

TÄSMÄLANNOITUS VILJOILLE LEVITYSKARTTOJA KÄYTTÄEN ISOBUS- PINTALEVITTIMELLÄ



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Maaseutuelinkeinot, Mustiala

Kevät, 2023

Matias Jokela

Tekijä	Matias Jokela	Vuosi 2023
Työn nimi	Täsmälannoitus viljoille levityskarttoja käyttäen ISOBUS pintalevittimellä	
Ohjaaja	Timo Teinilä	

Opinnäytetyön tavoitteena on käsitellä täsmälannoituksen käyttöönottoprosessia esimerkkitalalla teorian tutkimisesta koneen hankintaan ja täsmälannoituksen suorittamiseen. Tarkoituksena on selvittää ISOBUS-pintalevittimen ja ISOBUS-varustellun traktorin yhteensopivuutta ja kytkentää, määränsäädön vaihtoehtoja ja määränsäätökarttojen luomista, määränsäätökarttojen avulla lannoitteen levittämistä, määränsäätökartan toiminnan tutkimista ja luotettavuuden selvittämistä mittauksin sekä pohtia täsmälannoituksen vaikutuksia ja kannattavuutta.

Perinteisesti viljakasvien lannoitus tehdään kertalannoituksena kylvön yhteydessä. Jaetussa lannoituksessa kylvön yhteydessä annetaan kasville vain osa ravinteista, niin että kasvu lähtee hyvään alkuun. Alkukesällä lannoitusta täydennetään lisälannoituksella, mikäli nähdään, että lisälannoituksella saavutetaan sadonlisää tai laadun parannusta. Kun lisälannoitus tehdään täsmälevityksenä eli lannoite kohdistetaan satelliitipaikannuksen ja määränsäätökartan tai kasvustosensorin avulla sinne, missä lannoitteelle on paras vastine, puhutaan täsmälannoituksesta. Täsmälannoituksella tavoitellaan maksimaalista hyötyä lannoitukselle ympäristön kuormitusta vähentäen.

Opinnäytetyön tuloksena täsmälannoitus otettiin käyttöön esimerkkitalalla. Määränsäätökarttojen luotettavuutta selvitettiin lannoitusmäärämittauksin pellolla ja mittausten perusteella määränsäätökartan toimintaa voidaan pitää melko luotettavana. Työn tuloksena syntyi myös määränsäätökartan vientiohje kahteen eri terminaaliin.

ISOBUS-työkoneen yhteensopivuuden selvittämiseen ja kytkentään kannattaa varata aikaa, sillä vastaan saattaa tulla odottamattomia ongelmia. Kun ISOBUS-työkone on saatu kytkettyä ja toimimaan, sen käyttö on yksinkertaista ja levittäminen helppoa, nopeaa ja täsmällistä.

Työn toimeksiantajan toimii Turun Konekeskus Oy. Toimeksiantaja saa työstä tietoa ISOBUS-pintalevittimen toiminnasta ja levitystarkkuudesta, jota voidaan käyttää perusteltaessa ISOBUS-työkoneen etuja asiakkaille sekä markkinointimateriaalina.

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Toimeksiantajan esittely	2
3	Täsmäviljely	2
4	Lannoitus	6
4.1	Jaettu lannoitus	6
4.1.1	Tavoitteet	8
4.1.2	Hyödyt	8
4.1.3	Kustannukset	9
4.2	Täsmälannoitus	10
4.2.1	Levityskartat	11
4.2.2	Satelliittipalveluiden levityskartat	11
4.2.3	Drone levityskartat	12
4.2.4	Kasvustosensori	13
4.2.5	Satokartat	14
5	ISOBUS	16
5.1	ISOBUS toiminnallisuudet	17
5.2	ISOBUS Terminaali	20
5.3	Yhteensopivuus ja ongelmatilanteet	21
5.4	ISOBUS:in hyödyt	23
6	Kokeessa käytettävä pintalevitin Rauch Axis M 30.2 EMC (+W)	23
6.1	EMC-annosteluautomaatiikka	24
6.2	VariSpread Pro portaaton lohkoautomaatiikka	27
6.2.1	GapSpread	28
6.2.2	OptiPoint automaattinen päisteenhallinta	29
6.3	CDA-levitystekniikka	30
6.4	Koneen asetukset	30
7	ISOBUS työkonen ja traktorin yhteensopivuus	31
7.1	Terminaalin yhteensopivuus	32
7.2	Johdot	33
7.3	Pintalevittimen ensimmäinen kytkentä traktoriin	34

8	Lannoitteen levitys	35
8.1	Esimerkkilohkon kasvuston seuranta ja lisälannoituksen oikea ajankohta...	35
8.2	Levityskarttojen luominen	38
8.3	Levityskartoilla levittäminen	40
9	Lannoituskoe ja mittaukset	42
9.1	Hajakylvökoe	42
9.2	Levitysmäärien mittauskoe pellolla	44
9.2.1	Välineet	45
9.2.2	Kokeen kulku	45
9.2.3	Kokeen laskukaava	47
9.3	Lietelantakokeet	48
10	Tulokset	51
10.1	Hajakylvökokeen tulokset	51
10.2	Esimerkkilohkon lisälannoitus.....	54
10.3	Levitysmäärien mittauskokeiden tulokset.....	57
10.4	Lietelantakokeen tulokset.....	60
10.5	Lannoituksen kannattavuuslaskelmat	62
11	Johtopäätökset	66
	Lähteet.....	69

Liitteet

- Liite 1 Määränsäätökartan tuontiohje Case IH AFS Pro 700 terminaaliin
- Liite 2 Määränsäätökartan tuontiohje Rauch CCI 1200 terminaaliin

1 Johdanto

Opinnäytetyön aihe ja täsmälannoitus tulivat ajankohtaiseksi lannoitteiden hurjan hinnanousun takia. Hinnan nousu saa viljelijät ajattelemaan lannoitteiden tehokkaampaa käyttöä. Opinnäytetyön tarkoituksena on ottaa täsmälannoitus käyttöön esimerkkitalalla sekä selvittää, mitä asioita ISOBUS-pintalevitintä hankittaessa tulee ottaa huomioon ja mitä haasteita ISOBUS-työkoneen kytkentä ISOBUS-traktoriin voi aiheuttaa. ISOBUSin periaatteena on, että kaikki ISOBUS-yhteensopivat koneet toimivat keskenään. Onnistuuko uuden ISOBUS-työkoneen kytkentä 10 vuotta vanhaan traktoriin, joka on ISOBUS-yhteensopiva, mutta ISOBUSia ei ole ikinä käytetty.

Työ aloitettiin selvittämällä täsmäviljelyn, lannoituksen ja ISOBUS:in perusteet. Pintalevitintä käytetään opinnäytetyössä viljojen lannoituksen täydentämiseen ja tavoitteena on ottaa jaettu lannoitus ja täsmälannoitus käyttöön esimerkkitalalla. Täsmälannoitusta voidaan tehdä usealla eri tavalla. Pohdinnan aiheeksi kuitenkin jää, mikä ratkaisu sopii parhaiten esimerkkitalalle. Tarkoituksena on selvittää millainen prosessi on levityskartan luominen sekä pohtia ja kokeilla eri vaihtoehtoja kartan luomiseen, mikäli se on mahdollista. Levityskartan perusteella tapahtuvalla määräsäädöllä pyritään kohdistamaan tuotantopanokset oikeaan paikkaan ja oikeaan aikaan. Tärkeänä osana täsmälannoitusta on kasvuston seuranta. Kasvuston seurannan tavoitteena on havaita paras ajankohta lisälannoitukselle.

Levityskarttojen toimintaa on tarkoitus selvittää mittaamalla lannoitusmääriä eri kohdissa pellolla, jotta voidaan todeta levittimen tarkkuus ja toiminta. Osuvatko lannoiterakeet todellisuudessa oikeisiin paikkoihin ja onko levitysmäärä levityskarttaa vastaava? Miten lisälannoitus vaikuttaa kasvustoon ja saadaanko toivottua sadonlisää, laadun parannusta tai lannoitesäästöä? Kasvuston muutoksia voi olla vaikea havaita silmällä, mutta kasvustosensoreilla on mahdollista seurata muutoksia ja eroja kasvukauden aikana ja lisälannoituksen vaikutuksia.

Esimerkkitalalla on käytössä myös sian lietelantaa kevätlannoituksessa, joten senkin vaikutuksia seurataan kasvukauden aikana ja tarvittaessa täydennetään rakeisena lisälannoituksena. Leikkuupuimurin satokartoittimella saadaan kasvukauden päätteeksi

tarkka tieto peltojen satopotentialista ja kasvuston eroista. Satokarttaa voidaan hyödyntää myös seuraavan vuoden lannoitusta ja muitakin toimenpiteitä suunniteltaessa.

2 Toimeksiantajan esittely

Työn toimeksiantajana toimii Turun Konekeskus Oy ja opinnäytetyössä on käytössä toimeksiantajan pintalevitin. Turun Konekeskus Oy maahantuo ja myy maatalouskoneita, kiinteistöhoitokoneita, traktoreita, pienkoneita, työkaluja, varaosia ja tarvikkeita. Valikoimasta löytyy koneita miltei jokaiseen työhön. Organisaatio on kotimainen perheyritys ja se on perustettu vuonna 1998 Turussa. Tällä hetkellä organisaatiolla on toimipisteitä 16 eri paikkakunnalla sekä verkkokauppa. Turun toimipisteellä on pääkonttori ja sen lisäksi kattava myymälä, päävarasto sekä konemyynti. Organisaatiolla on kattava jälleenmyynti- ja huoltoverkosto koko maassa ja keväällä 2023 Turun Konekeskus osti LH-Osa Oy:n liiketoiminnan, joka mahdollistaa jälkimarkkinoinnin kehittämisen erityisesti Pohjois-Savossa ja Pohjois-Karjalassa. (Turun Konekeskus Oy, n.d.)

3 Täsmäviljely

Täsmäviljely usein mielletään uusien teknologioiden, kuten satelliittikuvien ja kasvustosensorien hyödyntämiseksi viljelyssä. Täsmäviljelyä on kuitenkin harrastettu jo pitkään. Maanviljelijät ovat jo kautta aikojen tunteneet omat peltonsa ja osanneet halutessaan kohdistaa tuotantopanoksia oikeisiin paikkoihin. Uudet teknologiat kuitenkin vievät täsmäviljelyn uudelle tasolle ja ennenkaikkea helpottavat työskentelyä ja parantavat tulosta.

Uudet teknologiat ovat tärkeä osa täsmäviljelyä, mutta uuden koneen hankkiminen ei tee kenestäkään täsmäviljelijää. Tärkeämpää on tietää, mitä pellolla tapahtuu ja siihen reagoiminen. (Käytännön Maamies, 2019) On tärkeää myös miettiä, miten saadaan peltojen parhaimmatkin kohdat tuottamaan vielä paremmin, eikä vain tyytyä jo olemassa olevaan. (Farmit, 2017)

Täsmäviljelyä on jo nostettu keinoksi vastata ruuantuotannon ympäristöhaasteisiin. Se on helpotus, sillä on ehdoteltu jo paluuta menneisyyden viljelymenetelmiin sekä ruuantuotannon ulkoistamista kaukaisiin maihin. Täsmäviljelyssä pellon ominaisuuksia tarkastellaan metrien tai jopa senttien tarkkuudella, eikä koko peltolohkon ominaisuuksien keskiarvona. Se mahdollistaa oikeiden toimenpiteiden kohdistamisen tarkasti oikeaan paikkaan ja aikaan. Väestönkasvu maapallolla on aiheuttanut sen, että ruokaa pitää pystyä tuottamaan enemmän vähemmällä viljelypinta-alalla, jotta yhä suurempi osa maapallon pinta-alasta voidaan säilyttää luonnontilassa. On jääty seuraamaan hehtaarien määrää, vaikka tulisi seurata tuotettujen kilojen määrää. Hehtaarit eivät ruoki väestöä, vaan kilot.

Täsmäviljely on konkreettinen ratkaisu viljelyn ympäristövaikutuksien haasteisiin, mutta siitä aiheutuu myös kustannuksia, uuden opettelua sekä riskejä. Pelloilta kerätty data ei muutu itsestään uusiksi, entistä paremmiksi ja tehokkaammiksi viljelytoimiksi tai tiedoksi, vaan se vaatii ohjelmistoja, suunnittelua, uusia koneita ja aineiston käsittelyä. (Tiusanen, 2021)

Uudessa tukipolitiikassa täsmäviljely on mahdollista valita ympäristösitoumuksen tilakohtaiseksi valinnaiseksi toimenpiteeksi. Valinnaisia toimenpiteitä pitää valita 2 kahdeksasta vaihtoehdosta, joten täsmäviljelymenetelmät eivät yksinään riitä 45€ hehtaaritukeen viljakasveilla. (Ruokavirasto, 2023) Tulevaisuudessa täsmäviljelylle toivotaan enemmän tukia, jotta maataloustukia saadaan ohjattua kehittyville tiloille.

Valtioneuvoston asetus ympäristökorvauksesta määrittää tilakohtaisessa valinnaisessa toimenpiteessä täsmäviljelymenetelmät seuraavasti;

19 § Täsmäviljelymenetelmiä koskeva valinnainen tilakohtainen toimepide

Täsmäviljelymenetelmien edistämistä koskevassa toimenpiteessä aktiiviviljelijällä tai urakoitsijalla, jota hän käyttää, on oltava käytössä:

- 1) tuotantopanosten paikkakohtaisen sijoittamisen ja levittämisen mahdollistava automatiikka, joka perustuu paikkakohtaiseen kuvantamiseen;

- 2) kasvinsuojeluruiskun tai lannoitteenlevittimen paikkatietoon perustuvaa lohkoautomaatiikka, jonka avulla voidaan estää kasvinsuojeluaineen tai lannoitteen päällekkäinen ruiskutus tai levitys kasvustoon;
- 3) optiikkaa hyödyntävä hara rikkakasvien mekaanisessa torjunnassa; tai
- 4) paikkatietoon perustuva leikkuupuimurin tai ajosilppurin satotasomittaus.

Edellä 1 momentin 1 kohdassa tarkoitettu paikkakohtainen kuvantaminen voidaan toteuttaa satelliitilla, ilmakuvalla, reaaliaikaisella sensorilla, kameralla tai pellon vyöhykekartoituksella. Täsmäviljelymenetelmien edistämistä koskevassa toimenpiteessä aktiiviviljelijällä voi olla 1 momentissa tarkoitettujen menetelmien sijasta käytössä traktori tai työkone, joka on varustettu vähintään sellaisella ajoautomaatiikalla, joka valitsee ja säilyttää ajolinjan ilman kuljettajaa. Aktiiviviljelijän on kirjattava käyttämänsä laitteen toimintaperiaate lohkomuistiinpanoihin. Aktiiviviljelijällä on oltava 1 momentin 1 ja 4 kohdassa tarkoitettujen menetelmien käytöstä tuloste. Edellä 1 momentin 2 ja 3 kohdassa sekä 3 momentissa tarkoitettujen menetelmien käytöstä on oltava viimeistään 30. päivänä marraskuuta urakoitsijan kuittaus tai kuitti. (FINLEX, 2023)

Ensimmäiset paikkatietoon perustuvan työskentelyn käyttökohteet olivat leikkuupuimurin satokartoitin sekä ajo-opastimet. Nykyaikaisen täsmäviljelyn selkärankana voidaan pitää GNSS-satelliittipaikannusta. Ilman satelliittipaikannusta menetetään tekniikan suomat edut ja kaikki paikkatietoon perustuva työskentely, kuten lohkoautomaatiikka tai määräsäätökartta lakkaavat toimimasta. (Koneviesti, 2021)

Variable Rate Application (VRA) eli määräsäätöautomaatiikka tarkoittaa sitä, että tuotantopanokset kohdennetaan pellolla paikkakohtaisesti ja automaattisesti esimerkiksi levityskartan tai kasvustosensorin avulla. Tuotantopanoksena voi olla siemen, lannoite, kasvinsuojeluaine, kalkki, maanparannusaineet, karjanlanta tai kasteluvesi. Määräsäätöautomaatiikka vaatii työkoneelta sähköisesti hallittavan levitysmäärän säätöjärjestelmän. Useimmiten määräsäätöautomaatiikka on käytössä ISOBUS-

yhteensopivien koneiden kanssa, mutta ISOBUS ei ole välttämätöntä, riippuen laitevalmistajasta ja laitteen ominaisuuksista.

Karttapohjaisen määränsäädön edellytyksenä on ennalta suunniteltu sähköinen levityskartta eli tehtävätiedosto. Paikkatieto ja ajonopeus tulevat GPS-antennilta sekä traktorin väylältä ja levityskartta ohjaa levitettävän määrän eri kohtiin pellolla.

Mitä useammasta eri lähteestä saadaan tietoa kasvustosta, sitä parempi levityskartta saadaan luotua yhdistelemällä tietoa. Yleisimpiä määränsäätöautomaatiikalla varustettuja koneita ovat kasvinsuojeluruiskut, pintalevittimet ja kylvölannoittimet. Myös lannan- ja kalkinlevityskalustoon määränsäätöautomaatiikkaa on saatavilla. Määränsäätöautomaatiikalla saavutettu sadonlisä on tutkimuksissa todettu olevan noin 5% luokkaa.

Kasvustosensoripohjaisella määränsäädöllä mitataan kasvustoa antureiden avulla ja määränsäätö tehdään reaaliaikaisesti levityksen aikana. Antureille on annettu tarvittavat pohjatiedot ja levitysmäärää säädetään kasvuston mukaan. Kasvustosensorilevityksessä ei välttämättä tarvita paikkatietoa eikä työtä tarvitse suunnitella etukäteen, vaan kaikki tapahtuu levityksen aikana. (Digimaatalous, 2020)

Section Control eli suomeksi lohkoautomaatiikka on huomattavasti uudempi konsepti, kuin esimerkiksi traktorin automaattiohjaus. Lohkoautomaatiikka tarkoittaa sitä, että esimerkiksi ruiskuttaessa puomin saapuessa jo ruiskutetun alueen päälle, kone sulkee lohkoja GPS-paikkatiedon perusteella eli lohkoautomaatiikka estää päällekkäislevityksen.

Lohkoautomaatiikka ikään kuin maalaa jatkuvasti muistiinsa aluetta, joka on jo ruiskutettu. Lohkoautomaatiikan tehokkuus ja tarkkuus riippuu paljon siitä, kuinka hyvin käyttäjä on laitteensa säätänyt ja kalibroinut. Väärin säädettyinä lohkoautomaatiikan tarkkuus saattaa jopa olla heikompi kuin käsikäytöllä. Lohkoautomaatiikka vähentää työn kuormittavuutta kuljettajalle ja tuotantopanoksia säästetään. (Koneviesti, 2021)

4 Lannoitus

Kasvit tarvitsevat useita ravinteita kasvaakseen. Ravinteet voidaan jakaa pää-, ja sivu- ja hivenravinteisiin. Pääravinteita ovat typpi (N), fosfori (P) ja kalium (K). Sivuravinteita Kalsium (Ca), magnesium (Mg) ja rikki (S). Viimeisenä hivenravinteet eli rauta (Fe), mangaani (Mn), sinkki (Zn), kupari (Cu), boori (B), kloori (Cl) ja molybdeeni (Mo). Pää- ja sivuravinteita kasvit tarvitsevat kiloja hehtaarille ja hivenravinteita vain grammoja tai satoja grammoja hehtaarilla. Kaikilla ravinteilla on tehtävä ja niitä tarvitaan kasvin tasapainoiseen kasvamiseen. Jos ravinteita puuttuu, se ilmenee kasvuhäiriöinä. Lisäksi kasvi ottaa happea, hiiltä ja vetyä ilmasta. Ilman ravinteita kasvi ei pysty kasvamaan ja lannoituksen tavoitteena onkin täydentää kasvien ravinteiden tarvetta, jotta kasvi pystyy yhteyttämään ja tuottamaan suurempaa ja laadukkaampaa satoa (Yara, n.d.)

Lannoitteita voidaan levittää peltoon usealla eri tavalla, kuten pintalevittimellä, kylvölannoittimella tai kasvinsuojeluruiskulla nestemäisenä lannoituksena. Kylvön yhteydessä suoritettava lannoitus tehdään yleensä kylvölannoittimella, joka sijoittaa lannoiterakeet lähelle kylvösiementä, josta ravinteet ovat nopeasti kasvin käytettävissä. Monivuotisille kasveille, kuten nurmille, lannoitteet levitetään useimmiten pintalevittimellä. Pintalevittimellä ja kasvinsuojeluruiskulla voidaan tehdä täydennyslannoitusta myös yksivuotisille kasveille. Karjanlanta on arvokas ja tärkeä lannoite, jota voidaan levittää joko lietteenä tai kuivalantana ennen kylvöä tai kasvustoon. Karjanlannan levitykseen käytetään lietevaunua tai kuivalannan levitysvaunua. Karjanlannan ravinteet vapautuvat kasvien käyttöön kuitenkin vasta kun mikrobit ovat hajoittaneet lannan oikeaan muotoon. Hajoitusprosessi saattaa kestää jopa kuukausia ja siksi karjanlantaa täydentämään tarvitaan lisäksi edellä mainittuja kemiallisia lannoitteita, joissa ravinteet ovat liukoisessa muodossa ja nopeasti kasvin käytettävissä. Lannoitukseen ei ole yhtä oikeaa ratkaisua, vaan jokainen tila valitsee itselleen parhaiten sopivan lannoitustavan. (Ruokatieto, n.d.)

4.1 Jaettu lannoitus

Keväällä tulevan kasvukauden sääolosuhteiden ennustaminen on miltei mahdotonta. Sääolosuhteet vaikuttavat kasvukaudella kasvien lannoituksen tarpeeseen. Mikäli kasvukausi

on erityisen kuiva tai kostea, lannoitustarve on pienempi. Jos kasvukausi taas on kosteusolosuhteiltaan ja lämpötiloiltaan optimaalinen kasvin kasvua ajatellen, on lannoitustarvekin suurempi, mikäli tavoitellaan suurempia satoja ja/tai parempaa laatua. Perinteisesti viljakasvien lannoitus tehdään kokonaan kasvin kylvön yhteydessä. Erityisen kuivalla tai kostealla kasvukaudella kevään kylvölannoituksessa kertalannoituksena annettu lannoituspanos menee todennäköisesti ainakin osittain hukkaan. Jaetulla lannoituksella riskiä voidaan pienentää ja lannoittaa kasvukauden olosuhteiden ja kasvien typentarpeen mukaan juuri oikeaan aikaan. (ProAgria, 2018)

Kasvit saavat ravinteet paremmin käyttöönsä, kun lannoitetta annetaan kasveille eri kasvuvaiheissa. Pääosan ravinteista kasvi tarvitsee kuitenkin jo alkukasvukaudesta, jotta orilla on tarvittavat ravinteet käytettävissä jo kylvöstä lähtien (NHK, n.d.)

Jaetussa lannoituksessa useimmiten kylvön yhteydessä lannoitetaan 2/3 kasvin tarvitsemasta tpeestä. Fosfori ja kalium sen sijaan annetaan kokonaan kylvön yhteydessä, jotta saadaan vahva juuristo. Fosfori ravinteena on tärkeä rakennusaine juuristolle ja kalium vaikuttaa laajasti kasvin kasvuun ja kehitykseen.

Kun lisälannoitus tehdään tarkalla pintalevittimellä ja vieläpä kasvustosensoreita hyödyntäen, saadaan kasveille annettua optimaalinen määrä ravinteita kasvuolosuhteisiin ja kasvuvaiheeseen nähden. (NHK, n.d.)

Lisälannoitusta voidaan tehdä myös nestemäisenä kasvinsuojeluruiskulla. Nestemäinen lisälannoitus asettaa kuitenkin lisätypen kerta-annoksen ylärajaksi 20 kiloa typpeä hehtaarille, sillä suurempi typpimäärä voi aiheuttaa polttovioituksia kasville. (Maaseudun Tulevaisuus, 2022)

Jaettu lannoitus on riskien hallintaa, ei laiteta koko tuotantopanospottia heti maahan, vaan seurataan ravinteiden vapautumista ja lisälannoituksen tarvetta kasvukauden mukaan. Kylvön yhteydessä tehtävää lannoitustakaan ei saa jättää liian pieneksi siksi, että kasvit lähtisivät heti hyvin ja rehevästi kasvuun. Liian alhainen kylvölannoitus saattaa aiheuttaa satotappioita sääolosuhteista riippuen. Lisälannoituksen tarpeen havaitsemiseksi on erilaisia apuvälineitä, kuten nolla- ja yllannoitusruudut, kasvustosensorit ja kortteja sekä mittareita.

Sateelliittikuvilla ei pystytä suoraan arvioimaan lisälannoituksen tarvetta, vaan satelliittikuvat kertovat vain kasvuston vihermassasta. Tilanne tulee kuitenkin vielä käydä toteamassa pellolla ennen päätöksen tekoa. Satelliittikuvat eivät osaa erottaa kasveja, joten rikkakasvienkin tuottama vihermassa näkyy hyvänä kasvustona satelliittikuvissa. (Maaseudun Tulevaisuus, 2022)

4.1.1 Tavoitteet

Lisälannoituksen tärkein tavoite on sadonlisä ja laadun parantaminen. Lisälannoituksen ajankohdaksi useimmiten suositellaan korrenkasvuvaihetta. Lisätyn vaikutus sadon määrään on sitä suurempi, mitä aikaisemmin lisätyn annetaan korrenkasvuvaiheessa. Orasvaiheen lisälannoituksella parannetaan versomista, korrenkasvuvaiheen lannoituksella tavoitellaan isompaa satoa ja myöhäisellä tähkätulovaiheen lannoituksella tavoitellaan suurempaa valkuaista. (ProAgria, 2018) Lisälannoituksen tavoitteeksi on hyvä asettaa sellainen sadonlisä, jolla saadaan lisälannoituskustannukset peitettyä. (Maaseudun Tulevaisuus, 2022)

4.1.2 Hyödyt

Jaetulla lannoituksella on mahdollista parantaa kannattavuutta. Mikäli kasvukaudella jokin muu tekijä kuin typpi rajoittaa kasvua, lisätyppi voidaan jättää levittämättä ja säästä se lannoitekustannuksissa. Jaetulla lannoituksella on mahdollista parantaa viljojen laatua eli nostaa valkuaispitoisuutta. Vaikka typpi voi korjata kasvien kasvua, se ei kuitenkaan korjaa kasvun ongelmia, jotka johtuvat muista kasvutekijöistä, kuten kuivuudesta tai liiallisesta kosteudesta. Kasvustosensoreita ja satelliittikuvia hyödyntämällä lisälannoitus voidaan kohdentaa tarkemmin oikeaan paikkaan ja oikeilla levitysmäärillä. Levityskartat mahdollistavat sadontuoton maksimoinnin jokaiselle lohkon kohdalle erikseen. Jaettu lannoitus nopeuttaa myös kylvötyötä merkittävästi, sillä kylvökoneen täyttöväli pitenee, koska kylvökoneen siemenpuolen tilavuus voidaan säätää suuremmaksi. Kylvökone on siis enemmän liikkeellä ja vähemmän täytettävänä. (ProAgria, 2018)

Jaetulla lannoituksella säästetään kustannuksissa. Erityisesti tämän hetken lannoitteen hinnoilla kustannussäästö on huomattava. Myös pelkkä typpilannos on halvempi lannoite kuin NPKS-moniravinnelannokset. (ProAgria, 2018)

Jaetusta lannoituksesta saadaan paras hyöty, kun sitä käytetään lohkoilla, joiden satotaso vaihtelee vuosittain esimerkiksi poutimisen tai maan heikon rakenteen takia. Jaetun lannoituksen hyöty korostuu myös tiloilla, jotka käyttävät lannoitukseen ainoastaan kemiallisia lannoitteita eikä karjanlantaa. Tällaisilla tiloilla jaettu lannoitus tuo riskienhallintaa, koska voidaan reagoida kasvukauden olosuhteihin ja panoksena käytetään ainoastaan kalliita kemiallisia lannoitteita. Syyskasveilla lannoitus jaetaan lähes aina, mutta kevätiljoillakin se on kannattavaa. (Farmit, 2012)

4.1.3 Kustannukset

Jaettu lannoitus vaatii tilalta lisää koneita ja työvaiheita verrattuna kertalannoitukseen kylvön yhteydessä. Lisälannoitus voidaan tehdä pintalevittimellä rakeisena lannoituksena tai kasvinsuojeluruiskulla nestemäisenä lannoituksena. Kasvinsuojeluruisku usein tilalta jo löytyy eikä pintalevitinkään kallis hankinta ole, riippuen varusteista. Pintalevitin saattaa maksaa itsensä takaisin hyvinkin nopeasti, riippuen lannoituksen onnistumisesta.

Nostolaitekiinnitteisten pintalevittimien hinnat vaihtelevat noin 5000-40000 euron välillä, riippuen varusteista. Halvimmilla ja yksinkertaisimmillakin koneilla lannoitus onnistuu tarkasti, mutta uusimmat täsmälannoitusteknologiat, ISOBUS-toiminnot ja paikkatietoon perustuva lannoitus jäävät hyödyntämättä. Lannoitteenlevitin on pitkäikäinen, mikäli se pestään ja huolletaan oikein.

Esimerkkinä sadan hehtaarin tilalla lisälannoituksesta saatava mahdollinen 300 kilon sadonlisä hehtaarilta tarkoittaa 30 tuhatta kiloa viljaa. 230 euron ohran tonnihinnalla se tarkoittaa 6900 euroa vuodessa. Työ- ja lannoitekustannuksia ei ole huomioitu tässä laskelmassa.

4.2 Täsmälannoitus

Paikkatietoon ja uusimpaan teknologiaan perustuvassa täsmälannoituksessa lannoite kohdennetaan peltolohkon sisällä oikeisiin kohtiin. Pello ikään kuin jaetaan erilaisiin pienempiin kasvulohkoihin, joita lannoitetaan ja viljellään eri tavalla kasvilajikkeen ollessa kuitenkin sama koko peltolohkolla. Tiedonkeruu täsmälannoitusta varten voidaan tehdä usealla eri tavalla tai yhdistelemällä eri vaihtoehtoja. Näitä vaihtoehtoja ovat satelliittikuviin perustuvat biomassakartat, droonikuviin perustuvat biomassakuvat tai kasvustosensorit. Myös maaperäskannauksen tai maanäytteiden perusteella lannoitusta voidaan kohdistaa esimerkiksi ravinteiden tai multavuuden perusteella oikeisiin kohtiin. Peltolohkot sijoitetaan satelliittipaikannuksen ja koordinaattien perusteella kartalle ja kone tunnistaa pellon saavuttaessa kyseiselle lohkolle, johon täsmälannoitustoimenpide on tarkoitus tehdä. Määränsäätöautomaatiikalla varustettu kone saa peltolohkolle luodusta levityskarttatehtävätiedostosta tarvittavat tiedot lannoituksen kohdistamista varten. Kasvustosensorit seuraavat levityksen aikana kasvuston vihermassaa ja hienosäätävät lannoitusta sensoritiedon perusteella. Kuluvan tai aikaisempien kasvukausien aikana kerättyjä tietoja voidaan myös yhdistää päällekkäin ja niiden perusteella luoda levityskarttoja, mikäli teknologia sen sallii. Tässä tapauksessa levityskartan perustana toimii suurempi tietopohja kasvukausien tapahtumista, eikä ainostaan yksi satelliittikuva. Täsmälannoituksella on mahdollista saavuttaa suurempia sekä parempilaatuisia satoja sekä säästää lannoitetta tai ei välttämättä säästää, mutta maksimoida lannoitteesta saatava hyöty myös ympäristön kuormitusta vähentäen. Työnteke helpottuu, sillä esimerkiksi levityskarttaan perustuvassa lannoituksessa levityskartta-tehtävätiedosto ohjaa lannoitinta ja kuljettajan ei tarvitse keskittyä kuin traktorin ajamiseen. Täsmälannoitus vaatii kuitenkin käyttäjältään perehtymistä ja mielenkiintoa uusiin teknologioihin. (Ympäristökioski, n.d.)

Täsmälannoitus mielletään useimmiten paikkatietoon ja kasvuston biomassakarttaan perustuvaksi lannoitukseksi, mutta täsmälannoitusta voidaan tehdä ilman uusinta teknologiaakin. Täsmälannoitusta on omien peltujen eri kohtien tunteminen ja niiden lannoittaminen eri tavalla, jolloin tavoitellaan parasta laatua tai satoa tai molempia suhteessa kustannuksiin. Pello voidaan jakaa eri osiin esimerkiksi maalajin, multavuuden ja ravinteiden perusteella. Täsmälannoitusta voidaan tehdä ilman määränsäätöautomaatiikalla

varustettua pintalevitintä mm. säätämällä levitysmäärää kasvuston tarpeen mukaan esimerkiksi ajonopeutta muuttamalla. Täsmälannoitusta on tehty jo vuosikymmeniä, ellei vuosisatoja, mutta nykypäivän uudet teknologiat mahdollistavat entistäkin helpomman ja tarkemman täsmälannoituksen.

4.2.1 Levityskartat

Levityskartan virallisempi nimi on määräsäätökartta, mutta useimmiten käytetään termiä levityskartta. Levityskarttojen tekemiseen löytyy monta erilaista mahdollisuutta. Ehkä helpoin tapa tehdä levityskartta on käyttää satelliittikuvaan perustuvaa kasvin vihermassakuvaa levityskartan pohjana. Levityskartta on mahdollista tehdä myös dronella tai voidaan käyttää kasvustosensoria eli reaaliaikaista kasvuston vihermassan seuranta kameroiden avulla. Myös puimurin satokartoista voidaan luoda levityskarttoja. Eri tavalla tuotettuja karttoja voidaan yhdistää yhdeksi kartaksi, jolloin saadaan suuremman kokonaisuuden keskiarvo yhdeksi kartaksi.

4.2.2 Satelliittipalveluiden levityskartat

Levityskarttoja tuottavia satelliittipohjaisia palveluita löytyy useita. Kokeissa käytettiin Yaran AtFarmia, CropSAT:ia sekä Sirppi-sovellusta. CropSAT on ilmainen sovellus, mutta muut ovat maksullisia, poislukien kokeilujaksot. Kaikilla edellä mainituilla sovelluksilla kartan teko onnistuu helposti ja kartatkin toimivat ihan yhtä hyvin. Sovelluksien käytettävyydessä toki oli eroja ja eri sovelluksilla on erilaisia säätöjä. Eri valmistajilla on oma logiikkansa lannoitteen jakamisessa kasvuston mukaan. Joku lannoittaa enemmän heikompiin kohtiin, toinen enemmän parempiin kohtiin ja kolmannessa voidaan säätää, kumpaa korostetaan.

Yaran täsmälannoitus-sovellus AtFarm mittaa kasvustoa satelliittikuvan perusteella ja auttaa optimoimaan typpilannoituksen lohkon sisällä. Satelliittikuvien avulla pystytään seuraamaan kasvuston kehitystä ja luomaan levityskarttoja täsmälannoitukseen (Kuva 1.). Levityskarttoja pystytään muokkaamaan tarvittaessa myös manuaalisesti. Biomassakartan avulla pystytään tarkkailemaan kasvuston vaihtelua ja satopotentiaalia. Lisälannoituskartta näyttää alueet,

joissa lisälannoitukselle on tarvetta. Levityskartalla ohjataan lisälannoitus oikeisiin kohtiin tarpeiden mukaan. (Yara, n.d.)

Kuva 1. Kuva sisältää Yara AtFarm palvelun biomassakartan, lisälannoituskartan sekä levityskartan. (Yara, n.d.)



4.2.3 Drone levityskartat

Dronella tehdyn levityskartan etuna on, että levityskartan voi tehdä milloin vain, riippumatta esimerkiksi pilvisyydestä. Satelliittikuvaa ei nimittäin tule pilvisiltä päiviltä tai ne voivat olla vääristyneitä pilvisyydestä johtuen. Dronella lentämistäkin kuitenkin rajoittavat mm. tuuli ja sade. Satelliittipohjaiset levityskartat ovat kuitenkin helpompi vaihtoehto, sillä dronella peltöjen kuvaaminen on erittäin hidasta. Ensin drone pitää valmistella lentokuntoon eli ladata akut yms. Sitten tulee siirtyä autolla peltolohkolle, joka halutaan kuvata.

Mosaiikkikuvan (Kuva 2.) kuvaaminen pellosta vaatii dronesovelluksen, jolla pystytään lentämään automatisoitu lento pellon päällä. Sovellukset ovat usein maksullisia.

Automatisoidulla lennolla drone lentää koko peltolohkon yli tasaisin välimatkoin ottaen kuvia tietyn välimatkoin. Lento saattaa kestää pellon koosta riippuen 5-30 minuuttia.

Esimerkkinä noin 8 hehtaarin pellon automatisoitu lento kesti lähes 15 minuuttia. Lennon kestoon vaikuttavat kuitenkin dronen ominaisuudet, lentokorkeus ja sääolosuhteet. Mikäli dronen akunkesto ei riitä koko peltolohkoon, drone palaa takaisin lähtöpisteeseen ja laskeutuu akun latausta tai vaihtoa varten.

Kun pelto on saatu kuvattua, tulee kuvat käsitellä ja yhdistää mosaiikkikuvaksi tietokoneella. Mosaiikkikuva ei vielä toimi levityskarttana, vaan se tulee vielä käsitellä. Kuvien käsittely vaatii tietokoneelta tehoa ja aikaa voi kulua jopa tunteja. Dronekuvista tehty levityskartta on

siis tarkempi ja ajankohtaisempi, mutta niiden kuvaaminen on liian työlästä, jotta sitä voitaisiin käyttää suuremmissa määrin. Jossain maissa dronekuvaus on kuitenkin lähes välttämätöntä, sillä lähes jatkuvan pilvisyyden takia ei saada satelliittikuvia. Siinä tilanteessa dronekuvat palvelevat hyvin.

Kuva 2. Dronella kuvattu ortokuva peltolohkosta. Peltolohkon ympärillä näkyy satelliittikuvaa. (Jokela, 2022)



4.2.4 Kasvustosensori

Traktoriin asennettavalla kasvustosensorilla pystytään tekemään täsmälannoitusta ilman levityskarttojen luomista. Kasvustosensori mittaa pellolla levityksen aikana reaaliaikaisesti edessä olevaa lehtivihreää ja biomassaa ja takana oleva pintalevitin lannoittaa sen perusteella. Kasvustosensori liitetään pintalevittimeen ja ne keskustelevat keskenään. Kasvustosensori on helpompi vaihtoehto, sillä levityskarttojen kanssa työskentely jää kokonaan pois, mutta se on myös reilusti arvokkaampi. Kasvustosensoreita on useita eri merkiksiä kuten Fitzmeier Isaria, Augmenta Field Analyzer, Yara N-Sensor, Trimble

Greenseeker ja AgLeader OptRx. Kasvustosensoreiden hinnat pyörivät noin 15-30 tuhannessa eurossa.

Kasvustosensorin toiminnan ja laitteen asennuksen selventämiseksi kerrotaan yhden valmistajan ratkaisusta; Yara N-Sensor asennetaan traktorin katolle (Kuva 3.). N-Sensorin toiminta perustuu kasvien heijastamaan valoon. Heijastuneen valon perusteella N-Sensor analysoi kasvin ottaman typen määrää. Kasvin optimaalinen typentarve lasketaan kasvin kasvuasteen ja typentarpeen perusteella. N-Sensor ilmoittaa tiedot lannoitteenlevittimelle ja levitin säättää lannoitemäärää ja kohtaa sen perusteella. Määritykset tapahtuvat siis reaaliaikaisesti ilman viivettä. (Yara, n.d.)

Kuva 3. Yara N-Sensor traktorin katolla. (Yara, n.d.)



4.2.5 Satokartat

Leikkuupuimuriin asennetulla satokartoituslaitteistolla saadaan luotua satokartta jokaisesta lohokosta vaivatta puinnin yhteydessä. Satokartta muodostuu sen perusteella, kuinka paljon puimurin läppäelevaattorilla liikkuu puitua viljaa. Läppäelevaattorin läpi menevä valosilmä havaitsee sitä enemmän valoa, mitä vähemmän viljaa elevattorissa on ja taas mitä enemmän elevaattorissa on viljaa, sitä vähemmän anturi havaitsee valoa. Satokartoitin kalibroidaan punnitsemalla tiedetyn pinta-alan puitu sato ja ilmoittamalla tulos satokartoittimelle. Koko

lohkoa ei välttämättä tarvitse puida kalibroinnin tekemiseen, sillä kartoitin osaa laskea kalibroinnissa puidun pinta-alan ja kalibrointi tehdään sen pinta-alan ja kilomäärän perusteella. Satokartoitin osaa kalibroinnin jälkeen kohdistaa tulokset oikeisiin kohtiin kalibrointiin käytetyllä loholla, vaikka kartoittimella ei olisi ollut tehtynä kalibrointia aikaisemmin. Satokartoitin tallentaa tietyin välimatkoin sen hetkisen elevaattorilla olevan viljamäärän ja koko peltolohkon tiedot yhdistämällä saadaan luotua liu'utettu kuva eli valmis satokartta. Satokartoittimen mittaustapaa voidaan pitää melko luotettavana.

Peltoja voidaan tarkastella jo kasvukauden aikana, mutta satokartta kertoo tarkan ja todellisen sadon pellosta ja pellon sisäisen vaihtelun. Satokarttoja tarkastelemalla voidaan päätellä, onko mahdollisesti tarvetta suorittaa perusparannustoimenpiteitä pellolla, esimerkiksi pellon vesitalouden tai ravinteiden suhteen. (Farmit, 2019)

Satokartasta nähdään, kuinka paljon mistäkin kohdasta poistuu ravinteita sadon mukana. Viljelijä voi satokartan tiedon perusteella siis lannoittaa esimerkiksi kaliumia ja fosforia verrattuna poistuneeseen satoon. Satokartta ei kuitenkaan kerro seuraavan vuoden typpitarvetta, sillä siihen vaikuttavat mm. kasvukauden olosuhteet. Kasvukauden olosuhteet aiheuttavat hajontaa ja satovaihtelua pellon sisällä ja siksi satokarttakaan ei välttämättä ole paras ratkaisu yksinään. Sen sijaan yhdistämällä usean vuoden satokartat ja satelliitti- tai dronekuvia, saadaan laajempi näkökulma. (Maatilan Pellervo, n.d.)

Satokartoituksesta kertyy dataa vuosien mittaan, jota vertailemalla voidaan tarkastella toimenpiteiden ja sääolosuhteiden vaikutuksia satoon. (DigiMaatalous.fi, 2020)

Kun lannoitus tehdään jaettuna täsmälevityksenä ja lannoitus perustuu satokartoitukseen, on mahdollista päästä hyvin lähelle kasvin ravinneoptimia. Ylimääräinen lannoitus väärin paikkoihin vähenee ja sen mukana myös kustannukset vähenevät. Toisaalta parempiin paikkoihin saatetaan lannoittaa enemmän, joten kustannukset eivät välttämättä kuitenkaan laske. Satokartoitukseen perustuvan täsmälannoituksen sisäänajossa kestää kuitenkin muutamia vuosia, että saadaan kerättyä tarpeeksi luotettavaa dataa.

Täsmälannoituksesta on etua erityisesti siementuottajalle, mutta miksei rehuviljankin tuottajalle. Täsmälannoituksella pystytään tuottamaan tasalaatuisia siemeneriä ja sen myötä

parantamaan itävyyttä ja jyväkokoakin. Myös puinti on helpompaa, kun kasvusto on tasaisesti tuleentunut. Viljelykasvien parempi kasvu syrjäyttää myös rikkakasveja, mikä helpottaa kasvinsuojelutoimenpiteitä. (Konepörssi, 2016)

5 ISOBUS

ISOBUS-työkoneet ovat toistaiseksi maailmalla yleisempiä kuin Suomessa, mutta Suomessakin ISOBUS-työkoneet ja traktorit yleistyvät pikkuhiljaa. (Koneviesti, 2017) ISOBUS-järjestelmällä pystytään kytkemään nykyaikaisia maatalouskoneita ja laitteita toisiinsa elektroniikan tasolla valmistajasta tai merkistä riippumatta. ISOBUS mahdollistaa työkoneen ja traktorin keskustelemisen keskenään, eli traktori ikään kuin pystyy käskyttämään työkonetta ja työkone traktoria. ISOBUS mahdollistaa liittimien sekä viestiliikenteen osalta yhteensopivuuden kaikkien ISOBUS-koneiden osalta heti ensimmäisestä kytkemisestä lähtien. (Digimaatalous.fi, 2020) ISOBUSin avulla yhdellä näytöllä voidaan hallita eri työlaitteita ja ominaisuuksia. Ilman ISOBUSia laitekohtaisten ohjaimien määrä saattoi olla suuri hytissä, sillä jokaiselle laitteelle vaadittiin omansa. Tämä aiheutti näköesteitä ja ergonomiaongelmia hytissä. (Hankkija, n.d.)

ISOBUS:in perustana toimii ISO 11783 standardi. Useat eri maatalouskoneiden valmistajat eri puolilla maapalloa ovat hyväksyneet ISOBUS-protokollan kommunikaatiovälineeksi, jota voidaan käyttää yhteisesti eri koneiden ja laitteiden sekä maatilan tietojärjestelmien kommunikaatiojärjestelmänä. ISOBUS-järjestelmässä tieto liikkuu CAN-väylää pitkin. (Digimaatalous.fi, 2020)

CAN-väylä lyhenne tulee englannin kielen sanoista Controlled Area Network. CAN-väylä on peräisin 1980-luvulta, joten ihan uudesta asiasta ei ole kyse. Alunperin CAN-väylää käytettiin pääasiassa henkilöautoissa hajautettujen ohjausjärjestelmien reaaliaikaiseen keskusteluun. Esimerkkinä auton moottorinohjauksen, vaihteistonohjauksen sekä ABS-jarruysikön keskenäiseen kommunikointiin. Autoissa CAN-väylä oli siis käytössä jo 1980-luvulla, mutta se alkoi yleistyä ja monipuolistua vasta 2000-luvulla. CAN-väyliä käytetään nykyisin mm. anturitietojen kommunikointiin sekä eri laitteiden ohjaukseen. (Korhonen, 2009)

CAN-väylää kutsutaan myös nimellä CAN-bus. Yhdistämällä ISO-standardi ja CAN-bus saadaankin väylän nimeksi ISOBUS. (Daylight, 2021)

Jokaisen ISOBUS-laitteen tulee läpäistä viralliset laboratoriotestit ja mikäli testi hyväksytään, vakuudeksi laitteeseen myönnetään sertifiointimerkki. Jokaisesta ISOBUS-laitteesta tulee löytyä tämä kyseinen (Kuva 4.) sertifiointimerkki. Sertifiointimerkistä selviää myös, mitkä ISOBUS-ominaisuudet laitteessa on käytettävissä. (Digimaatalous.fi, 2020)

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



5.1 ISOBUS toiminnallisuudet

ISOBUS-varustelu traktorissa tarkoittaa, että traktori on varusteltu ISOBUS-väylällä.

(Koneviesti, 2018) Samaan ISOBUS-tiedonsiirtoväylään on mahdollista kytkeä useita erilaisia toimilaitteita. Jokaisen laitteen ominaisuudet on eritelty ISOBUS-toiminnallisuuksina.

Toiminnallisuuksien perusteella voidaan arvioida laitteiden yhteensopivuutta.

(Digimaatalous.fi, 2020) Eri toiminnallisuudet määrittelevät eri asioita, kuten eri toiminnallisuuksiin liittyviä väylällä liikkuvia viestejä sekä johdotuksia. ISOBUS-ominaisuudet on jaoteltu kolmeen eri luokkaan. Luokassa 1, eli perustaso-luokassa ISOBUS tarkoittaa sitä, että traktorissa on ISOBUS-väylä sekä liittimet hytin takana ja hytissä. Väylältä tulee perustasossa löytyä traktorin nopeustieto, kierrosluku, nostolaitteen tila sekä voiman

ulosoton tila. 2-luokan traktorissa väylältä saadaan enemmän tietoa. 2-luokassa väylältä saadaan esimerkiksi tieto siitä, mihin suuntaan traktori liikkuu. 1-luokassa tätä tietoa ei saada, vaikka nopeustieto saadaankin. 3-luokassa ISOBUS mahdollistaa työkoneen vaikuttamisen traktorin toimintoihin, eli työkone voi mm. hidastaa tai lisätä traktorin ajonopeutta. (Koneviesti, 2017) Alle on listattu kaikki vuonna 2020 viralliset ISOBUS-toiminnallisuudet. (Digimaatalous.fi, 2020)

UT eli Universal Terminal on näyttö traktorin hytissä, jota voidaan yleisesti käyttää eri ISOBUS-työkoneiden kanssa. Työkoneet lataavat käyttöliittymänsä terminaaliin ja lähes jokainen työkone voi toimia lähes jokaisen terminaalin kanssa. (Digimaatalous.fi, 2020) Yhteensopivuus tulee kuitenkin tarkastaa laitteiden myyjien tai valmistajien kanssa. Ylesterminaali (UT) voi toimia useamman työkoneen näyttönä samanaikaisesti. (Digimaatalous.fi, 2020) Ylesterminaali saa työkoneen ohjainlaitteen lähettämät tiedot ja kertoo ne käyttäjälle näytön välityksellä. Ylesterminaali myös välittää käyttäjän antamat komennot työkoneen ohjainlaitteelle. (Suomen Maatalousautomaatio ry, Luonnonvarakeskus, 2020)

TECU eli lyhenne englannin kielen sanasta Tractor ECU on traktorin ISOBUS-ohjainlaite tai tietokone. Tämän avulla traktorista tulevat anturitiedot, kuten ajonopeus, voiman ulosoton nopeus tai nostolaitteiden asento välittyvät ISOBUS-työkoneelle. ISOBUS- yhteensopivissa traktoreissa on vähintään takana ISOBUS-pistoke (voi olla myös edessä) sekä hytissä liitin ulkoista terminaalia varten. (Suomen Maatalousautomaatio ry, Luonnonvarakeskus, 2020)

TIM eli Tractor Implement Management. TECU:n tietoliikenne on yksisuuntaista, eli ainoastaan traktori voi ohjata työkoneen toimintaa. TIM-toiminnallisuus mahdollistaa työkoneen vaikuttamisen traktorin toimintaan, kuten ajonopeuteen tai ulkoisen hydraulikan virtaukseen. TIM toiminnallisuus on siis kaksisuuntainen. Jotta TIM toiminnallisuus on käytettävissä, kyseinen toiminnallisuus vaaditaan sekä traktorilta että työkoneelta. (Suomen Maatalousautomaatio ry, Luonnonvarakeskus, 2020). TIM toiminnallisuutta voidaan käyttää esimerkiksi paalaimessa, jolloin paalin tullessa valmiiksi, paalain antaa traktorille komennon hidastaa ajonopeutta paalin pudottamista varten. (Digimaatalous.fi, 2020)

TC-BAS eli Task Controller BASIC -toiminnallisuus mahdollista ISOBUS-työkoneella tehtyjen töiden kokonaisarvojen dokumentoimisen. Tieto siirretään maatalan ohjelmistojen ja TC:n välillä ISO-XML-tehtävätiedostomuodossa. TC-BAS-toiminnallisuuden edellytyksenä on TC-BAS-yhteensopiva työkone. (Suomen Maatalousautomaatio ry, Luonnonvarakeskus, 2020) Työtehtävä on mahdollista suunnitella etukäteen ja työskentelyn jälkeen toteutunut työ voidaan siirtää viljelyohjelmistoon. Kerättyä tietoa voi olla mm. levitysmäärät, työaika ja hehtaarit. (Hankkija, n.d.)

TC-GEO eli Task Controller GEO mahdollistaa ISOBUS-työkoneen työsuorituksen paikkakohtaisen dokumentoinnin. Tämä toiminnallisuus on edellytyksenä täsmäviljelyyn eli se mahdollistaa paikkakohtaisen säädön levityskartalta esimerkiksi lannoituksessa. Edellytyksenä TC-GEO- sekä GNSS-yhteensopivat laitteet. (Suomen Maatalousautomaatio ry, Luonnonvarakeskus, 2020) GNSS tarkoittaa satelliittipaikannusta ja lyhenne tulee englanninkielien sanoista Global Navigation Satellite System. (Maanmittauslaitos, n.d.)

TC-SC eli Task Controller Section Control mahdollistaa ISOBUS-työkoneen eri lohkojen päälle- sekä poiskytkennän paikkatiedon perusteella. Tällä toiminnallisuudella voidaan välttää päällekkäislevitystä. Toimiakseen tarvitaan TC-SC-toiminnallisuutta tukeva työkone sekä GNSS-satelliittipaikannuksen. (Suomen Maatalousautomaatio ry, Luonnonvarakeskus, 2020)

ISB eli Isobus Shortcut Button mahdollistaa terminaalista käynnistettyjen toimintojen keskeyttämisen nopeasti esimerkiksi hätätilanteessa. Hyödyllinen toiminto, mikäli käytössä on useampi työkone ja halutaan pysäyttää jokin toiminto nopeasti tai jos työkoneen käyttöliittymä ei ole aktiivisena terminaalissa. ISB voi olla oma laitteensa tai se voi toimia terminaalin osana. (Suomen Maatalousautomaatio ry, Luonnonvarakeskus, 2020)

AUX-N eli Auxiliary Control mahdollistaa ulkoisen ohjaimen kytkemisen terminaaliiin eli esimerkiksi Joystick-ohjaimen monimutkaisen työkoneen toimintojen käyttämiseen. Kytkentä tapahtuu terminaalin näytöltä. AUX-N ohjaimeksi voidaan kytkeä myös traktorin oma hallintalaite. AUX-N on uusi versio lisälaitteen kytkennästä, vanha versio on AUX-O. AUX-N ja AUX-O eivät ole keskenään yhteensopivia. (Suomen Maatalousautomaatio ry, Luonnonvarakeskus, 2020)

FMIS eli Farm Management Information System on suunnitteluohjelmisto, joka mahdollistaa ISOBUS-tehtävien (TASK) tekemisen. Tiedostomuotona tulee olla ISOXML. (Digimaatalous.fi, 2020) Näitä tehtävätiedostoja voidaan käyttää, kun kerätään viljelytietoa ISOBUS-työkoneesta ja tehdään säätöä paikkakohtaisesti pellolla. (Suomen Maatalousautomaatio ry, Luonnonvarakeskus, 2020)

FS eli File Server on tiedostovarasto eri tiedostoille, kuten esimerkiksi ISOBUS Task -tiedostoille. Useimmiten FS-toiminnallisuus on osa terminaaliala, mutta on mahdollista, että se on oma ISOBUS-laite. FS-toiminnallisuus toimii taustalla. (Suomen Maatalousautomaatio ry, Luonnonvarakeskus, 2020)

5.2 ISOBUS Terminaali

ISOBUS vaatii aina traktorin sekä työkoneen lisäksi ISOBUS-terminaalin. Terminaaliin työkone lataa oman käyttöliittymänsä väylää pitkin. Terminaali voi olla traktorin oma integroitu näyttö tai vastaavasti kolmannen osapuolen näyttö, joka voidaan kytkeä mihin tahansa koneeseen ja se voidaan siirtää vaikka koneesta toiseen. Tällöin näyttö liitetään hytissä olevaan InCab-pistokkeeseen tai mikäli InCab-pistoketta ei ole, vaaditaan erillinen johtosarja. Kumpaakin näyttöä on mahdollista käyttää samanaikaisesti. Traktorin oma integroitu näyttö ISOBUS-käytössä mielletään traktoriin kuuluvaksi, mutta standardi ei sitä traktorin ominaisuudeksi määrittele. (Koneviesti, 2017)

Integroidulla ja universaalilla terminaalilla molemmilla pystytään hallitsemaan ISOBUS-koneita, mutta pieniä eroja niidenkin välillä on. Universaalilla terminaalilla kaikkia toimintoja ei välttämättä pystytä käyttämään. Esimerkkinä maalaustoiminto, joka toimii integroidussa terminaalissa traktorin nostolaitteen tai hydraulikkalohkon liikkeiden mukaan. Universaalissa terminaalissa se ei onnistu, sillä universaali terminaali ei saa väylältä tietoa nostolaitteen tai hydraulikan liikkeistä. Sama pätee myös päisteautomaatiikassa, eli universaalissa terminaalissa työkoneen hallinta jää kuljettajan vastuulle vaikka päistekäänös olisikin mahdollista tehdä automaattiohjauksella. Integroitu järjestelmä edellyttää useimmiten saman merkkistä kalustoa, kun taas minkä tahansa valmistajan universaalien terminaalien voi kytkeä mihin tahansa traktoriin. Toisaalta jos hytissä on kaksi eri

näyttää, antaa se mahdollisuuksia käyttää enemmän toimintoja samaan aikaan, kuin että käytössä olisi vain yksi terminaali. Yhdelläkin terminaalilla samat toiminnot ovat varmasti käytettävissä, mutta ne saattavat olla eri sivuilla. (Agritek, 2022) Mikäli useammalla tilalla on yhteiskäytössä ISOBUS-kone, voidaan samaa universaalia terminaalia käyttää eri tilojen eri traktoreissa.

5.3 Yhteensopivuus ja ongelmatilanteet

AEF on kehittänyt yhteensopivuuden tarkistustyökalun, joka on kaikille avoin ja ilmainen, vaatii ainoastaan sisäänkirjautumisen. Se on ladattavissa mobiililaitteille sovelluskaupasta. Työkaluun on annettu tiedot kaikista testatuista ISOBUS-työkoneista sekä traktoreista ja niiden välisistä yhteensopivuuksista. Sivustoon on syytä perehtyä, mikäli on hankkimassa ISOBUS-työkonetta tai traktoria työkoneen kaveriksi. (Koneviesti, 2017) Sivusto ei kuitenkaan ole täysin luotettava lähde ja onkin syytä olla yhteydessä laitteiden jälleenmyyjiin yhteensopivuuden varmistamiseksi. Esimerkiksi eri ohjelmistoversiot tai vanhemmat laitteet voivat aiheuttaa ongelmia.

ISOBUS-koneiden yleistyessä ongelmatilanteisiin törmääminen on yleisempää. Tavoitteena on, että kaikki ISOBUS-yhteensopivat traktorit ja työkoneet tukisivat toisiaan ”Plug and Play” periaatteella, eli kytketään johdot ja laitteet ovat valmiina työskentelyyn. Näin ei kuitenkaan aina ole, sillä työkone ja traktori kohtaavat usein toisensa ensimmäistä kertaa vasta maatilan pihassa. (Koneviesti, 2017) Vastaan saattaa tulla esimerkiksi tilanne, jolloin työkone on kykenevä moniin erilaisiin toimintoihin, mutta terminaali ei ole. Terminaalin tulee tukea samoja ominaisuuksia toimiakseen ja saavuttaakseen kaikkien toimintojen hyödyt. (Hankkija, n.d.) Tällaiset tilanteet aiheuttavat huoltomiehille haasteita, sillä ongelman ratkaisemiseksi vaaditaan useimmiten toisen laitevalmistajan tieto ja tuntemus sekä ohjelmistot. Tämän kaltaisia tilanteita helpottamaan on kehitetty testausohjelma. Ohjelma on AEF:än kehittämä ja se pitäisi olla käytännössä lähes jokaisen tunnetun maatalouskonevalmistajan huoltomiehen käytettävissä. Laitteen nimi on AEFCheckTool ja se kytketään väylään, mikäli havaitaan ongelmatilanne. AEFCheckTool ilmoittaa, mitä laitteita väylälle on kytketty. Esimerkiksi mikäli traktoriin kytkettyä työkonetta ei näy AEFCheckTool:in kautta, on syytä epäillä jotakin mekaanista vikaa, kuten katkennutta johtoa tai hajonnutta anturia.

Mahdollista on myös, että laite ei näy AEFCheckToolissa siksi, että se ei ole yhteensopiva traktorin kanssa. Huoltomies pystyy lähettämään saamansa havainnon AEF:lle, jossa asiaa voidaan käsitellä ja selvittää. (Koneviesti, 2017)

Koneviestin vuonna 2018 tekemässä testissä havaittiin, että ISOBUS-varustellut testitraktorit löytyivät AEF:n tietokannasta, mutta siitä huolimatta testitraktoreista oli vaikea todentaa ISOBUS-hyväksyntää. Osa traktoreista ilmoitti väylälleen hyväksymisajankohdan ja väylän testanneen laboratorion hyväksynnän, mutta AEF-tietokannasta kyseistä traktorimallia kuitenkaan ei löytynyt. Valmistaja ei ole huolehtinut tässä tapauksessa kyseisen traktorimalin ja/tai terminaalin lisäämisestä AEF:n tietokantaan. Tällaiset tilaneet aiheuttavat yhteensopivuusongelmia tai väärinkäsityksiä, sillä mikäli tietokannasta ei löydy koneiden tietoa ISOBUS-hyväksynnästä, voidaan olettaa, että laite ei ole ISOBUS-yhteensopiva. Virallisesti testatussa ja hyväksytyssä koneessa tulisi olla näkyvillä AEF:n ISOBUS-tarra. Koneviestin testin traktoreissa tarroja ei kuitenkaan näkyvillä ollut, mutta hyväksyntä saattoi löytyä traktorin terminaalista. Yhteensopivuuksien toteamisessa on siis puutteita, vaikka laitteissa saattaa silti olla yhteensopivuus. (Koneviesti, 2018)

Omien havaintojeni perusteella hankittaessa ISOBUS-työkonetta ja kytkettäessä sitä traktoriin, tarvitaan herkästi maahantuojaan tai jälleenmyyjien apua. Ongelma ei välttämättä ole iso, mutta se estää koneella työskentelyn. Ongelman ratkaiseminenkaan ei välttämättä ole ison työn takana, mutta ilman ohjeita tai avustusta se voi olla hankalaa tai mahdotonta. ISOBUS ja täsmäviljely ovat Suomessa kohtalaisen uusia juttuja ja teknologiaa ei ole otettu yhtä paljon käyttöön kuin esimerkiksi Pohjois-Amerikassa. Valmistajien edustajia tietysti koulutetaan koko ajan uusiin ja yleistyviin täsmäviljely- ja ISOBUS-tehtäviin, mutta silti laitteiden valmistajilta ja jälleenmyyjiltä voi olla vaikeaa saada apua ISOBUS ongelmissa, etenkin sesonkiaikaan. Moni jälleenmyyjä mahdollisesti ei itsekään ole tietoinen mitä tai miten myymiään tuotteita tai palveluita käytetään tai ei ole koskaan edes käyttänyt niitä. Se aiheuttaa ristiriitaisen tilanteen laitteen ostajan ja jälleenmyyjän välillä. Laite tulisi maataloustöissä saada nopeasti toimintakuntoon, kun sen aika on. Lisäksi jälleenmyyjillä saattaa olla liian vähän henkilökuntaa ratkaisemaan ongelmatilanteita. Koko täsmäviljelyratkaisujen taakka saattaa kaatua yhden henkilön harteille, jolloin asiat eivät

etene. Toisinaan taas taakka saattaa olla useamman henkilön harteilla, mutta kukaan ei oikein ota asiaa hoitaakseen kunnolla loppuun asti.

5.4 ISOBUS:in hyödyt

ISOBUS-laitteista on traktoreissa monenlaista hyötyä. Se mahdollistaa erimerkkisten ja eri valmistajien laitteiden yhteensopivuuden sekä pitkälle vietyjä ominaisuuksia, esimerkiksi lohkoautomaatiikan. Työkoneiden asentaminen ja kytkeminen helpottuu standardisoitujen kaapeleiden ja liittimien ansiosta. Traktorin hytissä ei enää välttämättä tarvita kuin yksi näyttö, joka selkeyttää ja helpottaa kuljettajan työskentelyä. Tarvittaessa näyttöön voidaan kytkeä lisävarusteita, kuten Joystick-sauvaohjain. Työskentelyyn pellolla saadaan toivottua tarkkuutta ja hukka-ajo vähenee, mikä auttaa myös säästämään kustannuksissa, erityisesti lannoituksessa. Lähes kaikki ISOBUS-työkoneella tehdyt työt on mahdollista dokumentoida myöhempiä tarkastelua varten. ISOBUS antaa mahdollisuuden viedä täsmäviljelyn uudelle tasolle. ISOBUS-laitteiden heikkoutena on kuitenkin se, etteivät kaikki laitteet ole täysin yhteensopivia. Yhteensopivuus tulee tarkistaa ennen laitteen hankintaa. (Digimaatalous.fi, 2020)

6 Kokeessa käytettävä pintalevitin Rauch Axis M 30.2 EMC (+W)

Lannoituskokeessa käytössä oli Turun Konekeskukselta Rauch Axis M 30.2 EMC (+W) Pintalevitin (Kuva 5.). Levitin on ISOBUS yhteensopiva ja se on varustettu VariSpread Pro hallintalaitteella ja sähköisellä levityskuvion hallinnalla. Levittimen työleveys on säädettävissä 12-42 metrin välille ja valittavissa on 6 erilaista levityslautasta eri työleveyksille. Suurin hyötykuorma on 3200 kiloa Säiliön tilavuus ilman lisälaitoja on 1400 litraa, mutta laitteeseen on saatavilla 8 erilaista lisälaitaa, joilla säiliötilavuutta voidaan kasvattaa 3200 litraan asti. Mallimerkinnässä M-kirjain tarkoittaa M-Drive, joka on nivelakselilla käytettävä malli. M-Drive vaihteisto toimii suljetussa öljykylvyssä ja on huoltovapaa. Vaihtoehtoisesti saatavilla on myös H-Drive, joka on hydraulisesti toimiva. W tarkoittaa vaa'alla varustettua mallia. (Rauch, n.d.) Alla on esitelty koneen ominaisuuksia.

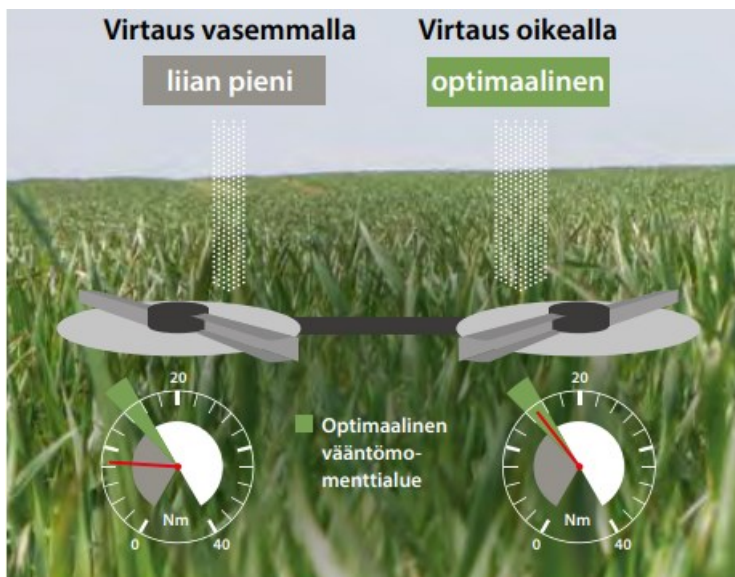
Kuva 5. Rauch Axis 30.2 pintalevitin. (Jokela, 2022)



6.1 EMC-annosteluautomaatiikka

EMC-mallimerkintä on lyhenne englannin kielen sanoista Electronic Massflow Control eli sähköinen täysautomaattinen annosteluautomaatiikka ilman vaaka-antureita. Pintalevitin mittaa levitysmäärän levityslautasten käyttöakseleiden magneettikehän muutosten perusteella lannoitevirran aiheuttaessa kuormitusta levityslautasiin (Kuva 6.). EMC määrittää käyttömomentin kosketuksetta toimivien anturien (Kuva 7.) välityksellä magneettikehän muutoksista lautasten kuormittuessa. Samankaltaista teknikkaa käytetään mm. sähköpyörissä. (Rauch, n.d.)

Kuva 6. EMC säätö vääntömomentin mukaan. (Rauch, n.d.)



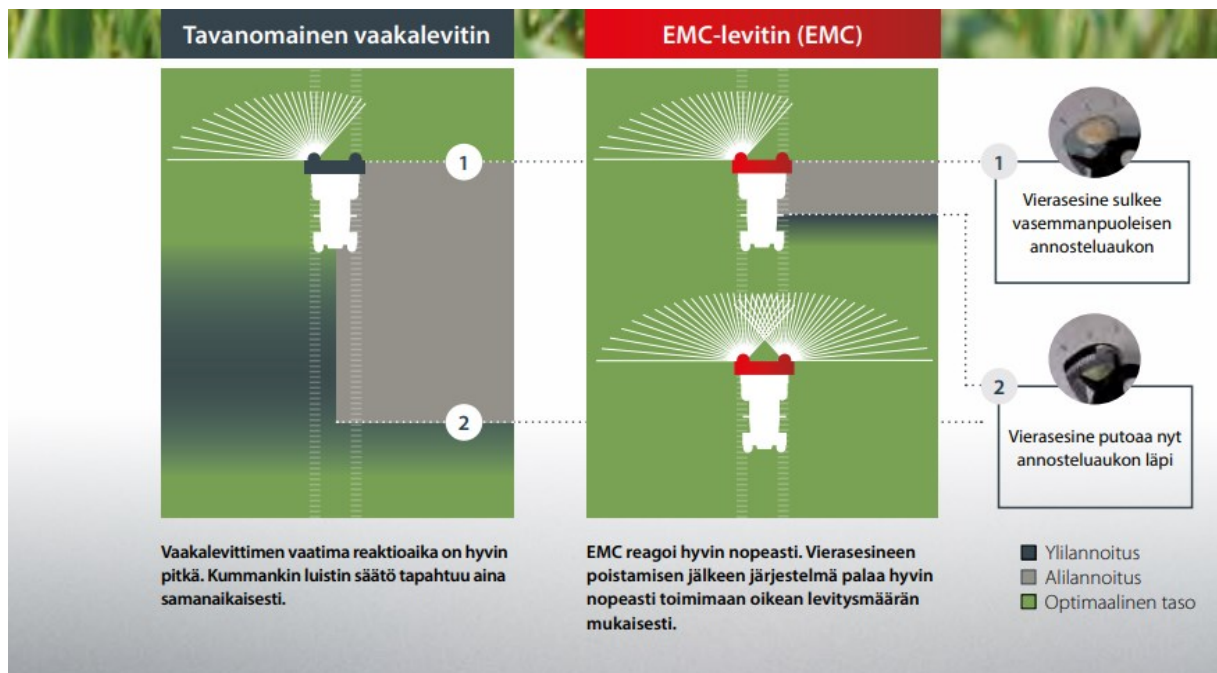
Kuva 7. EMC anturi. (Turun Konekeskus, 2021)



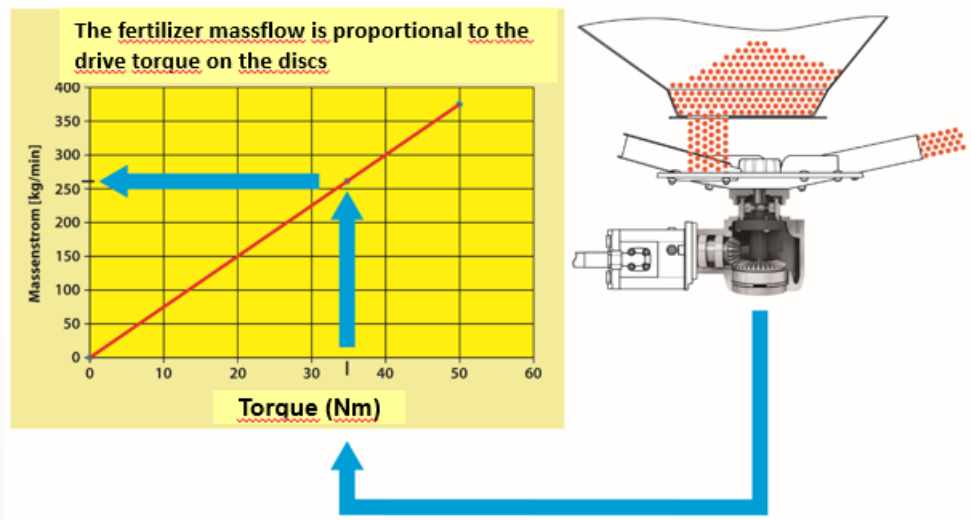
Laite osaa myös laskea säiliössä jäljellä olevan lannoitemäärän EMC-anturin avulla (Kuva 9.), mutta edellytyksenä on, että laitteelle on kerrottu, kuinka paljon koneeseen on lisätty lannoitetta. EMC mahdollistaa molempien syöttöluistien säädön erikseen vasemmalle ja oikealle, jonka ansiosta voidaan levittää eri levitysmääriä eri puolille. EMC poistaa automaattisesti tukkeumat. Mikäli lannoitekukkare tai muu vierasesine tukkii syöttöaukon, laite havaitsee, ettei lannoitetta tule lautaselle, koska vääntömomentti muuttuu pienemmäksi. Sen perusteella se avaa luistin kokonaan hetkeksi, jotta este putoaa pois ja sen jälkeen palauttaa luistin oikeaan asentoon (Kuva 8.). EMC:n ansiosta kiilakohdat pystytään levittämään tarkasti ja työleveyttä sekä levitysmäärää voidaan säätää näytöstä

ajon aikana. EMC reagoi nopeasti muutoksiin, mikä lisää tarkkuutta ja vähentää lannoitehävikkiä ja ylilannoitusta. EMC ei ole herkkä tärinälle tai kaltevuudelle, toisin kuin vaa'an perusteella säätyvä kone. (Turun Konekeskus, n.d.) EMC:n kaltaista teknologiaa ei ole toistaiseksi millään muulla pintalevitinvalmistajalla, joten Rauchin EMC-teknologia on ainutlaatuinen. Muilla valmistajilla levitysmäärän mittausta perustuu useimmiten vaakaan ja vaaka onkin pakollinen varuste, mikäli halutaan tarkka levitystulos. Eri lannoitteiden ja saman lannoite-erän sisälläkin voi olla eroja juoksevuudessa, jolloin vaaka mahdollistaa portaattoman reagoimisen muutokseen muilla valmistajilla. Ilman vaakaa muiden valmistajien levittimillä hävitään levitystarkkuudessa eikä päästä yhtä tarkkaan levitystulokseen. Myös ajonopeus ja tuuli vaikuttavat levitystarkkuuteen, mutta ne ovat koneen ulkopuolisia tekijöitä. (Agritek, 2022) Rauchin EMC-annosteluautomaattiikka hoitaa lannoitteen annostelun ilman riippuvuutta vaa'asta. Vaaka voidaan valita lisävarusteeksi, mutta vaa'alla ei ole muuta tehtävää, kuin punnita säiliössä oleva lannoitemäärä. EMC:n ansiosta koneen hintaa saadaan laskettua, koska vaa'asta voidaan luopua. Vaa'an arvo on noin 2-3 tuhatta euroa. (Turun Konekeskus, 2021)

Kuva 8. Vierasesineen poisto EMC levittimellä. (Rauch, n.d.)



Kuva 9. Rauch EMC kaaviokuva levitysmäärän vaikutuksesta käyttöakselin vääntömomenttiin. (Rauch, n.d.)



6.2 VariSpread Pro portaaton lohkoautomaatiikka

Järjestelmä säättää työleveyttä ja levitysmäärää portaattomasti ja automaattisesti jatkuvatoimisen prosessin avulla. VariSpread Pro mahdollistaa Section Controlin

käyttämisen, jolla voidaan välttää päällekkäislevitys ja levittää esimerkiksi kiilakohdat tarkasti. Lohkoautomaatiikka toimii 1 metrin lohkoissa ja lohkoja voi olla korkeintaan 50, riippuen terminaalista ja työleveydestä. Lohkoautomaatiikka ikään kuin sulkee lohkoja muuttamalla lannoitteen tiputuspistettä levityslautaselle, muuttamalla levitysmäärää ja lautasen pyörimisnopeutta. (Rauch, n.d.) VariSpread Pro voidaan aktivoida heti pellolle tultaessa, mikäli pellon äärirajat on tallennettu. Tällöin VariSpread Pro estää levittämisen pellon rajojen ulkopuolelle. Mikäli rajoja ei ole tallennettu, aktivoituu VariSpread Pro ensimmäisen levityskierroksen jälkeen, jolloin se ei enää levitä ensimmäisen kierroksen ulkopuolelle. Edellytyksenä on tietysti GPS-yhteys. SpeedServo-säätömoottorit toimivat nopeasti ja välttävät ristiin levityksen tehokkaasti. (Rauch, n.d.)

6.2.1 GapSpread

GapSpread on yksi Varispread Pron ominaisuuksista. GapSpread mahdollistaa kapeiden välipaikkojen (Kuva 10.) tarkan lannoittamisen ilman että tulee päällekkäislevitystä. Esimerkiksi kierrettäessä estettä, saattaa esteen viereen jäädä levittämätön kapea käytävä. GapSpreadilla levittämätön käytävä pystytään paikkaamaan tarkasti. GapSpread on ollut saatavilla vuodesta 2019 kaikissa VariSpread Pro:lla varustetuissa koneissa. (Rauch, n.d.)

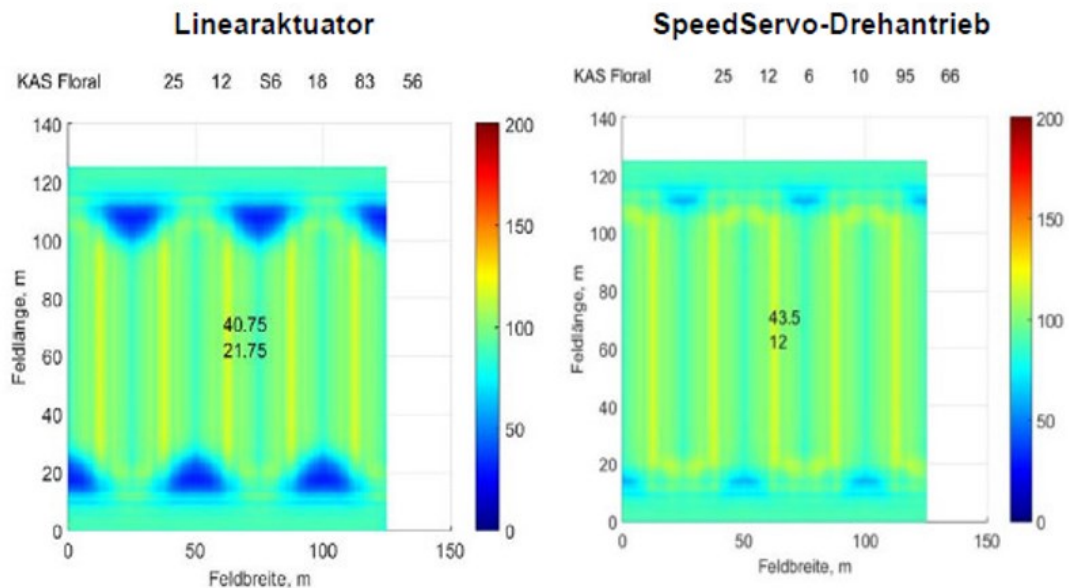
Kuva 10. GapSpread havaintokuva. (Rauch, n.d.)



6.2.2 OptiPoint automaattinen päisteenhallinta

Optipoint on Varispread Pro:n yksi ominaisuus. OptiPoint välttää päällekkäislannoitusta sekä välipaikkoja päisteissä. OptiPoint laskee tarkasti lannoitteen levityksen oikean käynnistämiskohdan ja poiskytkemiskohdan päisteeseen saavuttaessa ja päisteestä lähdettäessä lannoitelaadun sekä työleveyden mukaan. Edellytyksenä on GPS-Control toiminto ja satelliittipaikannus. Sääto tehdään levitystaulukossa ilmoitettujen lannoitteen lento-ominaisuuksien mukaan. Sääto tulee tehdä lannoitekohtaisesti. Optipoint helpottaa levitystä, sillä kuljettajan ei tarvitse keskittyä levityksen päälle- ja poiskytkentään, vaan OptiPoint hoitaa kytkennän omatoimisesti. Päälle ja poiskytkennän hoitavat nopeat SpeedServo-moottorit (Kuva 11.). (Rauch, n.d.)

Kuva 11. Speedservo-moottorien nopeus päisteessä verrattuna lineaarimoottoriin. (Rauch, n.d.)



6.3 CDA-levitystekniikka

CDA-levitystekniikalla pystytään säätämään levitysviuhkaa ja lannoitteen lentorataa. Levitysviuhkan säätö voi olla käsikäyttöinen tai sähkötoiminen. Kokeessa käytetyssä koneessa on sähkösäätöinen SpeedServo-järjestelmä. SpeedServo muuttaa lannoitteen tiputus pistettä levityslautaselle, joka vaikuttaa lannoitteen lentorataan ja levityskuvioon. Kun käytössä on levityskartta, SpeedServo-moottorit säätävät jatkuvasti tiputus pistettä ja ohjaavat oikeaa määrää lannoitetta oikeaan paikkaan. SpeedServo-moottorit ovat herkkiä ja nopeita reagoimaan muutoksiin. (Rauch, n.d.)

6.4 Koneen asetukset

Koneen säädöt asetetaan Rauchin pintalevittimessä Rauch Fertilizer Chart-mobiilisovelluksen avulla (Kuva 12.). Sovellus on ladattavissa ilmaiseksi älypuhelimien sovelluskaupoista. Sovellukseen annetaan ensin lähtötiedot eli koneen malli, haluttu levitysleveys, käytössä olevat levityslaudaset ja lannoitteen tyyppi. Sovellus laskee oikeat säädöt ja tiedot syötetään käsin sovelluksesta traktorin terminaalin. Lannoitteet on testattu

tehtaalla ja oikeat säätöarvot on syötetty Rauch-appin tietokantaan Tiedonsiirto onnistuu myös langattomasti, mikäli terminaali tukee sitä. Reunalevittimen säätö pitää tehdä käsin koneen omaa yleistyökalua käyttäen. Sovellus kertoo reunalevittimen säätöarvot ja käyttäjä säätää reunalevittimen rivat sen mukaan. Perinteistä kiertokoetta ei tarvitse suorittaa ollenkaan, mutta mikäli ei ole täysin varmaa tietoa, mikä levitettävä lannoite on, tai kiertokoe halutaan varmuuden vuoksi tehdä, sekin on mahdollista. Pintalevittimen mukana tulee myös liuskoja, joissa on kuvia eri lannoitelaaduista, joita vertaamalla lannoitteeseen voidaan päätellä mikä lannoite on kyseessä ja minkälaiset asetukset vaaditaan.

Kuva 12. Näyttökaappaus Rauch- mobiilisovelluksesta. (Jokela, 2023)



7 ISOBUS työkonen ja traktorin yhteensopivuus

Uuden ISOBUS työkonen hankinta on syytä aloittaa yhteensopivuuteen vaikuttavien tekijöiden tutkimisella. Se on tärkein asia, joka tulee ensin varmistaa, sillä muutoin saattaa aiheutua lisäkustannuksia ja ongelmia. Muut koneen tekniset ominaisuudet tulee myös ottaa

huomioon, kuten esimerkiksi koneen paino, sillä pintalevittimeenkin saadaan yllättävän suuria kuormia, jotka keventävät traktorin etupyöriä huomattavasti.

7.1 Terminaalin yhteensopivuus

Lannoitteen levitykseen käytetään Case IH Puma 160 CVX traktoria. Traktori on vuosimallia 2012 ja se on tehtaalta lähtiessään ollut ISOBUS-varusteltu. Traktorin ja ISOBUS-pintalevittimen yhteensopivuuden selvittäminen alkaa yhteensopivuustaulukoiden tutkimisella. Pintalevittimen valmistajan yhteensopivuustaulukon mukaan traktorin nykyinen terminaali AFS Pro 300 ei ole yhteensopiva pintalevittimen kanssa. Se voi johtua myös siitä, että näyttö on niin vanha, ettei sitä ole yhteensopivuustaulukkoon otettu mukaan, vaikka se olisikin yhteensopiva. Terminaali päätettiin kuitenkin päivittää. Vaihtoehtona on päivittää traktorin oma terminaali uudempaan malliin tai hankkia uusi yleisterminaali traktorin oman vanhan terminaalin rinnalle. Vaihtoehtoja pohdittiin (Taulukko 1.) ja lopulta päätöksen ratkaisi hinta. Yleisterminaalin hinta olisi ollut noin 2000 euroa enemmän kuin mitä traktorin oman terminaalin päivitys uudempaan maksaisi. Yleisterminaalissakin on kuitenkin omat hyvät puolensa, vaikka hinta onkin kalliimpi.

Traktorin terminaali päivitettiin AFS Pro 700 malliin, joka löytyy myös yhteensopivuustaulukosta. Terminaali on Case IH:n oma terminaali. Terminaalissa on 10,4 tuuman väri- ja kosketusnäyttö ja siinä on 6 mukautettavaa käyttökuva sekä ISOBUS Virtual Terminal, joka mahdollistaa ISOBUS-koneiden käyttämisen. Terminaalilla pystytään ohjaamaan, valvomaan, hallitsemaan ja tallentamaan toimintoja ja dataa. (Case IH, n.d.) Toimintaperiaate on kuitenkin sama kuin kaikissa muissakin terminaaleissa. Työkoneen ISOBUS-johto kytketään traktoriin ja työkoneen käyttökuva latautuu terminaaliin.

Lisäksi vanha 3-tuumainen näyttö oli melko pieni ja hankala käyttöinen kokonsa vuoksi. Uudella 10,4 tuuman näytöllä on helpompi hallita toimintoja. Näytölle ja siihen tarvittaviin asennustarvikkeisiin kertyi hintaa noin 3000 euroa. Näytön asentamisen yhteydessä ilmeni kuitenkin ongelmia, mikä oli odotettavissakin. Näyttö saatiin asennettua kyynärnojaan oikealle paikalleen ja oikea toimiva ohjelmistoversio sisälle, mutta antenni vaati myös päivitystä. Ilman antennin päivitystä terminaalin paikkatietoon perustuvat toiminnot eivät

toimineet. Toimenpiteisiin kannattaa siis varata reilusti aikaa, sillä yllättäviin ongelmiin kuluu helposti aikaa.

Taulukko 1. Terminaalien vertailua.

	Traktorin oma terminaali	Erillinen terminaali
+	Ei ylim. Näyttöjä hyttiin	Traktorin oma näyttö käytettävissä rinnalla
+	Aina mukana traktorissa	Voidaan vaihtaa eri traktoriin
+	Suurehko koko	Älypuhelimien kaltainen käyttöliittymä
+	Alkuperäisellä paikalla kyynänojassa	Helppo ja nopea käyttää
-	Monimutkainen käyttää	Pieni koko
-	"Kömpelö" käyttöliittymä	Kalliimpi (sis. Tarvikkeet, lisenssit yms.)
-	Hidas	Johtosarjan vetäminen

Toimiakseen uuden ISOBUS-työkoneen kanssa, traktorin terminaaliin pitää päivittää uusimmat päivitykset sekä hankkia lisenssit ISOBUS-toimintoja varten. Lisenssin hinta on noin 1000 euroa ja se sisältää toiminnallisuudet TC-BAS, TC-GEO ja TC-SC, jotka ovat edellytyksenä määräsäätöautomaatiikan ja lohkoautomaatiikan käyttämiselle.

7.2 Johdot

ISOBUS-työkoneen kytkentä ISOBUS-yhteensopivaan traktoriin on todella yksinkertaista. Esimerkkinä käytössä oleva pintalevitin, joka kytketään ihan tavallisesti traktorin kolmipistenostolaitteeseen, nivelakseli asetetaan paikalleen ja viimeiseksi valojen johto sekä ISOBUS-kaapeli omaan pistokkeeseensa (Kuva 13.). ISOBUS-pistokkeessa on oma lukitusmekanismi, joka on yksinkertainen käyttää ja varmistaa kaapelin pysymisen kiinni tiukasti. Tämän jälkeen kone on käyttövalmiina ja ISOBUS-terminaaliin latautuu työkoneen käyttökuva. Kun käytössä on traktorin oma terminaali, hytissä ei tarvitse tehdä mitään johtojen kytkentöjä, vaan kaikki kytkennät tapahtuvat traktorin takapäässä. Ainoastaan tehtävätiedoston siirto tapahtuu hytissä muistitikun kautta terminaaliin.

Kuva 13. ISOBUS-liitin sekä pistoke. (Suomen Maatalousautomaatio ry, Luonnonvarakeskus, 2020)

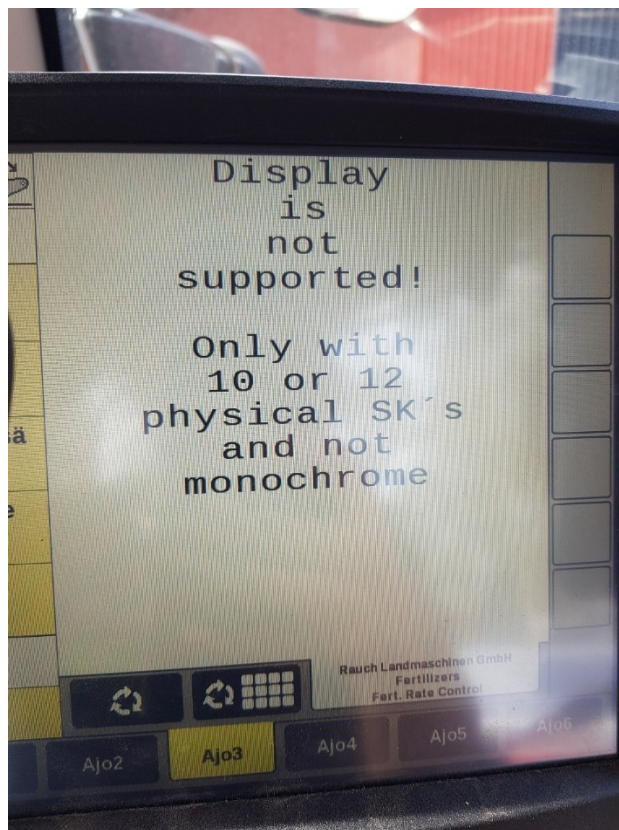


7.3 Pintalevittimen ensimmäinen kytkentä traktoriin

ISOBUS-pintalevitin saapui 24.5.2022 ja kun kone kytkettiin ensimmäisen kerran traktorin ISOBUS-terminaaliin, ISOBUS-välilehti herjasi, että näyttöä ei tueta (Kuva 14.). Aluksi ei ollut varmaa tietoa, että mitä virheilmoitus tarkalleen tarkoitti, mutta ongelma ratkesi selaamalla valikoita ja muuttamalla ISOBUS-välilehdellä näkyvien painikkeiden määrää kuudesta 12:een. Tämä tarkoitti sitä, että tehdasasetuksena näytölle oli asetettu paikat vain kuudelle näppäimelle ja pintalevittimen 12 näppäintä ei sopinut siihen, vaan asetus piti olla 12 näppäimelle. Ongelman ratkettua pintalevitin latasi ohjelmansa terminaaliin. Käyttökuva aukesi ja päästiin käsiksi koneen säätöihin ja asetuksiin. Asetusten ja säätöjen kanssa ei ollut ongelmia, niihin löytyi selkeät ohjeet ja opastukset.

Terminaalissa näkyi samanaikaisesti ainoastaan joko ISOBUS-käyttökuvan tai automaattiohjauksen ajolinjakartta, jossa näkyy automaattiohjauksen ajolinjat ja myös levityksen maalaustoiminto. Molemmat tulisi kuitenkin saada näkyviin samanaikaisesti, koska molempia olisi tärkeää pystyä seuraamaan samaan aikaan. Valikkoja selaamalla löytyikin Asettelu-kielekkeeltä kohta, josta ajolinjakartan saa näytön reunalle näkyviin pienempänä ruutuna. Näin ollen molempia pystyy seuraamaan levityksen aikana.

Kuva 14. Näytön tehdasasetukset olivat väärin pintalevittimen ohjelmalle. (Jokela, 2022)



8 Lannoitteen levitys

Pintalevitin on kytketty onnistuneesti traktoriin ja tässä kappaleessa käsitellään lannoitteen levitystä ja levittimellä tehtäviä kokeita. Ensimmäinen koelevitys tehtiin 22.5.2022 uuden koneen toimivuuden toteamiseksi. Asetukset laitettiin kohdalleen ja koneella päästiin levittämään. Koelevityksessä ei ollut käytössä levityskarttaa vaan levitys tehtiin tasalevityksenä. Kone oli helppo käyttää ja se vaikutti kaikinpuolin olevan toimintakuntoinen. Lisätoimenpiteisiin ei ollut tarvetta. Levityskartat otetaan käyttöön viljakasvuston lisälannoituksessa.

8.1 Esimerkkilohkon kasvuston seuranta ja lisälannoituksen oikea ajankohta

Esimerkkilohko on vajaan neljän hehtaarin kokoinen peltolohko. Lohko on saanut keväällä ennen äestystä sian lietelantaa 20 tonnia hehtaarille (40 kiloa liukoista typpeä) ja kylvön

yhteydessä typpeä 60 kiloa hehtaarille. Lohkolle kylvettiin rehuohraa. Esikasvina oli epäonnistunut syysvehnä, joka paikoittain kasvoi ohrakasvuston lävitse.

Lohkolla seurataan kasvuston kehitystä nolla- ja yllannoitusruuduista sekä typpimittarin avulla typen puutetta. Kasvuston seurannalla pyritään löytämään paras ajankohta typpilannoitukselle ja oikea levitysmäärä, jota käytetään typen raja-arvoina levityskartassa. Kasvukauden päätteeksi arvioidaan, saatiinko lisälannoituksesta hyötyä.

10.6.2022 Saatiin Yaralta N-tester BT typpimittari käyttöön. N-tester mittaa kasvin lehden typpimäärän tarkasti. Testeri yhdistetään puhelimeen Bluetoothin kautta ja sovellus antaa tarkat lajikekohtaiset suositukset lisätyppilannoitukseen. N-tester vaatii vähintään 30 osanäytettä samalta peltolohkolta eri puolilta lohkoa varmistaakseen tarkan tuloksen. Tuloksen saa näkyviin heti pellolla mittausten jälkeen. (Yara, n.d.) Mittauksia tehdessä, typenpuutetta ei juurikaan vielä havaittu. Kasvustot olivat vielä pensomisvaiheessa ja oikea lisälannoitusajankohta onkin vasta korrenkasvuvaiheessa. Keväällä kylvön yhteydessä tehdyt nolla- ja yllannoitusruudut eivät myöskään juurikaan vielä erottuneet muusta kasvustosta, joten lisälannoitukselle ei vielä ollut tarvetta.

15.06.2022 Lannoitusruudut alkoivat hieman jo erottua, mutta N-tester mittauksissa ei havaittu vielä typen puutetta. Korrenkasvu oli alkamaisillaan (Kuva 15.). Lisälannoituksen optimaalinen ajankohta oli lähellä.

Kuva 15. Esimerkkilohkon lannoitusruudut 15.6.2022. Nollaruutu kuvassa etualalla ja ylilannoitusruutu taaempana. (Jokela, 2022)



19.6.2022 Korrenkasvu on selkeästi jo alkanut. Olosuhteet ovat olleet suotuisat, lämpötila kohtalainen 20 asteen molemmin puolin ja vettä on tullut myös kohtalaisesti, viikon sisällä noin 20 mm. Lannoitusruudut erottuvat jo ihan selkeästi. Vihermassamittauksissa typen puutetta havaittiin jo reilusti. Suurin puute oli kuvan 16. kohdassa, jossa puutetta oli 45 kiloa hehtaarille. Pienimmät typen puutteet olivat 10 kilon luokkaa. Lisätyppilannoitus on ajankohtainen, mutta keliolosuhteet eivät. Kuivaa ja lämmintä oli luvassa.

Kuva 16. Esimerkkilohkon lannoitusruudut 19.6.2022. (Jokela, 2022)



Esimerkkilohkon lisälannoitus päätettiin aloittaa 23.06.2022 lämpimissä olosuhteissa.

Luvassa oli kuitenkin sadetta lähipäivinä ja kasvuston kehitys oli nopeaa, joten ei ole syytä jäädä odottamaan.

8.2 Levityskarttojen luominen

Lisälannoitus kannattaa tehdä, kun viljakasvustot ovat saavuttaneet korrenkasvuvaiheen, mikäli lisälannoituksen tavoitteena on sadonlisä. Kun kasvustot ovat korrenkasvuvaiheessa, aletaan suunnittelemaan ja luomaan levityskarttoja. Satelliittikuvia kannattaa kuitenkin tarkkailla jo ennen korrenkasvuvaihetta, mutta ennen korrenkasvua kasvuston läpi saattaa näkyä vielä niin paljon maata, että biomassakuvat ovat melko haaleita ja epäluotettavia.

Levityskartan luominen aloitetaan kirjautumalla karttasovellukseen, tässä tapauksessa Yaran AtFarmiin. Sovellukseen annetaan tilan tiedot ja lisätään peltolohkot. Peltolohkot saa Vipupalvelusta Shapefile-tiedostona tai peltolohkot voi klikkailla kartalta yksitellen. AtFarm-ohjelma tunnistaa peltolohkon äärirajat yhdellä klikkauksella pellon keskelle, eli pellon äärirajoja ei tarvitse piirtää. Vain yksi klikkaus riittää. Pelto nimetään ja valitaan kasvilaji, joka pellolla kasvaa kyseisenä vuonna. Kun lohkot on luotu, siirrytään katsomaan lannoitus-suosituksia. Valitaan peltolohko, jota halutaan tarkastella tai johon halutaan luoda levityskartta.

AtFarm lisää satelliittikuvia palvelimeen 3-5 päivän välein. Mikäli satelliittikuvaan on osunut pilvi tai se on muuten epäonnistunut, se näkyy piilotettuna. Pilvet satelliittikuvassa häiritsevät kasvustokuvaa ja siksi pilvet havaitaankin satelliittikuvista pilvien havaitsemisalgoritmin avulla ja kuva todetaan epäonnistuneeksi. Onnistuneet kuvat ovat ensisijaisesti näkyvissä. (AtFarm, 2022)

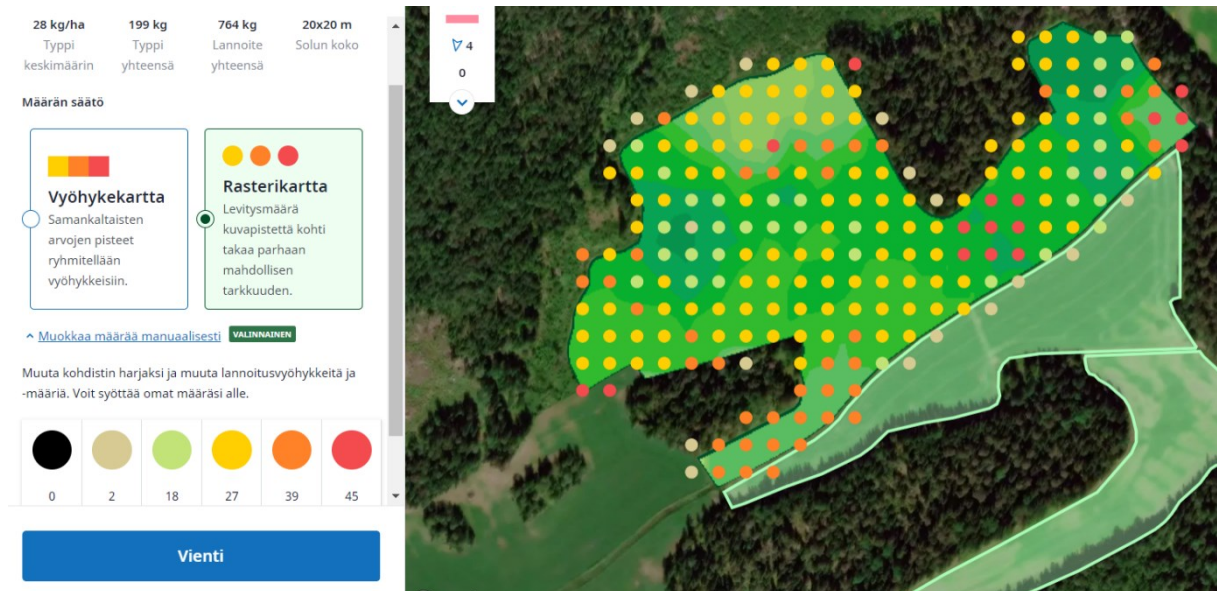
Seuraavaksi valitaan halutun päivän onnistunut satelliittikuva ja luodaan täsmälannoitus-suositus. Sovellus kysyy kasvin kasvuvaihetta, joka tulee tietää oikean tuloksen saavuttamiseksi. Käyttäjä ilmoittaa keskimääräisen tavoitetyypen määrän ja halutessaan voi ilmoittaa myös haluamansa ala- ja ylärajan typen määrälle hehtaaria kohden. Lopuksi valitaan vielä, että mikä lannoite on käytössä, jotta sovellus osaa laskea oikean typpimäärän ja tarvittavan kokonaislannoitemäärän lohkolle.

Sitten luodaan VR-kartta eli rasterikartta. Sovellus laskee keskimääräisen typpimäärän lohkolle, kokonaistyppimäärän lohkolle ja kokonaislannoitemäärän lohkolle. Rasterikartalla eri lannoitusmäärät näkyvät erivärisinä pallukoina (Kuva 17.). Yksi pallukka eli solu on kooltaan 20x20 metriä. Rasterikarttaa voidaan vielä halutessaan muokata käsin valitsemalla mitä levitysmäärää halutaan lisätä ja piirtämällä sillä värillä kartan päälle. Myös värien selitettä eli värin merkitsemää typpimäärää kiloina voidaan tarvittaessa säätää käsin.

Kun kartta on mieluinen, siirrytään viemään se oikeaan muotoon terminaaliin siirtämistä varten. Sovellus ehdottaa eri laitevalmistajien käyttämiä tiedostomuotoja, joista tulee valita omaan terminaaliin sopiva. Useimmiten tehtävätiedosto tulee olla Shapefile- tai XML-

tiedostomuodossa. Kartta ladataan tietokoneelle ja puretaan muistitikulle terminaalin valmistajan ohjeiden mukaan. (AtFarm, 2023)

Kuva 17. AtFarmin levityskartan luominen. (AtFarm, 2023)



8.3 Levityskartoilla levittäminen

Ensimmäiset täsmälannoitukset levityskarttoja käyttäen tehtiin 21.6.2022. Levityskartta tehtiin Yaran AtFarm-sovelluksella. Levityskartta saatiin luotua ongelmitta. Asetukset laitettiin kohdalleen ja aloitettiin levitys. Levityskartan tulisi säätää levitysmäärää automaattisesti koneen liikkuessa pellolla, mutta levitysmäärä pysyi vakiona levityskartasta huolimatta. Lohkoautomaatiikka toimi kyllä ja sen näki ISOBUS-käyttökuvan levitysviuhkasta. Levitysmäärä oli aina vakio 90 kiloa hehtaarille. Jos levitysmäärän muutti käsin, se pysyi hetken asetetussa ja palasi takaisin 90 kiloa hehtaarille Asetuksia ja valikoita tutkimalla tilannetta ei pystytty ratkaisemaan ilman apua. Seuraavana päivänä otettiin yhteyttä huoltomieheen, mutta vastausta ei saatu siihen, miksi levitysmäärä ei muutu. Levityskartan siirtäminen tietokoneelta terminaaliin oli yksi mahdollinen ongelma. Oli hieman epäselvää, että miten ja missä muodossa levityskartta tulisi siirtää muistitikulle, josta se viedään traktorin terminaaliin. Kokeiltiin useita eri vaihtoehtoja kartan siirtämisessä ja tiedostomuodoissa, mutta sitä ei saatu onnistumaan. Huoltomiehellä oli ajatus siitä, missä muodossa kartta tulisi siirtää muistitikulle, mutta kartta ei siinäkään muodossa toiminut. Sen

jälkeen käytiin huoltomiehen kanssa asetuksia läpi, joita olikin paljon. Suurin osa asetuksista oli oikein, mutta korjattavaakin löytyi. Traktorin terminaalin valikot ovat hieman vaikeasti käytettäviä ja tekstit on suomennettu huonosti ja vaikeasti ymmärrettävästi. On siis mahdotonta ymmärtää maallikkona, että mitä kaikki otsikot tarkoittavat. Asetusten läpikäynti ja korjauskaan ei kuitenkaan auttanut ja karttaa ei saatu näkyviin terminaalisissa. Huoltomies teki itse uuden kartan ja lähetti sen sähköpostiin ja se siirrettiin muistitikun kautta traktorin terminaaliin. Kyseinen kartta oli XML-muodossa ja se saatiin näkyviin. Syy ei kuitenkaan selvinnyt, että miksi itse tekemäni levityskartta ei tullut näkyviin, vaikka tiedostomuotokin oli sama. Ilmeisesti traktorin terminaali ei tukenut AtFarmin tiedostomuotoa täysin. Ainoastaan pellon äärirajat tulivat näkyviin, mutta tehtävätiedosto ei. Tekemälläni levityskartalla Terminaalin Rx-asetuksissa Prescription eli resepti (tarkoittaa levitysmääriä) kohtaan ei pysty asettamaan mitään. Huoltomiehen tekemässä levityskartassa Prescription kohtaan pystyy valitsemaan levitysmäärät ja silloin ne tulivat näkyviin myös kartalle.

Ongelman etsintää jatkettiin. Internettiä selaamalla ja itseopiskelemalla löytyikin syy, miksi kartta ei toiminut. Lannoitekartta oli tuotu väärin terminaaliin tai oikeastaan kartan tuomisessa yksi vaihe oli jäänyt tekemättä kokonaan, koska ei tiedetty että kyseinen vaihe tulee tehdä.

Tehtävätiedosto tulee ladata AtFarmista Shapefile-muodossa. Tehtävätiedosto latautuu tietokoneelle pakattuna ZIP-tiedostona, joka tulee purkaa tyhjälle muistitikulle. Tyhjälle muistitikulle luodaan ensin uusi kansio ja se nimetään "Shapefile"-nimellä, johon tehtävätiedosto puretaan. Sen jälkeen muistitikku irroitetaan tietokoneesta turvallisesti ja kytketään traktorin terminaaliin virran ollessa pois kytkettynä. Kun tikku on kiinni terminaalisissa, virran voi kytkeä ja traktorin käynnistää. Terminaalin auettua kuitataan kaikki varoitukset ja pintalevittimen käyttökuva tulee esiin. Seuraavaksi tulee siirtyä traktorin asetuksiin ja valita oikea viljelijä, asiakas ja pelto, johon kartta halutaan yhdistää. Kun viljelijäasetukset ovat oikein, tuodaan kartta terminaaliin. Oikea tehtävätiedosto valitaan muistitikulta ja varmistetaan vielä, että ollaan tuomassa sitä oikealle peltolohkolle, sillä mikäli tehtävätiedosto viedään väärälle peltolohkolle, se ei toimi. Kun kartta on tuotu, näyttö vaatii uudelleenkäynnistymisen. Uudelleenkäynnistymisen jälkeen valitaan Ohjelmat ja

apuohjelmat valikosta Ohjattu TC ja suoritetaan Päivittäinen käyttö -asetukset, jossa käydään läpi kaikki levityskarttaan liittyvät asetukset ja kytketään kartta päälle. Viimeiseksi TC-valikosta aloitetaan TC-tehtävä. Kytketään vielä työsäätö automaattitilaan ja levittäminen voidaan aloittaa. ISOBUS-käyttökuvasta levitysviuhkan molemmin puolin olevista A-kirjaimista näkee, että levitin on automaattisäädöllä, eli levityskartta säättää levitysmäärää automaattisesti. Nyt levitysmäärä muuttuu kartan mukaan ajettaessa pellolla ja levitin toimii kuten pitääkin.

Levityskartan tuominen terminaaliin saattaa olla melko monimutkainen tehtävä, joten työn tuloksena luotiin myös levityskartan eli määräsäätökartan tuontiohje Case IH:n AFS Pro 700 -terminaaliin (Liite 1.) sekä Rauchin CCI-terminaaliin (Liite 2.) helpottamaan levityskartan tuomisen kanssa vaikeuksissa olevia.

9 Lannoituskoee ja mittaukset

Tämä kappale käsittelee pintalevittimellä suoritettuja mittauksia ja kokeita sekä niiden välineitä ja menetelmiä. Pintalevittimellä suoritettiin hajakylvökoe, levitysmäärien mittauskoe sekä lietelannan täydennyslannoitusta tutkiva koe.

9.1 Hajakylvökoe

Tämän kokeen tarkoituksena on selvittää pintalevittimen käytön monipuolistamista ja kylvön tehostamista pintalevittimellä. Pintalevittimellä kylvämistä kokeiltiin kauralla 22 päivä toukokuuta. Lohkolla kasvoi edeltävänä vuonna syysvehnä, joka epäonnistui ja se rikottiin äestämällä kahteen kertaan. Äestetylle kylvöpohjalle levitettiin ensin lannoite pintaan. Lannoitetta levitettiin 230 kiloa hehtaarille eli noin 60 kiloa typpeä hehtaarille. Sen perään kauransiemen pintalevityksenä 260 kiloa hehtaarille. Viimeiseksi koeruutu äestettiin aivan pintaan, piikin kärjet vain hipoivat maata. Siemenet vaikuttivat peittyvän kohtalaisen hyvin, mutta tietysti osa siemenistä jäi pintaankin (Kuva 18.). Olosuhteet kylvökoetta tehdessä olivat jo melko kuivat ja edessä oli kuiva jakso. Orastuminen oli hidasta ja koekylvöruutu jäi selvästi jälkeen kylvölannoittimella kylvetystä. Ensimmäinen sade saatiin vasta 31. toukokuuta, jolloin vettä tuli 25 mm.

Kuva 18. Hajakylvökoe 22.05.2022. (Jokela, 2022)



9. kesäkuuta kylvölannoittimella kylvetty oli jo komeasti oraalla, mutta pintalevittimellä kylvetty oli tullut vasta osittain pintaan ja hieman epätasaisesti. Se oli kärsinyt selvästi kuivuudesta (Kuva 19.).

Kuva 19. Kuvassa hajakylvön koeruutu 09.06.2022. (Jokela, 2022)



24.6. kasvuston erot olivat tasaantuneet, mutta pintalevittimellä kylvetty oli kuitenkin selkeästi harvempaa, kuin kylvökoneella kylvetty (Kuva 20.).

Kuva 20. Koeruutu 24.06.2022. (Jokela, 2022)



Hajakylvökokeen todellinen lopputulos selviää satokartasta.

9.2 Levitysmäärien mittauskoe pellolla

Levitysmäärien mittauskokeen tavoitteena on selvittää, tuleeko peltoon oikeasti levityskartan ilmoittama lannoitemäärä. Täsmääkö lohkon kokonaislannoitemäärä ilmoitettuun määrään ja meneekö lannoite oikeisiin kohtiin peltolohkolla. Keskustelevatko ISOBUS-työkone ja traktori keskenään, niin kuin pitäisi.

9.2.1 Välineet

Mittauksissa käytetyt välineet olivat nelikulmainen matalalaitainen laatikko (pohjan pinta-ala $0,332\text{m}^2$), $0,01$ gramman tarkkuudella mittaava vaaka, maanäyterasioita, muistiinpanovälineet, laskin, tietokone ja kamera (Kuva 21.).

Kuva 21. Mittausvälineet (Jokela, 2022)



9.2.2 Kokeen kulku

Levitettävälle pellolle luotiin levityskartta. Levityskartasta otettiin kuva puhelimella, jotta voidaan paikantaa levitysalueet pellolta. Siirryttiin pellolle haluttuun levitysalueeseen ja verrattiin levityskartan kuvaa ja paikannettua satelliittikuvaa sijainnin varmistamiseksi. Kun sijainti oli varmistettu oikeaksi, merkattiin karttasovellukseen oma sijainti, jotta voidaan

tarvittaessa verrata sitä levityskarttaan myöhemmin (Kuva 22.). Laskettiin numeroitu laatikko varovasti kasvuston sekaan niin, että laatikon pinta on kasvuston pinnan tasolla. Kun kaikki kolme laatikkoa olivat paikoissaan, aloitettiin levitys. Koko pelto levitettiin ja sen jälkeen laatikot kerättiin pois. Laatikoihin tulleet lannoitteet kaadettiin maanäyterasioihin ja rasiat punnittiin tarkasti vaa'alla. Punnitut tulokset kirjattiin Excel-taulukkoon ja samaan taulukkoon merkattiin peltolohkon nimi, levitysmäärä levityskartan mukaan ja punnittu tulos. Lisäksi muitakin tietoja merkittiin muistiinpanoksi ja kokeen luotettavuuden varmistamiseksi. Excel-tiedoston tulosten perusteella luotiin vielä kaaviot, joista tuloksia on helppo esitellä.

Kuva 22. Levityskartta ja satelliittikuva päällekkäin. Nastoilla merkitty mittauslaatikoiden paikat. (Jokela, 2022)



9.2.3 Kokeen laskukaava

Määränmittauksessa käytettyjen muovilaatikoiden pohja pinta-ala on 0,332 m². Laatikkoon tullut lannoite punnittiin ja punnituksen perusteella laskettiin neliömetrille tuleva lannoitemäärä ja kerrottiin se 10 000:lla, jotta saatiin lannoitusmäärä hehtaarille. Laatikoihin tulleet lannoitemäärät olivat luokkaa 1-5 grammaa ja aluksi käytössä oli vain gramman tarkkuudella punnitseva digitaalinen talousvaaka. Se oli liian epätarkka, sillä tulokset voivat mennä pieleen kymmeniä kiloja. Tarkemmalla vaa'alla saatiin luotettavampi tulos.

Esimerkkilasku:

$1\text{m}^2/0,332\text{m}^2 = 3,012$ eli mikäli laatikkoon tuli 2 grammaa lannoitetta, se pitää kertoa 3,012:lla. $2\text{g} \times 3,012 = 6,024$ grammaa / neliömetri. Hehtaari on 10 000m² eli 10 000m² x 0,006024 kiloa =60,24 kiloa hehtaarille.

9.3 Lietelantakokeet

Lietelantakokeissa on tarkoituksena tarkastella lietelannan sisältämän typen vaikutusta viljan kasvuun. Lannoitusta täydennetään tarvittaessa täsmälisälannoituksella ja seurataan pystytäänkö kasvuston mahdolliset typenpuutteet tasoittamaan lisälannoituksella. Tavoitteena oli sadonlisä, tasainen kasvusto ja tuleentuminen.

Lempo-nimisellä peltolohkolla puolet lohkoa levitettiin keväällä ennen kylvöä sian lietelannalla ja levitysmäärä oli 20 tonnia hehtaarille ja puolet peltolohkosta jäi ilman lietettä. Rakeinen lannoitus kylvön yhteydessä sisälsi 60 kiloa typpeä hehtaarille, koko lohkolle. 24.6.2022 Lietteen saaneella puoliskolla ylilannoitusruutu ei juuri erottunut ja nollaruudussa pituus oli muun kasvuston mittaista, mutta vaaleampaa. Ilman lietettä olevalla puoliskolla taas nollaruutu oli selvästi lyhyempi ja vaaleampi ja ylilannoitusruutu oli tummempi ja pidempi (Kuva 23.). Lietteestä on siis jo vapautunut typpeä kohtalaisen hyvin.

Kuva 23. Lempon lannoitusruudut. Vasemman kuvan ruudut eivät ole saaneet keväällä lietettä, mutta oikean puolen ruudut ovat. Ero on havaittavissa. (Jokela, 2022)



Myös Ruotiojan loholla tehtiin koe lietelannan kanssa. Lohkon reunaan levitettiin yksi lietetankin multaimen leveys lietettä eli 8 metriä, mutta muuten lohko jätettiin levittämättä. Lietteestä vapautunut typpi alkoi näkyä juhannuksen tienoilla ja 24.6.2022 levityksen rajapinnassa oli havaittavissa selkeä ero (Kuva 24.).

Kuva 24. Ruotiojan lietekoekaista. Kuvassa vasemman puolen koeruudut ovat saaneet lietteen, mutta oikean puolen eivät. Myös levityksen rajapinta on havaittavissa kuvassa vasemman puolen koeruutujen vieressä. (Jokela, 2022)



Lietteestä vapautui typpeä juhannuksen tienoilla, mutta ilman lietettä jäänyt kasvusto oli selvästi typen puutteessa ja N-Tester-mittauksissa typenpuutetta havaittiinkin 30-50 kiloa hehtaarille. Molemmat lohkot lisälannoitettiin ja levitysmääränä oli keskimäärin 30 kiloa typpeä hehtaarille. Lisälannoituksen jälkeen kasvusto alkoi tasottua eikä eroa enää ollut silmin havaittavissa juurikaan. Puintiaikaan kasvustossa ei havainnut eroa lainkaan silmämääräisesti, eli kasvusto oli tasoittunut lisälannoituksen ansiosta, mutta todellinen lopputulos nähdään vasta satokartasta.

10 Tulokset

Tässä kappaleessa käsitellään suoritettujen kokeiden tuloksia. Kappale sisältää tulokset hajakylvökokeesta, esimerkkilohkon lisälannoituksen onnistumisesta, levitysmäärien mittauskokeesta sekä lietelannan täydennyslannoituskokeesta.

Ennen puinteja tilan leikkuupuimuriin hankittiin satokartoitin, jotta voidaan vielä puinnin jälkeen tarkastella satokarttoja ja arvioida, onko täsmälisälannoituksesta saatu toivottua sadonlisää. Satokartoitin on universaali, jonka voi asentaa mihin tahansa puimuriin.

Puimuriin asennettiin satokartoittimen anturit, antenni, johtosarja sekä ohjainlaite. Näyttönä toimii kätevästi kuljettajan älypuhelin tai tabletti. Tiedonsiirto satokartoittimesta pilveen tapahtuu langattomasti puhelimen nettiyhteyden välityksellä. Satokarttoja pääsee tarkastelemaan kartoitinvalmistajan nettisivustolla sisäänkirjautumalla. Hintaa satokartoittimelle kertyi reilu 2000 euroa.

10.1 Hajakylvökokeen tulokset

Hajakylvökokeen lohkon puintiaikaan hajakylvökokeen koeruutu ei erottunut muusta kasvustosta silmämääräisesti juuri lainkaan. Oli vaikea havaita, missä koeruudun rajat menivät (Kuva 25.). Koeruutu puitiin 4.9.2022.

Kuva 25. Kuva ennen koeruudun puintia. Kasvustossa havaittavissa hieman myös muista tekijöistä johtuvaa vaihtelua. (Jokela, 2022)



Koeruutu näkyy biomassakartassa (Kuva 26.) ympyröitynä heikompana kasvustona 19. päivä kesäkuuta. Puinnin jälkeen satokartassa sama toistuu, eli hajakylvökoeruudun sato jäi heikoksi. Sato jäi reilusti alle 4 tuhannen kilon lohkon keskisadon ollessa noin 5,5 tuhatta kiloa hehtaarilta (Kuva 27.). Lohkolla oli kuitenkin muitakin heikommin kasvaneita kohtia johtuen lohkon vesitalousongelmista. Hajakylvö onnistui huonosti tässä kokeessa. Hajakylvö vaatii kosteamat olosuhteet itämisen varmistamiseksi. Syyskylvöisten kasvien kylvömenetelmänä hajakylvö on enemmän käytetty ja hajakylvö toimiikin varmasti paremmin syksyllä, koska maassa on enemmän kosteutta. Kosteampi maa takaa pinnallekin jääneiden siementen itämisen varmemmin.

Hajakylvössä voidaan käyttää suuria työleveyksiä, jolloin peltoa tulee tiivistettyä vähemmän. Etenkin syyskylvöissä on joskus turhankin kosteaa, joten on hyvä tiivistää maata

mahdollisimman vähän. Hajakylvö on nopeaa ja tehokasta, mutta vaatii vielä lähes aina multauksen perään.

Kuva 26. Hajakylvöruutu kasvustokuvassa ympyröitynä. (AtFarm, 2023)



Kuva 27. Leikkuupuimurin satokartoittimen satokartta. Kuvassa ympyröitynä koeruutu. (FarmTRX, 2023)



10.2 Esimerkkilohkon lisälannoitus

Esimerkkilohkolle levitettiin lisätyppeä täsmälevityksenä keskimäärin 28 kiloa hehtaarilla ja strategiana oli levittää enemmän heikompisiin kohtiin, mutta karttaa on hieman muokattu käsin. 30.7.2022 Feedway-ohra alkoi olla tuleentumaan päin (Kuva 28.). Kuvassa etualalla on ylilannoitusruutu ja ylilannoitusruudun takana nollaruutu. Kasvusto on tiheä ja sankka. Ylilannoitusruutu on hivenen lakoontunut, mutta kovan sateen tullen koko kasvusto on vaarassa lakoontua. Kasvunsäädettä ei ole ruiskutettu, sillä tähkälletulo tapahtui hieman yllättäen. Lannoitus vaikuttaa kuitenkin onnistuneen melko hyvin ja kasvukauden olosuhteetkin ovat olleet suotuisat. Puintiajankohta lähestyy.

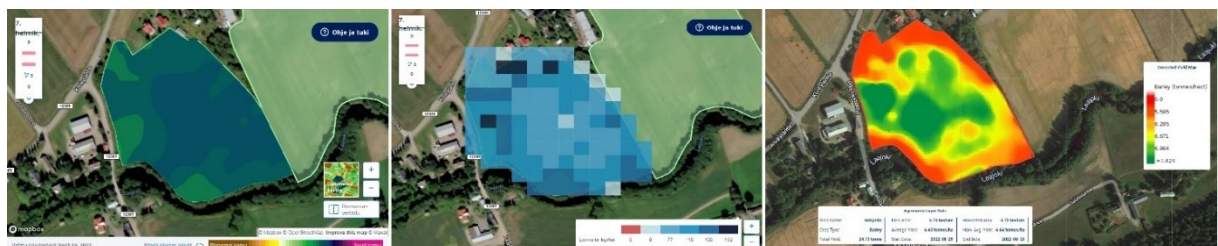
Kuva 28. Esimerkkilohkon lannoitusruudut 30.7.2022. (Jokela, 2022)



25. elokuuta esimerkkilohko puitiin. Kasvusto oli sankka ja tasaisesti tuleentunut. Pääosin hyvin pystyssä, vain pientä lakoa oli havaittavissa, mutta se ei vielä puintia haitannut (Kuva 30.).

Kuvassa 29. on kasvustokuva, levityskartta ja satokartta samalta lohkolta. Kasvustokuva ja levityskartta ovat kesäkuun 19. päivästä ja satokartta elokuun 25. päivästä. Kasvustokuvassa pellon keskiosan tummempi kohta on parempaa kasvustoa ja vaaleammat kohdat heikompia. Verrattaessa satokarttaa kasvustokuvaan, kummassakin pellon keskiosa erottuu parempana kasvustona. Reunoilla kasvusto on kummassakin heikompaa, johtuen ainakin osittain päisteiden tiivistymisestä, puiden varjostuksesta ja maalajivaihtelusta. Karttoja verratessa voidaan todeta, että lisälannoitus ei tasoittanut kasvuston eroja merkittävästi. Kasvuston heikot ja hyvät kohdat ovat satokartan perusteella pysyneet melko samanlaisina ja samoissa kohdissa. Pientä muutosta toki on, mutta sen on voinut aiheuttaa muutkin tekijät. Täsmälannoituksella ei tavoitellaakaan täysin tasaista kasvustoa koko lohkolle, vaan nimenomaan pyritään kohdistamaan lannoite oikeaan paikkaan eli enimmäkseen peltolohkon parhaimpiin kohtiin. Lohkolla kasvoi rehuohraa ja keskimääräinen sato oli 6,64 tuhatta kiloa hehtaarilta. Parhaimmissa kohdissa satoa tuli yli 7,5 tuhatta kiloa hehtaarilta ja heikoimmissa kohdissa alle 5 tuhatta kiloa hehtaarilta. Kasvukausi oli hyvä ja satokin oli kauttaaltaan edellisvuosia parempi, mutta kyseisellä lohkolle lannoitusruutuja seurattaessa, uskon että lohkolle onnistuttiin lannoituksessa melko hyvin ja täsmälisälannoituksella saatiin sadonlisää, erityisesti paremmista kohdista. Ylilannoitusruutu oli kevyesti laossa ja muu kasvusto aika hyvin pystyssä.

Kuva 29. Biomassakartta, levityskartta ja satokartta vasemmalta oikealle. (AtFarm, 2023)
(FarmTRX, 2023)







Kuva 30. Esimerkkilohkon puintikuva. (Jokela, 2022)



Luken typpitaselaskurilla laskettuna kyseisen peltolohkon typpitase on 13 (Kuva 31.). Lannoituksesta typpeä tuli lohkolle yhteensä 128 kiloa hehtaarille mukaanlukien sian lietelanta. Sadon mukana typpeä poistuu 115 kiloa. Typpitase on pienempi kuin puolella Luken vertailuaineistosta. Typpihuuhtouman riski on lohkolle pieni ja tilanne on muutenkin hyvä eikä lisätoimenpiteitä lohkolle tarvita näillä satotasoilla ja lannoitusmäärillä, mutta aina voidaan yrittää parantaa tulosta. (Luke, n.d.)

Kuva 31. Näyttökaappaus Luken typpitaselaskurin esimerkkilohkon tuloksesta. (Luke, n.d.)

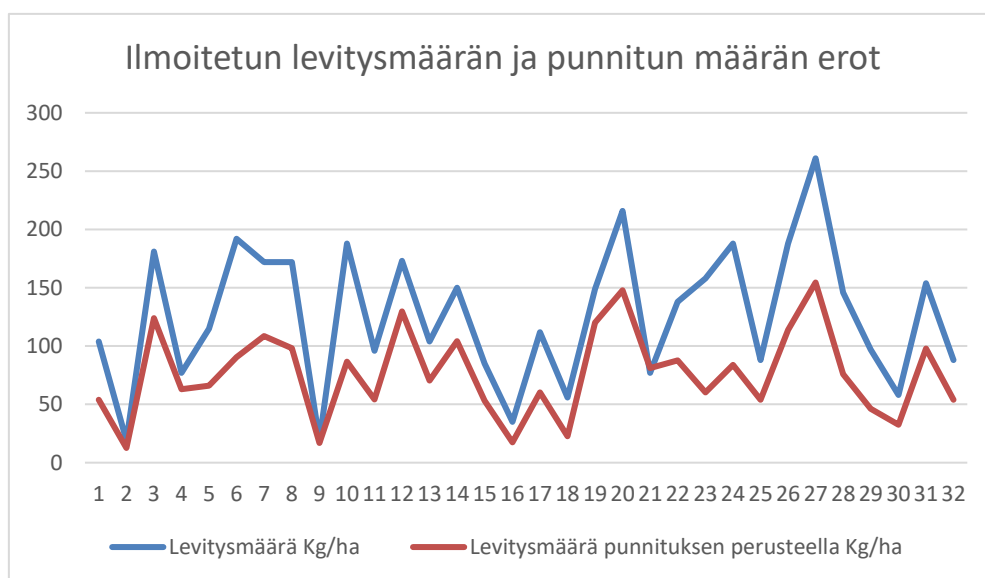
Lohko	Kasvi	Lannoitteissa annettu liukoinen typpi – sadon mukana poistunut typpi = typpitase (kg/ha)	Typpitase suhteessa viiteryhmään 	Typpitaseesta aiheutuva ympäristöriski 	Ympäristöriskiä vähentäviä toimenpiteitä 
Esimerkkilohko	ohra	128 – 115 = 13	 Typpitase on pienempi kuin puolella vertailuaineistosta.	Typpiuhuton riski on pieni.	Tilanne hyvä, toimenpiteitä ei tarvita

10.3 Levitysmäärien mittauskokeiden tulokset

Kuvassa 32. on levitysmäärämittauskokeen tuloksia. Vasemmassa reunassa ilmoitettuna levitysmäärä kilogrammoina hehtaarille ja alarivissä kokeiden juokseva numerointi. Sininen käyrä tarkoittaa levityskartan ilmoittamaa levitysmäärää kunkin koelaatikon kohdalle. Ruskea käyrä taas tarkoittaa punnittua tulosta kustakin koelaatikosta.

Lähes jokainen punnittu tulos on pienempi kuin levityskartan ilmoittama määrä eli lannoitetta on tullut laatikoihin vähemmän, kuin levityskartan ilmoittama määrä. Kokeissa 2, 9, ja 21 levitysmäärä on ollut hyvin lähellä samaa. Suurin ero on kokeessa numero 24, jossa eroa kartan ilmoittaman määrän ja punnitustuloksen välillä on 104 kilogrammaa. Käyriä tarkasteltaessa voidaan kuitenkin todeta, että punnitustulosten käyrä myötäilee melko hyvin levityskartan ilmoittamaa käyrää. Sen perusteella voidaan todeta koneen toimivan loogisesti levityskartan mukaan, joskin laatikkoon tulleet määrät ovat pienempiä.

Kuva 32. Ilmoitetun levitysmäärän ja punnitun levitysmäärän viivakaavio. (Jokela, 2022)

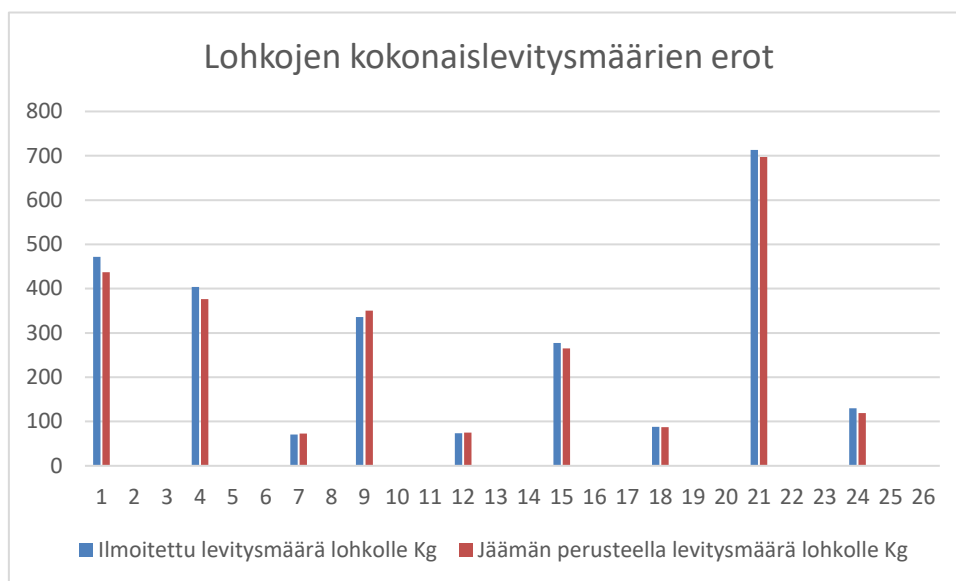


Kuvassa 33. lohkojen ilmoitetun ja todellisen kokonaislevitysmäärän eroja. Kun levityskartta luodaan, sovellus ilmoittaa kuinka monta kiloa lannoitetta lohkolle tarvitaan. Sovellus osaa laskea levitysmäärän levityskartan solujen lannoitusmäärien perusteella. Todellinen levitysmäärä saadaan selville ottamalla lannoitteenlevittimen vaakalukema ylös ennen lohkon levityksen aloittamista ja vähentämällä siitä lukema, joka on koneessa jäljellä lohkon levittämisen jälkeen. Tuloksia ei saatu jokaiselta lohkolta, sillä kaikkia lohkoja ei levitetty kokonaan. Tulos olisi tällöin ollut väärä.

Suurin ero on kokeessa numero 1. Siinä eroa tulosten välillä on 35 kiloa. Lohkon koko on 5 hehtaaria. 35 kilon ero ei ole kuitenkaan suuri tämän kokoisella loholla. Pienin ero oli kokeessa numero 18, jossa eroa oli ainoastaan 1 kilo. Kyseisen lohkon koko on noin 3 hehtaaria. Lohkon kokoa ei voi kuitenkaan verrata kokonaislevitysmäärien eroon, vaan kokonaislevitysmäärien eroon vaikuttavat muut tekijät, joita ei pysty toteamaan.

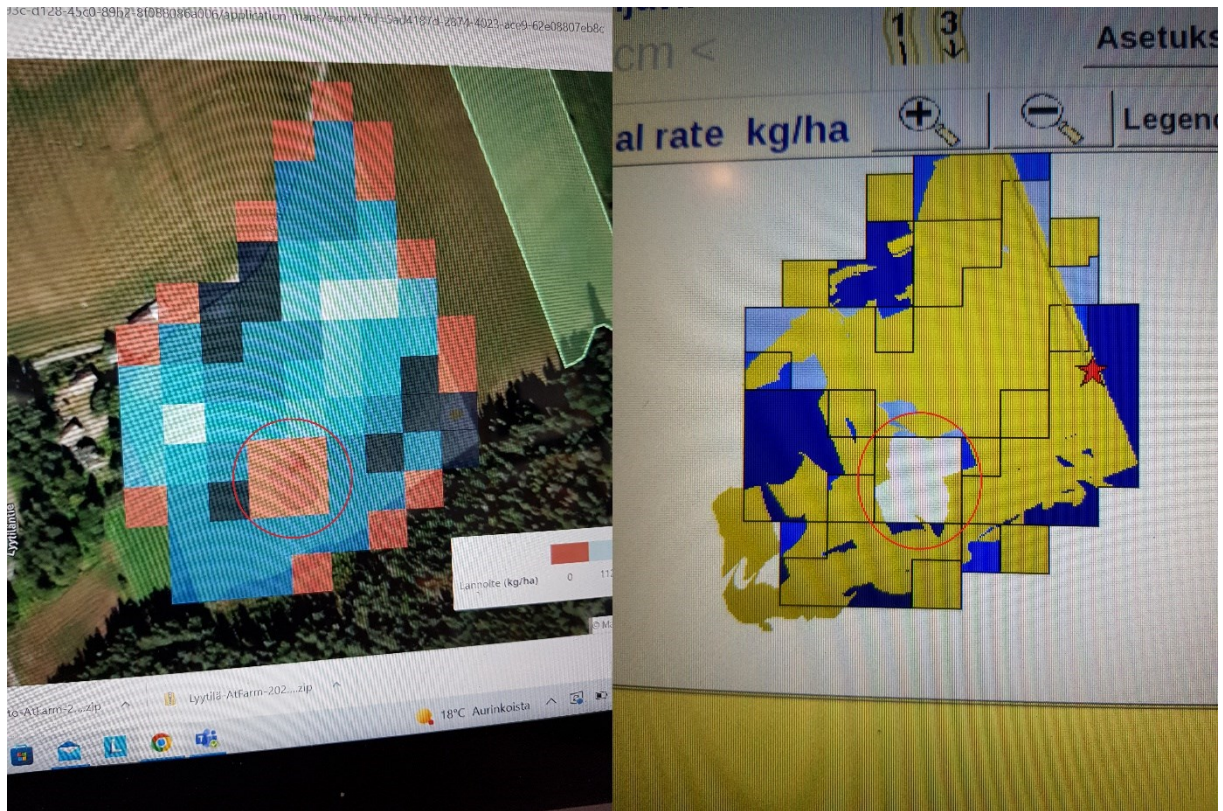
Tulosten perusteella lohkolle menee kartan ilmoittama lannoitemäärä melko tarkasti, mutta sen kohdistaminen ei välttämättä osu täysin oikeisiin paikkoihin.

Kuva 33. Ilmoitettujen kokonaislevitysmäärien ja todellisten levitysmäärien erot lohko kohtaisesti. (Jokela, 2022)



Lyytilä-peltolohkolla sijaitsee kalliosaareke. Saarekkeen levitysmäärä muokattiin kartan tekemisen yhteydessä nollassi, jotta saarekettä ei turhaan lannoiteta. Saareke on kuvassa 34 vasemmalla neljän solun muodostama punainen neliö, josta näkyy saareke hieman läpi. Oikean puoleinen kuva on otettu terminaalista lannoitteen levittämisen jälkeen. Kuvassa lannoittamaton saareke on valkoisella pohjalla, joten siihen ei ole lannoitetta mennyt. Valkoisen ruudun reunojen yli on kuitenkin osittain mennyt hieman lannoitetta kuvan perusteella. Onko lannoitetta todellisuudessa mennyt saarekkeen päälle vai ei? Sen olisi voinut mitata asettamalla laatikot saarekkeeseen, mutta sitä ei ole tehty. Kuvasta nähdään, että lannoitetta on myös mennyt muutamassa kohtaa hieman pellon äärirajojen yli, vaikka levittimen ei pitäisi levittää lannoitetta pellon äärirajojen yli. Todellisuudessa ei kuitenkaan tiedetä, onko lannoitetta mennyt yli ja kuinka paljon. Tavoitekokonaislevitysmäärät kuitenkin täsmäävät erittäin tarkasti punnittuihin lohkon kokonaislevitysmääriin. Pääsääntöisesti kartta kuitenkin näyttää toimineen melko hyvin ja varmasti tarkemmin ja täsmällisemmin, kuin käsikäytöllä olisi pystynyt levittämään. Esimerkiksi saarekkeen lannoittamisen rajaaminen pois käsikäytöllä tarkasti on haastavaa. Sen saa kyllä rajattua, mutta tarkkuus on silmämääräinen.

Kuva 34. Saareke on punaisen ympyrän sisällä molemmissa levityskarttakuvissa. (Jokela, 2022)

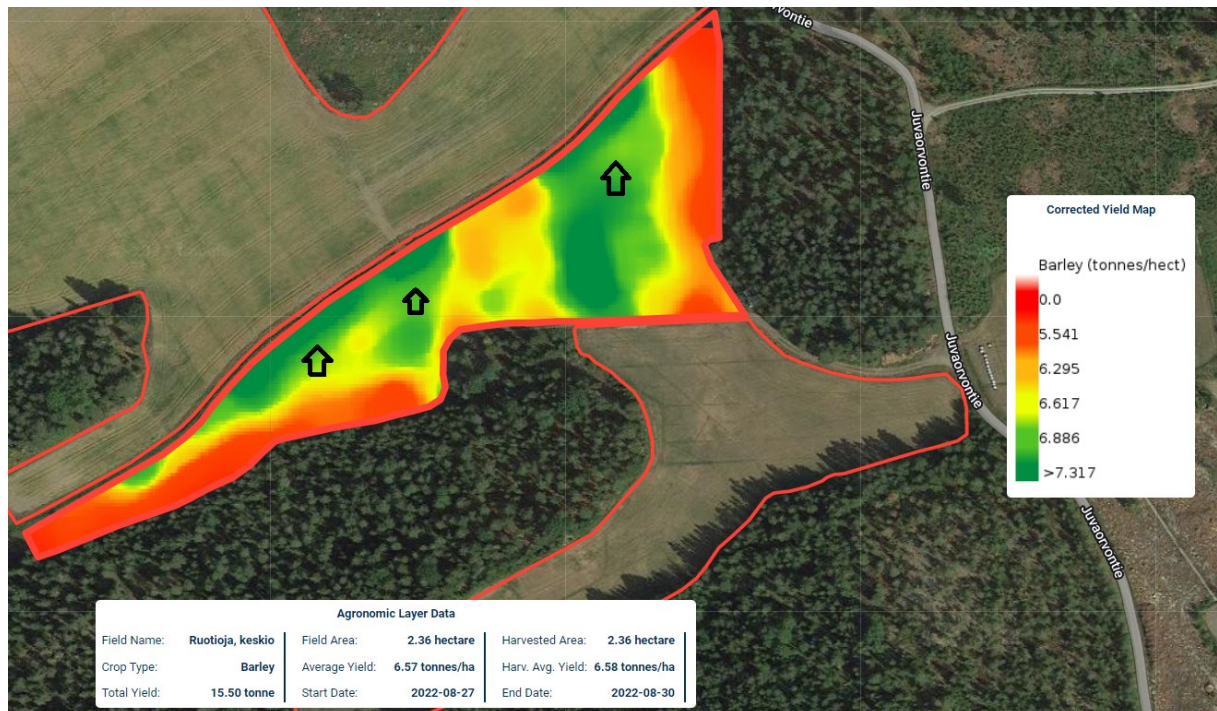


10.4 Lietelantakokeen tulokset

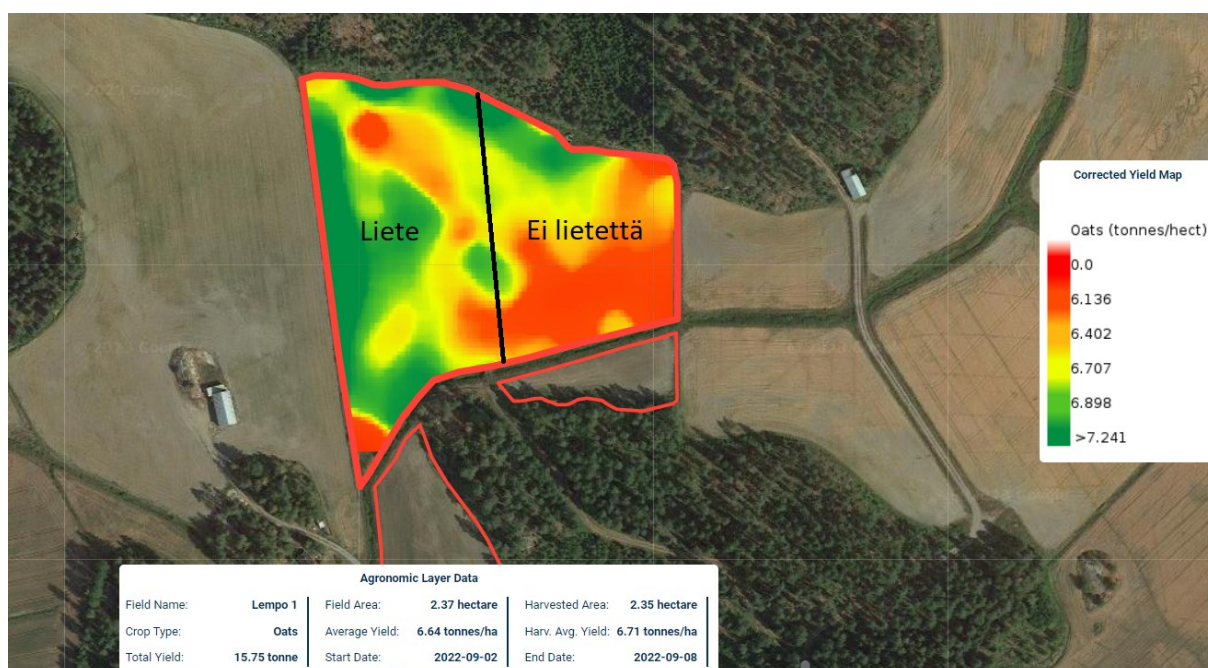
Lietelantakokeissa osa pellosta levitettiin sian lietelannalla ja osa jätettiin levittämättä. Lietelantaa levitettiin 20 kuutiota hehtaarille ja se sisältää 40 kiloa liukoista typpeä hehtaarille. Alkukesästä lietekaistat erottuivat selkeästi sekä nolla- ja yllannoitusruuduissa oli havaittavissa selkeä ero. Lietteestä vapautui typpeä juhannuksen tienoilla, mutta ilman lietettä jäänyt kasvusto oli selvästi typen puutteessa ja N-Tester-mittauksissa typenpuutetta havaittiinkin 30-50 kiloa hehtaarille. Molemmat lohkot lisälannoitettiin ja levitysmääränä oli keskimäärin 30 kiloa typpeä hehtaarille. Lisälannoituksen jälkeen kasvusto alkoi tasottua eikä eroa enää ollut silmin havaittavissa juurikaan. Puintiaikaan kasvustossa ei ollut eroa havaittavissa silmämääräisesti, mutta satokartassa lietekaista näkyy selvästi erityisesti Ruotiojan loholla. Nuolet osoittavat kuvassa 35 lietekaistaa, joka menee peltolohkon reunassa. Lempon loholla vasen puoli sai lietteen ja oikea puoli ei (Kuva 36.). Satomäärässä on eroa satoja kiloja tai jopa tuhat kiloa. Muu kasvusto olisi tuottanut enemmän satoa

suuremmalla lannoituksella. Lisälannoitus tehtiin varovaisesti ja kasvusto olisi tarvinnut enemmän typpeä ja siksi satokin jäi pienemmäksi ja kasvusto epätasaisemmaksi. Liete on tehokas lannoite ja sen vaikutukset ovat selkeästi havaittavissa, mutta lietteen levittäminen lisälannoitukseksi ei ole järkevää, joten rakeinen tai nestemäinen lisälannoitus on hyvä toimenpide tavoiteltaessa suurempaa satoa kasvukauden aikana.

Kuva 35. Nuolet osoittavat lietekaistaa Ruotiojan loholla. (FarmTRX, 2023)



Kuva 36. Lempon lohkon lietekokeen satokartta. (AtFarm, 2023)



10.5 Lannoituksen kannattavuuslaskelmat

Seuraavissa laskelmissa perustellaan jaettua lannoitusta täsmälevityksenä sekä lohkoautomaatiikkaa. Jaetulla lannoituksella jo yksinään voidaan parantaa tulosta, mutta täsmälannoituksella on mahdollista ottaa täysi satopotentiali käyttöön, mikäli muut tekijät sen sallivat. Laskuissa ei ole huomioitu muita tekijöitä, kuin lannoitteen ja sadon arvot. Muita tekijöitä ovat mm. sadon käsittely- ja polttoainekustannukset.

Taulukossa 2. on kuvitteellisesti laskettu optimaalista lannoitusmäärää, eli mikä on kannattavin lannoitusstrategia. Laskuissa on 4 erilaista lannoitusstrategiaa. Ensimmäinen vaihtoehto kuvaa niin sanottua perinteistä menetelmää eli annetaan koko lannoituspanos kylvön yhteydessä. Toinen vaihtoehto on optimaalisin lannoitus kasvukauden ollessa suotuisa. Kolmas vaihtoehto on ylittänyt lannoituksen lisäämisen kannattavuuden rajan. Neljäs vaihtoehto kuvaa kuivaa kasvukautta, jolloin lisälannoitus jätetään tekemättä kuivuuden ollessa kasvua rajoittava tekijä.

Ensimmäinen vaihtoehto on toistaiseksi ainakin Suomessa eniten käytetty. Maahan sijoitetaan paljon, mutta ei oikeaan aikaan eikä oikeaan paikkaan, vaan tasamäärä joka

kohtaan ja osittain liian aikaisin. Sillä menetetään lannoittamisen paras hyöty ja kuormitetaan ympäristöä. Toisessa vaihtoehdossa satotaso on sama kuin ensimmäisessä, mutta lannoitetta käytetään vähemmän. Lannoite sijoitetaan vain oikeisiin paikkoihin ja oikeaan aikaan peltolohkon sisällä. Kolmannessa vaihtoehdossa lannoitetta käytetään reilusti ja se sijoitetaan oikeaan paikkaan sekä oikeaan aikaan, mutta lannoitustaso ylittää satopotentiaalin. Kasvi ei enää pysty hyödyntämään kaikkea saamaansa lannoitetta. Sato on isompi kuin vaihtoehto 2:ssa, mutta sadon arvo ei enää korvaa kasvaneita lannoitekustannuksia. Neljännessä vaihtoehdossa ei ole tavoitteena suuri sato, vaan säästää lannoitekustannuksissa muiden tekijöiden rajoittaessa kasvua, tässä tapauksessa kuivuuden. Kasvustossa ei ole potentiaalia hyödyntää enempää lannoitetta, vaan lannoite kannattaa jättää levittämättä, sillä satovastetta ei ole. Tuotto on silti vain 270€ pienempi kuin ensimmäisessä vaihtoehdossa, jossa lannoitetta käytetään 2200 kiloa enemmän.

Toisessa vaihtoehdossa tuotot ovat 130,5 euroa paremmat hehtaaria kohden kuin ensimmäisessä vaihtoehdossa. Jos pinta-alaa on 100 hehtaaria, se lisää tulosta vuodessa 13 050 euroa.

Vaihtoehtojen tuotot hehtaaria kohden ovat:

1. 792€/ha
2. 922,5€/ha
3. 908,2€/ha
4. 765€/ha

Taulukko 2. Optimaalisen lannoitustavan laskelmia.

Lohkon koko 10ha					
	Lannoitustapa	Vaihtoehto 1.		Vaihtoehto 2.	
	Olosuhteet	Hyvä kasvukausi, täysi lannoitus kylvön yhteydessä		Hyvä kasvukausi, optimaalinen lannoitus jaettuna	
		Lannoitemäärä/ha	Sato /ha	Lannoitemäärä/ha	Sato/ha
Satopotentiaali lohkon eri osissa	3ha 6tn	445	6	225 + 100	6
	2ha 7,5tn	445	7,5	225 + 150 + 75	7,5
	5ha 4tn	445	4	225	4
Lannoitemäärä ja satomäärä / lohko	Yhteensä	4450 kg	53tn	3000kg	53tn
Lannoitteen arvo 900e/tn	Arvot yhteensä	4005	11 925	2700	11 925
Sadon arvo 225e/tn	Tuotto	11 925 - 4005 = 7920€		11 925 - 2700 = 9225€	
	Lannoitustapa	Vaihtoehto 3.		Vaihtoehto 4.	
	Olosuhteet	Hyvä kasvukausi, liiallinen lannoitus jaettuna		Kuiva kasvukausi, vain minimi kylvölannoitus	
		Lannoitemäärä/ha	Sato/ha	Lannoitemäärä/ha	Sato/ha
Satopotentiaali lohkon eri osissa	3ha 6tn	240 + 100 + 80	6,5	225	5
	2ha 7,5tn	240 + 150 + 120	8	225	6,5
	5ha 4tn	225	4	225	3
Lannoitemäärä ja satomäärä / lohko	Yhteensä	3405kg	55,5tn	2250kg	43tn
Lannoitteen arvo 900e/tn	Arvot yhteensä	3064,5	12 487	2025	9675
Sadon arvo 225e/tn	Tuotto	12 487 - 3405 = 9082€		9675 - 2025 = 7650€	

Optimaalisen lannoitustason löytäminen vaatii kasvuston tarkkailua ja typpi- tai lehtivihreäsensorit helpottavat työtä. Sensorit ja mittarit antavat suuntaa antavia viitteitä, mutta viimekädessä viljelijä tekee päätöksen. Suuret satotasot vaativat panostusta oikeassa suhteessa oikeaan aikaan ja paikkaan. Ne vaativat riskinottoa, mutta oikein tehtynä maa tuottaa hedelmää.

Taulukossa 3. on kuvitteellisesti laskettu lannoitteen päällekkäislevitystä, mikäli ruiskutusurien jako ei sovi peltolohkon leveyteen ja käytössä ei ole pintalevittimen lohkojen sulkua. Lohkoja voidaan sulkea myös käsikäyttöisesti ja silmämääräisesti, mutta ilman sijaintitietoa tarkkuus on heikko. Lohkoautomaatiikka hoitaa lohkojen sulkemisen automaattisesti oikeassa kohdassa. Lohkoautomaatiikan hyöty ei ole parhaimmillaan suorakulmion muotoisessa lohossa, mutta laskuun on otettu suorakulmion muotoinen lohko helpomman havainnollistamisen takia. Parhain hyöty lohkoautomaatiikasta saadaan kiilakohdissa.

Peltolohkon pituus on 333 metriä ja leveys 30 metriä eli lohko on noin hehtaarin kokoinen. Ruiskutusurat ovat 16 metrin välein ja levitysleveys on 16 metriä. Ristiinlevitystä tulee koko 333 metrin matkalla 2 metriä, joka tarkoittaa pinta-alassa 0,0666 hehtaaria. Lannoitusmäärä

hehtaarille on 110 kiloa, joten lannoitetta menee ristiin 7,32 kiloa hehtaaria kohden. Mikäli pinta-ala olisi 100 hehtaaria, lannoitetta menisi ristiin 732 kiloa, joka vastaa 900 euron lannoitteen tonnihinnalla 658,80 euroa. Lohkoautomaatiikalla pystytään siis säästämään lannoitekustannuksissa sievoisia summia, riippuen tietysti peltolohkojen muodosta. Lohkoautomaatiikan käyttö ei vaadi viljelijältä muuta panostusta kuin laitteen, paikkatiedon ja lisenssien hankkimisen.

Taulukko 3. Päällekkäislevityslaskelma.

1 hehtaarin suorakulmio peltolohko		
	Metriä	
Lohkon pituus	333	
Lohkon leveys	30	
Ruiskutusurien väli	16	
Leveys - työleveys	30-16	=14m
	16-14	=2m
Ristiin menevä x pituus	2 x 333	666 m2
	=0,0666ha	
Levitysmäärä x päällekkäislevitys ala	110kg x 0,0666ha	
Lannoitetta menee päällekkäin	=7,32 kg/ha	

Kun lasketaan yhteen onnistuneella täsmälannoituksella saavutettu tuoton parannus sekä lohkoautomaatiikan käytöllä säästetty lannoitekustannus, saadaan 100 hehtaarin tilalla yhteissummaksi 13 708,8 euroa. Uuden ISOBUS-pintalevittimen hinta on noin 20 tuhatta euroa riippuen valmistajasta ja varusteista. Lannoitteenlevittimen takaisinmaksuaika jää melko lyhyeksi, mikäli lannoituksen kanssa onnistutaan ja kaikki muutkin tekijät ovat kohdallaan. Huomioon tulee kuitenkin ottaa vielä mahdollisen ISOBUS-terminaalin ja lisenssien kustannukset.

11 Johtopäätökset

ISOBUS-koneen kytkentä traktoriin on yksinkertaista. Se on yksinkertaisempaa kuin tavallisen työkoneen kytkeminen, jossa on oma erillinen ohjainlaite. Vetokoukkuun tai vetovarsiin kytkemisen jälkeen ISOBUS-koneessa riittää yhden johdon, eli ISOBUS-pistokkeen kytkeminen traktoriin eikä erillisten ohjainten kiinnittämisessä tarvitse kuluttaa aikaa. Haastetta ISOBUS-konetta kytkettäessä tuo yhteensopivuusongelmat. ISOBUS-konetta hankittaessa on aina varmistettava, että ISOBUS-terminaali on yhteensopiva työkoneen kanssa. Toinen tärkeä asia on terminaalin päivitys ja tarvittavien lisenssien voimassaolo. Suurin osa uuden ISOBUS-koneen kytkennässä aiheutuvista ongelmista johtuu päivitysten puutteesta. Päivitykset on syytä pitää ajantasalla. Päivitykset voi joutua tekemään merkkikorjaamalla, mikäli terminaali on traktorin oma integroitu terminaali. Universaalin terminaalin saattaa pystyä päivittämään itse.

Kun ISOBUS-pintalevitin on saatu kytkettyä traktoriin ja levityskartat toimimaan, on lannoitteen levittäminen erittäin helppoa ja kuljettajan työskentely vaivatonta. Kuljettaja ajaa traktorin pellolle, kytkee voiman ulosoton päälle, lataa levityskartan terminaaliin ja aloittaa levityksen. Kone hoitaa automaattisesti levityksen päälle- ja poiskytkennän päisteissä ja kiilakohdissa. Mikäli käytössä on vielä automaattiohjaus, voi kuljettaja vapauttaa itsensä traktorin ohjaamisestakin. Kuljettajan tulee kuitenkin olla valppaana jatkuvasti ja seurata mitä kone tekee.

ISOBUS-pintalevittimen hankinta ei ole nykyaikaiselle kehittyvälle tilalle kovin suuri investointi, verrattuna siihen, kuinka paljon hyötyä sillä voidaan saavuttaa. Jaettua lannoitusta voidaan tehdä tavallisellakin pintalevittimellä ilman ISOBUS:ia, mutta ISOBUS-levittimellä ja paikkatiedolla päästään tarkempaan lopputulokseen. Levityskarttoja käytettäessä ISOBUS-pintalevitin toimii tarkasti. Lannoitemäärä säätyy automaattisesti levityskartan mukaan. Mitatut paikkakohtaiset levitysmäärät kuitenkin olivat pienempiä kuin levityskartan ilmoittamat määrät. Kokeen tuloksiin mahdollisesti vaikuttavia muuttuvia tekijöitä on useita. Tuuli saattaa vaikuttaa lannoitteen lentämiseen ja osumiseen laatikkoon ja sitä on vaikea todeta. Parhaiten sitä pystyy välttämään levittämällä tyynellä kelillä. Lannoitteen osuessa laatikkoon osa lannoiterakeista varmasti kimposi pois laatikosta.

Kokeissa kamera asetettiin kuvaamaan laatikkoa ja rakeiden kimpoilu oli helppo havaita videolta. Rakeiden kimpoamista olisi voinut rajoittaa joko syvemmillä laatikolla tai asettamalla laatikon pohjalle kangasta tai vaahtomuovia. Ongelmaksi olisi kuitenkin saattanut tulla lannoitteiden irroittaminen kankaasta tai vaahtomuovista, sillä erityisesti illalla levitettäessä lannoiterakeet alkoivat sulaa hyvin nopeasti ja se vaikeutti lannoitteiden siirtämistä laatikoista maanäyterasioihin.

Levityskartan solujen eli levityskartan kuvassa näkyvien neliöiden koko on 20x20 metriä. Koneella liikkuesssa eteenpäin solusta toiseen, saattaa levitysmäärän muutoksissa olla pieniä viiveitä, jota voi olla vaikea tai mahdoton havaita. Mikäli laatikko on ollut lähellä solun reunaa tai väärässä solussa, saattaa laatikkoon tulla väärä määrä lannoitetta. Solun vaihtuessa lannoitemääräkin muuttuu ikään kuin liu'uttamalla, eikä oikea levitysmäärä ole aivan välittömästi käytössä, vaikka koneen toiminta onkin ripeää. Todetaan tämän levitystarkkuuden olevan kuitenkin riittävä lisälannoituksessa.

Lohkon kokonaislevitysmäärä vastaa levityskartan määrää todella tarkasti, eroa on enintään muutama kymmenen kiloa. Tulosten perusteella levitystarkkuutta voidaan pitää melko luotettavana. Levityskarttojen käytöllä saavutetaan suuri hyöty. Lannoitetta säästyy, päällekkäislevitys minimoidaan, yllannoitus ja ympäristön kuormitus vähenevät ja peltojen satopotentiaali pystytään hyödyntämään tehokkaammin sekä sadosta saadaan tasalaatuisempaa. Pellon reunojen yli tai ojiin lannoittamista voi olla vaikeaa estää täysin, mutta käytettäessä levityskarttoja se pystytään minimoimaan, sillä levityskarttatiedoston mukana tulevat pellon äärirajat, joiden yli lannoitteenlevittimen ei pitäisi levittää automatiikan ollessa päällä. Aina automatiikka ei kuitenkaan täysin toiminut, joten kuljettajan pitää kuitenkin olla tietoinen asiasta ja valmiina katkaisemaan syöttö, mikäli syöttö aukeaa väärässä kohtaa. Pelloista voidaan myös levityskarttojen avulla rajata pois kohtia, joihin ei haluta levittää lannoitetta ollenkaan, esimerkiksi kaivon ympäristö, saareke tai syysviljakasvustossa talven jäljiltä jäänyt aukkopaikka. Tällöin kuljettajan ei tarvitse poiketa ajolinjalta ollenkaan eikä katkaista syöttöä, vaan levitin hoitaa sen itse levityskartan ohjaamana.

Päällekkäislevitys minimoidaan paikkatietoon perustuvalla lohkoautomaatiikalla. Levitin siis tietää, mihin on jo levitetty, eikä levitä enää siihen uudestaan. Ilman lohkoautomaatiikkaa silmämääräisesti päällekkäislevitystä tulee melko varmasti tai mikäli päällekkäislevitys vältetään, jää levitykseen välipaikka. Automaattinen päisteenhallinta avaa ja katkaisee lannoitteen syötön juuri oikeaan aikaan lähdetessä päisteestä liikkeelle tai tultaessa päisteeseen. Avaus- ja sulkemisajankohdan laskeminen perustuu koneen säätöihin ja tehtaalla mitattuihin lannoitteen lento-ominaisuuksiin. Kuljettajan ei enää tarvitse miettiä, koska on oikea ajankohta avata syöttö. Silmämääräisesti oikean etäisyyden arviointi on haastavaa ja usein se aiheuttaa päällekkäislevitystä tai välipaikan päisteeseen.

Pintalevitin on melko monipuolinen työkone tilalla. Pintalevittimellä voidaan lannoitteen levittämisen lisäksi esimerkiksi hajakylvää syysviljoja, kerääjäkasveja ja piensiemeniä tai täsmälevittää rakeistettua maanparannuskalkkia. Kevätviljojen kylvöäkin voidaan pintalevittimellä tehdä, mutta itämisen kanssa saattaa olla vaikeuksia, mikäli kevään olosuhteet ovat kuivat. Myös metsän lannoitus on periaatteessa mahdollista pintalevittimellä.

Paras tapa luoda levityskarttoja esimerkkitalalle on satelliittikuvaan perustuva levityskartta. Dronelevityskarttoja on liian työlästä tehdä koko levitysalalle ja kasvustosensori on liian kallis hankinta käyttöasteeseen nähden, ainakin toistaiseksi.

Jaettu lannoitus täsmälevityksenä otettiin tilalla pysyvästi käyttöön kokeiden perusteella ja tilalle hankittiin ISOBUS-pintalevitin. Täsmälannoituksella tehostetaan lannoitteiden käyttöä kohdistamalla lannoite oikeisiin kohtiin pellolle, mutta ei pidä unohtaa maan kasvukunnosta huolehtimista, sillä kasvukunnolla on suuri merkitys pellon satoisuuteen. Täsmälannoitus vaatii viljelijältä perehtymistä ja mielenkiintoa asiaan sekä kasvuston seurantaan kasvukauden aikana, jotta lisälannoitus voidaan suorittaa oikeaan aikaan.

Tiusanen (2021) kiteyttää täsmäviljelyn mahdollisuudet seuraavasti: ”Viljelyä ei koskaan voida tyhjentää kaikista ympäristövaikutuksista, mutta täsmäviljely voi minimoida haitat. Samalla syntyy digitaalista aineistoa haasteiden ratkomiseen.”

Lähteet

Agritek. (11. 02 2022). *Ensimmäistä automaattiohjausta ostamassa*. Noudettu osoitteesta

<https://www.agritek.fi/ajankohtaista/ensimm%C3%A4ist%C3%A4-automattiohjausta-ostamassa>

Agritek. (16. 11 2022). *Lannoiterakeiden sijoittaminen oikeaan paikkaan tuo selvää säästöä!*

Noudettu osoitteesta https://www.agritek.fi/kverneland/ajankohtaista/kannattaako-hankkia-geocontrol-ja-geospread-0?utm_medium=email&_hsmi=241378212&_hsenc=p2ANqtz-9-tl56q1dF5h7JoKxM2wsr30qMFK5zE9VSOCePRiUMUOBHejDXkxkrr6dt_QttCgdATPAi0_U9uu7FeQMj1mNi8PSfzg&utm_content=24137821

AtFarm. (12 2022). *Miten voin käyttää biomassakarttoja kasvuston kehityksen seurantaan?*

AtFarm. (2023). *Levityskartta*. Noudettu osoitteesta

<https://www.yara.fi/lannoitus/tyokalut/atfarm/>

Case IH. (n.d.). *AFS Pro 700*. Noudettu osoitteesta

<https://www.caseih.com/northamerica/en-us/products/advanced-farming-systems/displays/afs-pro-700>

Daylight, L. (19. 03 2021). *Virheilmoitukset, polttimonvalvonta ja canbus*. Noudettu

osoitteesta <https://www.lumendaylight.fi/valoblogi/virheilmoitukset-polttimonvalvonta-ja-canbus/>

Digimaatalous. (27. 11 2020). *Määränsäätöautomaatiikka täsmäviljelyssä*. Noudettu

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

Digimaatalous.fi. (29. 09 2020). *ISOBUS-järjestelmä maataloudessa*. Noudettu osoitteesta

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

DigiMaatalous.fi. (09. 11 2020). *Satokartoitus leikkuupuinnissa*. Noudettu osoitteesta

<https://www.digimaatalous.fi/satokartoitus-leikkuupuinnissa/>

Farmit. (03. 07 2012). *Lannoituksen jakaminen*. Noudettu osoitteesta

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

Farmit. (02. 02 2017). *Yleistyvä täsmäviljely alentaa viljelykustannuksia*. Noudettu

osoitteesta <https://www.farmit.net/kasvinviljely/2017/02/02/yleistyva-tasmaviljely-alentaa-viljelykustannuksia>

- Farmit. (25. 10 2019). *Katse kohti satokarttoja - ja tulevaisuutta*. Noudettu osoitteesta <https://www.farmit.net/kasvinviljely/2019/10/25/katse-kohti-satokarttoja-ja-tulevaa-kasvukautta>
- FarmTRX. (2023). *Satokartta*. Noudettu osoitteesta <https://www.farmtrx.com/>
- FINLEX. (23. 01 2023). *Suomen säädöskokoelma. Valtioneuvoston asetus ympäristökorvauksesta. s. 8*. Noudettu osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/kokoelma/2023/sk20230078.pdf>
- Hankkija. (ei pvm). *ISOBUS-Toiminnallisuudet*. Noudettu osoitteesta <https://www.hankkija.fi/tyokoneet/ajankohtaista/ia-isobus-toiminnallisuudet-2030262/>
- Konepörssi. (16. 09 2016). *Täsmäviljelyä Trimblen kanssa*. Noudettu osoitteesta <https://koneporssi.com/maa-ja-metsatalous/tasmaviljelya-trimblen-kanssa/>
- Koneviesti. (02. 02 2017). *Työkaluja Isobuis-väylää varten - Tarkasta yhteensopivuus*. Noudettu osoitteesta <https://www.koneviesti.fi/tekniikkaa-tietoa/artikkeli-1.176697>
- Koneviesti. (11. 01 2018). *Väylät koetuksella - Traktoreiden tuottama ISOBUS-tieto*. Noudettu osoitteesta <https://www.koneviesti.fi/traktorit/artikkeli-1.220426>
- Koneviesti. (25. 02 2021). *Työkoneen lohkoautomaatiikka*. Noudettu osoitteesta <https://www.koneviesti.fi/paakirjoitus/7c1ef880-b154-5a72-8560-fbf6bc64c18c>
- Korhonen, T. (Syyskuu 2009). *AJONEUVOJEN TIEDONSIIRTOVÄYLÄT*. [opinnäytetyö, Mikkelin Ammattikorkeakoulu]. Mikkeli. Noudettu osoitteesta <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/4383/Ajoneuvojen+tiedonsiirtovaylat+Teppo+Korhonen.pdf?sequence=1>
- Käytännön Maamies. (04 2019). *Täsmäviljelyoppia Hollannista*. Noudettu osoitteesta <https://kaytannonmaamies.fi/share/23699/f72135>
- Luke. (n.d.). *Maatalousinfo*. Noudettu osoitteesta Typpitaselaskuri: <https://maatalousinfo.luke.fi/fi/laskurit/nitrogenbalance>
- Maanmittauslaitos. (n.d.). *Satelliittipaikannus*. Noudettu osoitteesta <https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/teematietoa/satelliittipaikannus>
- Maaseudun Tulevaisuus. (10. 06 2022). *Jaettu lannoitus on hyvä keino hallita riskejä - yleistyneet nyt, kun lannoitteet ovat hinnoissaan*. Noudettu osoitteesta <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/maatalous/43749496-9913-4fdb-a2ab-5a257e43346e>

- Maatilan Pellervo. (n.d.). *Paikkakohtainen typpilannoitus on nyt helppoa*. Noudettu osoitteesta https://www.pellervo.fi/maatila/mp11_09/senso.htm
- NHK. (n.d.). *Jaettu lannoitus parantaa sadon laatua ja viljelyn kannattavuutta*. Noudettu osoitteesta <https://www.nhk.fi/ajankohtaista/jaettu-lannoitus-parantaa-sadon-laatua-ja-viljelyn-kannattavuutta/>
- ProAgria. (2018). *TEHOA TYPPILANNOITUKSEEN - JAETTU LANNOITUS*. Noudettu osoitteesta https://etela-suomi.proagria.fi/sites/default/files/attachment/toimintamalli_typen_jaettu_lannoitus_0.pdf
- Rauch. (15. 10 2012). *RAUCH GPS Control - Animation | Rauch Landmaschinenfabrik GmbH*. Noudettu osoitteesta <https://www.youtube.com/watch?v=TMR1ln9eXQ>
- Rauch. (n.d.). *AXIS M EMC + (W) ISOBUS . SETS NEW STANDARDS*. Saksa.
- Rauch. (n.d.). *AXIS PROFESSIONAL SPREADERS. EMC: Electronical Massflow Control*. Saksa.
- Rauch. (n.d.). *GAPSPREAD: SECTION CONTROL TO PERFECTION*. Noudettu osoitteesta <https://rauch.de/en/company/news/translate-to-english-gapspread-section-control-in-perfektion.html>
- Rauch. (n.d.). *SPEED SERVOS. MORE PRECISE WITH SPEED SERVOS ON HEADLANDS*. Saksa.
- Rauch. (n.d.). *URAA UURTAVAA TARKKUUTTA*. Noudettu osoitteesta <https://www.turunkonekeskus.fi/media/tiedostot/esitteet/rauch-axis.pdf>
- Ruokatieto. (n.d.). *Lannoitus*. Noudettu osoitteesta <https://www.ruokatieto.fi/ruokakasvatus/ruokaketju-ruuan-matka-pelloilta-poytaan/maatilalla-kasvatetaan-ruokaa/viljelytoimet/lannoitus>
- Ruokavirasto. (17. 02 2023). *Tiivistelmä: ympäristökorvaus 2023*. Noudettu osoitteesta <https://www.ruokavirasto.fi/tuet/maatalous/peltotuet/ymparistokorvaus/ymparistokorvauksen-sitoumusehdot/ymparistokorvauksen-sitoumusehdot-2023/>
- Suomen maatalousautomaatio ry. (24. 11 2020). Noudettu osoitteesta https://www.maatalousautomaatio.fi/wp-content/uploads/2020/11/Isobus_Perusteet_1_AAF.pdf
- Suomen Maatalousautomaatio ry, Luonnonvarakeskus. (24. 11 2020). *Isobus perusteet 2020, osa 1*. Noudettu osoitteesta https://www.maatalousautomaatio.fi/wp-content/uploads/2020/11/Isobus_Perusteet_1_AAF.pdf

- Tiusanen, J. (10. 02 2021). *Maaseudun Tulevaisuus*. Noudettu osoitteesta Täsmäviljelylle kuuluvat vastaavat tuet kuin luomutuotannolle:
<https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/mielipide/bc9b69ce-d7ae-5234-86f2-c84eb49d876e>
- Turun Konekeskus. (1. 11 2021). *Rauch EMC 2 - automaattinen annostelulaite*. Noudettu osoitteesta <https://www.youtube.com/watch?v=Uh3VfLSeB88&t=99s>
- Turun Konekeskus. (n.d.). *Rauch Axis M -lannoitteenlevittimet*. Noudettu osoitteesta <https://www.turunkonekeskus.fi/tuotteet/maatalouskoneet/kylvo-ja-lannoituskoneet/rauch-axis-m-lannoitteenlevittimet.html>
- Turun Konekeskus Oy. (n.d.). *Yritysesittely*. Noudettu osoitteesta <https://www.turunkonekeskus.fi/yritys.html>
- Yara. (n.d.). *Atfarm - tee täsmälannoitus tilallasi helpommaksi*. Noudettu osoitteesta <https://www.yara.fi/lannoitus/tyokalut/atfarm/>
- Yara. (n.d.). *Ravinteet*. Noudettu osoitteesta <https://www.yara.fi/lannoitus/ravinteet/>
- Yara. (n.d.). *Yara N-Sensor*. Noudettu osoitteesta <https://www.yara.fi/lannoitus/tyokalut/yara-n-sensor/>
- Yara. (n.d.). *Yara N-Tester BT*. Noudettu osoitteesta <https://www.yara.fi/lannoitus/tyokalut/n-tester/>
- Ympäristökioski. (n.d.). *Ympäristön hoidon toimenpiteet. 2. Ravinteiden tarkennettu käyttö. 2.5 Täsmälannoitus*. Noudettu osoitteesta <https://www.ymparistokioski.fi/ymparistonhoidon-toimenpiteet/ravinteiden-tarkennettu-kaytto/tasmalannoitus>

Liite 1: Määränsäätökartan tuontiohje Case IH AFS Pro 700 terminaaliin

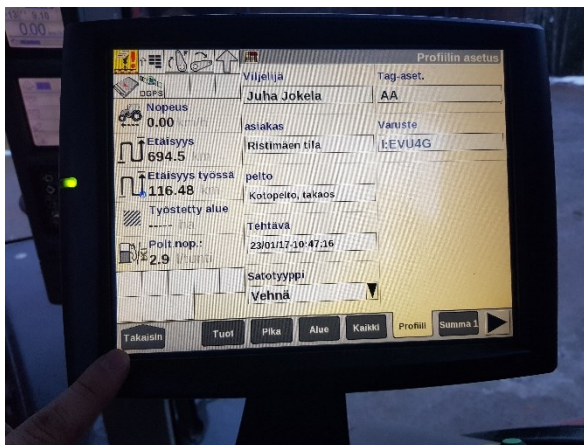
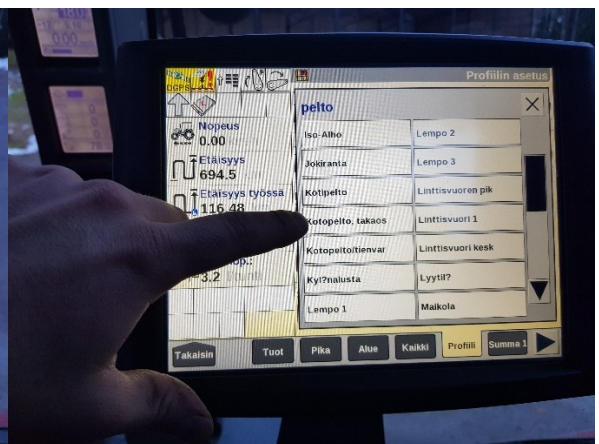
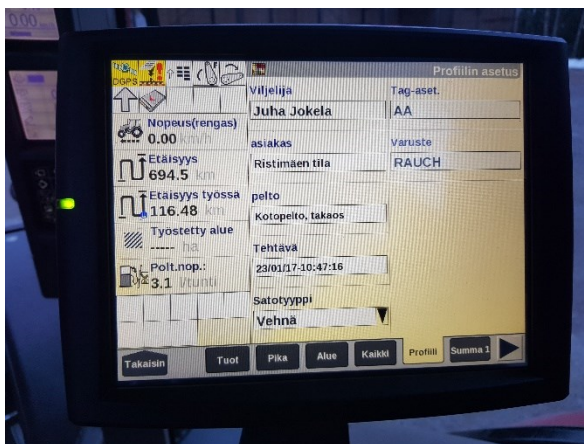
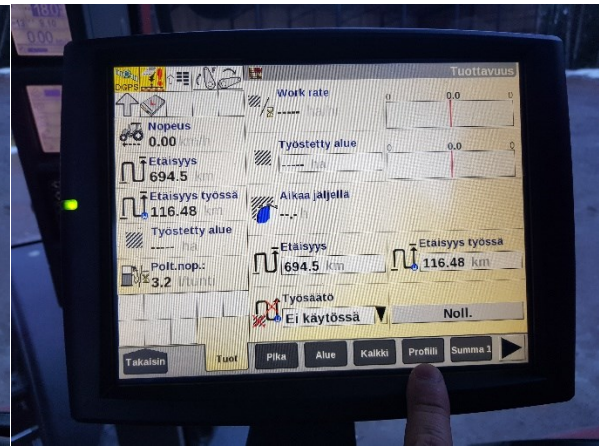
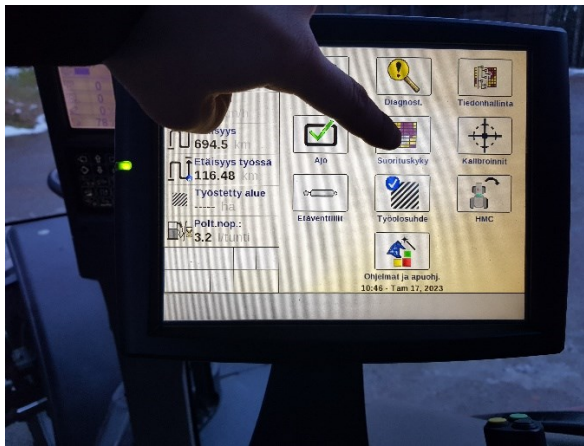
1. Lataa määränsäätökartan tehtävätiedosto Shapefile muodossa tietokoneelle.
2. Luo muistitikulle uusi kansio ja nimeä se "Shapefile".
3. Pura levityskartan zip-tiedosto luomaasi Shapefile-kansioon.
4. Irroita muistitikku koneesta turvallisesti ja kytke se ISOBUS-terminaaliin virran ollessa pois kytkettynä.



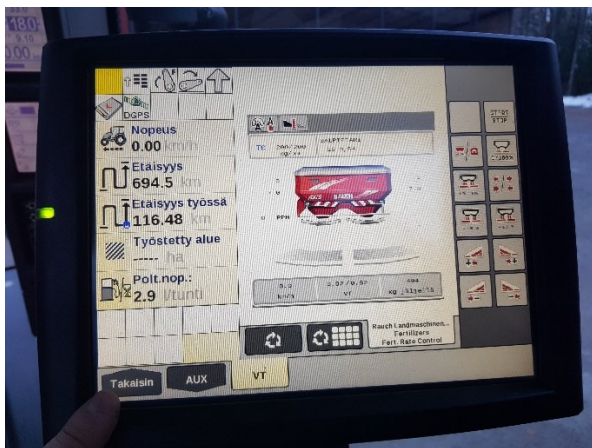
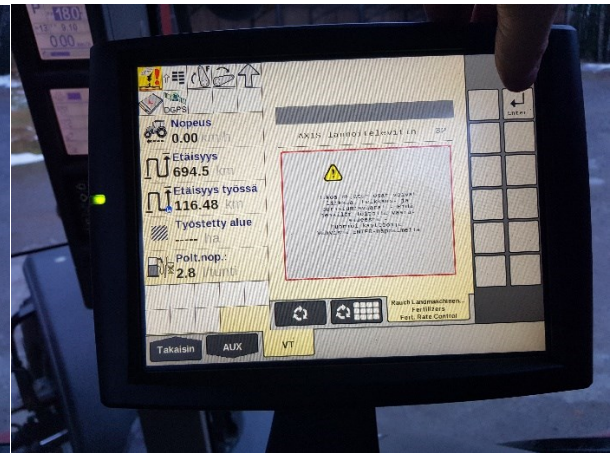
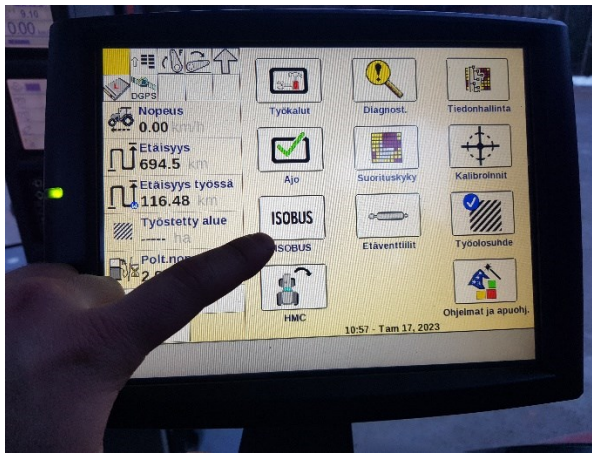
5. Kun tikku on kytketty, kytke virta ja käynnistä traktori.



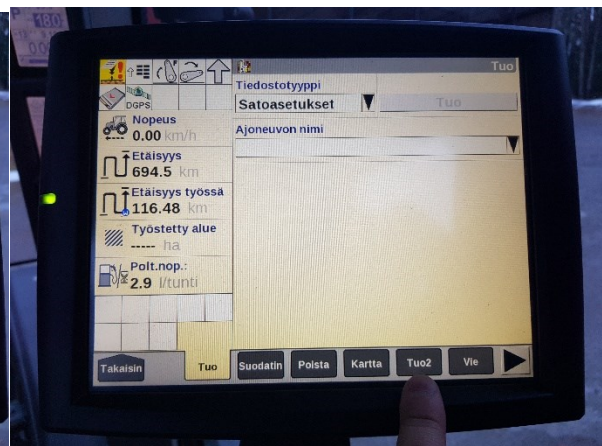
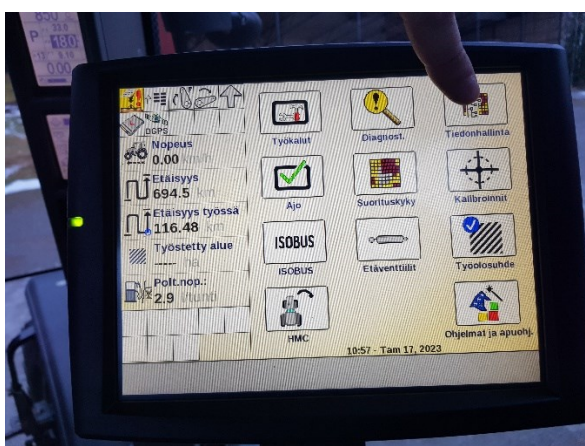
6. Valitse Suorituskyky -> Profiili ja valitse oikeat viljelijä, asiakas ja pelto, jonne kartta halutaan viedä. Mikäli pellon valinta ei onnistu, kytke TC päälle ja/tai pois päältä ja yritä uudestaan (TC välilehti löytyy Työkalut valikosta ja kielekkeeltä TC. Vasemmassa alareunassa on ruutu TC, tehtävän tila). Kun kaikki tiedot on asetettu oikein, paina takaisin.

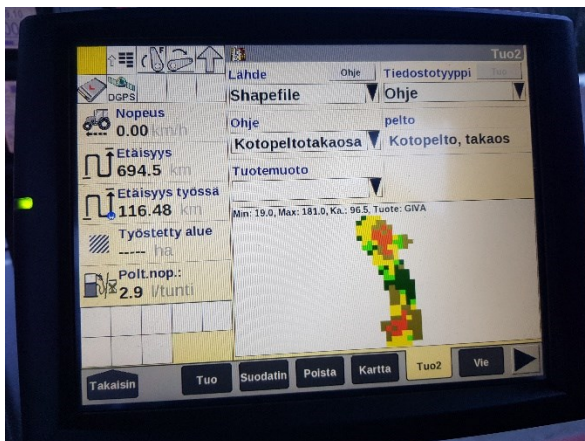
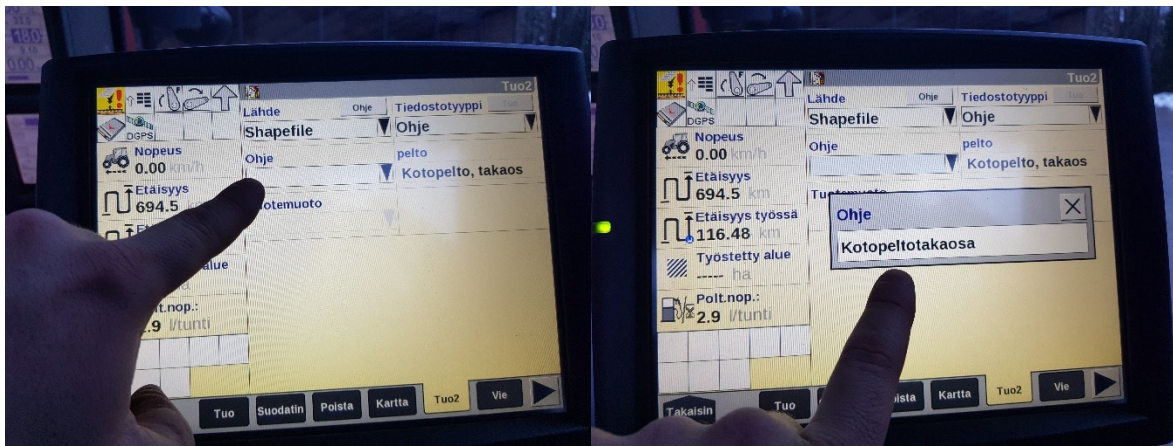


7. Avaa ISOBUS-terminaali ja aktivoi työkonetta käyttäen varoitukset yms ja terminaalin käyttökuva tulee näkyviin. Lopuksi paina takaisin.

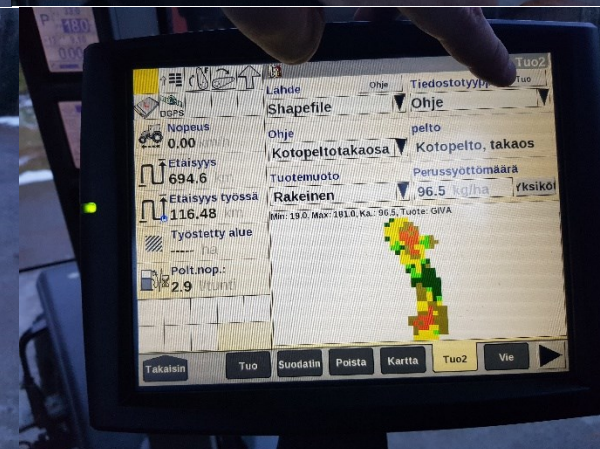
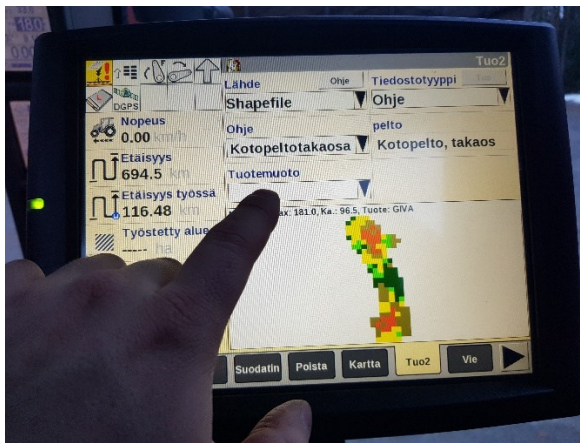


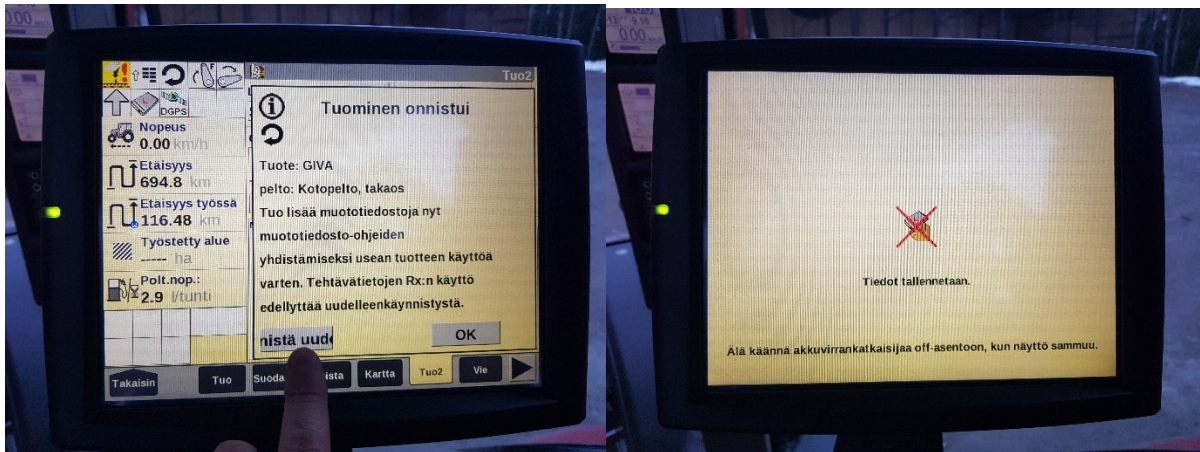
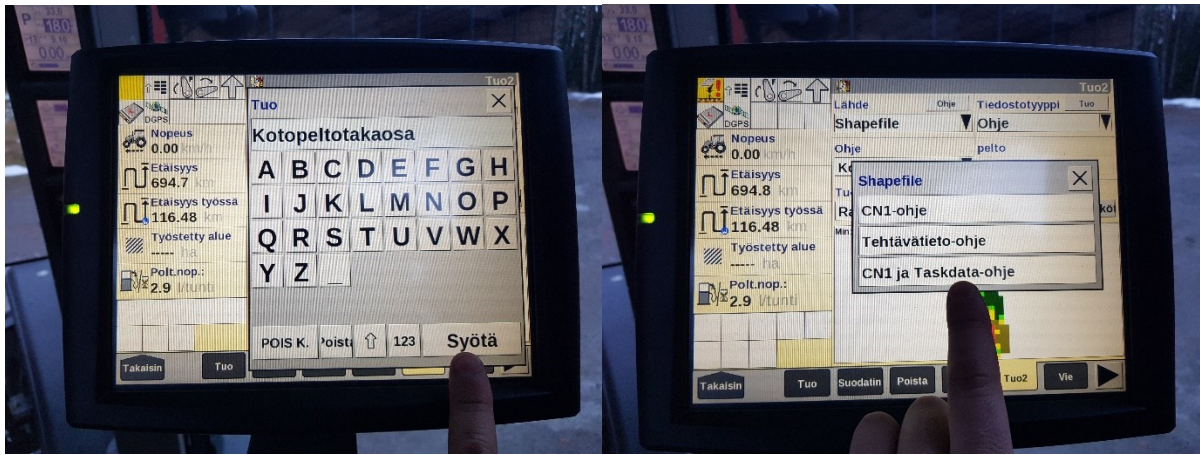
8. Mene Tiedonhallinta valikkoon ja valitse Tuo2 kieleke. Sieltä lähteeksi Shapefile, Tiedostotyyppi Ohje, Ohjeesta haluttu karttatiedosto (Nimetty kartan teon yhteydessä) jonka valittuasi kartta ilmestyy näkyville. Varmista myös vielä, että pelto on oikea!





9. Valitse vielä tuotemuodoksi haluttu, esim rakeinen lannoitettaessa. Viimeiseksi Perussyöttömäärä kohdassa paina Yksiköt kohdasta ja valitse kg/ha. Sen jälkeen perussyöttömäärä ruutuun ilmestyy kartan teon yhteydessä määrätty keskimääräinen syöttömäärä. Viimeiseksi paina oikeasta ylänurkasta Tuo. Aukeaa näppäimistö, johon voit nimetä tuotteen eli karttatasot. (Nimi voi olla jo valmiiksi oleva, kunhan tiedät itse mikä kuuluu mihinkin peltoon). Paina syötä nimen kirjoitettua. Aukeaa Shapefile valikko, josta valitse CN1 ja Taskdata-ohje. Aukeaa ilmoitus, jossa ilmoitetaan että tuominen onnistui. Paina oikeasta alakulmasta käynnistä uudelleen, jolloin näyttö sammuu ja käynnistyy uudelleen ja kartta aktivoituu.

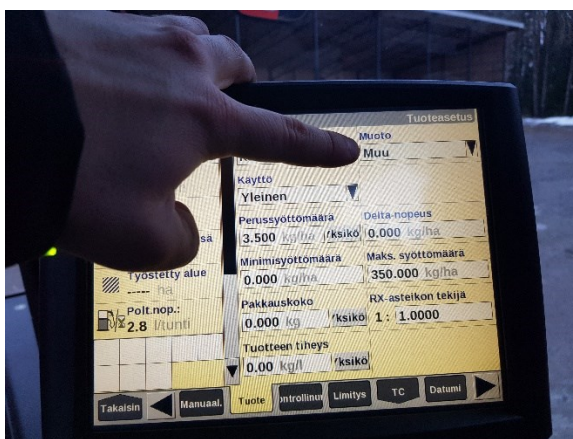
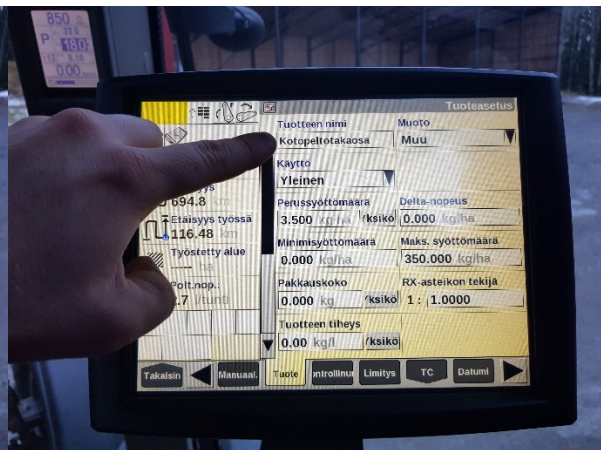
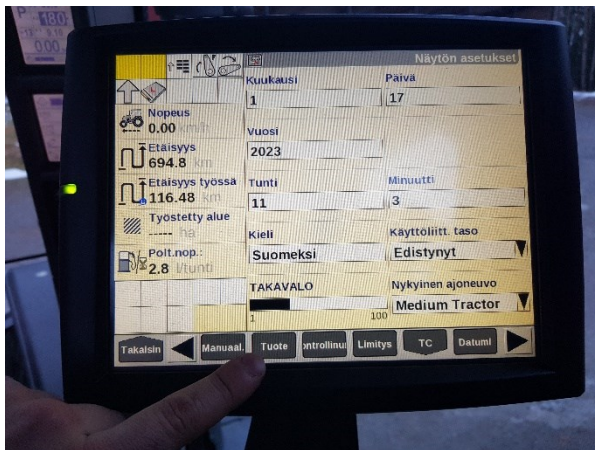
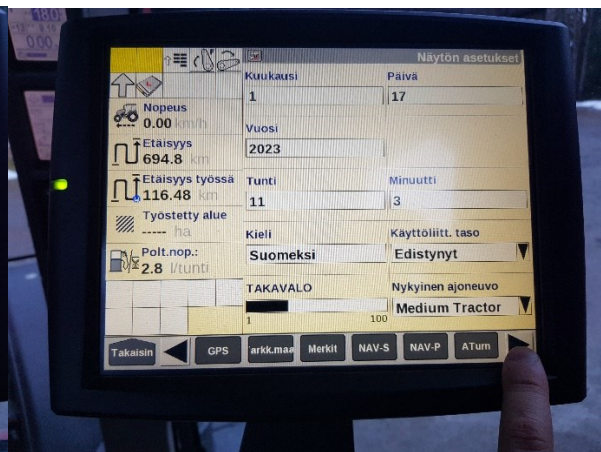
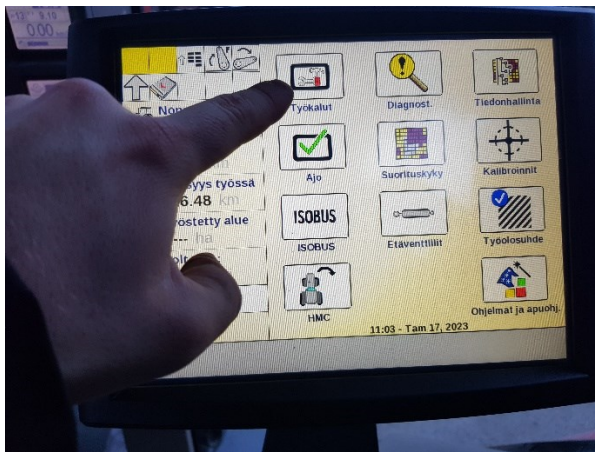


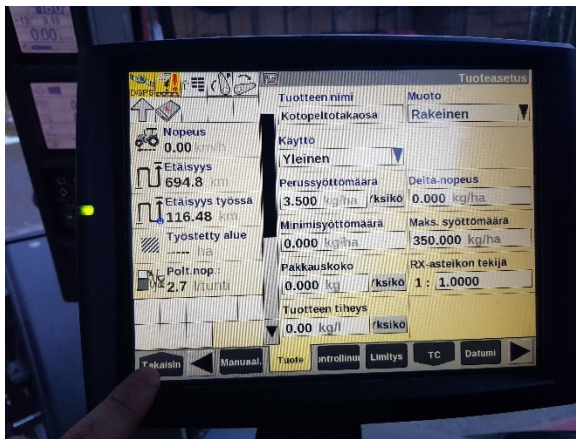


10. Näytön käynnistyttyä kuittaa hälytykset ja aktivoi ISOBUS-työkone uudelleen kuittaamalla varoitukset ja hälytykset ISOBUS-käyttökuvassa.

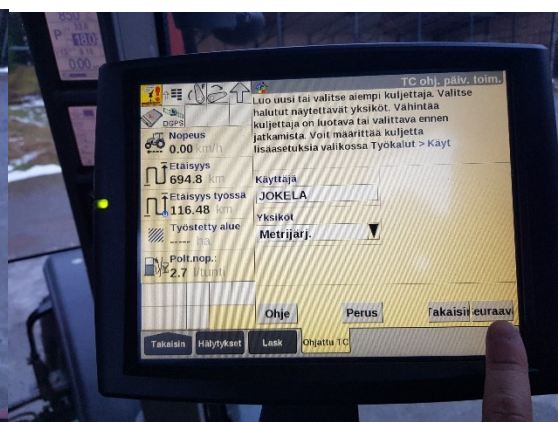
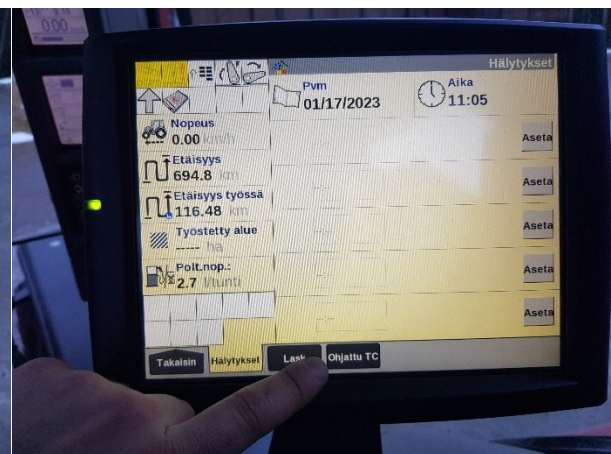
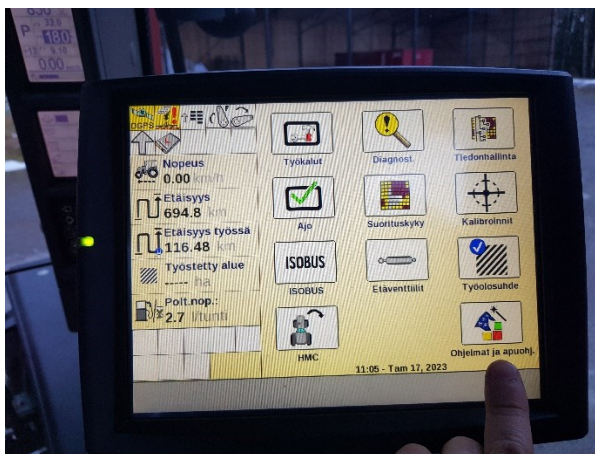


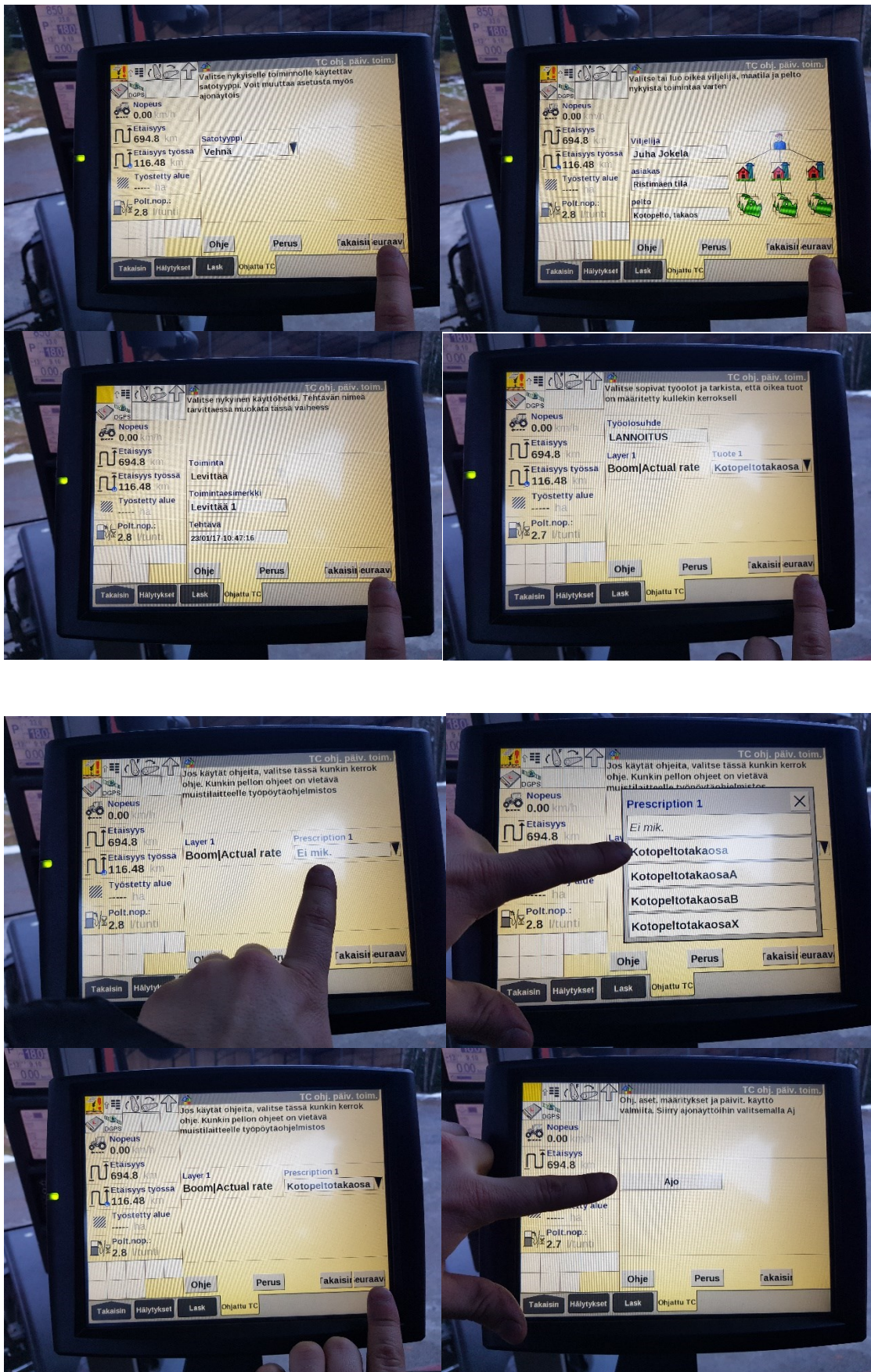
11. Mene Työkalut valikkoon. Valitse Tuote kieleke ja valitse kohtaan Tuotteen nimi tuomasi tuote ja muodoksi rakeinen.



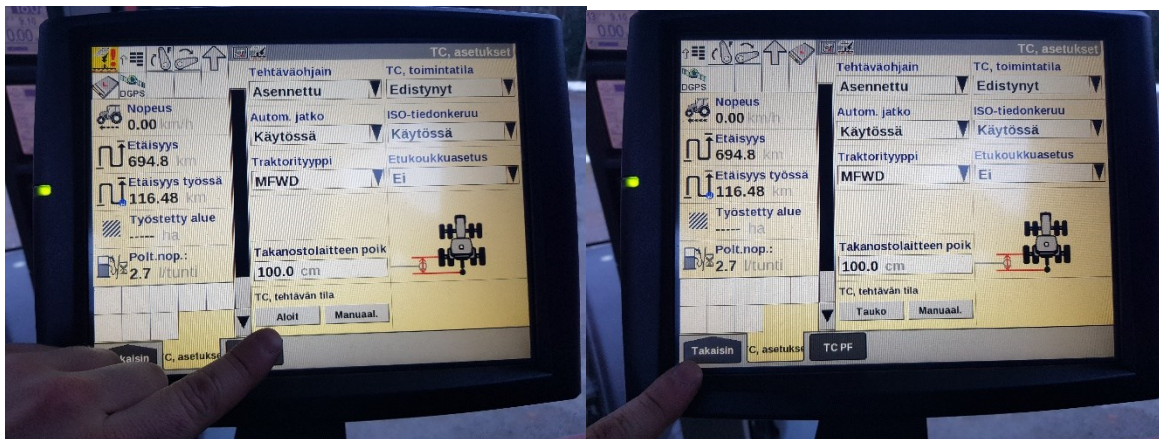
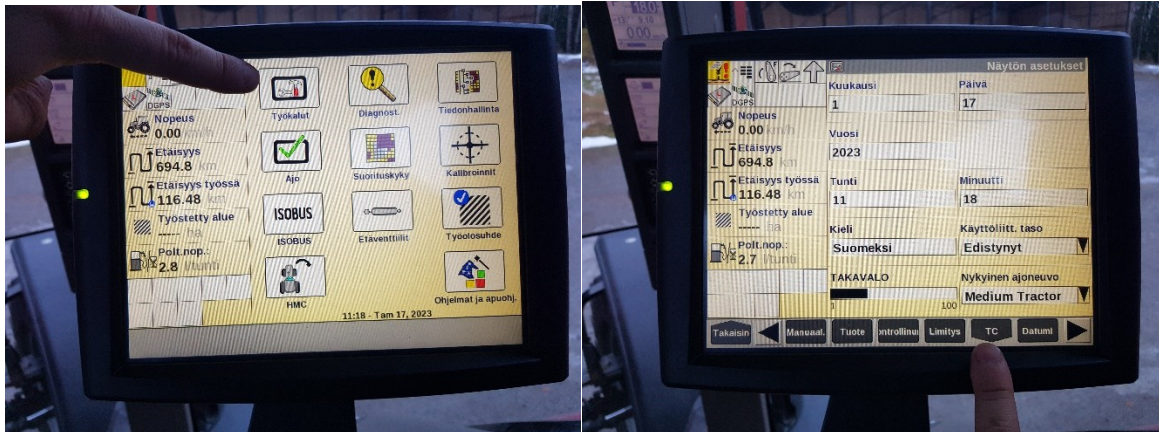


12. Avaa Ohjelmat ja apuohjelmat valikko. Alhaalta ohjattu TC kieleke. Valitse päivittäinen käyttö ja käy järjestyksessä valikot läpi ja varmista, että tiedot ovat oikein. Siirry eteenpäin painamalla Seuraava. Tuote 1. kohtaan valitse tuomasi tuote ja Prescription 1 kohtaan tuomasi tuote. Viimeiseksi paina Ajo.

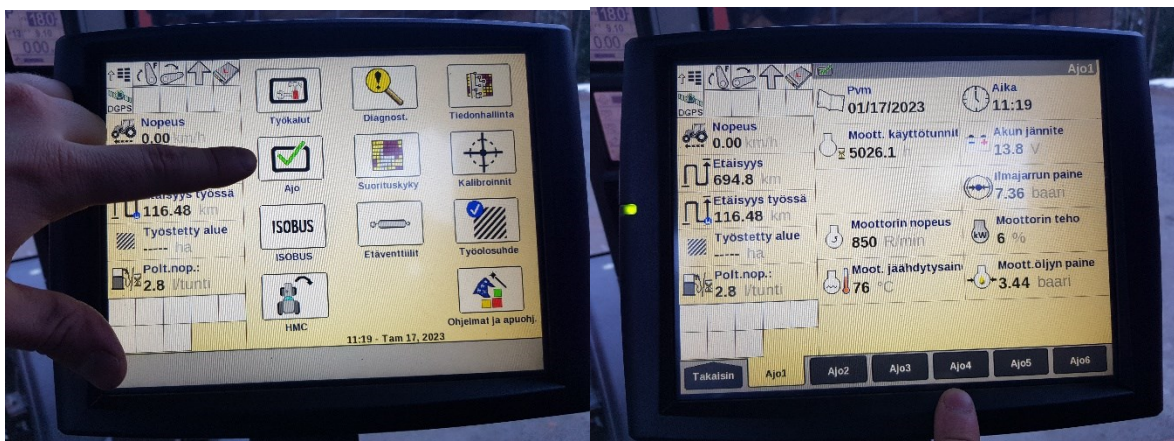


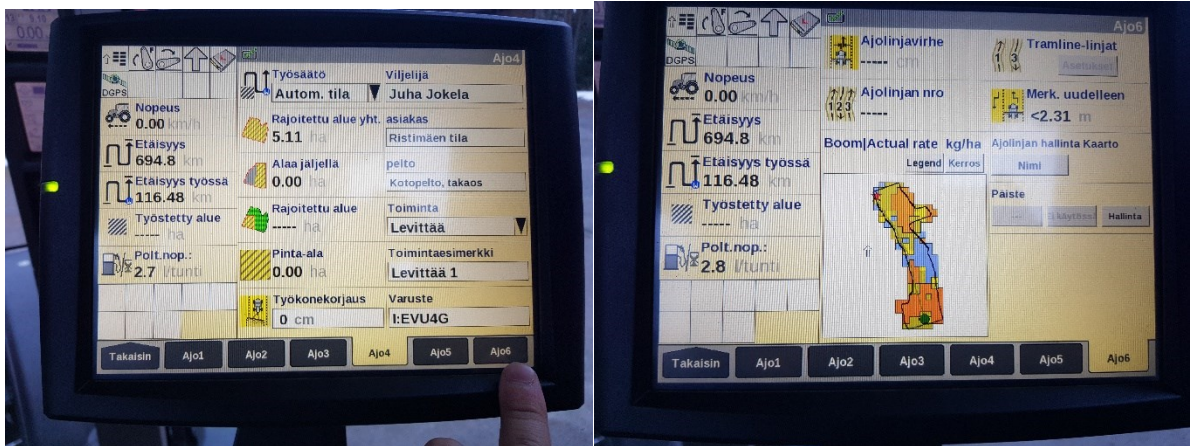
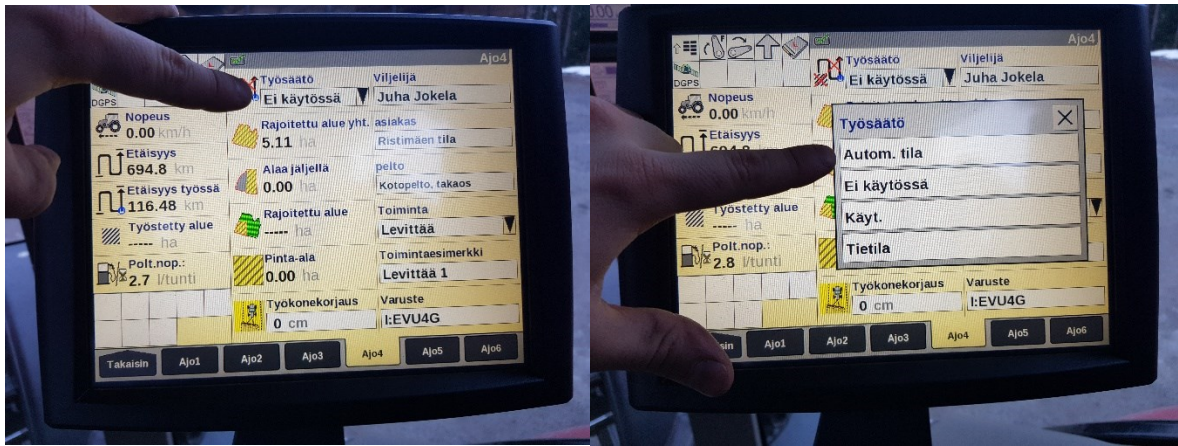


13. Mene TC valikkoon ja aloita TC tehtävä. Mikäli tehtävän aloittaminen ei onnistu eikä reagoi painallukseen, odota hetki ja yritä uudelleen.



14. Avaa Ajo valikko ja kytke työsuojäätö Autom. tila kohtaan ja mene kielekkeelle Ajo6. Kartassa näkyy levityskartta. Mikäli värit eivät näy, paina kartan oikeasta yläkulmasta Kerros ja kohdasta Rx- tyyli, valitse väri. Legend kohdasta näet värien selitykset levitysmäärinä.

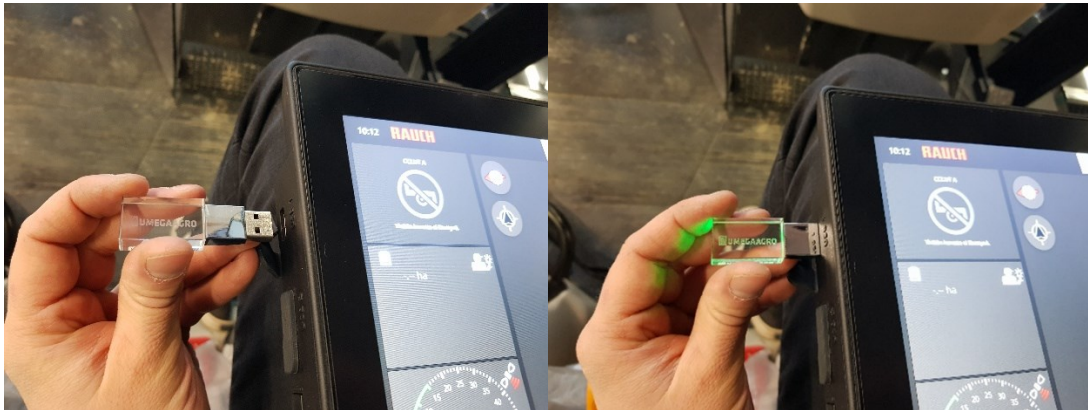




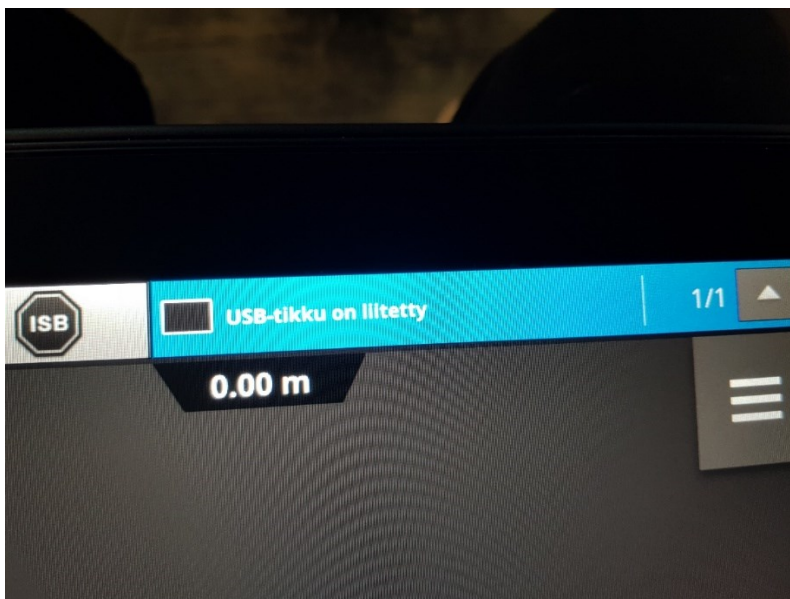
15. ISOBUS-käyttökuvarissa näkyy A-kirjaimet levitysviuhkan molemmiin puoliin, kun automaattitoiminto on päällä (Rauch)

Liite 2: Määränsäätökartan tuontiohje Rauch CCI 1200 terminaaliin

1. Määränsäätökartan toiminnan edellytyksenä on Task Control- lisenssin voimassaolo ja Task Control tulee olla kytkettynä päälle. Määränsäätökartta tulee olla Shapefile tai ISO XML muodossa.
2. Määränsäätökartta on ladattuna muistitikulle ja kytketään muistitikku terminaaliin.



3. Terminaali tunnistaa tikun.



4. Avataan CCI Control eli Task Controller- sivu.



5. Valitaan 3 palkkia oikeasta yläkulmasta.



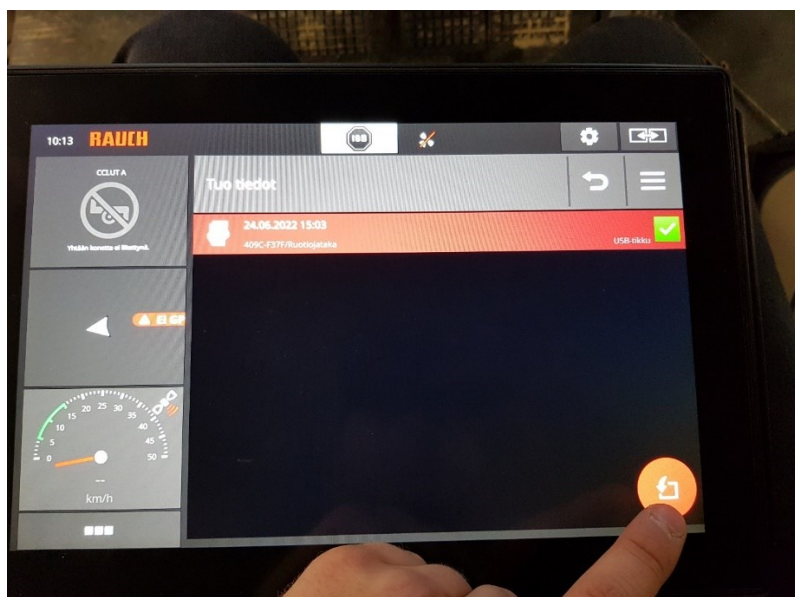
6. Painetaan "Tuo" painiketta.



7. Terminaali löytää tikulla olevat tiedostot, valitaan haluttu tehtävätiedosto.



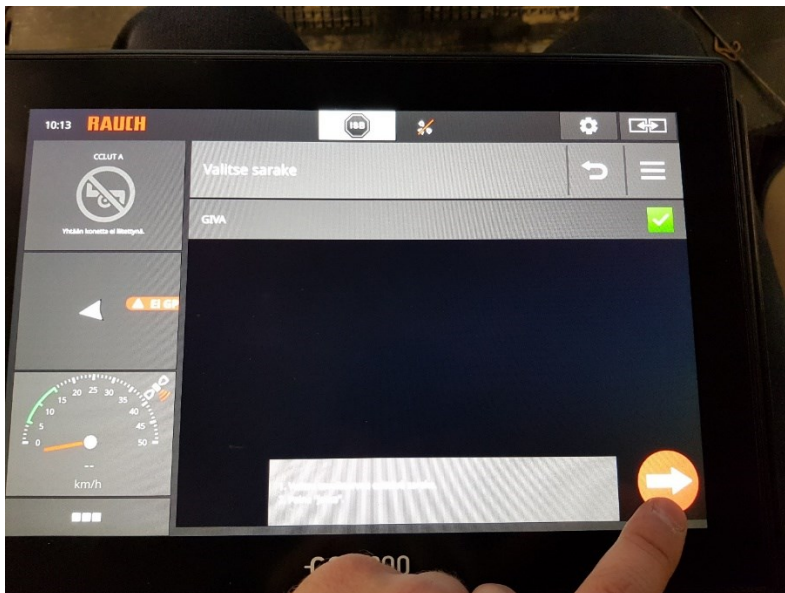
8. Painetaan punaista painiketta oikealta alakulmasta.



9. Valitaan sovelluskartta.



10. Kuitataan oikealta alhaalta nuolella.



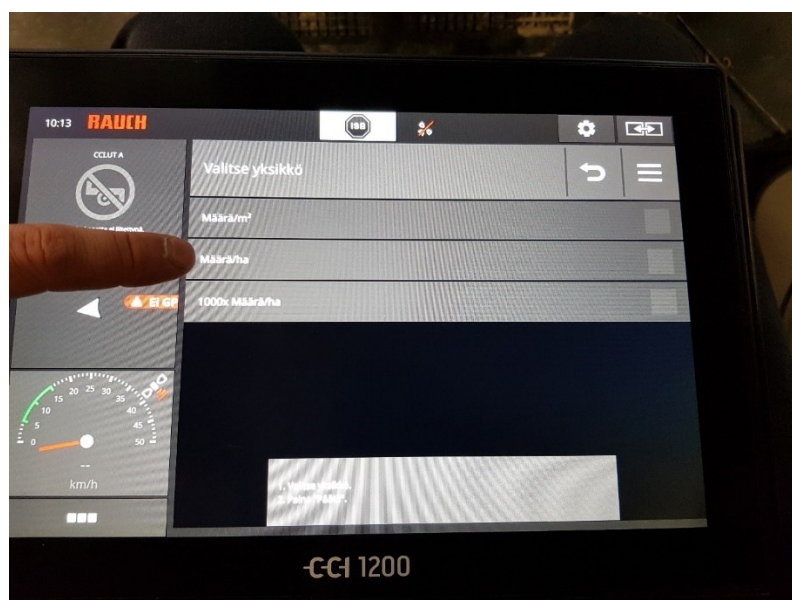
11. Valitaan yksikkö, tässä tapauksessa määrä.



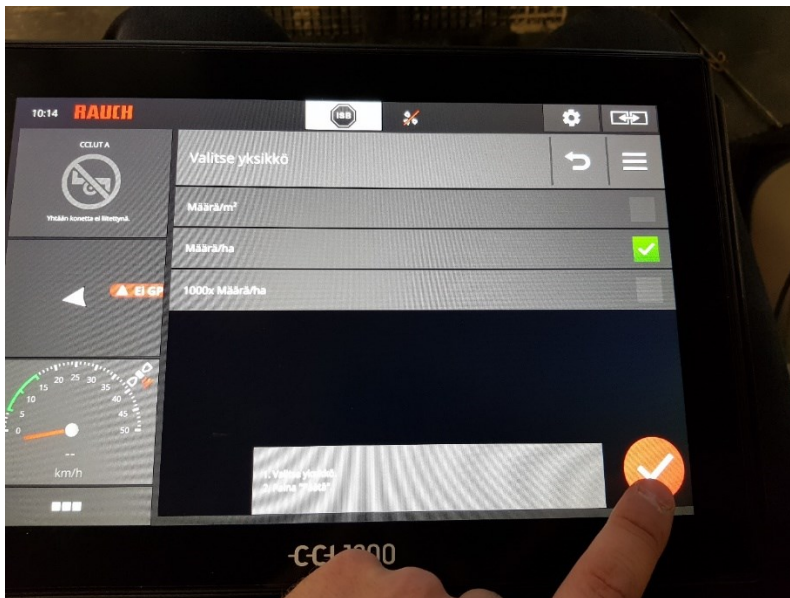
12. Kuitataan nuolella.



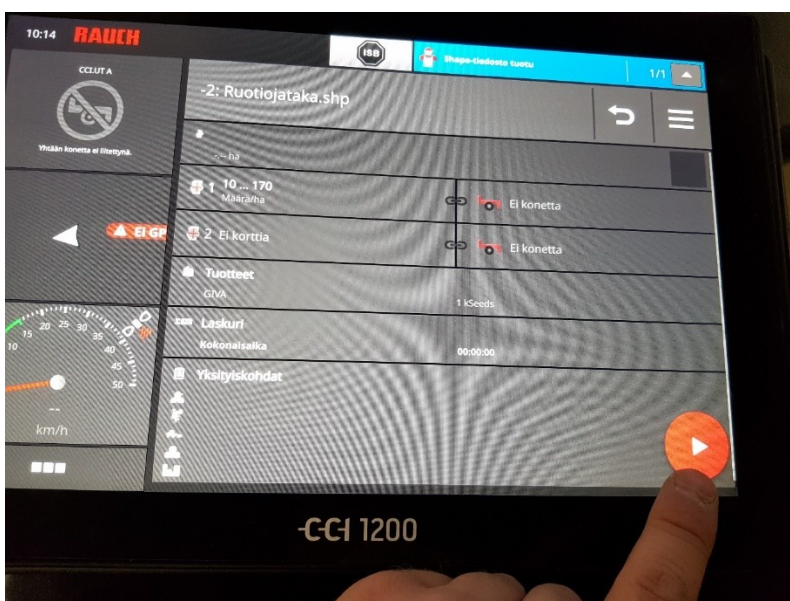
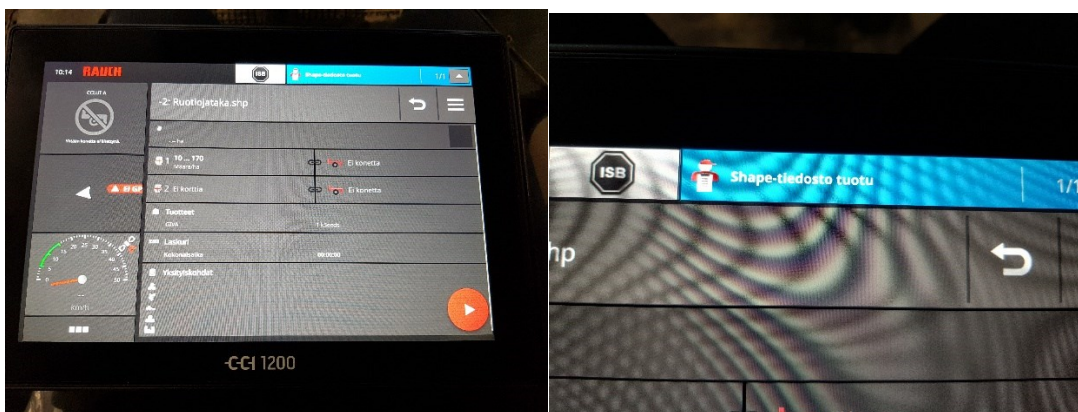
13. Valitaan yksikkö, eli määrä/ha.



14. Kuitataan punaisesta pallosta.



15. Levityskartan tuonti on valmis, aktivoi kartta päälle Play-napista.



16. Siirrytään CCI Command (navigointipuoli) sivulle, josta kartta löytyy.

