteuttamaa tilatason koetta kesältä 2023. Tilatason viljelijäkokeissa testattiin kasvunsäde- ja kasvitautien torjunta-aineiden levittämistä käyttömäärää säädellen paikkatietoon perustuen. Opinnäytetyössä on lisäksi haastateltu kahdeksaa viljelijää eri puolilta Suomea, joilla on henkilökohtaista kokemusta paikkakohtaisesta määräsäädöstä kasvinsuojelutoimenpiteissä, teknologian avulla tai ilman.

Kesän 2023 aikana suoritetun tilakokeen perusteella satelliittipohjaisten biomassakarttojen avulla laadittuja levityskarttoja voidaan pitää luotettavina. Satelliittipohjaisten biomassakarttojen hyödyntämisessä pitkään kestävät pilviset ajanjaksot ovat ongelmallisia, sillä pilvisinä ajanjaksoina kasvustoja ei saada kuvattua lainkaan. Suoritetun tilakokeen perusteella kasvunsäde- ja kasvitautien torjunta-aineiden käyttömäärän kohdentaminen paikkatiedon avulla levityskarttoja hyödyntämällä vaatii pienet vaihteluvälit vesimääriin, ettei levitystasaisuus kärsi liikaa tai ajonopeutta jouduta muuttamaan kesken ruiskutustyön liian paljoa. Tilatason määräsäätökokeessa käytetty FieldView-sovellus toimi hyvin torjuntakokeiden suorittamisessa ja tarkastelussa. Sovelluksen avulla suoritettuja toimenpiteitä voitiin tarkastella integroidun torjunnan yleisten periaatteiden mukaan (IPM) helposti jälkeenpäin.

Viljelijähaastatteluiden perusteella kasvinsuojeluruiskujen tekniikan ja sovelluksien hinnat ovat tällä hetkellä suurin hidaste siihen, miksei paikkakohtainen määräsäätö lisäänty Suomessa. Lisäksi haastatteluiden perusteella tekniikan opettelu ja datakokonaisuuden yhteensovittaminen koettiin haasteena määräsäätötoimenpiteiden kehitykselle.

Avainsanat Täsmäviljely, kasvinsuojelu, kasvunsäätteet, fungisidit, ohra, vehnä

Sivut 47 sivua ja liitteitä 4 sivua

Degree programme in agricultural and rural industries

Author Vili Silmälä

Subject Estimating and targeting barley and wheat disease control and plant growth regulator chemicals by using prescription maps.

Supervisors Heikki Pietilä

Abstract

Year 2024

---

The commissioner of this thesis is plant protection company Bayer Crop Science. The aim of this thesis is to estimate and target barley and wheat disease control and plant growth regulator chemicals by using prescription maps.

Traditionally pesticides are sprayed using the same amount to the whole field. Quantity control means the targeted use of pesticides. Farm research by Bayer Crop Science is handled in this thesis. Eight farmers from all around of Finland have been interviewed in the thesis.

Farmer interviews were used to gather information about site-specific regulation and plant protection measures. Based on a farm experiment carried out during the summer of 2023, the distribution maps generated from satellite-based biomass maps can be considered as reliable. Long cloudy days are problematic for the use of satellite-biomass maps. During cloudy periods field crops cannot be imaged by satellites at all.

Based on the farm trial carried out, the targeting of pesticide application rates using location data and application maps requires small ranges of water volumes. The spreading consistency suffers overmuch, or we must change the driving speed overmuch in the middle of the work if the water volume varies overmuch.

Based on the farmer interviews, the technology and cost of different applications of crop protection sprays is currently the main barrier to increasing site-specific application in Finland. Farmer interviews revealed that learning new technology and adjusting the data set was perceived by farmers as a challenge for the development of site-specific quantity surveying measures in Finland.

Keywords Precision farming, plant protection, plant growth regulator chemicals, fungicides, barley, wheat

Pages 47 pages and appendices 4 pages

# Sisällys

1	Johdanto .....	1
2	IPM kasvinsuojelu Suomessa .....	2
3	Kasvihormonit .....	3
4	Kasvunsäätteiden käyttö viljakasveilla .....	3
5	Kasvitaudit .....	4
5.1	Kasvitautilien esiintyminen viljakasveilla .....	5
5.2	Kasvitautilien taudinaiheuttajat .....	6
5.3	Ohran kasvitauteja .....	7
5.3.1	Ohran verkkolaikku .....	7
5.3.2	Ohran rengaslaikku .....	8
5.3.3	Ohran tyvi- ja lehtilaikku .....	8
5.4	Vehnän kasvitauteja .....	9
5.4.1	Vehnän lehti- ja tähkälaike .....	9
5.4.2	Tyvilaikku .....	9
5.4.3	Vehnänlehtilaikku .....	10
6	Fungisidit .....	10
6.1	Fungisidien vaikutustavat .....	10
6.2	Resistenssin ehkäiseminen fungisidien käytössä .....	11
7	Täsmäviljely ja teknologia kasvinsuojelussa .....	12
7.1	Työlaitteiden eri ohjaustavat .....	13
7.2	Työlaitevaatimukset .....	14
7.3	Paikkatieto .....	14
7.4	Lisenssit .....	15
8	Levityskartat .....	17
9	Kasvunsäade- ja kasvitautiliaineiden määräsäätökoe ja mittaukset koetilalla .....	18
9.1	Taustatiedot koetilasta .....	19
9.2	Taustatiedot peltolohkosta .....	21
9.3	Levityskarttojen luominen .....	22
9.4	Levityskartoilla ruiskutusnesteen levittäminen .....	22
9.5	Kasvuston tarkastelu .....	24
9.6	Määräsäätökokeen tulosten tarkastelu .....	29
10	Viljelijöiden kokemukset ja mielipiteet paikkakohtaisesta määräsäädöstä .....	31
10.1	Kyselyn toteutus .....	32
10.2	Käytössä olevat täsmäviljelymenetelmät .....	33

10.3 Kasvinsuojeluruiskun tekniikka ja varusteet .....	34
10.4 Kasvunsääde- ja kasvitautiaineiden käyttö.....	34
10.5 Käyttömäärän määrittäminen .....	38
10.6 Paikkakohtainen määräsäätö.....	40
10.7 Yhteenveto vastauksista .....	44
11 Johtopäätökset.....	45
Lähteet .....	48

## Kuvat

Kuva 1. Kasvitautien esiintyminen.....	5
Kuva 2. Kasvitautien esiintymisen edellytykset. ....	6
Kuva 3. Resistenssin aiheuttamat ongelmat viljoilla.....	12
Kuva 4. ISOBUS-sertifiointimerkki.....	14
Kuva 5. Satelliittikuvan avulla määritetyt NDVI-indeksit kasvulohkolle .....	18
Kuva 6. FieldView-sovelluksen näkymä näyttöpäätteessä .....	19
Kuva 7. Koealueen viljavuusanalyysi vuodelta 2022. ....	21
Kuva 8. Tarkasteltavan koealueen FieldView-ruiskutuskartta.....	24
Kuva 9. Koealueen ohra- ja vehnäkylvä. Työssä käsiteltävä koe-alue .....	25
Kuva 10. Sinisen alueen kasvusto. ....	26
Kuva 11. Vihreän alueen kasvusto.....	27
Kuva 12. Keltaisen alueen kasvusto. ....	28
Kuva 13. Leikkuupuimurin mittaama satokartta koe-alueelta .....	30
Kuva 14. Kyselyyn osallistuneiden viljelijöiden sijainti maakunnittain. ....	31

Kuva 15. Vastaajien viljelyksessä olevat peltopinta-alat.....	32
Kuva 16. Kyselyyn vastanneiden viljelijöiden käytössä olevat täsmäviljelymenetelmät.	33
Kuva 17. Haastateltavien viljelijöiden kasvinsuojeluruiskujen tekniikka.....	34
Kuva 18. Kasvunsäätteiden käyttökerrat keskimäärin kasvukaudenaikana.....	35
Kuva 19. Viljelijöiden tavoitteita kasvunsäadeaineiden käytöllä.....	36
Kuva 20. Kasvunsäätteiden tärkein yksittäinen käyttötavoite.....	36
Kuva 21. Haastateltavien viljelijöiden yleisimmät kasvitaudit syys- ja kevätohralla.....	37
Kuva 22. Haastateltavien viljelijöiden yleisimmät kasvitaudit syys- ja kevätvehnällä... ..	38
Kuva 23. Kasvunsäadevalmisteiden käyttömäärään vaikuttavat tekijät.....	39
Kuva 24. Kasvitautientorjunnan käyttömäärään vaikuttavat tekijät.....	40
Kuva 25. Paikkakohtaisen määräsäädön käyttö haastateltavilla tiloilla.....	41
Kuva 26. Paikkakohtaisen määräsäädön käytössä oloaika viljelijöillä.....	41
Kuva 27. Levityskarttojen laatiminen paikkakohtaisen määräsäädön toteutukseen... ..	42
Kuva 28. Paikkakohtaisen määräsäädön hyödyt kasvunsäade- ja kasvitautien torjunnassa. .....	43
Kuva 29. Paikkakohtaisen määräsäädön haitat ja heikkoudet kasvunsäade- ja kasvitautien torjunnassa.....	43

## **Liitteet**

Liite 1. Peltoviljely ja kasvinsuojelu viljelijäkysely.

# 1 Johdanto

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Bayer Crop Science. Bayer Crop Science on Bayer AG:n tytäryhtiö. Pohjoismaissa Bayer Crop Science toimii osana Bayer Nordic-organisaatiota. Yritys panostaa tutkimustyöhön ja kehittää uusia kasvinsuojeluaineita. Yritys on yksi johtavista tuotekehitystyötä tekevästä maailman kasvinsuojelualan yrityksistä. Yritys toimii 120:ssä eri maassa ja sillä on noin 20 400 työntekijää. Pohjoismaissa yrityksellä on toimipisteet Suomessa, Tanskassa, Norjassa ja Ruotsissa. (Bayer AG, n.d.)

Opinnäytetyössä selvitetään millaisia keinoja ja apuvälineitä biomassakarttojen perusteella laadittavien levityskarttojen käyttämiseen on mahdollista hyödyntää kasvunsäätöiden käytössä ja kasvitautientorjunnassa. Lisäksi perehdytään siihen, minkälaisia välineitä täsmäteknologia tuo mukanaan ajankohdan, aineiden käyttömäärän ja suoritettujen toimenpiteiden arvioimisen tueksi. Työssä tarkastellaan laon ja kasvitautien kohdennettua torjuntaa ohran ja vehnän osalta. Opinnäytetyön tavoitteena on edistää tietoisuutta, miten satelliittipohjaisten biomassakarttojen avulla voidaan levittää kasvulohkon eri osiin kasvunsäädö- ja kasvitautien torjunta-aineita kohdennetusti käyttömäärää säädellessä. Lisäksi opinnäytetyössä käsitellään, miten suoritettuja toimenpiteitä voidaan tarkastella jälkeenpäin FieldView-sovelluksen avulla.

Aluksi työssä perehdytään IPM-menetelmään ja täsmäviljelyyn kasvinsuojelun osalta. Muita alussa käsiteltäviä asioita ovat kasvunsäätöt ja kasvitautien torjunta-aineet.

Kasvunsäätöistä selvitetään lukijalle, miten eri kasvunsäätöt toimivat, mitkä ovat niiden vaikutustavat ja mihin tarkoitukseen viljelijät kasvunsäätöitä kasvukauden eri vaiheissa viljakasveilla käyttävät. Kasvitauoista työssä käsitellään ohran ja vehnän yleisimmät Suomessa esiintyvät kasvitaudit. Kasvitautien torjunta-aineista avataan lukijalle erilaiset vaikutustavat, resistenssin ehkäiseminen ja erilaisten tehoaineiden seokset. Seuraavaksi työn teoriaosuudessa käsitellään täsmäviljelyä ja teknologiaa kasvinsuojelutoimenpiteissä. Täsmäviljely ja teknologia-aiheissa käsitellään työvälineiden erilaisia ohjaustapoja ja vaatimuksia, sekä paikkatiedon hyödyntämistä ja siihen liittyviä erilaisia lisenssejä. Teoriaosuuden lopuksi työssä käsitellään, miten satelliittikuvatuista biomassakartoista laaditaan levityskarttoja eli työtehtävätiedostoja.

Opinnäytetyön tutkimusvaiheessa käsitellään kesän 2023 aikana suoritettujen kasvunsäädö- ja kasvitautientorjunnan määräsäätökokeen kulkua ja tuloksia. Lopuksi työssä käsitellään viljelijäkyselyn tuloksia ja johtopäätöksiä kasvunsäätöiden, kasvitautiainien, täsmäviljelymenetelmien, sekä paikkakohtaisen määräsäädön osalta.

## 2 IPM kasvinsuojelu Suomessa

IPM eli Integrated Pest Management kattaa kaikki tavanomaiset viljelytoimet, jotka parantavat viljelykasvien luontaisia mahdollisuuksia tuottaa satoa täysimääräisesti. IPM-viljelyssä on kyse koko Euroopan unionia koskevasta asiasta, jossa pyritään yhteisesti löytämään vaihtoehtoisia menetelmiä ja tekniikoita vähentämään ihmisten terveydelle ja ympäristölle aiheutuvia riskejä sekä riippuvuutta kasvinsuojeluaineiden käytöstä (Farmit, 2014).

IPM-viljelyn yleiset periaatteet ovat ennaltaehkäisevät torjuntamenetelmät kasvintuhoajien torjumisessa, tarkkailu sekä torjuntapäätöksen tekeminen taloudellisiin tavoitteisiin perustuen. Lisäksi torjunta-aineiden käyttö vain todettuun tarpeeseen, torjunnan onnistumisen seuranta ja muiden kuin kemiallisten menetelmien harkinta kuuluvat yleisiin periaatteisiin. (Farmit, 2014)

IPM-viljely ei ole kuitenkaan luonnonmukaista tuotantoa, esimerkiksi kasvinsuojeluaineiden käyttö on mahdollista laajasti todettuun tarpeeseen perustuen. IPM-viljelyssä pyritään myös mahdollisimman hyvään ja laadukkaaseen satoon. IPM-viljely perustuu toimintasuunnitelmiin, joihin vaikuttavat esimerkiksi havainnot, tavoitteet ja riskiarviot. (Farmit, 2014)

Joulukuussa vuonna 2023 julkaistiin kestävän kasvinsuojelun kansallinen toimintaohjelma numero 3. Kolmas kansallinen toimintaohjelma koskettaa vuosia 2023–2027. Kansallinen toimintaohjelma eli National Action Plan (NAP) alkoi ensimmäisen kerran Suomessa vuonna 2011. Toimintaohjelman tavoitteena on vähentää kasvinsuojeluaineiden käytöstä aiheutuvia riskejä ympäristölle ja ihmisille. Toimintaohjelma pyrkii myös lisäksi ohjaamaan IPM-menetelmiä kasvinsuojelussa. Kolmannessa ohjelmassa korostetaan entistä enemmän kokonaisuutta kasvinsuojelussa, jolloin IPM-menetelmät nousevat myös entistä merkittävämmiksi. (Liespuu, 2024)

Suomessa kansallisen toimintaohjelman laatimisesta ja toimeenpanosta vastaa turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukes. Toimintaohjelman laatimisessa ja toimeenpanossa ovat lisäksi mukana muut alan toimijat ja viranomaiset. (Tukes, 2023) Tukesin laatiman raportin mukaan uudessa toimintaohjelmassa pyritään edistämään siirtymää täsmäviljelyyn kasvinsuojelussa, esimerkiksi torjunta-aineiden käyttömäärän säätämistä kasvillisuuden mukaan. (Tukes, 2023)



### 3 Kasvihormonit

Kasvihormoneilla on vaikutus kasvien kasvuun. Kasveilla kasvisolukon kasvu ja muuttuminen kasvinosiksi tapahtuu kasvihormonien ja geenien vaikutuksesta, näin ollen kasvin kehitykseen pystytään vaikuttamaan kasvihormonien avulla. Kasvihormoneja syntyy luonnollisesti kasveissa, mutta niitä voidaan valmistaa myös keinotekoisesti. Kasvihormonit on jaettu erilaisiin ryhmiin niiden vaikutustavan ja kemiallisen koostumuksen myötä. Luonnollisia kasvihormoneja ovat auksiinit, sytokiniinit, gibberelliinit, abskissihappo ja etyleeni. Gibberelliinit ja sytokiniinit toimivat kasvun edistäjinä kasvissa. Abskissihappo ja etyleeni ovat kasvunhidastajia. (Pitkäaho, 2023, s. 11)

Kasvihormoneista auksiinia muodostuu kasvin versojen kärkisolukoissa, sekä laajenevissa nuorissa lehdissä. Kärkisolukoista ja nuorista lehdistä auksiini leviää kasvin muihin osiin. Auksiini edistää kasvin pituus- ja laajuuskasvua. Auksiini on myös huomattava juurten kasvuun vaikuttava hormoni. Sytokiniini edistää solujen jakautumista yhdessä auksiinin kanssa. Sytokiniinin tehtävänä kasvissa on yhdessä auksiinin kanssa säädellä kasvaako kasvin solukossa juuri, versoja vai solukkoa. Gibberelliini puolestaan edistää kasvissa kasvusolukkojen pituuskasvua, jolloin sen vaikutus näkyy korren ja lehtien lisääntyneenä pituutena. Gibberelliini vaatii kehittyäkseen lisäksi auksiinia. Abskissihappoa esiintyy kasvin siemenessä, varressa, lehdissä ja juurisolukoissa. Abskissihappo on kasvua hidastava hormoni, jonka pitoisuus lisääntyy kasvissa stressitilanteissa. Etyleeniä muodostuu kasvin kaikissa kasvusolukoissa. Etyleeniä esiintyy eniten kasvin ikääntyessä kasvukauden lopussa. (Pensas, 2011, ss. 15–20)

### 4 Kasvunsäätteiden käyttö viljakasveilla

Kemiallisista kasvunsäätteistä käytetään maanviljelyssä nimitystä korrenvahvistaja tai korrenlyhentäjä. Kemialliset kasvunsäätteet ovat keinotekoisia kasvuhormoneja, joilla vaikutetaan kasvin hormonitasapainoon. Kasvunsäätteiden käytön tavoitteena on ehkäistä viljakasvuston lakoontuminen kasvukauden aikana. Muita tavoitteita kasvunsäätteiden käytössä ovat esimerkiksi satotason nostaminen ja viljakasvien laadun parantaminen. (Liespuu, 2023)

Keinotekoisia kasvuhormonien kehitykseen vaikuttavia kasvunsäädetehoaineita Suomessa tällä hetkellä ovat etefoni, klormekvattikloridi, mepikvattikloridi, trineksapakki-etyyli ja proheksadium-calsium.

Suomessa markkinoilla olevilla kasvunsäädäaineilla on kaksi eri vaikutustapaa. Vaikutustavat kasvissa ovat gibberelliinisynteesinesto ja etefonin käyttö hormonitoimintaan vaikuttamalla. (Liespuu, 2023)

Gibberelliinit ovat kasvua edistäviä kasvihormoneja. Käytettäessä gibberelliinisynteesiä estäviä kasvunsäädäiteitä, vaikutetaan kasvissa nivelvälien pituuskasvua ja solujen leveyskasvua edistävän gibberelliinin muodostumiseen. Gibberelliinin muodostumista rajoitettavissa kasvunsäädäkäsittelyissä kasvi suuntaa kasvuansa pituuskasvun sijaan korren paksuuntumiseen, juuriston vahvistumiseen ja sivuversojen kasvuun. Gibberelliinin tuotantoa rajoittavia kemiallisia kasvunsäädetehoaineita, esimerkiksi trineksapakki-etyyliä sisältäviä valmisteita käytetään yleensä alkukasvukaudesta. (Högnäsbacka, 2011, s. 21)

Toinen vaihtoehto vaikuttaa kasvin kasvamiseen on etefonin käyttäminen kasvunsäädteenä. Etefonin käytöllä vaikutetaan kasvamiseen kasvin hormonitoiminnan kautta. Etefonia käytettäessä kasvunsäädteenä kasvin auksiinivaikutus hidastuu pääversossa, jolloin kasvu hidastuu. Etefoni lisää kuitenkin sivuversojen kasvua, koska pääverson suhde sivuversoihin heikkenee. Etefonia sisältäviä kemiallisia tuotteita käytetään kasvunsäätöön pääsääntöisesti kasvukauden lopulla. Kasvukauden lopulla etefonilla suoritettavassa kasvunsäädäkäsittelyssä pyritään vaikuttamaan kasvin ylimpien nivelvälien pituuteen, jolloin kasvin painopiste säilyy matalammalla ja korsilakoisuusriski pienenee. (Liespuu, 2023)

## 5 Kasvitaudit

Kasvitauti on jatkuva haitallinen häiriö kasvin elintoiminnoissa, joka vaikuttaa kasvin kasvuun tai saattaa johtaa jopa kasvin kuolemaan. Kasvitautilien määrittelyistä pelto-olosuhteissa hankaloittavat ulkoiset olosuhteet. Ulkoisia olosuhteita ovat esimerkiksi sade, tuuli ja lämpötila. Ulkoiset olosuhteet voivat vaikuttaa kasvien kasvuun eri tavoin, aiheuttamatta kasveille kuitenkaan varsinaista kasvitautilia. (Valkonen ym., 1999, s. 10) Kasvitautilien merkitys viljanviljelyssä on kasvanut 2000-luvulla kevennetyn muokkauksen sekä suorakylvön yleistyttyä. Tulevaisuudessa kasvitautilien leviäminen saattaa korostua entisestään ilmastonmuutoksen myötä muuttuvien sääolosuhteiden kautta. Viljakasvustossa mahdollisesti esiintyvät kasvitaudit heikentävät sadon määrää, alentavat hehtolitrainoa ja sakolukua, sekä laskevat tuhannen jyvän painoa. Kasvitaudeilta puolustautumiseen kasveilta kuluu energiaa, mikä häiritsee negatiivisesti kasvin luontaista kasvua. Lisäksi kasvien fotosynteesitehokkuus heikkenee kasvitautilien tuhotessa satokasvin vihreää lehtipinta-alaa. (Mäenpää, 2010, s. 8)

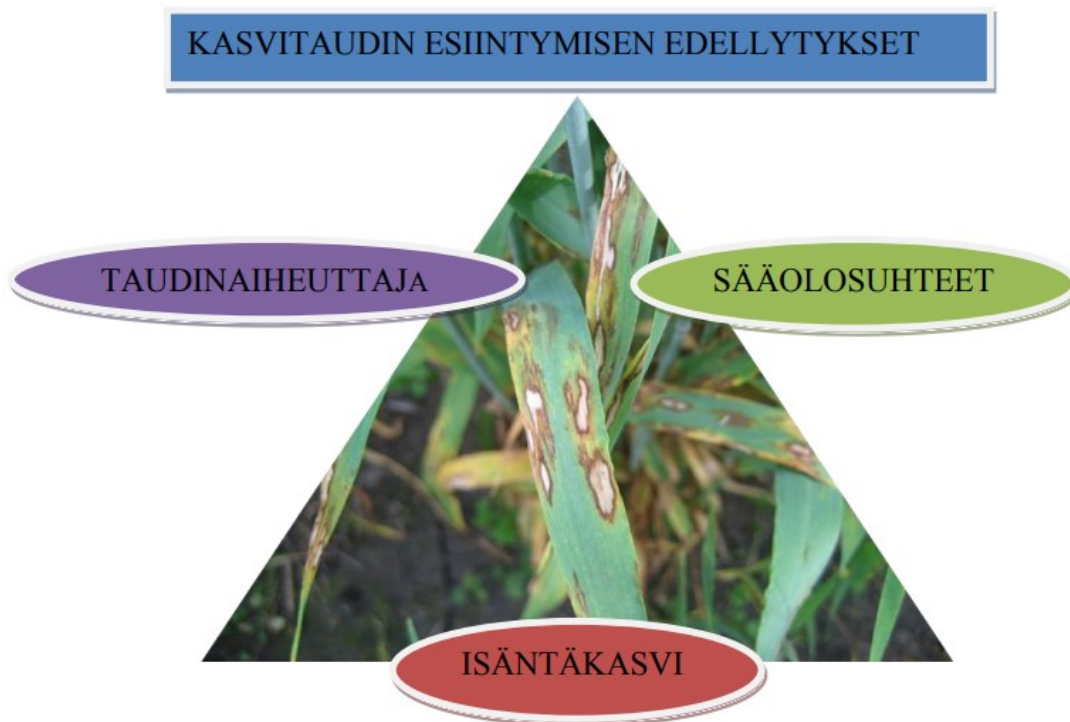
Kuva 1. Kasvitautilien esiintyminen (Jalli et al, Matilda maataloustilastot, 2013, s. 2).

Kasvitauti	Taudin esiintymisen laajuus ha
Ohran tyvi- ja lehtilaikku	572 000
Verkkolaikku	458 000
Rengaslaikku	277 000
Kauran lehtilaikku	232 000
Ruskolaikku	212 000
Pistelaikku	204 000

## 5.1 Kasvitautilien esiintyminen viljakasveilla

Kasvitautilien esiintymistä voidaan ehkäistä peltoviljelyssä monella eri tavalla. Kasvitautilien torjunnassa on hyvä tuntea kasvitautilien elinkierto, jotta tiedetään millä tavoin eri tauteja pystytään torjumaan. Kasvitautilien esiintymisen edellytykset ovat taudinaiheuttaja, sääolosuhteet ja isäntäkasvi. Yleisin ja tärkein keino peltoviljelyssä ehkäistä kasvitautilien esiintymistä ja leviämistä on monipuolinen viljelykierto. Muita kasvitautilien torjuntatapoja ovat erilaiset maanmuokkausmenetelmät, terveen kylvösiemenen käyttäminen, lajikevalinta, kemiallinen torjunta, sekä peltolohkon viljelyhistorian tietäminen. Yksipuolisessa viljelykierrossa on suuri riski etenkin maalevinteisten kasvitautilien leviämiseksi kasvijätteen kautta. Kasvitautilien säilymistä kasvijätteissä seuraavaan vuoteen lisäävät yksipuolisen monokulttuuriviljelyn lisäksi kevennetty muokkaus ja suorakylvö. Kylvösiemenen osalta kasvitauteja, kuten ohran lehtilaikkutauteja, voidaan ehkäistä terveellä kylvösiemenellä sekä kemiallisesti peittaamalla kylvösiemen. Kylvösiemenen kemiallisella peittämisellä pyritään torjumaan kasvitauteja ennakoivasti, ettei kasvitauti pääse leviämään kylvösiemenestä satokasviin. (Mäenpää, 2010, ss. 8–10)

Kuva 2. Kasvitaudin esiintymisen edellytykset (Mäenpää, 2010, ss. 9–10).



## 5.2 Kasvitautilien taudinaiheuttajat

Kasvitaudit jaetaan kahteen ryhmään, tarttuviin ja tarttumattomiin tauteihin. Tarttuvia tauteja kutsutaan bioottisiksi. Bioottiset eli tarttuvat taudit ovat elävien organismien aiheuttamia, joita ovat sienitaudit (mykoosit), bakteeritaudit (bakterioosit) ja virustaudit (viroosit).

Tarttumattomia tauteja kutsutaan abioottisiksi. Tarttumattomat eli abioottiset taudit aiheutuvat pääasiassa haitallisista ympäristöoloista tai mekaanisista vaurioista (mekanoosit).

Haitallisia ympäristöoloja ovat lämpötilahäiriöt (fermoosit), valohäiriöt (fotoosit) ja ravinnepuutokset (kemoosit). (Valkonen ym., 1999, s. 10)

Suomessa suurin osa viljakasvien kasvitaudeista on sienitauteja eli bioottisia kasvitaudinaiheuttajia, jotka ovat tarttuvia tauteja. (Lassi, 2014, s. 8) Tarttuvilla taudeilla on neljä erilaista vaihetta. Aluksi taudinaiheuttaja päätyy kosketukseen kasvin kanssa, jonka jälkeen taudinaiheuttaja tunkeutuu kasviin. Taudinaiheuttajan tunkeuduttua kasviin tapahtuu tartunta eli infektio. Infektion jälkeen taudinaiheuttaja alkaa leviämään kasvissa. (Vastuullinen kasvi tuotanto kurssi, luentomateriaali, opettaja, lehtori Heikki Pietilä, henkilökohtainen tiedonanto, 2023)

Sienitauteja sisältävissä sienissä yhteyttäviä lehtivihreähiukkasia ei ole lainkaan, koska sienet ovat heterofyllejä. Sienet eivät sisällä lainkaan lehtivihreähiukkasia, jonka seurauksena sienet pyrkivät hankkimaan tarvitsemansa ulkopuolisen energian yhteyttävistä eliöistä eli kasveista. (Valkonen ym., 1999, s. 10) Sienet leviävät kasvustoissa tuulen mukana ilmavientinä, vesisateella sadepisaran kautta tai eliöistä hyönteisen levittämänä. Muita sienitautien leviämislle mahdollistavia tekijöitä ovat maa- ja kasvijätteet pellossa, lisäysaineistot ja monokulttuuriset viljelytoimet. (Vastuullinen kasvitutanto kurssi, luentomateriaali, opettaja, lehtori Heikki Pietilä, henkilökohtainen tiedonanto, 2023)

### 5.3 Ohran kasvitauteja

Ohranviljelyssä kasvitautien yleisyys riippuu viljelyhistorian ja ulkoisten säätitekijöiden lisäksi erilaisten ohralajikkeiden kasvitautien herkkyydestä. Tässä työssä ohran kasvitaudeista käsitellään ohran verkkolaikku, rengaslaikku, sekä tyvi- ja lehtilaikku.

#### 5.3.1 Ohran verkkolaikku

Ohran verkkolaikkua aiheuttaa tarttuvien tautien *Drechslera teres* -sieni. Ohran verkkolaikkua esiintyy Suomessa kaikilla ohranviljelyalueilla. Ohran verkkolaikulla on kaksi erilaista tyyppiä, joita ovat verkko- ja pistetyppi. Verkkotyyppissä ilmenee aluksi kasvin lehdillä pieniä tummia pisteitä, jotka myöhemmin kehittyessään muodostavat kasvin lehden pinnalle verkkomaista kuviota. Pistetyppi ilmenee pistemäisinä tummanruskeina laikkuina kasvin lehden pinnalla. Pistetyypin edetessä tummanruskeat laikut leviävät soikean muotoisiksi, joita ympäröi keltaisen värinen kuollut solukko. Pistetyypin oireet kasvissa muistuttavat myös ohran tyvi- ja lehtilaikun oireita. Verkkolaikun esiintymiselle otolliset olosuhteet taudinaiheuttajasiemenelle ovat viileä (10–15°C) ja kostea säätila kylvöpäivästä seuraavan kuukauden aikana. Sääolosuhteiden lisäksi ohran monokulttuuriviljely ja altis lajike kasvattavat riskiä verkkolaikun esiintymiselle. Myös rehevä kasvusto ja runsas typpilannoitus edistävät verkkolaikun etenemistä kasvustossa. Ohran verkkolaikkua aiheuttava sienitauti säilyy kasvukaudesta toiseen rihmastona jyvän pinnalla tai kasvijätteessä pellossa. Verkkolaikku leviää kasvukauden aikana kasvustossa ylöspäin ja vieruskasveihin itiöiden avulla. (Farmit, 2009)

### 5.3.2 Ohran rengaslaikku

Toinen ohran yleinen kasvitauti on rengaslaikku. Ohran rengaslaikkua aiheuttaa tarttuvien tautien *Rhynchosporium secalis* -sieni. Ohran rengaslaikkua esiintyy Suomessa etenkin kosteina ja viileinä kasvukausina. Rengaslaikun oireet voi tunnistaa kasvukauden alussa ensimmäisistä kasvulehdistä. Ensimmäisissä kasvulehdissä rengaslaikun oireet näkyvät väriltään vihertävän vaaleina, tummanharmaina tai siniharmaina soikeina laikkuina. Myöhemmin taudin edetessä laikun keskiosa kasvin lehdellä kuivuu ja vaalenee. Muita tunnistettavia oireita ovat laikun reunojen tummuminen ja laikun ympäristön mahdollinen kellertyminen. Ohran rengaslaikkua aiheuttava taudinaiheuttajasieni leviää kasvukauden aikana voimakkaimmin viileissä (10–18°C) ja kosteissa olosuhteissa. Kasvustossa rengaslaikku leviää itiöiden avulla ylöspäin ja vieruskasveihin itiöiden avulla. Rengaslaikun leviämisestä on tärkeä tietää, että itiöiden muodostamaan rengaslaikkuun tulee osua vesipisara, jotta leviäminen muihin kasveihin on mahdollista. (Farmit, 2009)

### 5.3.3 Ohran tyvi- ja lehtilaikku

Kolmas yleinen ohran kasvitauti on tyvi- ja lehtilaikku. Ohran tyvi- ja lehtilaikkua aiheuttaa *Bipolaris sorokiniana* -sieni. Tyvi- ja lehtilaikkua esiintyy Suomessa kaikilla ohranviljelyalueilla. Lehtilaikut ilmenevät kasvin lehdillä joko hyvin pieninä pistemäisinä laikkuina tai tasaisen tummina laajempina laikkuina. Lehtilaikkuja ympäröi yleensä keltaisen värinen kehä. Pahassa saastunnassa lehtilaikut laajenevat ja yhtyvät toisiinsa. Lehtilaikun laajentumisen myötä ne voivat peittää kasvin koko lehden, jolloin infektoituneet eli tartunnan saaneet lehdet kuivuvat täysin. Tyvilaikut vuorostaan muodostavat kasvin juuriin ja korren tyveen ruskehtavan värisiä laikkuja. Mikäli tyvilaikkutartunta on voimakas, kasvin tyvi tummuu täysin, lisäksi alimmat lehdet saattavat kellastua. Lieviä tyvilaikun oireita ei kasvista tunnista ilman että kasvi nostetaan maasta ylös. Lehtilaikku vaatii tehokkaaseen leviämiseen kasvustossa kostean ja lämpimän olosuhteen (yli 20°C). Tyvilaikku vuorostaan vaatii tehokkaaseen leviämiseen yli 20°C lämpötilan maaperässä. Tyvi- ja lehtilaikku leviää sienitaudeille tyypilliseen tapaan, maaperästä itiöiden kautta. Muita leviämistapoja on kylvösiemenen pinnalla oleva sienirihmasto ja pellossa oleva kasvijäte. Kasvukauden aikana tauti leviää itiöiden avulla vieruskasveihin, mutta satokasvi voi saada tartunnan myös muista ympäröivistä heinäkasveista. Lehtilaikun esiintymistä tulee tarkkailla ohrakasvustosta kukintaan asti, jolloin on viimeinen mahdollisuus suorittaa torjunta kemiallisesti. Ohran tyvi- ja lehtilaikun ehkäisemisessä pitää viljelykierrossa olla mukana muitakin, kuin vain heinämäisiä kasveja. (Farmit, 2009)

## 5.4 Vehnän kasvitauteja

Suomessa kevätvehnän kasvu-aika on ohraan verrattuna pidempi, jonka myötä mahdolliset kasvitauditkin esiintyvät kasvustossa pidempään. Tässä työssä kasvitaudeista käsitellään vehnän lehti- ja tähkälaikku, tyvilaikku ja DTR-lehtilaikku.

### 5.4.1 Vehnän lehti- ja tähkälaikku

Vehnän lehti- ja tähkälaikku, toisilta nimiltään sanottuna septoria ja vehnänruskolaikku. Ruskolaikku on Suomessa kevätvehnän merkittävin kasvitauti. Ruskolaikkua aiheuttaa *Stagonospora nodorum* -sieni. Ruskolaikku leviää kasvukauden alussa ensin lehtiin ja myöhemmin tähkään. Ruskolaikku esiintyy pieninä vaaleankeltaisen värisinä laikkuina. Myöhemmin kasvukauden aikana laikut laajentuvat ja muuttuvat ruskettuviksi. Vakavassa tartunnassa kasvin koko lehti ruskettuu ja kuihtuu. Ruskolaikulle suotuisat olosuhteet ovat lämmin (15–25°C) ja sateinen sää. Ruskolaikkua aiheuttava sieni vaatii itääkseen vähintään kaksikymmentä tuntia jatkuvaa kosteutta. Kasvustossa tauti leviää taudinaiheuttajatiöiden avulla ylöspäin sekä myös vieruskasveihin. Itiöt vaativat levitäkseen kasvustossa kosketuksen sadepisaran kanssa tai kasvien lehtien hankautumista toisiaan vasten. (Farmit, 2009)

### 5.4.2 Tyvilaikku

Tyvilaikulla on suuri merkitys vehnällä. Tyvilaikkua aiheuttaa *Pseudocercospora herpotrichoides* -sieni. Tyvilaikun tunnistaa kasvin korren alaosaan. Korren alaosaan muodostuu keskelle tyveä harmaan värinen laikku. Kasvin lehtituppeen taas muodostuu selvärajainen ruskeankeltainen tyvilaikku. Voimakas tyvilaikun tartunta saattaa aiheuttaa lakoontumista, sillä korren tyvi haurastuu taudin edetessä. Tyvilaikku ei muihin tauteihin nähden vaadi korkeaa lämpötilaa, vaan pitkään vallitsevan korkean ilmankosteuden. Taudin leviämistä edistävät rehevä kasvusto, rikkakasvit ja aikainen syysvehnän kylvö. Tyvilaikkua aiheuttava sienitauti säilyy kasvukaudesta seuraavaan talvehtivissä kasveissa tai kasvijätteessä sienirihmastona. Tyvilaikun taudinaiheuttajasieni tunkeutuu kasviin läheltä maanrajaa, jolloin se voi tartuttaa kasveja keväällä, kesällä tai syksyllä. Tarttuakseen muihin kasveihin tyvilaikku vaatii leviämiseen saderoiskeita tai tuulta, mikä kuljettaisi itiöitä uusiin kasveihin. (Farmit, 2009)

### 5.4.3 Vehnänlehtilaikku

Vehnänlehtilaikku on yleensä vehnän kasvitauti, mutta se voi vioittaa myös ohraa ja ruista. Vehnänlehtilaikku on sienitauti, jota aiheuttaa *Drechslera tritici-repentis* -sieni (DTR). Sateinen ja kostea sää kasvukauden aikana tehostaa lehtilaikun leviämistä. Vehnänlehtilaikku leviää saastuneen siemenen kautta, sekä maasta kasvijätteen kautta. Kasvukauden aikana lehtilaikun itiöt leviävät kaikista tehokkaimmin harvassa kasvustossa ilmapölytausten kuljettamana. Vehnänlehtilaikun tunnistaa kasvinlehdillä olevista ruskeista laikuista, joita ympäröi keltainen kehä. (Farmit, 2009)

## 6 Fungisidit

Kasvitautilien kemialliseen torjuntaan käytettäviä torjunta-aineita kutsutaan fungisideiksi. Fungisidit ovat kemiallisia aineita, jotka tappavat sienitauteja. (Tieteen termipankki, 2014) Kemiallisesti suoritettavassa kasvitautilien torjunnassa vaihtoehtoina ovat kylvösiemenen peittäminen ja kasvukauden aikana suoritettavat kasvustoruiskutukset. Kemiallisella kylvösiemenen peittämisellä pyritään torjumaan siemenlevintäisiä kasvitauteja. Kasvukauden aikana suoritettavilla kasvitautilien torjuntaruiskutuksilla pyritään pysäyttämään taudin leviäminen infektoituneessa kasvinosassa. Kasvukauden aikana voidaan suorittaa myös ennakoivaa kasvitautilien torjuntaa, jolloin arvioihin ja havaintoihin perustuen kasvi suojataan ennaltaehkäisevästi sienitaudin leviämiseltä.

### 6.1 Fungisidien vaikutustavat

Kemialliset kasvitautilien torjunta-aineet eli fungisidit voidaan jaotella kasveihin kohdistuvan vaikutustavan mukaan erilaisiin ryhmiin. Kasveihin kohdistuvia vaikutustavaltaan erilaisia ryhmiä ovat kosketusvaikutteiset, translaminaariset ja systeemiset fungisidit. Kosketusvaikutteiset fungisidit jäävät kasvin lehden pinnalle, eivätkä kulkeudu kasvin solukoissa. Kosketusvaikutteiset fungisidit estävät sieni-itiöiden itämisen kasvin lehden pinnalla. Translaminaarisesti vaikuttavat fungisidit puolestaan imeytyvät kasvin solukoihin, mutteivat liiku kasvin johtosolukossa. Translaminaarisesti vaikuttavat fungisidit leviävät lisäksi kasvin lehden alapinnalle ja reunoille. Systeemisesti kasvissa liikkuvat fungisidit kulkeutuvat kasvin johtosolukoissa, jolloin ne suojaavat kaikkia kasvinosia, myös kasvupisteen. (Hannukkala, 2013, ss. 20–23)



Fungisidien tarkempi erottelu voidaan tehdä jakamalla ne erilaisiin ryhmiin sieniin kohdistuvan vaikutustavan perusteella. Sieniin kohdistuvat fungisidit luokitellaan tällä hetkellä Suomessa yhdeksään erilaiseen kemialliseen ryhmään vaikutustavan mukaan. Eri vaikutustavan fungisidiryhmiä ovat peltokasvien kasvinsuojeluoppaan mukaan DMI-aineet, SDHI-aineet, strobiluriinit, fenyylim-pyrrolit, aryylim-fenoli-ketoonit, kloronitriilit, aniliinopyrimidiinit, atsa-naftaleenit ja morfoliinit. (Peltonen, 2024, s. 68)

DMI-aineet ja morfoliinit estävät sienissä soluseinien muodostumista. SDHI-aineet vaikuttavat estämällä sienissä mitokondrioiden elektronisiirtoketjua. Aniliinopyrimidiinit estävät sienten raaka-aineiden saantia. Strobiluriinit vaikuttavat estämällä sienien soluhengityksen. Fenyylim-pyrrolit ja atsa-naftaleenit vaikuttavat sienien signaalivälitykseen. Aryylim-fenoli-ketoonit vaikuttavat sienien solun sisäisiin proteiineihin ja kloronitriilit vaikuttavat vuorostaan useisiin kohtiin sienissä. (Peltonen, 2024, s. 68)

## 6.2 Resistenssin ehkäiseminen fungisidien käytössä

Kasvitautilien taudinaiheuttajat kehittävät torjunta-ainekestävyyttä eli fungisidiresistenssiä kasvinsuojeluaineita vastaan. Resistenssin syntymisen riskiin vaikuttaa kunkin tehoaineen vaikutusmekanismi. Fungisidiresistenssin syntyminen on todennäköisintä, kun vaikutustavaltaan samaa tehoainetta käytetään toistuvasti. Fungisidiresistenssi ilmenee kasvitautilien torjunta-aineen heikentyneenä tehona ja lyhentyneenä vaikutusaikana. Kasvitautilien torjunta-aineresistenssin ehkäisyyn voidaan vaikuttaa hyödyntämällä erilaisia viljelytoimenpiteitä, vaihtelemalla eri tehoaineryhmiä, sekä käyttämällä valmisteita optimaalisesti. Myös useiden eri tehoaineseosten käyttäminen on hyvä keino resistenssiriskin hallinnassa. (Peltonen, 2024, s. 68)

Resistenssin ehkäisemiseksi kasvinsuojelualan kattojärjestö FRAC (fungicide resistance action committee) laatii ohjeita viljelijöille fungisidien turvalliselle käytölle. Suomessa käytettävät fungisidit on luokiteltu erilaisiin FRAC-ryhmiin. (Farmit, 2021) Erilaisia resistenssiriskiryhmiä ovat korkea, kohtalaisen korkea, kohtalainen, matalakohtalainen ja matalan riskin ryhmät. Korkeaan resistenssiriskiin on luokiteltu strobiluriinit. Kohtalaisen korkea riski on SDHI-luokan valmisteilla. Kohtalainen riski on aniliinopyrimidiineilla, aryylim-fenoli-ketoneilla, atsa-naftaleeneilla ja DMI-luokan valmisteilla. Matalakohtalainen riski on morfoliineilla ja fenyylim-pyrroleilla. Matalan resistenssiriskin valmisteita ovat kloronitriilit. (Peltonen, 2024, s. 68)

Kuva 3. Resistenssin aih. ongelmat viljoilla (Lise Nistrøp Jorgensen, 2018, s.19).

**Resistenssin aih. ongelmat viljoilla**  
Saatavilla olevat fungisidit – tehokkuus (\*) ja resistenssiriski

Kasvi	Kasvitauti	Strobilurins	Triazoles	SDHI	Mildew-icides	Folpan Chlorothalonil
<b>Vehnä</b>	Syysvehnänharmaalaikku	***	**(*)	****		**
	Keltaruoste	****	****	**		*
	Ruskearuoste	****	****	**		*
	Ruskealaikku	**	**(*)	*		*
	Härmä	***	***	*	***	*
<b>Ohra</b>	Ruskearuoste	****	****	**		*
	Lehtilaikku	***	**(*)	****		*
	Rengaslaikku	****	****	****		*
	Ramularia	***	**(*)	****		**(*)
	Härmä	**	***	*	****	*

Korkea riski
Kohtalainen riski
Matala riski

19

## 7 Täsmäviljely ja teknologia kasvinsuojelussa

Täsmäviljelyä on kasvinsuojelussa tehty jo pitkään, esimerkiksi kirjaamalla muistiinpanoja toimenpiteistä tai säätämällä ajonopeuden avulla ruiskutusnesteen annosmäärää.

(Hankkija, 2021) Täsmäviljely on toimenpiteiden lisäksi myös riskien hallinnointia, jolloin huomioon otetaan kaikki tilakohtaiset tekijät, esimerkiksi säätila ja viljelyhistoria.

Kasvinsuojelun osalta tärkein asia täsmäviljelyyn liittyen on kuitenkin täsmällinen ajattelu.

Täsmällisen ajattelun tärkeimpiä elementtejä ovat ajoittaminen ja ennakointi. (Liespuu, 2021)

Kasvinsuojelun täsmäviljelytoimenpiteisiin on 2000-luvulla mukaan tullut lisäksi täsmäteknologia, joka nykyisin liitetään resurssitehokkuuteen. Täsmäteknologia vie kasvinsuojelutoimenpiteitä uudelle tasolle, jonka tavoitteena on parantaa aiemmin mainittua resurssitehokkuutta. Täsmäteknologialla pyritään myös helpottamaan kuljettajan työtä pellolla, esimerkiksi sulkemalla kasvinsuojeluruiskun suuttimia kiilamaisessa pellon päisteessä paikkatietoon perustuen automaattisesti. (Hankkija, 2021)

Kasvinsuojeluaineiden kohdentamista peltolohkon sisällä kutsutaan määränsäädöksi.

Määränsäätöä voidaan tehdä täsmäteknologiaa hyödyntämällä tai ilman. Tavoitteena käyttömäärän kohdistamisessa eli määränsäädössä on tuotantopanosten ja ajan säästö, ympäristökuormituksen vähentäminen sekä sadonlisäys. (Digimaatalous.fi, 2020)

Ilman määräsäätöä suoritettavaa tuotantopanosten levittämistä peltolohkon sisällä kutsutaan tasasäädöksi. Tasasäätö tarkoittaa tuotantopanosten levitettävää vakiomäärää aikayksikköä tai pinta-alaa kohti. Tasasäätö on perinteinen tapa, joten iso osa peltokasvien kasvinsuojelutoimenpiteistä perustuu tasasäätöön. Täsmäteknologian ja paikkatiedon avulla suoritettavia käyttömäärää kohdentavia kasvinsuojelutoimenpiteitä kutsutaan paikkakohtaiseksi määräsäädöksi. (Uudet Teknologiat & Maatalous, 2023) Paikkatietoon ja uusimpaan teknologiaan perustuvassa kasvinsuojelussa kasvinsuojeluaine kohdennetaan peltolohkon sisällä oikeisiin kohtiin automaattisesti tarpeen mukaan, määräsäätöautomaatiikkaa hyödyntämällä. Määräsäätöautomaatiikka (Variable Rate Application, VRA) on täsmäviljelyssä käytetty menetelmä. (Uudet Teknologiat & Maatalous, 2023) Tässä opinnäytetyössä käsitellään täsmäteknologian ja paikkatiedon avulla suoritettavaa kasvunsaade- ja kasvitautien torjunta-aineiden paikkakohtaista määräsäätöä.

## 7.1 Työlaitteiden eri ohjaustavat

Paikkakohtaista levitysmäärää voidaan säädellä sarjaporttiliikenne- tai ISOBUS-ohjatuilla työlaitteilla. Sarjaporttiliikenneohjatuilla työlaitteilla on oma ohjain, jonka kautta työlaitteen toimintoja ohjataan. Sarjaporttiliikenneohjauksessa työlaitteen ohjain liitetään erilliseen GPS-ohjaimen paikkakohtaisen määräsäädön ohjausta varten. Yleensä sarjaportti-työlaitteen ja GPS-ohjaimen väliseen tiedonsiirtoon vaaditaan lisäksi erillinen kaapeli.

Sarjaporttiliikenneohjatuilla työlaitteilla ei ole yhtenäistä standardia kytkentöjen ja yhteensopivuuden suhteen, jolloin jokaiselle eri työlaitteelle pitää olla eri ohjain. (Uudet Teknologiat & Maatalous, 2023)

Toinen vaihtoehto paikkakohtaisen määräsäädön ohjaukseen on ISOBUS-ohjaus. ISOBUS-ohjaus on standardisoitu järjestelmä, jolloin yhdellä ohjaimella voidaan ohjata useampaa eri työlaitetta. Traktorissa voi olla tehdasasennettu tai jälkiasennettu ISOBUS-järjestelmä, jolloin ISOBUS-ohjattua työlaitetta on mahdollista käyttää vanhemmallakin traktorilla. ISOBUS-koneet ja laitteet testataan testilaboratoriossa. Hyväksytyt testin vakuudeksi laitteelle myönnetään sertifiointimerkki, joka tulee löytyä ISOBUS-laitteesta. (Uudet Teknologiat & Maatalous, 2023)

Kuva 4. ISOBUS-sertifiointimerkki. (Digimaatalous.fi, 2020)



## 7.2 Työlaitevaatimukset

Paikkatietoon perustuvassa automaattisessa määräsäädössä työlaitteelta vaaditaan määräsäätövalmius. Esimerkiksi kasvinsuojeluruiskussa mahdollisesti olevat sähkölohkot ei tarkoita suoraan sitä, että laitteessa olisi määräsäätövalmius tai lohkoautomaatiikka. Paikkakohtaisen määräsäädön toteutukseen työlaitteelta vaaditaan ohjaukseen sarjaporttiliikenne tai ISOBUS-ohjaus. Muita vaadittavia asioita ovat paikkatieto sekä tarvittavat lisenssit. Työlaitteet, joissa ei ole määräsäätövalmiutta, voidaan tapauskohtaisesti varustaa myös jälkiasenteisella määräsäätöautomaatiikalla. Ennen jälkiasenteisen määräsäätöautomaatiikan asentamista on suositeltavaa olla yhteydessä laitevalmistajaan, jolta voi tiedustella, onko jälkiasentaminen mahdollista ja minkälaisilla työlaitteen muutoksilla. (Uudet Teknologiat & Maatalous, 2023)

## 7.3 Paikkatieto

Paikkakohtaista määräsäätöä varten työlaitteen tulee tietää koneen sijainti peltolohkon sisällä. Sijaintitiedon saamiseksi vaaditaan GPS-ohjain, joka sisältää näytön ja vastaanottimen eli antennin. Myös GPS-ohjaimessa tulee olla valmius määräsäädön ohjaukseen, jotta paikkatietoa voidaan hyödyntää määräsäädön automaatiikassa. Käytettäessä ISOBUS-työlaitetta paikkakohtaiseen määräsäätöön, tulee GPS-ohjaimen olla myös ISOBUS-yhteensopiva. Myös sarjaporttiliikenneohjattua työlaitetta käytettäessä tulee GPS-ohjaimen olla laitteeseen yhteensopiva. (Uudet Teknologiat & Maatalous, 2023)

## 7.4 Lisenssit

ISOBUS- tai sarjaporttiliikenneohjaimien eri toimintoja hyödyntääkseen käyttäjä tarvitsee erilaisia lisenssejä. Lisenssit ovat työlaitteiden erilaisten toimintojen eli toiminnallisuuden avauksia, esimerkiksi määräsäättö tai lohkoautomaatiikka. ISOBUS- ja sarjaportti-työlaiteilla on erilaiset lisenssit. ISOBUS-ohjaimelle hankittu lisenssi ei toimi sarjaporttiliikenneohjatussa ohjaimessa. ISOBUS-työlaiteilla on puolestaan standardisoidut yhtenevät lisenssit, kun taas sarjaporttiliikenneohjatuilla työlaiteilla lisenssit vaihtelevat työlaitevalmistajan mukaan.

(Uudet Teknologiat & Maatalous, 2023) ISOBUS-järjestelmän avulla ohjattavien työlaitteiden erilaiset ominaisuudet on määritelty erikseen ISOBUS-toiminnallisuuksina.

Toiminnallisuuden kautta käyttäjä pystyy arvioimaan työlaitteiden ja ohjainten yhteensopivuutta, sekä tarvittavia lisenssejä toiminnallisuuden avaamiseksi.

ISOBUS-ohjaimessa sijaitsevasta sertifiointimerkistä käyttäjä pystyy lisäksi selvittämään, mitä eri toiminnallisuuksia ohjaimelle on mahdollista lisenssejä hankkimalla avata. Alapuolella on listattuna kaikki erilaiset, vuonna 2020 virallisesti testatut ISOBUS-toiminnallisuudet. (Digimaatalous.fi, 2020)

UT – Universal Terminal on yleisnäyttö traktorin hytissä, jolla voidaan ohjata eri ISOBUS-työkoneita. Työkoneet lataavat käyttöliittymänsä tähän terminaaliin. Yhtä yleisterminaalia voidaan myös käyttää mahdollisesti useamman eri työkoneen näyttönä. (Digimaatalous.fi, 2020)

TECU – Tractor ECU on traktorin ISOBUS-ohjainlaite tai tietokone. TECU-toiminnolla traktori välittää tietoa ISOBUS-toimilaitteiden käyttöön. Traktorin välittämää tietoa ovat esimerkiksi ajonopeus, nostolaitteiden asento, PTO-eli ulosoton nopeudet, hydraulikkaventtiilien virtaukset yms. ISOBUS-traktorissa on liittimet ISOBUS-työkoneita varten vähintään traktorin takaosassa, sekä sisällä hytissä. (Digimaatalous.fi, 2020)

TIM – Tractor Implement Management. TECU:n toiminnallisuus on yksisuuntainen, eli vain traktori voi ohjata työkoneen toimintaa. TIM-toiminnallisuus on kaksisuuntainen, eli TIM-traktori mahdollistaa työkoneen ohjata ja vaikuttaa traktorin toimintoihin, esimerkiksi ajonopeuteen vaikuttamalla. (Digimaatalous.fi, 2020)

TC-BAS – Task Controller Basic on tehtäväohjain. TC-BAS toiminnon tehtävänohjain mahdollistaa ISOBUS-työkoneella tehtyjen toimenpiteiden kokonaisarvojen dokumentoimisen. Dokumentoitavia tietoja voivat olla esimerkiksi levitysmäärät ja työaika.

TC-BAS toimintoa voidaan hyödyntää esimerkiksi kasvinsuojelutoimenpiteiden dokumentointiin tasasäätö levitysmenetelmällä. (Digimaatalous.fi, 2020)

TC-GEO – Task Controller GEO on myös tehtävänohjain. TC-GEO toiminnon tehtävänohjaimella on mahdollista dokumentoida ISOBUS-työkoneella tehdyt toimenpiteet paikkakohtaisesti. Kyseinen toiminnallisuus on myös edellytyksenä täsmäviljelyyn. Toiminto mahdollistaa paikkakohtaisen määräsäädön levityskartalta, esimerkiksi kasvinsuojelussa. TC-GEO-toiminnallisuus tarvitsee toimiakseen tehtävätiedoston, toiminnallisuutta tukevan työlaitteen ja GNSS-laitteen. (Suomen Maatalousautomaatio ry, Luonnonvarakeskus, 2020)

TC-SC – Task Controller Section Control on automaattinen ISOBUS-työkoneiden eri lohkojen päälle- ja poiskytkentä. Työkoneiden lohkojen päälle- ja poiskytkentä tällä toiminnallisuudella tapahtuu paikkatietoon perustuen. TC-SC-toiminnallisuudella voidaan välttää päällekkäislevitystä peltolohkolla. (Digimaatalous.fi, 2020)

ISB – Isobus Shortcut Button toiminnallisuus mahdollistaa UT-terminaalista käynnistettyjen toimintojen pysäyttämisen nopeasti. ISB-toiminnallisuus saattaa olla tarpeellinen, mikäli traktorissa on kiinni useampi työkone tai työkoneen käyttöliittymä ei ole aktiivisena UT:n näytöllä. (Digimaatalous.fi, 2020)

AUX-N – Auxiliary Control New toiminnallisuus mahdollistaa ulkoisen apuohjaimen kytkemisen terminaaliin, esimerkiksi Joystick-apuohjain työkoneiden hankalien toimintojen käyttämiseen. AUX-N-toiminnallisuuden liittäminen tehdään UT:n näytöltä. Traktorin omaa ohjainlaitetta työkoneen hallintaan on myös mahdollista käyttää AUX-N-toiminnallisuudella. (Digimaatalous.fi, 2020)

AUX-O – Auxiliary Control Old on sama toiminnallisuus kuin AUX-N, mutta vanhempi versio. AUX-O ja AUX-N eivät ole yhteensopivia. (Digimaatalous.fi, 2020)

FMIS – Farm Management Information System on suunnitteluohjelmisto, jonka avulla pystyy luomaan ISOBUS-tehtävien tiedostoja (TASK). Tiedostomuotona tulee olla ISOXML. (Suomen Maatalousautomaatio ry, Luonnonvarakeskus, 2020)

FS – File Server on tiedostovarastotoiminnallisuus. FS-toiminnallisuudella voidaan varastoida esimerkiksi ISOBUS Task-tiedostoja. Useimmiten FS-toiminnallisuus on osa UT-terminaalia, mutta se voi olla omakin laite. (Suomen Maatalousautomaatio ry, Luonnonvarakeskus, 2020)

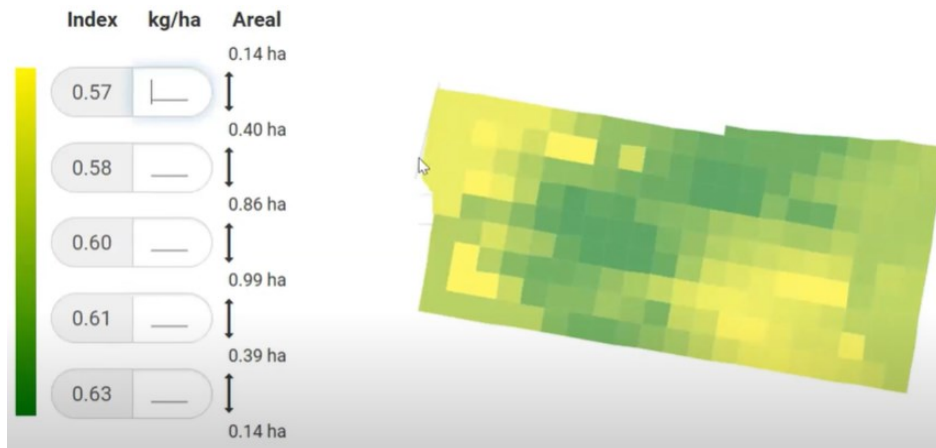
## 8 Levityskartat

Kasvinsuojeluaineen käyttömäärän kohdistamisen tiedonkeruuseen on monia erilaisia vaihtoehtoja. Erilaisia vaihtoehtoja ovat satelliitti- ja droonikuviin perustuvat biomassakuvat, sekä kasvustosensorit. Myös maaperäskannauksen tai leikkuupuimurin satokartoittimen avulla laadittuja työtehtävätiedostoja voidaan hyödyntää joissain määrin käyttömäärän kohdistamiseen. (Ympäristökioski, n.d.) Tässä opinnäytetyössä selvitetään, miten satelliittikuviin perustuvilla biomassakartoilla laaditaan työtehtävätiedostoja eli levityskarttoja kasvunsäade- ja kasvitautien torjunta-aineiden käyttömäärän kohdistamiseen.

Satelliittikuvien käyttäminen levityskarttojen laatimiseen on edullinen ja helposti saatavilla oleva vaihtoehto. Satelliittikuvien käyttämisen negatiivinen puoli levityskarttojen laatimiseen on sääriippuvuus. Pilvisinä ajanjaksoina satelliittikuvia ei voida käyttää levityskarttojen laatimiseen, koska vihreää kasvustoa ei saada kuvastettua kartalle. Pilvettöminä ajanjaksoina satelliittikuvat päivittyvät 3–4 arkipäivän välein, mutta pilvisien päivien päivitysväli saattaa olla jopa yksi viikko. Satelliittikuvien avulla laadittavien levityskarttojen laatiminen vaatii viljelijältä lisäksi aikaisempaa tietoa ja kokemusta peltolohkosta, jotta osataan arvioida miksi tietty kohta peltolohkolla osoittaa satelliittikuvissa heikompa kasvua. (Uudet Teknologiat & Maatalous, 2023)

Biomassaa mittaavia ja levityskarttoja laativia satelliittipohjaisia sovelluksia löytyy useita. Erilaisia sovelluksia ovat esimerkiksi Yaran AtFarm, Dataväxтин CropSAT tai Sirppi-sovellus. Useimmiten satelliittien avulla kasvuston biomassan mittaus perustuu DNVI-indeksiin. NDVI eli Normalized Difference Vegetation Index kuvastaa vihreän kasvillisuuden määrää eli kaukokartoitukseen heijastavaa vihreää kasvillisuutta. NDVI-indeksi vaihtelee -1 ja +1 lukuarvojen välillä. Indeksissä -1–0 lukemat kuvastavat maaperää, kalliota tai vettä. Indeksien 0–1 lukemat kuvastavat kasvavaa kasvustoa. Mitä rehevämpää kasvusto on, sitä korkeampi indeksikin silloin on. Satelliittikuvien avulla selville saatu NDVI-arvo muutetaan levityskartalle levitysmääräksi. Suomessa kasvunsäade- ja kasvitautien torjunta-aine ruiskutustoimenpiteissä NDVI-arvoja ei ole laajamittaisesti skaalattu automaattisiksi levitysmääräksi erilaisille kaupallisille valmisteille, jolloin levitysmäärät pitää käyttäjän määrittellä manuaalisesti itse. (Uudet Teknologiat & Maatalous, 2023)

Kuva 5. Satelliittikuvan avulla määritetyt NDVI-indeksit kasvulohkolle. (Uudet teknologiat & Maatalous, 2023)



## 9 Kasvunsäde- ja kasvitautiaineiden määräsäätökoe ja mittaukset koetilalla

Kasvukauden 2023 aikana kasvinsuojelualan yritys Bayer Crop Science suoritti valikoidun viljelijäryhmän kanssa tilatason koetoimintaa. Koetoiminnassa tavoitteena oli testata FieldView-työkalun avulla suoritettavia erilaisia kasvunsäde- ja kasvitautien torjuntatoimenpiteitä. Muita testattavia seikkoja FieldView-työkalusta oli työkalun sopivuus erilaisten työkonien kanssa, sekä kohdennetun annosmäärän vaihtelemisen dokumentointi ja tulosten analysointi peltolohkon sisällä. FieldView on Bayerin kehittämä digitaalinen työkalu/sovellus, joka on tällä hetkellä käytössä ympäri maailmaa maataloilla. Sovellus kerää, dokumentoi ja visualisoi tietoa erilaisista ISOBUS-työkoneista ja niiden ohjaukseen käytettävistä näyttöpäätteistä. Sovelluksen avulla viljelijät pystyvät analysoimaan jälkikäteen kokeissa tai erilaisilla torjunta-aineilla suoritettuja käsittelyjä. Sovellus tallentaa suoritettut käsittelyt GPS-paikkaan sidottuna, jolloin käsittelyjä voidaan analysoida esimerkiksi satokartan avulla. Suomessa FieldView-sovellus on toistaiseksi vain testikäytössä kasvinsuojelukokeiden tekemistä varten, mutta arvion mukaan sovelluksesta saadaan kaupallinen versio laajempaan käyttöön pohjoismaihin muutaman vuoden sisällä. (Tarkkanen, n.d.)



Kuva 6. FieldView-sovelluksen näkymä näyttöpäätteessä. (Koneviesti, 2024)



## 9.1 Taustatiedot koetilasta

Tässä opinnäytetyössä käydään läpi yhden, kasvukauden 2023 aikana toimineen koetilan kokeen kulkua. Kokeessa toimineen yhteistyötilan päätuotantosuuntana on kasvinviljely. Yhteistyötila toimii päätoimisena maatalousyrityksenä. Yhteistyötila sijaitsee Etelä-Pohjanmaan maakunnassa, tilan viljelyspinta-ala on noin 66 ha. (Koetilan omistaja, henkilökohtainen tiedonanto, 27.2.2024.)

Kasvunsäädäaineita tilalla käytetään keskimäärin 2–3 kertaa kasvukauden aikana. Viljelijän mukaan tärkein tavoite kasvunsäädäaineiden käytössä on tyvilaon estäminen. Muita tavoitteita kasvunsäädäaineiden käytölle ovat korsilaonesto, juuriston vahvistaminen ja kasvuston tasoittaminen. Kasvitaudeista tilalla yleisimmät ovat ohralla verkko- ja rengaslaikku. Vehnän kasvitaudeista yleisimmät ovat vehnän lehti- ja tähkälaikku, sekä kasvukauden lopussa esiintyvät hometaudit. Kasvustoruiskutuksin suoritettavaa kasvitautien torjuntaa tilalla tehdään kasvukauden aikana useaan kertaan. Kasvustoruiskutuksissa tila käyttää pääsääntöisesti kahden eri tehoaineen seosta kemiallisissa kasvitautien torjunta-aineissa. Resistenssiriskin minimoimiseksi tila vaihtelee kemiallisten torjunta-aineiden tehoaineryhmiä, sekä ylläpitää laajaa viljelykiertoa. Lisäksi erilaiset maanmuokkaustekniikat ovat tilalla käytössä, joista tärkein on kyntäminen. (Koetilan omistaja, henkilökohtainen tiedonanto, 27.2.2024.)

Kasvunsäädäineiden käyttömäärän määrittämiseen tilalle on viljelijän mukaan asetettu käyttömääräväli yhtä torjuntakierrosta kohden. Kasvunsäädäineitä levitetään useampaan kertaan, joten kerta-annokset tila pyrkii pitämään pieninä. Käyttömääränmäärittäminen yhtä torjuntakierrosta kohden pohjautuu viljelykokemukseen. Käyttömäärän arviointiin muita vaikuttavia tekijöitä kasvunsäädäineiden kohdalla tilalla ovat peltolohkon maalaji, kasvuston tiheys, sekä lajiketuntemus. Maaperän kosteuden seurantaan tilalla ei käytetä maaperämittareita, mutta toteutuneita sademääriä seurataan perinteisin sademittarein, jonka myötä viljelijälle muodostuu käsitys kasvukauden kosteusolosuhteista. (Koetilan omistaja, henkilökohtainen tiedonanto, 27.2.2024.)

Kasvitautilien torjuntaan tilanomistaja on laatinut oman perusrungon, jonka pohjalta varaudutaan ennen kasvukautta kemiallisten kasvinsuojeluaineiden hankinnassa. Fungisidien käyttömäärät viljelijä päättää valmisteiden myyntipäällystekstissä ilmoitetun käyttömäärävälin mukaan. Kasvitautilien torjuntaa tilalla tehdään ennakoivasti sienitauteja vastaan. Ennakoivaan torjuntaan vaikuttavia tekijöitä tilalla ovat lajiketuntemus ja viljelyhistorian tiedostaminen. Sienitautilien torjunnan lisäksi tila tavoittelee viherryttävää vaikutusta fungisidien käytöllä alkukasvukaudesta. (Koetilan omistaja, henkilökohtainen tiedonanto, 27.2.2024.)

Erilaiset täsmäviljelymenetelmät ovat olleet tilalla käytössä noin 5–10 vuotta. Tällä hetkellä tilalla on käytössä täsmäviljelymenetelmistä automaattiohjaus/ajo-opastin, ISOBUS-ohjaus, satokartoitus, satelliittikuvien avulla laadittavat levityskartat, sekä lohko- ja määräsäätöautomaattikka. Muita koemielessä tai urakoitsijan toimesta käytettyjä täsmäviljelymenetelmiä ovat olleet droonikuvantaminen kahtena kasvukautena, kasvustosensorin käyttö vihermassan vaihtelun mittaamiseen, kalkin levittäminen maanäytetietojen avulla, sekä kasvinsuojeluaineiden levittäminen kohdennetusti peltolohkon sisällä. Lisäksi tila peilaa paikkatietoon perustuen satokarttoja reaalisesti Google-muotoisten karttojen avulla, käytössä olevan leikkuupuimurin FarmTRX-satokartoitusjärjestelmän avulla. (Koetilan omistaja, henkilökohtainen tiedonanto, 27.2.2024.)

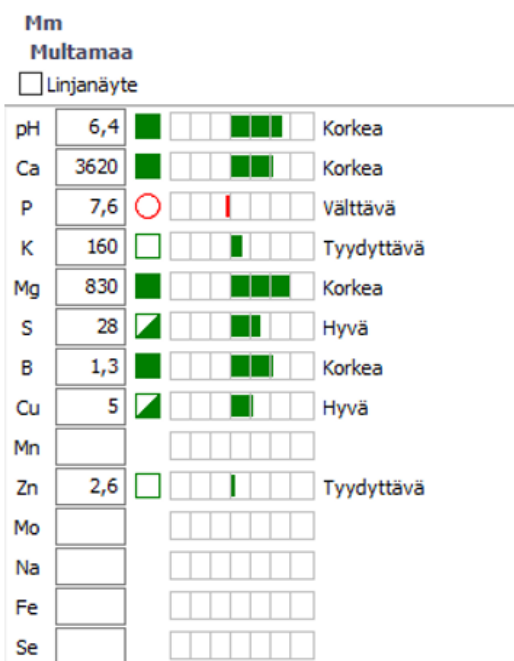
Paikkakohtaista määräsäätöä levityskarttojen avulla kasvinsuojelutoimenpiteissä tila on käyttänyt aiemmin noin 3–5 vuotta, tosin pienimuotoisessa mittakaavassa. Levityskartat tila on laatinut satelliittikuvien avulla Yaran Atfarm-palvelulla. Satelliittikuvien mittaamat NDVI-arvot on tallennettu järjestelmässä automaattisesti levityskartaksi (työtehtävätiedosto), mutta viljelijä on myös muokannut karttoja tilanteen mukaan manuaalisesti.

Viljelijän mukaan työtehtävätiedostojen tallentaminen on sujunut helposti. Lisäksi satelliittien osoittamat kasvustoerot ovat pitäneet kasvustosta todettuna paikkansa. (Koetilan omistaja, henkilökohtainen tiedonanto, 27.2.2024.)

## 9.2 Taustatiedot peltolohkosta

Paikkakohtaista kasvunsääde- ja kasvitautien torjunta-aineiden määränsäätöä, sekä FieldView-työkalua testattiin tässä työssä kokeeseen osallistuneen viljelijän yhdellä (1 kpl) peltolohkolla. Koelohko sijaitsi viljelijän tilakeskuksen välittömässä läheisyydessä, Etelä-Pohjanmaalla. Koelohko on muodoltaan lähes neliskanttinen ja salaojitettu. Lohkoa ympäröi muut peltolohkot, jolloin metsän aiheuttamaa mahdollista varjostusongelmaa ei ollut. Koelohko oli pinta-alaltaan 4,76 ha kokoinen. Tilan omistajan luovuttaman viljavuusanalyysin mukaan koelohkon ravinnearvot vaihtelevat tyydyttävän, hyvän ja korkean välillä, poissulkien fosfori (P) joka on luokiteltu välttävälle tasolle. Mangaani (Mn) arvo ei ole viljavuusanalyysissä mitattavissa. Koelohko oli maalajiltaan Mm, multamaa. Koelohkolla kasvoi koevuonna (2023) monitahoista Aukusti-ohraa. (Koetilan omistaja, henkilökohtainen tiedonanto, 27.2.2024.)

Kuva 7. Koealueen viljavuusanalyysi vuodelta 2022 (henkilökohtainen tiedonanto, 2024).



### 9.3 Levityskarttojen luominen

Paikkakohtaista määräsäätöä varten koelohkosta laadittiin levityskartat viljakasvuston biomassan mukaan. Koelohkoa tarkasteltiin aluksi satelliittikuvien avulla. Satelliittikuvista saatiin selville biomassan vaihtelun alueet, sovelluksena toimi CropSAT. Seuraavaksi tilanomistaja leikkasi määritellyltä alueelta viljakasvuston vihermassaa, joka punnittiin vaa'alla. Punnitut biomassatiedot lähetettiin Tanskaan kasvinsuojelualan yritykselle Bayerille tiedoksi kasvustoindeksin määrittämistä varten. Biomassan painotietojen lisäksi tilanomistaja lähetti viljakasvuston leikkuukohdan sijaintitiedon Tanskaan. Mittausten jälkeen tilanomistaja sai Tanskasta levityskartan valmiina työtehtävätiedostona. Biomassan punnitsemisella ja lähettämällä kokeessa pyrittiin skaalaamaan biomassan määrää satelliittien mittaamiin NDVI-arvoihin. Valmiin levityskartan mukana ei kuitenkaan tullut kokeessa käytettyihin kasvinsuojeluaineisiin liittyen valmiiksi määriteltyä tehoainemäärää. Kokeessa käytettyjen tehoaineiden annoskoot määritteli tilanomistaja itse. Kokeessa käytetyn levityskartan ruudukon koko oli 20 x 20 metriä. (Koetilan omistaja, henkilökohtainen tiedonanto, 27.2.2024.)

### 9.4 Levityskartoilla ruiskutusnesteen levittäminen

Kohdennettua kasvinsuojeluaineiden käyttömäärää säädeltiin suoritettussa tilakokeessa levityskarttojen eli työtehtävätiedostojen avulla. Levityskarttojen perusteella kasvinsuojeluruisku sääteli annoskokoa. Annoskoon säätely tapahtui vesimäärää automaattisesti muuttelemalla. Vesimäärän vaihteluväli oli koelohkolla noin. 90–206 l/ha. Kasvinsuojelutoimenpiteet suoritettiin 02.07.2023. Koetilan omistajalla oli kokeessa käytössään täsmäviljelyn eri teknologiavaihtoehtoja ISOBUS-ohjaus, GPS-vastaanotin, Trimble-merkkinen automaattiohjaus, joka toimii myös UT-terminaalina, AUX-N ulkoinen ohjain, lohkoautomaatiikka ja paikkatietoon perustuva määräsäätö. (Koetilan omistaja, henkilökohtainen tiedonanto, 27.2.2024.)

Kasvinsuojeluruiskutukset suoritettiin kokeissa tilanomistajan hallinnassa olevilla työkoneilla ja laitteilla. Kasvinsuojeluaineiden levitykseen käytettiin hinattavan mallista Amazonen valmistamaa kasvinsuojeluruiskua. Kasvinsuojeluruiskun puomiston leveys on 21 m, joka on jaettu seitsemään eri lohkoon. Kasvinsuojeluruiskussa on lohkoautomaatiikka, jolloin ruiskutusnesteen määräsäätö tapahtuu koko puomiston leveydeltä on-off tyyppisesti lohkoittain. Kasvinsuojeluruiskussa ei ole suutinautomaatiikkaa, jolloin suutin- eikä

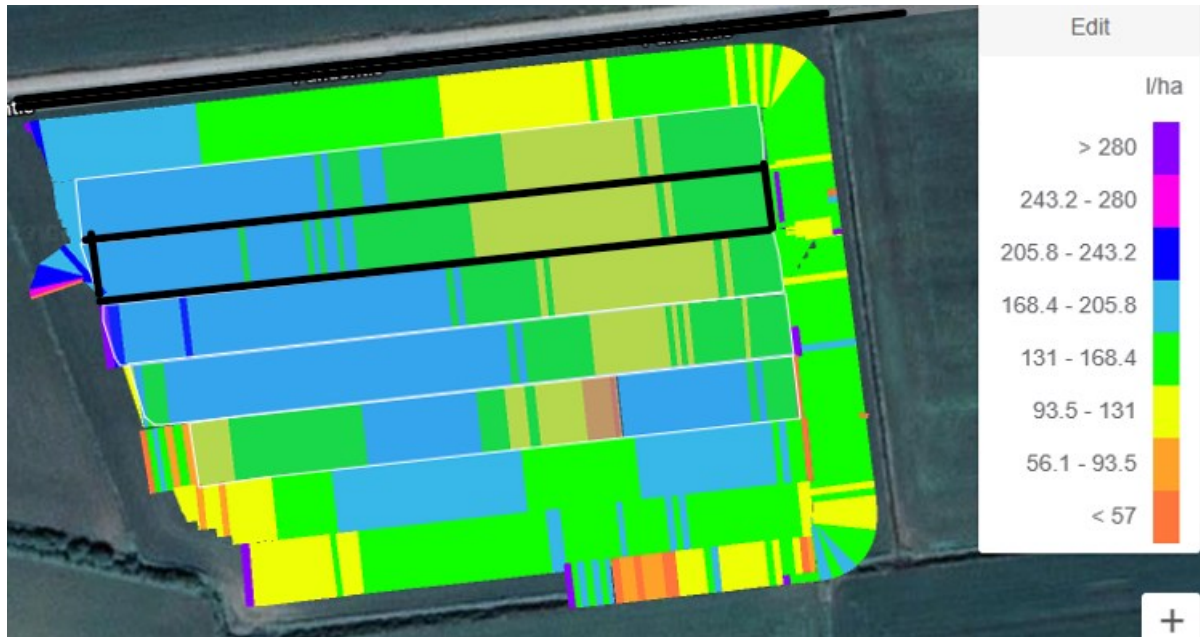
lohkokohtaisesti ei ole määräsäätöä. (Koetilan omistaja, henkilökohtainen tiedonanto, 27.2.2024.)

Kokeessa kasvinsuojeluruiskussa käytetyt suuttimet olivat Lechlerin valmistamat sinisen väriset, ilma-avusteiset kaksoisviuhkasuuttimet. Kasvinsuojeluruiskun käyttämiseen tilalla on käytössään vanhempi, Valmet-merkkinen traktori. Traktoriin on asennettu jälkiasennuksena kaikki edellä mainitut täsmäteknologiset varusteet. (Koetilan omistaja, henkilökohtainen tiedonanto, 27.2.2024.)

Vesimäärän vaihteluväli, jota työtehtävätiedosto ohjasi ruiskussa, laadittiin Tanskassa. Kokeessa kasvuston hyvät kohdat saivat viljelijän määrittelemän vakiomäärän tehoainetta. Heikompiin kohtiin levitettävää tehoainemäärää säädeltiin vesimäärän avulla pienemmäksi. Tehoaineiden vakiomäärä oli suhteutettu 200 l/ha levitettävään vesimäärään. Kokeessa kasvinsuojeluruiskun tankissa samanaikaisena levitettävänä seoksena olivat kasvunsääde- ja kasvitautien torjunta-aineet. Kasvunsäädeaineita oli kaksi kappaletta, aine nro 1. vakiokäyttömäärä oli 0,2 l/ha ja aine nro 2. vakiokäyttömäärä oli 0,15 l/ha. Kasvunsäädeaineista aine nro 1. sisälsi trineksapakki-etyyliä ja aine nro 2. etefonia. Kasvitautien torjunta-aineena tankkiseoksessa käytettiin yhtä SDHI-luokan valmistetta. Kasvitautien torjunta-aineen vakiokäyttömäärä kokeessa oli 0,5 l/ha. Kokeessa käytettyjen kemiallisten aineiden tankkiseokset eivät viljelijän mukaan aiheuttaneet haasteita käytännön työn suorittamisessa. (Koetilan omistaja, henkilökohtainen tiedonanto, 27.2.2024.)

Ruiskutusnestettä levitettäessä koetilan viljelijä arvioi vakiomäärällä (200 l/ha) ruiskutuspaineen olleen noin. 2,8 bar. Ruiskutustyössä viljelijä arvioi ajonopeuden kyseisellä vesimäärällä ja suuttimilla olevan 8–9 km/h. Kokeessa käytetyllä sinisellä värillä ilmaistulla suutinkoolla vesimäärän vaihtelu aiheutti 140–150 l/ha vesimäärällä ongelmia. Viljelijän havainnon perusteella ruiskutustyön aikana suuttimen tuottamassa levityskuviossa näki selkeää levityskuvion muuttumista negatiivisempaan suuntaan. Levityskuvion tasaisuuden heikentyessä myös ruiskutusnesteen pisarakoko suureni paineen laskiessa matalimmilla vesimäärillä. Suuremmilla vesimäärillä paineiden vaihtelusta ei viljelijän mukaan aiheutunut kokeessa silmin havaittavia haasteita, sillä kokeessa käyttömäärän säätely on painotettu heikompien kohtien annosmäärän säätelyyn. (Koetilan omistaja, henkilökohtainen tiedonanto, 27.2.2024.)

Kuva 8. Tarkasteltavan koalueen FieldView-ruiskutuskartta (mukaillen, henkilökohtainen tiedonanto, 2024).



## 9.5 Kasvuston tarkastelu

Kokeeseen osallistuneella tilalla järjestettiin 10.8.2023 pellonpiennarpäivä. Pellonpiennarpäivässä teemana oli tutkia viljakasvustoja, sekä erilaisten kasvinsuojeluaineiden tehoja ja vaikutuksia, joita tilalla testattiin. Tarkastelin yhdessä Bayerin edustajan kanssa kasvustojen tilannetta tämän työn FieldView-koekaistan osalta. Kasvustosta tehtiin mittauksia monitahoisen Aukusti-ohran kasvunsäädö- ja kasvitautilentorjuntakäsittelyistä, sekä havaintoja kasvitautilien esiintyvyydestä koekaistalta (kuva 8).

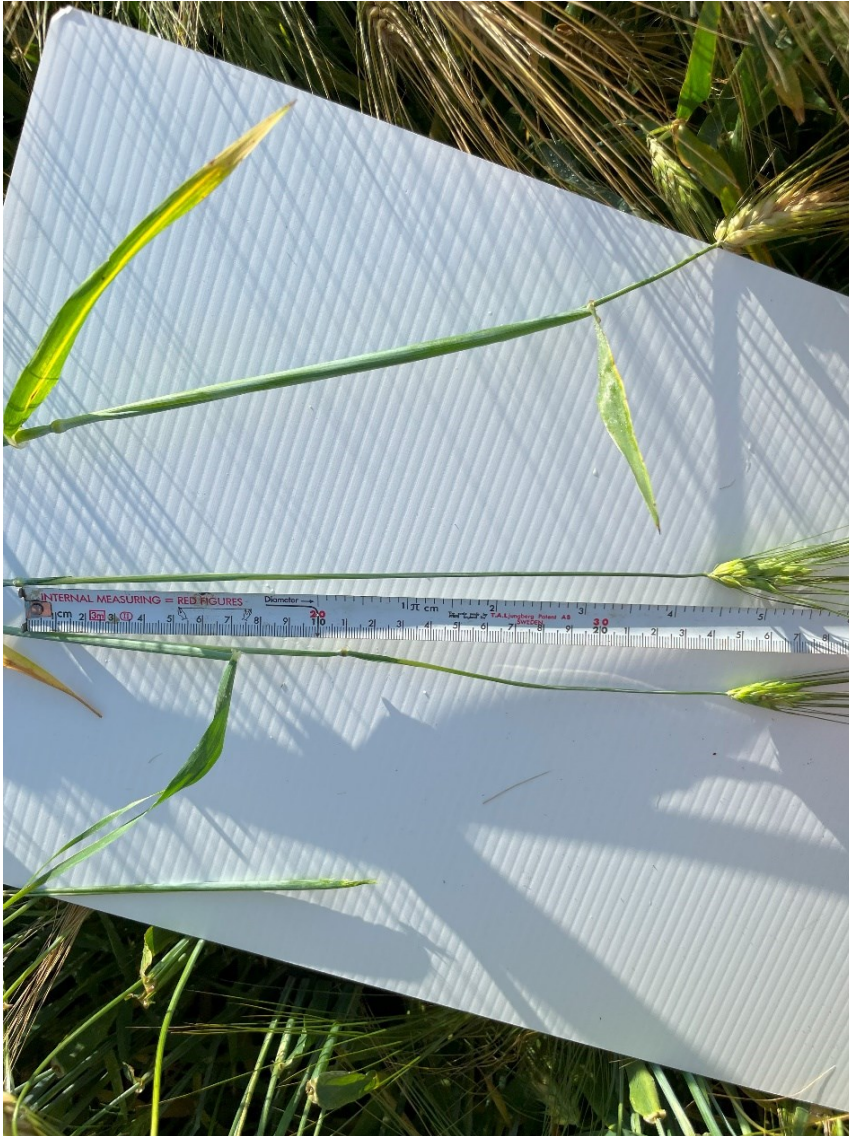
Koekaistalta mitattiin FieldView-ruiskutuskartan (kuva 8.) mukaan sinisestä, vihreästä ja keltaisesta kohdasta tietoja. Mitattavia tietoja olivat ohran ylimmän solmuvälin ja tähkän välisen korren pituus, lakoprosentti ja sivu/jälkiversojen määrä. Muita mittauksen yhteydessä havainnoitavia asioita ohrakasvustosta olivat kasvitautilien tunnistus ja niiden määrä kasvulehdillä. Mittauskohdat määriteltiin kolmen eri kaistan kohdalla ajouraa pitkin kävelemällä, heittämällä rullamitta satunnaiseen kohtaan kasvustoa. Mittauksia tehtiin 4–5 kappaletta yhtä kaistaa kohden. Kaistojen sijainnin määrittämiseen käytimme FieldView-sovelluksen sijaintitietoa hyödyksemme.

Kuva 9. Koelohkon ohrakasvusto. Työssä käsiteltävä koekaista (Vili Silmä, 10.8.2023).



Mittaukset aloitettiin FieldView-kartan sinisestä alueesta. Sinisellä alueella lako-% oli nolla prosenttia. Pääverson ylimmän solmuvälin pituus oli 23–24 senttimetriä. Sivuersoja oli kaksi kappaletta. Kasvukauden kuivien sääolosuhteiden vuoksi tähkät olivat pienikokoisia. Kasvitauteja sinisellä alueella ei mittaushetkellä havaittu, mutta fysiologisia laikkuja oli hieman havaittavissa. Sinisen alueen vesimäärä torjuntahetkellä oli noin. 168–205 l/ha.

Kuva 10. Sinisen alueen kasvusto (Vili Silmä, 10.8.2023).





Seuraavaksi mittauksia suoritettiin FieldView-kartan vihreällä alueella. Vihreällä alueella lako-% oli nolla prosenttia. Pääverson ylimmän solmuvälin pituus oli 25–26 senttimetriä, sivuversoja oli kaksi kappaletta. Kasvitauteja vihreällä alueella ei mittaushetkellä havaittu, mutta kasvuston ränsistymistä esiintyi hieman. Vihreän alueen vesimäärä torjuntahetkellä oli noin. 131–168 l/ha.

Kuva 11. Vihreän alueen kasvusto (Vili Silmälä, 10.8.2023).



Viimeiseksi mittauksia suoritettiin FieldView-kartan keltaisella alueella. Keltaisella alueella lako-% oli myös nolla prosenttia. Pääverson ylimmän solmuvälin pituus oli 22–23 senttimetriä, sivuversoja oli kaksi kappaletta. Keltaisella alueella osassa otannoista sivuversot olivat pääversoja pidempiä. Kasvitaudeista keltaisella alueella havaittiin ohran verkkolaikkua. Ohran verkkolaikkua havaittiin kaikista runsaimmin sivuversojen kasvulehdillä. Keltaisen alueen vesimäärä torjuntahetkellä oli noin. 93–131 l/ha.

Kuva 12. Keltaisen alueen kasvusto (Vili Silmälä, 10.8.2023).



## 9.6 Määränsäätökokeen tulosten tarkastelu

IPM-kasvinsuojelutoimenpiteiden yleisten periaatteiden mukaan viljelijöiden tulee seurata kasvinsuojelutoimenpiteiden onnistumista. (Farmit, 29.1.2014) Suoritetussa tilatason kokeessa kasvinsuojelutoimenpiteiden onnistumisen seuranta pyritään edistämään teknologisten työkalujen ja sovellusten avulla. Toimenpiteiden onnistumista ja havainnointia tarkastellaan leikkuupuimurin satokartoittimen ja FieldView-sovelluksen avulla. Kokeessa käytetty satokartoitin mittaa ja tallentaa sadon määrän (kg), satovaihtelut, sijaintitiedon, korjuualueen ja sadonkorjuupäivämäärät. FieldView-sovelluksesta pystytään jälkikäteen katsomaan ja analysoimaan eri tavalla käsiteltyjä alueita sijaintitietoon perustuen.

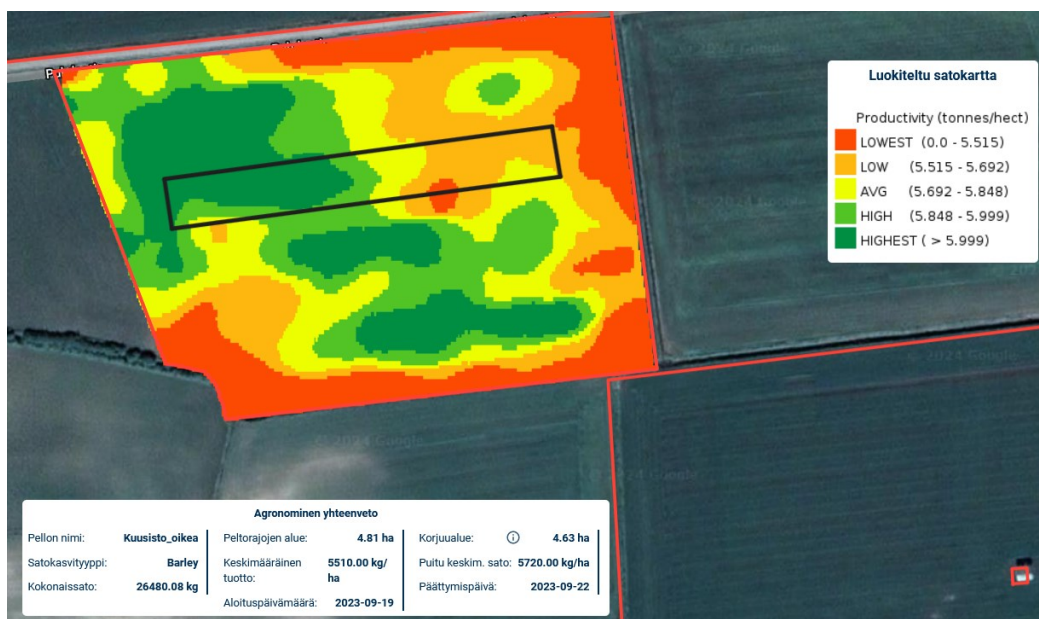
Koetilan leikkuupuimurin tallentaman satokartan perusteella voidaan todeta koekaistan satovaihtelut. Sinisen, vihreän ja keltaisen värisen alueen (kuva 8) satotasot vaihtelivat 5692–5999 kg:n välillä. Viljelijän mukaan kasvustot olivat syksyllä pystyssä jokaisessa kaistassa, eikä näin ollen lakoa ollut. Peltolohko oli tilan viimeisenä puitava lohko jälkiversonnan vuoksi. Kasvitautilien osalta ei syksyllä viljelijän mukaan ollut merkittäviä satoa rajoittavia tekijöitä. (Koetilan omistaja, henkilökohtainen tiedonanto, 27.2.2024.)

Haastattellessani kokeen valmistumisen jälkeen viljelijää talvella 2024, painotti hän kasvinsuojelutoimenpiteiden paikkakohtaiseen määränsäätöön liittyen helppokäyttöisyyden vaadetta. Lisäksi ajateltavaksi nousi, miten biomassaa mittaavat järjestelmät kykenevät tulevaisuudessa määrittelemään NDVI-indeksin arvoja ja sen myötä laskemaan tehoaineiden käyttömäärät automaattisesti työtehtävätiedoille. Suoritetussa kokeessa viljelijä teki henkilökohtaisesti päätöksen käytettyjen tehoaineiden käyttömäärästä. (Koetilan omistaja, henkilökohtainen tiedonanto, 27.2.2024.)

Viljelijän mukaan kokeeseen osallistuminen oli kiinnostava projekti. Kokeessa viljelijää kiinnostivat FieldView- ja FarmTRX-järjestelmien tuottaman datakokonaisuuden kehittäminen ja yhteensovittaminen. Lisäksi peltokokeen tuloksien tuominen näkyville, sekä toimenpiteistä kertyneen datan sovittaminen yhteen paikkaan FieldView-sovelluksen avulla kiinnosti viljelijää. Esimerkkitalan viljelijä on jo aiemmin kiinnostunut kehittämään tilallansa täsmäviljelyyn liittyviä erilaisia teknologisia ratkaisuja. Erilaisten käytännön menetelmien testaaminen ja kokeileminen ovat tilan omistajalle kiinnostavia asioita, johon pyritään jatkossakin panostamaan tilan toiminnassa. (Koetilan omistaja, henkilökohtainen tiedonanto, 27.2.2024.)

Kasvinsuojelutoimenpiteiden paikkakohtaiseen määrääntöön liittyen kokeeseen osallistunut viljelijä pohti kokeen jälkeen, onko määrääntöstä hyötyä kasvinsuojelutoimenpiteissä laajemmassa mittakaavassa, sekä miten määrääntöillä päästäisiin tuotantopanosten säästämiseen. Kysymyksiä herätti myös se, mitä tehdään kasvinsuojelutoimenpiteen jälkeen ruiskun tankkiin jääneelle ylimääräiselle liuokselle. Esimerkiksi keinotekoisten lannoitteiden levittämisessä paikkakohtaisesti, työlaitteeseen ylimääräiseksi jääneet lannoiterakeet ovat helpompia varastoida uudelleen työtehtävän jälkeen.

Kuva 13. Leikkuupuimurin mittaama satokartta koelohkosta (mukaiillen, henkilökohtainen tiedonanto, 2024).

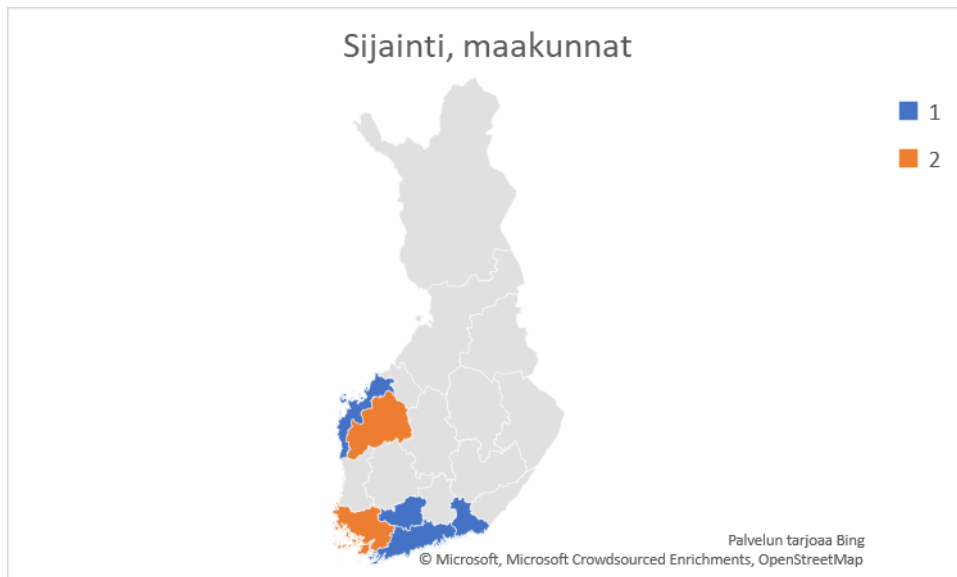


## 10 Viljelijöiden kokemukset ja mielipiteet paikkakohtaisesta määränsäädöstä

Muiden viljelijöiden kokemuksia ja mielipiteitä paikkakohtaiseen määränsäätöön liittyen selvitettiin haastattelemalla kahdeksaa eri viljelijää, jotka käyttävät täsmäviljelymenetelmiä ja teknologioita apuna maataloustoiminnassaan. (Liite 1) Haastatteluihin osallistuneiden viljelijöiden maatalousyritykset sijaitsivat Varsinais-Suomessa, Uudellamaalla, Etelä-Pohjanmaalla, Pohjanmaalla, Kymenlaaksossa ja Kanta-Hämeessä. Kyselyn tavoitteena oli saada tietoa ja mahdollisia käytännön kokemuksia kasvunsäade- ja kasvitautiaineiden levittämisestä paikkakohtaisesti käyttömäärää säädellen, ohra- ja vehnä viljakasvustoilla.

Viljelijöiden kokemukset ja ajatukset täydentävät tietopohjaa paikkakohtaisen määränsäädön hyödyistä ja haasteista. Lisäksi kyselyjen avulla on haluttu selvittää, millaisia täsmäviljelymenetelmiä ja teknologioita tiloilla on tällä hetkellä käytössä. Kyselyllä selvitettiin myös millaisia tavoitteita, käyttömäärään vaikuttavia tekijöitä ja tehoaineluokkia viljelijät käyttävät laon ja kasvitautien torjunnassa ohralla ja vehnällä.

Kuva 14. Kyselyyn osallistuneiden viljelijöiden sijainti maakunnittain.

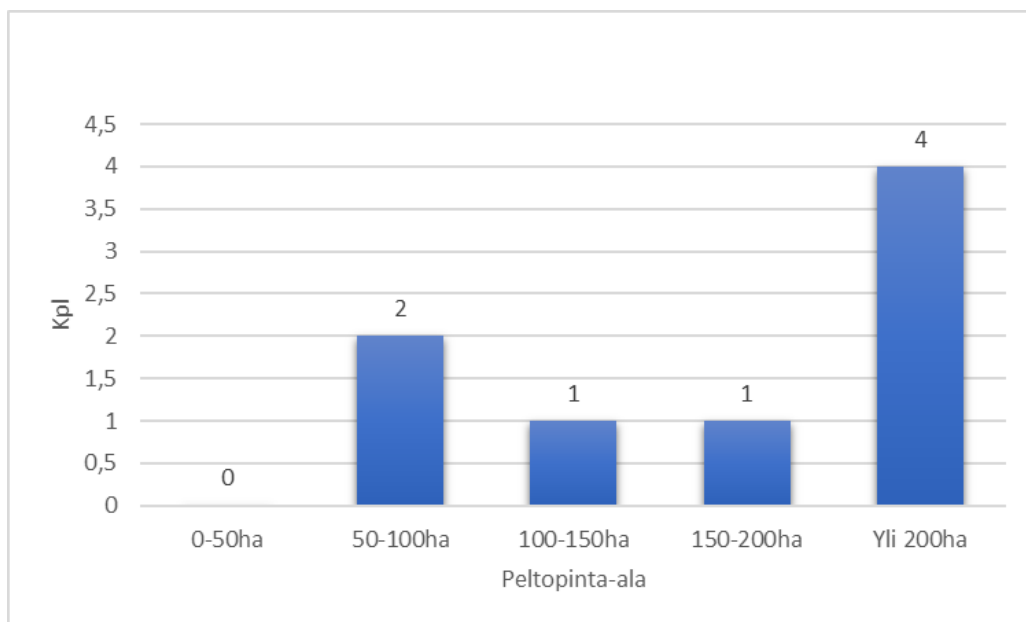


## 10.1 Kyselyn toteutus

Haastattelut koostuivat yhteensä kahdeksasta erilaisesta kysymyksestä. Haastateltavat viljelijät valittiin sosiaalisen median tai maatalousalan ammattilehdistä havaittujen esiintyvyyksien mukaan. Viljelijöiden henkilö- ja yritystietoja käsitellään työssä anonyymisti. Haastattelut toteutettiin matkapuhelimitse tai Teams-sovelluksen välityksellä, vastaamiseen kului aikaa noin kolmekymmentä minuuttia. Kyselyt aloitettiin tilojen taustatietojen selvittämällä. Haastateltavien maatilayritysten yrittäjiltä selvitettiin aluksi päätuotantosuunta, sijaintimaakunta, viljelyksessä oleva pinta-ala hehtaareina, tukialue ja onko tila pää- vai sivutoiminen tila.

Haastateltavien henkilöiden yrityksistä seitsemän kappaletta oli päätuotantosuunnaltaan kasvinviljelytiloja ja yksi kotieläintila. Kaikkien vastaajien maatalousyrietykset olivat päätoimisia tiloja. Viljelyspinta-alana suuruusluokaltaan 50–100 ha oli kahdella vastaajalla, 100–150 ha yhdellä vastaajalla, 150–200 ha yhdellä vastaajalla ja yli 200 ha neljällä vastaajalla.

Kuva 15. Vastaajien viljelyksessä olevat peltopinta-alat.



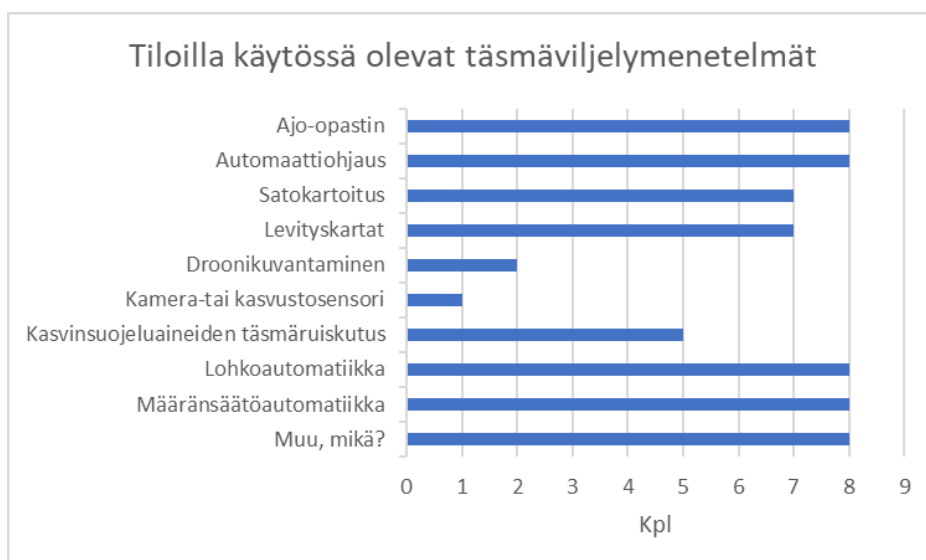
## 10.2 Käytössä olevat täsmäviljelymenetelmät

Kyselyssä haastateltavilta kysyttiin, mitä kaikkia erilaisia täsmäviljelymenetelmiä heillä on käytössään. Lisäksi kysyttiin, kuinka kauan haastateltavat ovat käyttäneet täsmäviljelymenetelmiä tiloillansa.

Kaikilla vastaajilla oli käytössään ajo-opastin, automaattiohjaus, sekä työkoneen lohko- ja määräsäätöautomatiikka. Seitsemällä vastaajalla oli käytössä leikkuupuimurin satokartoitusjärjestelmä ja satelliittipohjaiset levityskartat. Kasvinsuojeluaineiden kohdennettua annosmäärän säätelyä teknologian avulla olivat kokeilleet tai tekivät viisi viljelijää, kaksi viljelijää käytti dronikuvantamista.

Kamera- ja kasvustosensoria oli käytetty urakoitsijan toimesta kahdella tilalla, lisäksi yhdelle tilalle oli hankittu kasvustosensori vuonna 2024. Muita tiloilla käytössä olevia/olleita täsmäviljelymenetelmiä olivat lehtivihreämittarin käyttö, paikkakohtaiset pH-analyysit, kasvuston megalab-analyysit, FieldView-sovellus, maaperäanturit, peltoskannaus, viljankuivaamon optimointi, sääaseman käyttö ja täsmäkalkitus. Vastaajista neljä henkilöä (50 %) arvioi eri täsmäviljelymenetelmien olleen käytössä maataloustoiminnassa 5–10 vuotta. Loput neljä henkilöä (50 %) kertoivat käyttäneensä erilaisia menetelmiä 10–20 vuoden verran.

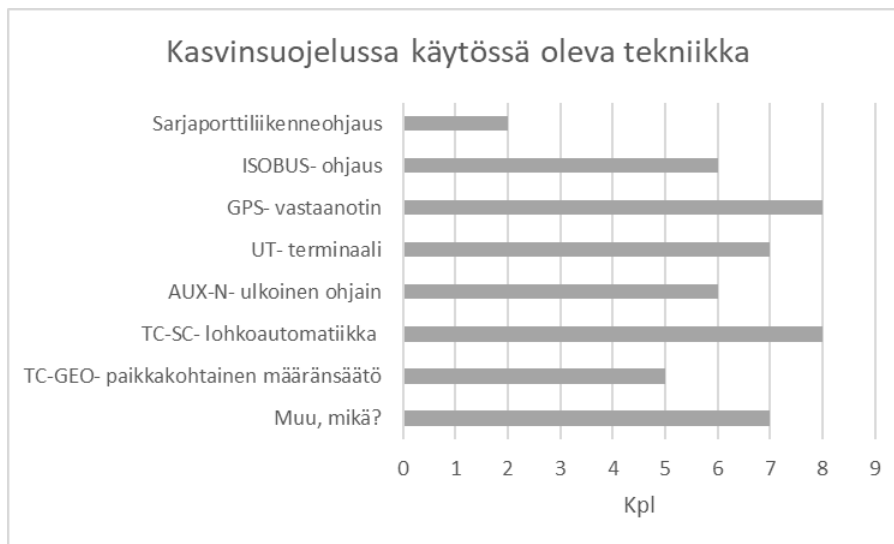
Kuva 16. Kyselyyn vastanneiden viljelijöiden käytössä olevat täsmäviljelymenetelmät.



### 10.3 Kasvinsuojeluruiskun tekniikka ja varusteet

Kyselyssä selvitettiin millaisia varusteita ja tekniikkaa kyselyyn osallistuneilla viljelijöillä on käytössään kasvinsuojeluruiskuissaan. Kuudella viljelijällä (75 %) kasvinsuojeluruisku oli ISOBUS-ohjattu, kahdella viljelijällä (25 %) oli käytössään sarjaporttiliikenneohjaus. GPS-vastaanotin ja TC-SC-lohkoautomaatiikka olivat kaikilla viljelijöillä käytössä. UT-yleisnäyttöä käytti seitsemän viljelijää ja AUX-N-ulkoista ohjainta kuusi viljelijää. TC-GEO-paikkakohtainen määräsäätöominaisuutta käytti tai hyödynsi satunnaisesti viisi viljelijää (62,50 %). Muuta kasvinsuojeluruiskuissa olevaa tekniikkaa ja lisävarusteita olivat automaattinen puomiston korkeudensäätö, rengas- ja aisaohjaus, suutinkohtainen lohko-ohjaus ja määräsäätö ajonopeuden mukaan.

Kuva 17. Haastateltavien viljelijöiden kasvinsuojeluruiskujen tekniikka.



### 10.4 Kasvunsäädö- ja kasvitautiaineiden käyttö

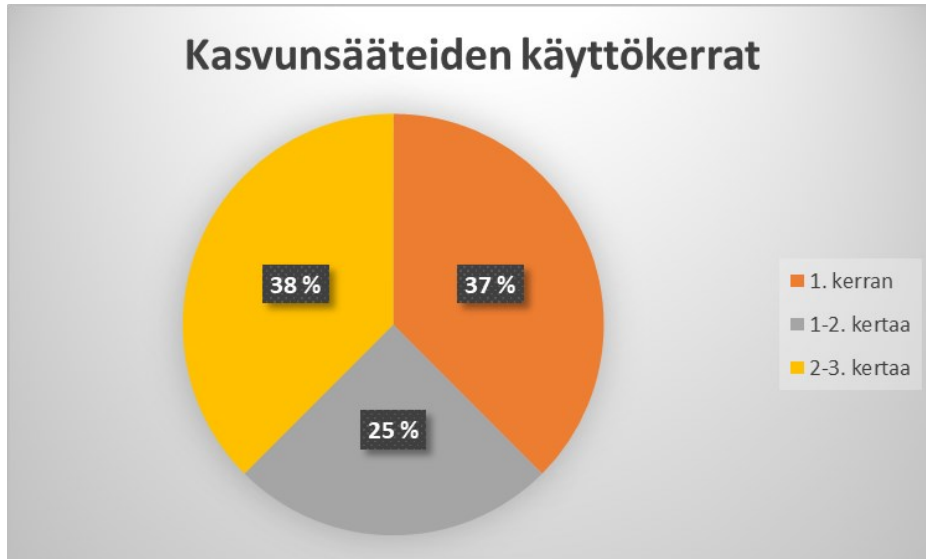
Kasvunsäädöiden- ja kasvitautiaineiden käyttämisestä ohralla ja vehnällä kysyttiin keskimääräisiä käyttökertoja kasvukauden aikana. Kasvunsäädöiden käytöstä kysyttiin lisäksi viljelijöiden tavoitteita, sekä kuinka montaa erilaista valmistetta he käyttävät.

Kasvitautiaineiden käytön osalta kysyttiin myös, millaisia kasvitautia kyselyyn vastanneet torjuvat ohralla ja vehnällä. Erilaisten tehoaineiden käyttömääriä kysyttiin myös viljelijöiltä. Kysymyksiin viljelijät vastasivat vapaalla sanalla.



Kolme viljelijää (37 %) kertoi käyttävänsä kasvunsäädäaineita keskimäärin yhden kerran kasvukauden aikana. 1–2 kertaa kasvunsäädäaineita arvioi käyttävänsä kaksi viljelijää (25 %). Kolme viljelijää (38 %) kertoi käyttävänsä kasvunsäädäaineita 2–3 kertaa kasvukauden aikana.

Kuva 18. Kasvunsäätteiden käyttökerrat keskimäärin kasvukaudenaikana.



Kasvunsäädäaineiden käyttötavoitteisiin liittyvässä kysymyksessä viljelijät saivat valita useamman eri tavoitteen vastaukseksi. Kasvunsäätteiden käyttötavoitteisiin liittyen seitsemän viljelijää arvioi tavoitteekseen alkukasvukaudesta suoritettavalla käsittelyllä juuriston vahvistamisen ja myöhemmin kasvukaudenaikana suoritettavalla korren yläosan pituuskasvua rajoittavalla käsittelyllä korsilaon ehkäisemisen. Tyvilaon estäminen ja kasvuston tasoittaminen kasvunsäädäaineiden avulla sisältyi kuuden viljelijän tavoitteisiin. Lisäksi yksi viljelijä tavoittelee kasvunsäädäaineiden käytöllä pensomisen tehostamista alkukasvukaudesta.

Kuva 19. Viljelijöiden tavoitteita kasvunsäädäaineiden käytöllä.



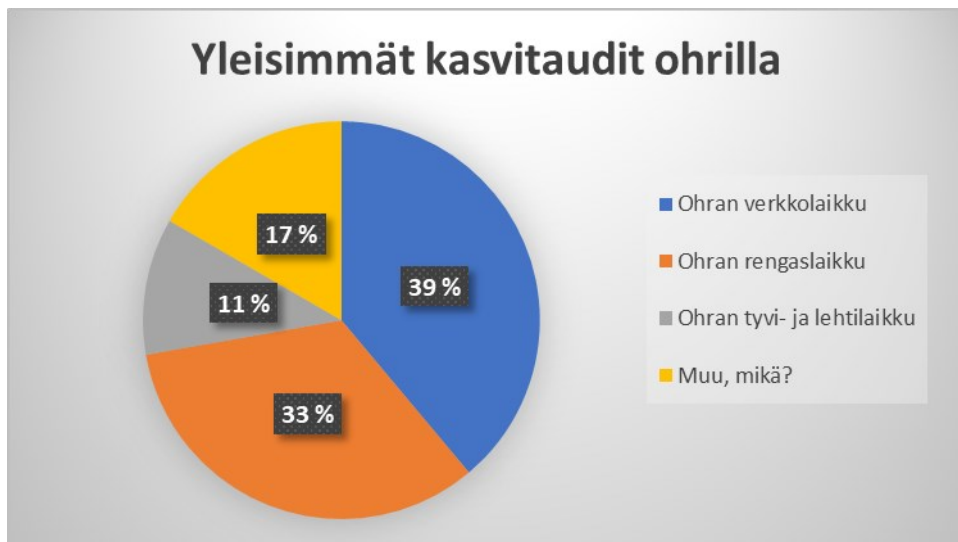
Kasvunsäätöiden käyttötavoitteen lisäksi kyselyllä haluttiin selvittää mikä yksittäinen tavoite on viljelijöiden mielestä kaikista tärkein. Haastateltavista viljelijöistä viisi kappaletta (62 %) asetti tyvilaon estämisen kaikista tärkeimmäksi tavoitteeksi. Yksi viljelijä koki korsilaon estämisen tärkeimmäksi tavoitteeksi omassa toiminnassaan, myös juuriston vahvistaminen oli yhden viljelijän mielestä tavoitteista tärkein. Vastausvaihtoehdoista *muu, mikä* vaihtoehdon valitsi yksi viljelijä, hänen tärkein tavoitteensa on pensomisen tehostaminen kasvunsäätöiden käytöllä. Kaikki viljelijät kertoivat käyttävänsä useampaa eri kasvunsäädävalmistetta kasvukauden aikana.

Kuva 20. Kasvunsäätöiden tärkein yksittäinen käyttötavoite.



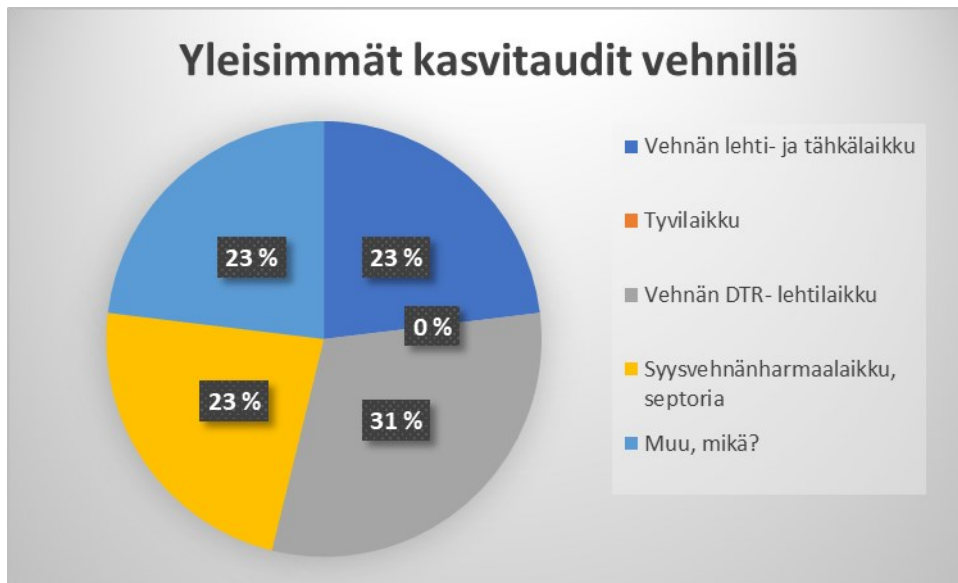
Ohran ja vehnän kasvitauteihin liittyvissä kysymyksissä viljelijät kertoivat yleisimpiä heidän tiloillansa esiintyviä kasvitauteja vastaukseksi. Osa tiloista kertoi viljelevänsä myös syysohraa ja -vehnää. Ohran verkkolaikkua esiintyy seitsemällä viljelijällä, ohran rengaslaikkua kuudella viljelijällä ja ohran tyvi- ja lehtilaikkua kahdella viljelijällä. Muita ohralla esiintyviä kasvitauteja olivat fusarium-sienet ja nokitaudit. Kasvitautilien torjunta-aineita kertoi seitsemän viljelijää käyttävänsä 1–2 kertaa kasvukauden aikana, yksi viljelijä kertoi käyttävänsä 2–3 kertaa. Kemiallisia kylvösiemenen peittäusaineita ei laskettu kasvitautilien torjunta-aineiden käyttökertoihin mukaan. Kasvitautilien torjunnassa viisi viljelijää käyttää kahden eri tehoaineen seosta, kaksi viljelijää kahden-kolmen tehoaineen seosta ja yksi viljelijöistä käyttää yhtä tehoainetta. Kaikki viljelijät kertoivat vaihtelevansa tehoaineryhmiä säännöllisesti resistenssiriskin pienentämiseksi.

Kuva 21. Haastateltavien viljelijöiden yleisimmät kasvitautit syys- ja kevätohralla.



Vehnän kasvitaudeista yleisimmiksi vastauksissa nousivat vehnän lehti- ja tähkälaike, syysvehnän harmaalaikke, sekä vehnän DTR-lehtilaike. Vehnän DTR-lehtilaikeesiintyi vastaajista neljällä (31 %). Vehnän lehti- ja tähkälaikeesiintyi kolmella viljelijällä. Muita viljelijöillä esiintyneitä kasvitauteja vehnällä olivat home- ja ruostetaudit.

Kuva 22. Haastateltavien viljelijöiden yleisimmät kasvitaudit syys- ja kevätvehnällä.



## 10.5 Käyttömäärän määrittäminen

Kasvunsaade- ja kasvitautien torjunta-aineiden käyttömääriin liittyen selvitettiin, miten viljelijät määrittelevät valmisteiden käyttömäärät torjuntahetkellä. Lisäksi käyttömäärän määrittämiseen liittyen kysyttiin, käyttävätkö viljelijät joitain apuvälineitä päätöksenteon tueksi.

Vastauksista selviää, että yleisimpiä viljelijöiden keinoja kasvunsaadeaineiden käyttömäärän määrittämiseen liittyen ovat viljelykokemus, lajike- ja maalajituntemus, säätilan ja kasvuston kunnan tarkastelu ja kasvinsuojelualan yritysten edustajien asiantuntemus.

Kuva 23. Kasvunsäädevalmisteiden käyttömäärään vaikuttavat tekijät.

<b>Viljelijä A, Varsinais-Suomi</b>	<b>Viljelijä B, Varsinais-Suomi</b>
Kasvinsuojeluyritysten neuvoja hyödynnetään Säätötilan tarkastelu, mennyt ja tuleva Selvitetään kasvin vedenottoa Kerta-annokset pyritään pitämään pieninä	Myyntipäällystekstin ohjeet Kostealla kelillä lisätään määriä Maalajien huomiointi Sademäärien seuranta Joskus apuna käytetään neuvoja
<b>Viljelijä C, Kanta-Häme</b>	<b>Viljelijä D, Etelä-Pohjanmaa</b>
Myyntipäällystekstin ohjeet Viljelykokemus Kasvinsuojeluyritysten neuvoja hyödynnetään	Kasvunsäädekierroksia useita, pienet kerta-annokset Lajike ja maalajituntemus Kasvuston tiheys Viljelykokemus Sademäärien yleistä havainnointia
<b>Viljelijä E, Etelä-Pohjanmaa</b>	<b>Viljelijä F, Pohjanmaa</b>
Historian kautta itse opitut määrät, viljelykokemus Kasvinsuojeluyritysten neuvoja hyödynnetään	Kasvuston tilaa seuraten Paljon pensoneeseen lisätään annosta Sademääriä seuraamalla Maankosteuden mittausta Viljelukokemus
<b>Viljelijä G, Kymenlaakso</b>	<b>Viljelijä H, Uusimaa</b>
Kasvuston kunnon mukaan Viljelykokemus	Kasvuston kunnon mukaan Säätötilan tarkastelu, mennyt ja tuleva Lajiketuntemus Viljelykokemus

Kasvitautiltorjuntaan käytettävät torjunta-aineiden käyttömäärät viljelijät määrittelevät vastausten perusteella kasvustoja tutkimalla, menneitä ja tulevaa säätilaa seuraamalla, viljelyhistorian tiedostamisella, lajiketuntemuksen perusteella ja kertyneen viljelykokemuksen mukaan. Viljelijät kertoivat vastatessaan myös, miten kartoittavat viljelykokemustaan, esimerkiksi jättämällä 0-ruutuja tehtyjen käsittelyjen seurantaan varten.

Kuva 24. Kasvitautilientorjunnan käyttömäärään vaikuttavat tekijät.

<i>Viljelijä A, Varsinais-Suomi</i>	<i>Viljelijä B, Varsinais-Suomi</i>
Viljelyhistoria Säätötilan tarkastelu, mennyt ja tuleva Kasvuston kunnan tarkastelu Lajiketuntemus Ennakoivasti ei ajeta paljoa	Kasvustoja tutkimalla Todettuun tarpeeseen Säätötilan tarkastelulla ennakoivan tarpeenmäärittäminen
<i>Viljelijä C, Kanta-Häme</i>	<i>Viljelijä D, Etelä-Pohjanmaa</i>
Kasvuston mukaan Pienellä paineella minimimäärillä Ilman kosteuden mukaan Sademääriä seuraamalla	Myyntipäällystekstin mukaan Tehdään ennakoivasti lajiketuntemukseen ja viljelyhistoriaan perustuen
<i>Viljelijä E, Etelä-Pohjanmaa</i>	<i>Viljelijä F, Pohjanmaa</i>
Viljelykokemus Jokaiselle lohkolle jätetään 0-ruudut Käyttöohjeiden mukaan	Kosteassa ja lämpimässä suuremmat määrät Säätötilan seuranta Kasvuston seuranta, alkava tauti torjutaan
<i>Viljelijä G, Kymenlaakso</i>	<i>Viljelijä H, Uusimaa</i>
Pitkänajan säätötilan ennustetta seuraamalla Myyntipakkauksen suosituksen puoliväli min määrä Kasvuston kunto Viljelykokemus	Kasvuston kunnan mukaan Seuraamalla tautiennusteita Hiukan ajetaan ennakoivasti Viljelykokemus Lajiketuntemus

## 10.6 Paikkakohtainen määräsäätö

Paikkakohtaiseen määräsäätöön liittyen selvitettiin haastateltavilta, ovatko he käyttäneet tai kokeilleet paikkakohtaista määräsäätöä kasvinsuojelutoimenpiteissä. Muita kysyttäviä asioita viljelijöiltä olivat, kuinka kauan paikkakohtainen määräsäätö on ollut heillä käytössä, miten he laativat levityskartat ja miten he ovat määritelleet NDVI-indeksin arvot levitysmääräksi työtehtävätiedostolle, sekä millaisia hyötyjä ja ongelmia he ovat kokeneet paikkakohtaisesta määräsäädöstä. Keskustelua käytiin myös jokaisen viljelijän kanssa siitä, miten paikkakohtaista määräsäätöä voitaisiin edistää Suomessa ja mitkä asiat tällä hetkellä ovat kehityksen esteenä.

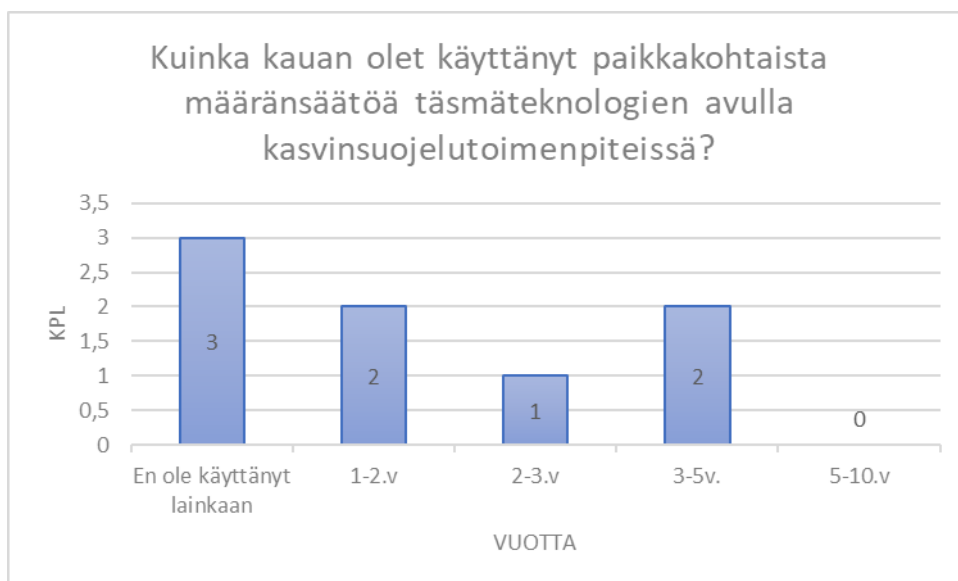
Kyselyn viljelijöistä viisi (62 %) on testannut tai käyttää paikkakohtaista määräsäätöä kasvinsuojelutoimenpiteissä levityskarttoja hyödyntämällä. Kolme viljelijää (38 %) on testannut tai käyttää paikkakohtaista määräsäätöä, mutta ilman levityskarttoja.

Kuva 25. Paikkakohtaisen määräsäädön käyttö haastateltavilla tiloilla.



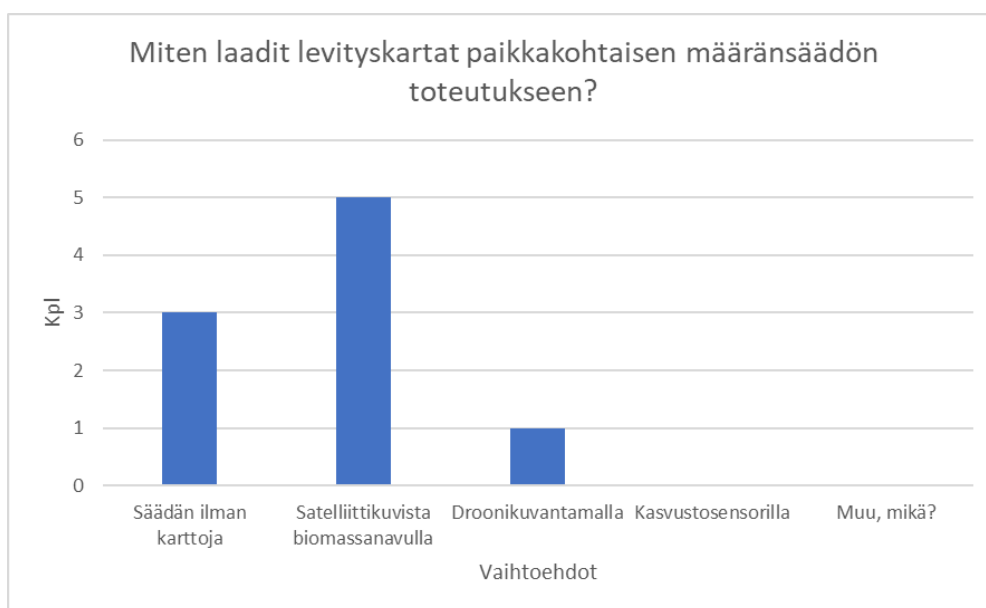
Seuraavaksi kysyttiin, kuinka kauan viljelijät ovat testanneet tai käyttäneet paikkakohtaista määräsäätöä täsmäteknologiaa hyödyntämällä kasvinsuojelutoimenpiteissä. Kolme viljelijää vastasi, etteivät ole käyttäneet lainkaan teknologiaa apuna, vaan säätely on tapahtunut manuaalisesti. Täsmäteknologian avulla määräsäätöä olivat suorittaneet kaksi viljelijää 1–2 vuoden ajan, yksi viljelijää 2–3 vuoden ajan ja kaksi viljelijää 3–5 vuoden ajan.

Kuva 26. Paikkakohtaisen määräsäädön käytössä oloaika viljelijöillä.



Levityskarttojen laatimisen suoritti viisi viljelijää satelliittikuvilla biomassan kautta. Kolme viljelijää kertoi suorittavansa paikkakohtaista määränsäätöä manuaalisesti ilman työtehtävätiedostoja, jolloin he eivät käytä levityskarttoja lainkaan. Yksi viljelijä kertoi käyttävänsä myös droonikuvantamista apuna levityskarttojen laatimiseen. Mitattujen NDVI-indeksien arvojen määrittämisen viljelijät ovat tehneet biomassaa mittaavissa sovelluksissa, esimerkiksi Atfarm tai CropSAT. Viljelijät kertoivat myös, että indeksien arvoja on muokkailtu lisäksi manuaalisesti itse. Kahdella viljelijällä on tehty myös kasvinsuojelualan yrityksen, Bayerin kanssa fyysistä kasvustobiomassan punnitsemista satelliittien mittaamien NDVI-indeksien määrittämisen tueksi ja indeksien määrittämiseksi.

Kuva 27. Levityskarttojen laatiminen paikkakohtaisen määränsäädön toteutukseen.



Kasvitauti- ja kasvunsäädäaineiden käyttämisestä paikkakohtaisen määränsäädön avulla viljelijöiden vastauksissa syntyi hajontaa. Erilaisia tavoitteita ja hyötyjä viljelijöillä olivat valmisteiden kohdentuminen peltolohkon sisällä paremmin, tasainen kasvusto, parempiin kohtiin suurempia annoksia, tasaisempi lakopaine, kustannussäästöt valmisteiden avulla ja torjuntatehon varmistaminen hyvissä kasvuston kohdissa. Paikkakohtaisen määränsäädön huonoja puolia ja heikkouksia olivat viljelijöiden kommenttien mukaan tekniikan ja datan yhteensovittamisen haaste, vesimäärien vaihteluvälit, ruiskutusajonopeus, ajankäyttö, oppiminen, työtehtävätiedostojen haasteellinen laatiminen ja satelliittien hyödyntäminen pilvisinä ajanjaksoina.



Kuva 28. Paikkakohtaisen määräsäädön hyödyt kasvunsäade- ja kasvitautien torjunnassa.

<i>Viljelijä A, Varsinais-Suomi</i>	<i>Viljelijä B, Varsinais-Suomi</i>
Aineiden kohdentuminen lohkon sisällä paremmin, oikeisiin kohtiin Ruiskutustyön teko helpompaa Tasainen kasvusto suurin tavoite	Epätasaisessa kasvustossa saatu hyötyjä, pienentämällä ainemääriä
<i>Viljelijä C, Kanta-Häme</i>	<i>Viljelijä D, Etelä-Pohjanmaa</i>
Testattu yhtenä kesänä Hyötyjä ei koettu lainkaan Teknologian käyttäminen ollut viljelijälle helppoa	Tehty koemielessä paikkatiedon avulla aiempina vuosina Tavoitteena kohdentaa parempiin kohtiin enemmän
<i>Viljelijä E, Etelä-Pohjanmaa</i>	<i>Viljelijä F, Pohjanmaa</i>
Pieniä ainemäärän säästöjä saavutettu Tasaisempi lakopaine tavoite	Kustannus-säästöjä ainemäärien kautta Lakoa vähemmän
<i>Viljelijä G, Kymenlaakso</i>	<i>Viljelijä H, Uusimaa</i>
Tehty koemielessä paikkatiedon avulla aiempina vuosina Ainetta säästy 50ha alalla tuntuvasti Karttojen teko ja tekniikan yhteensovittaminen helppoa Biomassadata pitänyt paikkansa Positiiviset kokemukset, jatketaan tulevana kesänä	Ainetta säästynyt Hyviin kasvuston kohtiin saa paremman tehon valmisteilla Tasainen kasvusto suurin tavoite Biomassakartat vastanneet omaa mielikuvaa kasvustosta

Kuva 29. Paikkakohtaisen määräsäädön haitat ja heikkoudet kasvunsäade- ja kasvitautien torjunnassa.

<i>Viljelijä A, Varsinais-Suomi</i>	<i>Viljelijä B, Varsinais-Suomi</i>
Ajonopeutta joutuu säätelämään, mikäli vaihteluväli on iso, tasanopeus ei riitä Alhainen ruiskutusaine aiheuttaa ongelmia Karttojen laatimisen pitää olla helpompaa Pilviset säätilat satelliittien heikoinlenkki	Tekniikka hidasteena, lisenssit kalliita Yleisesti kalusto kallista, joka hidastaa kehitystä
<i>Viljelijä C, Kanta-Häme</i>	<i>Viljelijä D, Etelä-Pohjanmaa</i>
Vesimäärien vaihteluvälit aiheuttivat ongelmia Ajonopeutta olisi joutunut lisäämään alhaisella ruiskutusaineella Ainesäästö tosi pieni rahallisesti Pitäisi keskittyä enemmän siihen, että pellot olisivat tasalaatuisempia, jolloin vaihteluita lohkon sisällä olisi vähemmän	Vie enemmän aikaa mitä tasasäästö Karttojen laatiminen osuu keskelle sesonkia Pilviset päivät ongelmallisia satelliittikuvissa Mitä tehdä ylimääräiseksi jääneelle aineelle?
<i>Viljelijä E, Etelä-Pohjanmaa</i>	<i>Viljelijä F, Pohjanmaa</i>
Sadonlisä vaikea todentaa, miten tehdään verrokki Mikäli samassa tankkiseoksessa muita eri valmisteita, vaihteluvälit eivät välttämättä kohtaa Herbisidien käytöstä aiheutunut kasvuston vaalentuminen aiheuttaa satelliiteissa ja mittareissa heittoa	Maksimi vesimäärän vaihteluväli +- 50l Tekniikan ja datan yhteensovittaminen suuri haaste Vaikea käytännössä toteuttaa
<i>Viljelijä G, Kymenlaakso</i>	<i>Viljelijä H, Uusimaa</i>
Opettelu, kantapään kautta joutuu harjoittelemaan Liian iso hajonta vesimäärässä aiheuttaa ongelmia Pienillä vesimäärillä ruiskutusaine laskee liikaa	Oppiminen vie aikaa Hyvin pitkälti kaluston hinta jarruttaa kehitystä

## 10.7 Yhteenveto vastauksista

Kyselyn kaikki kahdeksan viljelijää ovat käyttäneet tai testanneet paikkakohtaista määränsäätöä kasvunsäade- ja kasvitautien torjuntatoimenpiteissä. Haastateltavista viljelijöistä viisi kappaletta oli käyttänyt paikkakohtaista määränsäätöä teknologian avulla paikkatietoon perustuen ja kolme viljelijää oli käyttänyt määränsäätöä manuaalisesti ilman teknologiaa. Kaikki vastaajat kertoivat käyttävänsä vähintään yhden kerran ohralla ja vehnällä kasvukauden aikana kasvunsäade- ja kasvitautien torjunta-aineita. Kasvunsääteiden käytöstä tärkeimmäksi tavoitteeksi nousi tyvilaon estäminen. Muita tavoitteita vastaajilla olivat korsilaonesto, juuriston vahvistaminen ja pensomisen tehostaminen. Ohran ja vehnän kasvitaudeista yleisimpiä vastaajilla olivat ohran verkko- ja rengaslaikku, vehnän lehti- ja tähkälaikku, DTR-lehtilaikku ja syysvehnän harmaalaiakku. Kasvitauiaineiden käytöstä yleisin tehoaineseos oli 2–3 eri tehoaineen seos.

Keinotekoisten lannoitteiden levitykseen verrattuna viljelijöiden mielestä paikkakohtaista määränsäätöä on vaikeampi toteuttaa kasvinsuojelutoimenpiteissä. Lannoitteiden levittämisessä paikkakohtainen määränsäätö on saatu helpommin teknisesti toteutettua, koska levityskarttojen vaihteluvälit eivät ole aiheuttaneet ongelmia. Kasvinsuojeluaineiden ruiskuttamisessa vesimäärien vaihteluvälit aiheuttavat muutoksia ruiskutuspaineesa ja ajonopeudessa. ISOBUS-ohjatut kasvinsuojeluruiskut ovat viljelijöiden mielestä kalliita koneinvestointeja. Lisäksi erilaiset ISOBUS-toiminnallisuudet ovat joillakin laitevalmistajilla vastaajien mukaan kalliita, jonka myötä paikkakohtaiseen määränsäätöön siirtyminen on hidasta.

## 11 Johtopäätökset

Kasvinsuojeluaineiden paikkakohtaisella määränsäädöllä tehostetaan torjunta-aineiden käyttöä kohdistamalla ne oikeisiin kohtiin peltolohkolle. Paikkakohtainen määränsäätö vaatii viljelijältä perehtymistä ja mielenkiintoa asiaan, sekä kasvuston seurantaan kasvukauden aikana, jotta kasvinsuojelutoimenpiteet voidaan ajoittaa oikeaan aikaan. Kasvunsääde- ja kasvitautien torjunta-aineiden käytöstä viljelijöiden tulee tiedostaa niiden vaikutustavat, jotta kyseisiä torjunta-aineita voidaan levittää paikkakohtaisesti käyttömäärää säädellen oikein. Tällä hetkellä Suomessa ei ole olemassa ohjelmistoa tai palvelinta, joka osaisi määrittää satelliittien, dronien tai kasvustosensorien avulla laadittuihin levityskarttoihin tehoaineiden vakiokäyttömääriä, vaan päätöksen levitettävästä vakiomäärästä tekee viljelijä itse.

Paikkakohtaista, kohdennettua käyttömääränsäätöä on mahdollista toteuttaa teknologian avulla sarjaporttiliikenne- tai ISOBUS-ohjatulla kasvinsuojeluruiskulla.

Sarjaporttiliikenneohjattu kasvinsuojeluruisku on mahdollista muuttaa tapauskohtaisesti jälkeinpäin paikkakohtaiseen määränsäätöön soveltuvaksi, mutta soveltuvuus tulee aina varmistaa laitteen maahantuojalta/jälleenmyyjältä. ISOBUS-ohjattu kasvinsuojeluruisku on helpompi päivittää jälkeinpäin paikkakohtaiseen määränsäätöön soveltuvaksi hankkimalla tarvittavat lisenssit, mikäli ISOBUS-laitteisto ja kasvinsuojeluruisku tukee TC-GEO-toiminnallisuutta. Teknologian avulla suoritettava paikkakohtainen määränsäätö on helpointa aloittaa satelliittien avulla laadituilla levityskartoilla. Satelliitit mittaavat kasvuston biomassan määrää, josta ohjelmisto laatii NDVI-arvot ja levityskartan eli työtehtävätiedoston. Satelliittien mittaamat biomassojen määrät ja NDVI-indeksien arvot ovat pitäneet paikkaansa tässä työssä tilatason kokeessa, sekä viljelijäkyselyyn osallistuneilla maatalousyrittäjillä. Viljelijäkyselyn perusteella selvisi myös, että mikäli levityskarttoja ei ole laatinut aiemmin, tulee karttojen laatimiseen ja tekniikan yhteensovittamiseen varata riittävästi aikaa.

Paikkakohtaisen määränsäädön avulla suoritettavissa kasvunsääde- ja kasvitautien torjuntatoimenpiteissä tulee huolehtia, ettei valmistaiden myyntipäällystekstissä ilmoitettua alinta käyttömäärää aliteta. Mikäli kasvitautiaineiden kohdalla alitetaan, alin sallittu käyttömäärä, on riskinä resistenssin muodostuminen, jolloin käytettävät tehoaineet eivät enää tehoa torjuttavaan kohteeseen. Myöskään ylintä sallittua käyttömäärää ei saa ylittää.

Paikkakohtaisen määräsäädön haasteena käytännön ruiskutustoimenpiteessä tulee vesimäärien vaihteluvälit. Mikäli vesimäärien vaihteluvälit ovat levityskartalla liian suuret, aiheuttaa se ruiskutuspaineen laskua tai nousua. Ruiskutuspaineen muuttuessa kuljettaja joutuu tarkkailemaan ajonopeutta ja tarvittaessa kasvattamaan tai laskemaan nopeutta tilanteen mukaan. Mikäli ruiskutuspainetta muuttuu, eikä ajonopeutta muuteta, levitystasaisuus muuttuu negatiivisempaan suuntaan. Viljelijäkyselyn perusteella vaihteluväliä ei kannata kasvattaa yli +/- 50 l/ha.

Tilaolosuhteissa suoritettussa paikkakohtaisessa määräsäätökokeessa kasvunsäade- ja kasvitautien torjunta-aineet levitettiin samanaikaisesti samasta tankkiseoksesta. Elokuussa suoritettussa kasvuston tarkastelussa todettiin lakoa olevan nolla prosenttia ja kasvitauteja erittäin vähän. Huomioitava seikka on, että ohran verkkolaikkua todettiin muutamien kasvien lehdillä kaistalla, jossa kasvitautien torjunta-ainetta levitettiin käyttömäärää säädellen levityskartan mukaan vähiten. Levityskartan laatimishetkellä alue, johon ilmaantui myöhemmin kasvukaudella kasvitauteja, oli kaikista heikoimmassa kasvussa. Tämän seurauksena heikoimman alueen biomassan määrä oli pienin.

Syynä pienelle biomassamäärälle kyseisessä kohdassa olivat ulkoiset tekijät, joita olivat kuivat olosuhteet ja veden puute. Kasvinsuojeluruiskutustyön jälkeen, myöhemmin kasvukaudella tulivat rankat sateet. Sateiden myötä kasvuston heikoin kohta tuotti kaikista voimakkaimmin jälkiversoja ja biomassan määrä muuttui. Jälkiversonnan vuoksi heikoimmalle alueelle kehittyi myöhemmin kasvukauden aikana kasvitauteja, koska aiemmin suoritettulla kasvitautientorjunnalla ei ollut vaikutusta kehittyneisiin jälkiversoihin.

Kokeeseen osallistuneen tilanomistajan mukaan hänelle kokeisiin osallistumisessa mielenkiintoista oli toimia yhteistyötilana Bayerille, sekä päästä kokeilemaan FieldView-työkalua käytännössä kasvinsuojelutoimenpiteissä. Lisäksi viljelijä koki kasvustosta kerätyn biomassadatan ja sen hyödyntämisen mielenkiintoiseksi asiaksi. Kokeen jälkeen pohdittavaksi asiaksi jäi, miten paikkakohtaisella määräsäädöllä voisi päästä laajempiin kasvinsuojeluaineiden säästöihin. Toinen pohdittava seikka oli, mitä tehdä kasvinsuojeluruiskun tankkiin ylimääräiseksi jääneelle torjunta-aine liuokselle, mikäli ylimääräistä liuosta ei voida hyödyntää jollakin toisella peltolohkolla. (Koetilan omistaja, henkilökohtainen tiedonanto, 27.2.2024.)

Suoritetun viljelijäkyselyn perusteella haastateltavien viljelijöiden tavoitteita kasvunsäätöiden käyttämisessä paikkakohtaisesti käyttömäärää säädellen teknologian avulla olivat tasaisempi kasvusto, pienempi lakoontumisriski ja kustannussäästöt. Kasvitautiontorjunnassa kustannussäästöt koettiin tärkeimmäksi tavoitteeksi paikkakohtaisesti käyttömäärää säädellen, sillä kasvitautiontorjuntaan käytettävät fungisidit ovat kasvunsäädäaineita arvokkaampia rahallisesti mitattuna. Osa viljelijöistä koki saaneensa paljon positiivisia kokemuksia käyttömäärän säätelystä kasvunsäädö- ja kasvitautiontorjunnassa. Osa vastanneista viljelijöistä suhtautui kuitenkin hieman varautuvasti kokemuksien suhteen, jolloin mahdollisia hyötyjä ei ollut saavutettu tai ne olivat jääneet pieniksi. Suoritetun kyselyn mukaan viljelijöiden mielestä satelliittien avulla laadittavien levityskarttojen eli työtehtävätiedostojen laatiminen tulisi olla nopeampaa ja helpompaa, sillä levityskarttojen laatiminen osuu keskelle kasvinsuojelusesonkia. Lisäksi yksi vastaajista painotti, että mikäli tankkiseoksessa on kahta tai useampaa eri valmistetta, valmisteiden vaihteluvälit eivät levityskartalla välttämättä kohtaa. Myös herbisidien, eli rikkakasvien torjuntaan käytettävien kasvinsuojeluaineiden käytöstä aiheutunut mahdollinen satokasvuston värillinen vaalentuminen aiheuttaa satelliitti ja kasvustomittareissa heittoa, joka tulee huomioida levityskarttoja laatiessa.

Tämän opinnäytetyön tuloksena saatiin selville, miten paikkakohtaista määränsäätöä voidaan toteuttaa satelliittien mittaamien biomassamäärien perusteella ja mitä ongelmia paikkakohtaiseen määränsäätöön kasvinsuojelutoimenpiteissä liittyy. Opinnäytetyötä voivat hyödyntää tiedonlähteenä muut alan toimijat ja edustajat, jotka pohtivat paikkakohtaisen määränsäädön toteuttamista teknologian avulla kasvunsäädö- ja kasvitaution torjuntatoimenpiteissä ohralla ja vehnällä. Opinnäytetyön teoriaosuuden, tilatason määränsäätökokeen ja viljelijäkyselyn perustella voidaan myös todeta, että ennen paikkakohtaiseen määränsäätöön siirtymistä kasvinsuojelutoimenpiteissä viljelijän tulee tiedostaa kasvunsäätöiden ja kasvitaution torjunta-aineiden vaikutustavat. Muita tiedostettavia asioita ovat ohra ja vehnäkavien lajike-erot ja kasvutapa, tilatason peltolohkotiedot, sekä aikaisempi viljelyhistoria. Kasvunsäädö- ja kasvitaution torjunta-aineiden annosmääräkoon arvioimisessa viljelijät painottivat kyselyssä tekevänsä päätöksen osittain viljelykokemuksen perusteella.

## Lähteet

Bayer AG. (n.d.). *Tietoa meistä. Tietoa Bayer Crop Sciencestä.*

<https://www.cropscience.bayer.fi/tietoa-meista/tietoa-bayer-cropsciencesta>

Digimaatalous. (29.9.2020). *ISOBUS-järjestelmä maataloudessa.*

<https://www.digimaatalous.fi/isobus-jarjestelma-maataloudessa/>

Digimaatalous. (29.9.2020). *ISOBUS-sertifiointimerkki.* [kuva].

<https://www.digimaatalous.fi/isobus-jarjestelma-maataloudessa/>

Digimaatalous. (27.11.2020). *Määränsäätöautomaatiikka täsmäviljelyssä.*

<https://www.digimaatalous.fi/maaransaatoautomaatiikka-tasmaviljelyssa/>

Farmit. (12.3.2021). *Kasvitautiaineiden viralliset resistenssinhallinnan ohjeet.*

<https://www.farmit.net/kasvinviljely/2021/03/12/kasvitautiaineiden-viralliset-resistenssinhallinnan-ohjeet>

Farmit. (29.1.2014). *Mitä ihmettä tämä integroitu torjunta eli IPM on?*

[Mitä ihmettä tämä integroitu torjunta eli IPM on? | Farmit](#)

Hannukkala, A. (6.6.2013). *Integroidun kasvinsuojelun periaatteet, kemialliset keinot.*

<https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/482168/IPMkemialliset%20keinot.pdf?sequence=1>

Hankkija. (14.2.2021). *Kasvuohjelma podcast. Jakso 3. Kasvinsuojelu ja täsmäviljely.* [video]. YouTube.

[https://www.youtube.com/watch?v=TIMIYa8H2\\_s](https://www.youtube.com/watch?v=TIMIYa8H2_s)

Högnäsbacka, M. (2011). Kasvunsäätöiden hyödyt vaihtelevat vuosittain. Teoksessa E. Saarinen (toim.), *kehitystä rehuviljan viljelyyn Keski- ja Pohjois-Pohjanmaalla* (ss. 20–23). Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus.

<http://www.mtt.fi/mttkasvu/pdf/mttkasvu17.pdf>

Kasvinsuojelulehti. (2023). *Ohra, kasvinsuojeluaineiden vertailu 2008–2022* [taulukko].

Viljojen kasvitautien torjunta on taloudellisesti kannattavaa.

<https://kasvinsuojelulehti.journal.fi/article/download/130668/79128>

Kasvinsuojelulehti. (2023). *Vehnä, kasvinsuojeluaineiden vertailu 2008–2022* [taulukko]. Viljojen kasvitautientorjunta on taloudellisesti kannattavaa.

<https://kasvinsuojelulehti.journal.fi/article/download/130668/79128>

Koneviesti. (9.1.2024). *FieldView kerää, tallentaa ja visualisoi tärkeitä peltotietoja, se auttaa käyttäjiä tekemään parempia päätöksiä työssä ja saavuttamaan optimaalisen olosuhteen kasvulle, kuva: Amazone* [kuva].

<https://www.koneviesti.fi/uutiset/394c745f-c312-4583-8822-0f442d2be6aa>

Laine, J. (2015). *Viuhkasuuttimien ja tuulikulkeumaa vähentävien suuttimien tehokkuusvertailu*. [opinnäytetyö, Hämeen ammattikorkeakoulu].

<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/89044/Juhani%20Laine.pdf?sequence=1>

Lassi, J. (2014). *Kasvitautien torjunta-aineiden käyttöselvitys kymenlaaksossa*. [opinnäytetyö, Hämeen ammattikorkeakoulu].

[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/71581/Lassi\\_Juho.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/71581/Lassi_Juho.pdf?sequence=1)

Lehti, J., Ohralahti, K. & Jauhainen L. (2023). *Viljojen kasvitautientorjunta on taloudellisesti kannattavaa*. Kasvinsuojelulehti.

<https://kasvinsuojelulehti.journal.fi/article/download/130668/79128>

Lise Nistup Jørgensen. (2018). *Resistenssin aih. ongelmat viljoilla* [kuva]. Resistenssin kehittyminen ja sen ehkäiseminen 2018 – Finland.

<https://www.sjt.fi/wp-content/uploads/2018/04/Resistenssin-kehittyminen-ja-ehk%C3%A4isy.pdf>

Liespuu, S. (2024). Integroitu kasvinsuojelu ja vaihtoehtoiset menetelmät kuuluvat viljelijän ammattitaitoon. AGRImedia.

<https://www.agrimedia.fi/integroitu-kasvinsuojelu-ja-vaihtoehtoiset-torjuntamenetelmat-kuuluvat-viljelijan-ammattitaitoon/>

Liespuu, S. (2021). Mitä täsmäviljely tarkoittaa kasvitautien torjunnassa? AGRImedia.

<https://www.agrimedia.fi/mita-tasmaviljely-tarκοittaa-kasvitautien-torjunnassa/>

Liespuu, S. (11.12.2023). *Mitä kasvunsäätteiden käytöstä voi oppia viime kesältä?*  
AGRImedia.

[Mitä kasvunsäätteiden käytöstä voi oppia viime kesältä? - AGRImedia](#)

MTT. (13.11.2013). *Kasvitautilien esiintyminen* [kuva]. Onko kasvitautilien torjunnan tarve ennustettavissa?

<https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/481878/MJalli.pdf?sequence=1>

Mäenpää, A. (2010). *Viljojen kasvitautilennustemallit, tarve ja käyttökelpoisuus* [opinnäytetyö, Hämeen ammattikorkeakoulu].

[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/13163/korjattu%20oppi%20valmis%20aleksi\\_1.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/13163/korjattu%20oppi%20valmis%20aleksi_1.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

Mäenpää. (2010). *Kasvitautilien esiintymisen edellytykset* [kuva]. Viljojen kasvitautilennustemallit, tarve ja käyttökelpoisuus.

[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/13163/korjattu%20oppi%20valmis%20aleksi\\_1.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/13163/korjattu%20oppi%20valmis%20aleksi_1.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

Peltonen, S. (2024). *Peltokasvien kasvinsuojelu 2024*. ProAgria Keskusten Liitto.

Pensas, A. (2011). *Moddus M -kasvunsäätteen vaikutus ohran ja kauran lajikkeisiin*. [opinnäytetyö, Seinäjoen ammattikorkeakoulu].

[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/27885/Pensas\\_Ari.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/27885/Pensas_Ari.pdf?sequence=1)

Suomen Maatalousautomaatio ry, Luonnonvarakeskus. (24.11.2020). *ISOBUS-perusteet 2020, osa 1*.

[https://www.maatalousautomaatio.fi/wpcontent/uploads/2020/11/Isobus\\_Perusteet\\_1\\_AAF.pdf](https://www.maatalousautomaatio.fi/wpcontent/uploads/2020/11/Isobus_Perusteet_1_AAF.pdf)

Pitkäaho, M. (2023). *Kasvunsäätteen vaikutus viljakasvin juuriston kehitykseen*. [opinnäytetyö, Seinäjoen ammattikorkeakoulu].

[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/819560/Pitkaaho\\_Matias.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/819560/Pitkaaho_Matias.pdf?sequence=2&isAllowed=y)



Purola, T. (n.d). *Taudinkestävien ja alttiiden ohralajikkeiden taloudellinen vertailu*. [maisterin tutkielma, Helsingin yliopisto].

<https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/6fb2ef6c-61f8-4cda-9e3a-535aaef40ea4/content>

Uudet teknologiat ja maatalous. (3.1.2023). *Erikoistutkija Antti Suokannas: Paikkakohtaisen määräsäädön toteutus – käytännön kokemuksia* [video]. YouTube.

<https://www.youtube.com/watch?v=H6hJKtu3KDM7>

Uudet teknologiat ja maatalous. (3.1.2023). *Kasvinviljely- ja täsmäviljelyneuvoja Anders Wiksten: Paikkakohtainen määräsäätö – millaista päivitystä vanhoihin laitteisiin?* [video]. YouTube.

<https://www.youtube.com/watch?v=IQWPKExVLhQ>

Uudet teknologiat ja maatalous. (2.2.2023). *Kasvinviljely- ja täsmäviljelyneuvoja Anders Wiksten: Miten kartat eri lähteistä hyödyksi parhaiten, kuvantaminen täsmäsäädön perustana* [video]. YouTube.

<https://www.youtube.com/watch?v=vnnVNIile2M>

Uudet teknologiat & Maatalous. (2.2.2023). *Miten kartat eri lähteistä hyödyksi parhaiten* [kuva]. Kuvantaminen täsmäsäädön perustana.

<https://www.youtube.com/watch?v=vnnVNIile2M>

Tarkkanen, M. (n.d.). *FieldView-sovellus osoitti kasvitautien torjunnan tulleen tarpeeseen*.

<https://www.hankkija.fi/tuotantopanokset/kasvinsuojeluaineet-ja-biosidit/kasvitautien-torjunta/ia-fieldviewsovellus-osoitti-kasvitautien-torjunnan-tulleen-tarpeeseen-2046044/>

Tieteen termipankki. (6.12.2014). *Fungisidi*. Tieteen termipankki.

<https://tieteentermipankki.fi/wiki/Sienitiede:fungisidi>

Tukes. (2023). *Kestävän kasvinsuojelun kansallinen toimintaohjelma III 2023-2027*.

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto.

[https://tukes.fi/documents/5470659/6372801/NAP\\_III\\_2023.pdf/d93354eb-1211-076b-a90a-87046958fc40/NAP\\_III\\_2023.pdf?t=1700722477894](https://tukes.fi/documents/5470659/6372801/NAP_III_2023.pdf/d93354eb-1211-076b-a90a-87046958fc40/NAP_III_2023.pdf?t=1700722477894)

Valkonen, J., Bremer, K. & Tapio, E. (1999). *Kasvi sairastaa. Oppi kasvitaudeista*. Yliopistopaino.

Vyr. (n.d.). *Miten viljelen mallasohraa. Kasvitautilien, rikkakasvien ja laon torjunta*. Vilja-alan yhteistyöryhmä.

<https://www.vyr.fi/mallasohran-viljelyopas/miten-viljelen-mallasohraa/kasvitautilien-rikkakasvien-ja-laon-torjunta/>

Ympäristökioski. (n.d.) *Ympäristönhoidon toimenpiteet, ravinteiden tarkennettu käyttö, täsmälannoitus*.

<https://www.ymparistokioski.fi/ymparistonhoidon-toimenpiteet/ravinteiden-tarkennettu-kaytto/tasmalannoitus>

**Liite 1. Peltoviljely ja kasvinsuojelu viljelijähaastattelut.****Peltoviljely ja kasvinsuojelu -viljelijäkysely.*****Yrityksen taustatiedot.***

- Yrityksen päätuotantosuunta
  -
- Onko tilasi pää- vai sivutoiminen tila
  -
- Sijainti, maakunta
  -
- Viljelyspinta-ala hehtaareina
  -
- Tukialue
  -

***Mitä kaikkia täsmäviljelymenetelmiä tilallasi on käytössä?***

- Ajo-opastin
- Automaattiohjaus
- Satokartoitus
- Levityskartat
- Droonikuvantaminen
- Kamera tai kasvustosensori
- Kasvinsuojeluaineiden täsmäruiskutus
- Lohkoautomaatiikka
- Määränsäätöautomaatiikka
- Muu, mikä?

***Kuinka kauan olet käyttänyt täsmäviljelymenetelmiä tilallasi?***

- Alle vuoden
- 1–2 v
- 3–5 v
- 5–10 v
- 10–20 v

***Kasvinsuojeluruiskun tekniikka***

- Mitä tekniikkaa sinulla on kasvinsuojeluruiskussasi käytössäsi?
  - Sarjaporttiliikenneohjaus
  - ISOBUS- ohjaus
  - GPS- vastaanotin
  - UT- terminaali
  - AUX- N- ulkoinen ohjain
  - Lohkoautomaatiikka
  - Paikkatietoon perustuva määränsäätö
  - Muu, mikä?

***Kasvunsäätteidenkäyttö, ohra- ja vehnä.***

- Kuinka monta kertaa käytät kasvunsäädäaineita keskimäärin kasvukauden aikana?
  -
  
- Mitkä ovat tavoitteesi kasvunsäätteitä käyttäessäsi, mikä mainitsemistasi tavoitteista on tärkein?
  - Tyvilaon esto
  - Korsilaon esto/korren pituuskasvun rajoittaminen
  - Kasvuston tasaaminen
  - Juuriston vahvistaminen
  - Muu, mikä?
  
- Käytätkö yhtä vai useampaa eri kasvunsäädävalmistetta kasvukauden aikana?
  -

**Fungisidienkäyttö, ohra- ja vehnä.**

- Mitkä ovat yleisimmät torjuttavat kasvitaudit ohra- ja vehnä kasveillasi?
  - Ohran verkkolaikku
  - Ohran rengaslaikku
  - Ohran tyvi- ja lehtilaikku
  - Muu, mikä
  
  - Vehnän lehti- ja tähkälaikku
  - Tyvilaikku
  - Vehnän DTR- lehtilaikku
  - Syysvehnänharmaalaikku, septoria
  - Muu, mikä?
  
- Kuinka usein käytät kemiallisia kasvitautien torjunta-aineita kasvukauden aikana? (ei sis. peittausta)
  -
  
- Käytätkö pääsääntöisesti yhden, kahden vai useamman eri tehoaineen seosta torjuessasi kasvitauteja?
  -
  
- Vaihteletko valmisteiden tehoaineryhmiä resistenssiriskin pienentämiseksi?
  - Kyllä
  - En

**Käyttömääränmääritys**

- Miten määrittelet kaupallisten valmisteiden käyttömäärän kasvunsäädö ruiskutuksissa?
  -
  
- Miten määrittelet kaupallisten valmisteiden käyttömäärän kasvitautien torjunnassa?
  -

**Paikkakohtainen määräsäätö**

- Oletko testannut/käytätkö paikkakohtaista määräsäätöä manuaalisesti säädellen tai levityskarttoja hyödyntämällä kasvinsuojelutoimenpiteissä?  
→
- Kuinka kauan olet käyttänyt paikkakohtaista määräsäätöä kasvinsuojelussa?
  - En ole käyttänyt
  - 1–2 v
  - 2–3 v
  - 3–5 v
  - 5–10 v
- Miten laadit levityskartat paikkakohtaisen määräsäädön toteutukseen?
  - En käytä levityskarttoja lainkaan hyödyksi
  - Satelliittikuvista biomassanavulla
  - Droonikuvantamalla
  - Kasvustosensoilla
  - Muu, mikä?
- Miten määrittelet mitatun NDVI- indeksin arvot levitettäväksi käyttömääräksi levityskartalle?
  -
- Mitä hyötyjä olet saavuttanut tai tavoittelet kasvitauti- ja kasvunsäädäaineiden käytöstä paikkakohtaisella määräsäädöllä?
  -
- Mitä ongelmia olet kohdannut kasvitauti- ja kasvunsäädäaineiden käytöstä paikkakohtaisella määräsäädöllä?
  -