



# Leikkuupuimurin satokartoituslaitteiston käyttöönotto

## Case-Viikin tutkimustila

Kuisma Kauppinen

Opinnäytetyö, AMK

12 / 2024 Luonnonvara-ala

(AMK) Agrologi, maaseutuelinkeinojen tutkinto-ohjelma

**Kauppinen Kuisma****Leikkuupuimurin satokartoituslaitteiston käyttöönotto (Case - Viikin-tutkimustila)**

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. **Joulukuu 2024**, 44 sivua.

Luonnonvara- ja ympäristöala, agrologi (AMK), maaseutuelinkeinojen tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: Kyllä

**Tiivistelmä**

Täsmäviljelyn kiinnostavuus ja yleistyvyys viljelytoiminnassa on kasvussa. Täsmäviljely vaatii kuitenkin maataloja investoimaan lisävarusteisiin tai hankkimaan täysin uusia koneita, joissa on vaadittavat ominaisuudet vakiovarusteena. Täsmäviljelytoimien käyttämisestä viljelytoiminnassa maksetaan ympäristökorvausta, mikäli se listataan tukihaun yhteydessä lisätoimenpiteeksi tilalla ja luotettavasti todennetaan Ruokavirastolle. Investointitukia on myös mahdollista saada, jos investoinnilla on positiivisia ympäristövaikutuksia.

Tutkimus toteutettiin laadullisena case-tutkimuksena, joka muodostui satokartoittimen asennuksen, käyttöönoton, kalibroinnin ja datan käsittelyn lisäksi yhdestä teemahaastattelusta. Tavoitteena oli saada kokonaisvaltainen käsitys jälkiasennettavan satokartoituslaitteiston valinnasta, asennuksesta ja käyttöönotosta. Lisäksi satokartoituksesta saatavan datan käsittely ja satokartoituksen hyödyt viljelijälle pyrittiin selvittämään. Työn tilaajana toimi Helsingin yliopiston Viikin tutkimustila. Haastattelu toteutettiin Pohjoisen Keski-Suomen ammattiopiston Tarvaalan koulutilalla, jossa on otettu käyttöön jälkiasennettava satokartoitin vuonna 2021.

Ceres 8000i satokartoituslaitteisto asennettiin Viikin tutkimustilan puimuriin kesällä 2023. Asennus onnistui hyvin ja laitteistolla saatiin kerättyä satotietoa jo heti ensimmäisestä puidusta lohkoista alkaen. Asennusprosessi tehtiin opinnäytetyöntekijän toimesta. Asennusprosessissa pyrittiin löytämään laitteiston komponenteille asennuskohdat, jotka laitteiston toiminnan sekä huollon kannalta olisivat toiminnallisimmat. Asennusprosessi sekä laitteen käyttö toi kokonaisuudessaan hyviä tuloksia tutkimuskysymyksiin.

Asennuksesta saatuja tärkeimpiä huomioita olivat asennuksen helppous, asennussarjan täsmällisien ohjeiden vuoksi, kuitenkin konekohtaisia ohjeistuksia ei ollut. Ongelmatilanteissa tuotetuen puute haastoi asentajaa. Vastauksia saatiin kysyttäessä leikkuupuimurivalmistaja Sampoilta, joka käyttää Ceresiä ensiasennuksessa satokartoittimena. Kalibrointityö oli laitteen mittaustarkkuuden kannalta tärkeää, joka kannattaaakin suorittaa säännöllisesti sekä huolellisesti. Käytännön tuomaan sekä tutkimustuloksiin perustuen satokartoituksella Viikin tutkimustilalla saadaan hyötyjä peltojen satotasojen- ja potentiaalain tarkemmassa havainnoinnissa. Satokarttojen laadinta kerätystä datasta toi uusia näkemyksiä hyvästä ja helppokäyttöisestä sovelluksesta datan käsittelyyn. Sovelluksien peruseräatteen olivat pitkälti samanlaisia, mutta pienet eroavaisuudet toivat käytettävyyteen jonkin verran eroa.

**Avainsanat (asiasanat)**

Täsmäviljely, satokartoitus, leikkuupuimuri, maatalous

**Kauppinen Kuisma**

**Implementation of the combine harvester's crop mapping equipment (Case - Viikki research farm)**

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, December 2024, 44 pages.

Natural resources and environment, agrologist (AMK), Degree programme in rural industries. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

**Abstract**

The interest and prevalence of precision farming in agricultural activities are on the rise, requiring farms to invest in additional equipment or acquire entirely new machines with precision farming features as standard. Precision farming practices are currently becoming more widespread, including crop mapping. Farmers can receive environmental compensation for using precision farming practices if they list it as an additional measure in their subsidy application and reliably verify it to the Food Authority.

The study was conducted as a qualitative case study, which included the installation, commissioning, calibration, and data processing of a crop mapping monitor, as well as one thematic interview. The aim was to gain a comprehensive understanding of the selection, installation and commissioning. Aim of the study was also to understand the processing of data and the benefits of crop mapping for the farmer. The interview was conducted in POKE Vocational College's farm at Tarvaala. The school farm brought a crop monitor into use in 2021.

The Ceres 8000i crop monitoring system was installed on the combine harvester of the Viikki research farm in the summer of 2023. The installation was successful, and crop data was collected from the first harvested plot. The installation process was carried out by the thesis writer. The installation process aimed to find installation points for the system components that would be most functional for the operation and maintenance of the system. The installation process and the use of the device provided great results for the research questions.

Key observations from the installation included the ease of installation due to the precise instructions of the installation kit, although there were no machine-specific instructions. The lack of product support in problem situations challenged the installer. The answers were obtained from the combine harvester manufacturer Sampo, which uses Ceres as the factory-installed crop monitor. Calibration work was important for the measurement accuracy of the device and should be performed regularly and carefully. Based on practical experience and research results, crop mapping at the Viikki research farm provides benefits in more accurately observing field crop levels and potential. The creation of crop maps from the collected data brought new insights into a good and user-friendly application for data processing. The basic principles of the applications were largely similar, but small differences brought some variation in usability.

**Keywords/tags (subjects)**

**Precision farming, crop mapping, combine harvester, agriculture**

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Toimeksiantaja</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Tutkimuskysymykset ja tutkimustyön tavoitteet</b> .....	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Aineistonkeruu- ja analyysimenetelmät</b> .....	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Tietoperusta</b> .....	<b>8</b>
5.1	Täsmäviljely .....	8
5.2	Satokartoitus .....	10
5.3	Gps-satelliittipaikannus .....	11
5.4	Satelliittipaikannuksen paikannustarkkuus ja tekijät .....	12
<b>6</b>	<b>Viljanviljely Suomessa</b> .....	<b>12</b>
<b>7</b>	<b>Uusi teknologia maatilalla</b> .....	<b>13</b>
<b>8</b>	<b>Teknologian hankinnan perusteet talouden ja johtamisen näkökulmasta</b> .....	<b>15</b>
<b>9</b>	<b>Aineiston keräys ja laitteiston asennus</b> .....	<b>17</b>
9.1	Laitteiston asennus .....	17
9.2	Näyttöpäätteen asennus .....	18
9.3	Pöydänkytkimen asennus .....	19
9.4	Valokennoantureiden asennus .....	21
9.5	Kosteusanturin asennus .....	22
9.6	KytKentärasian asennus .....	24
9.7	Asetukset oikein ennen käyttöä .....	25
9.8	Kalibrointi puinnin aikana .....	26
<b>10</b>	<b>Haastattelu</b> .....	<b>28</b>
<b>11</b>	<b>Satokarttojen laadinta ja ohjelmistot</b> .....	<b>29</b>
11.1	Mittausdatasta satokartoiksi .....	30
<b>12</b>	<b>Tutkimustulokset</b> .....	<b>33</b>
<b>13</b>	<b>Johtopäätökset ja pohdinta</b> .....	<b>35</b>
	<b>Lähteet</b> .....	<b>37</b>
	<b>Liitteet</b> .....	<b>40</b>
	Liite 1. Varjolevy asennettuna .....	40
	Liite 2. Kosteusanturin paikka ja pultinreiät porattuna .....	41
	Liite 3. Varjostusprosentti .....	41
	Liite 4. Farmworks satokartan näkymä 15 metrin ruuduilla .....	42
	Liite 5. Teemahaastattelun kysymykset .....	43

## Kuviot

Kuvio 1. Valokennoantureiden toimintaperiaate (Hanigan Michael 2018).....	10
Kuvio 2. Laitteisto kokonaisuudessaan .....	18
Kuvio 3. Näyttöpääte kiinnitettynä ohjaamoon .....	19
Kuvio 4. Pöydänkytkin asennettuna .....	20
Kuvio 5. Valokennoantureiden sijoittaminen elevaattorissa.....	22
Kuvio 6. Kosteusanturi asennettuna .....	23
Kuvio 7. Kytkentärasia kytkettynä.....	25
Kuvio 8. Kasvilajivalikko, jossa näkyy varastokosteus sekä korjauskertoimet.....	27
Kuvio 9. Farmworksin satokartan perusnäky.....	31
Kuvio 10. Minun Maatilani satokartta satoskaalalla 500 - 4500 kg/ha .....	32
Kuvio 11. Minun Maatilani satokartta isolla satoskaalalla .....	32

## Taulukot

Taulukko 1. Maatalous- ja puutarhayritysten keskimääräinen käytössä oleva maatalousmaan määrä ELY-keskuksittain (Luonnonvarakeskus tilastotietokanta 2024, muokattu) .....	13
Taulukko 2. Maatalous- ja puutarhayritysten lukumäärä tuotantosunnittain ELY-keskuksittain (Luonnonvarakeskus tilastotietokanta 2024, muokattu) .....	13

**Käsitteet**

CAN-väylä	Controller Area Network, Boschin kehittämä ajoneuvojen ohjainlaitteiden yhdistävä verkko. Can-väylässä kaikki liikenne välitetään kaikkiin järjestelmiin liitettyihin laitteisiin
Gis	Geographic Information System, paikkatietojärjestelmä. Paikkatieto sisältää tietoa, joka on sidottu koordinaatteihin
Glonass	Globalnaja Navigatsionnaja Sputnikovaja Sistema on Venäjän käytössä oleva paikannusjärjestelmä.
GNSS	Global Navigation Satellite System koko maailman laajuinen satelliittipaikannusjärjestelmä
GPS	Global Positioning System USA:n puolustusministeriön ylläpitämä GNSS-järjestelmä
ISOBUS	Standardisoitu kommunikaatiomenetelmä työkonien tietojärjestelmien välillä. Kauppanimi virallisesti testatuille tuotteille, jotka ovat ISO 11783 -yhteensopivia
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index eli normalisoitu kasvillisuusindeksi
NIR	Near infrared Reflectance, lähi-infrapunasäteily
RTK	Real Time Kinematic, Reaaliaikainen kinemaattinen mittaus. Menetelmä on tarkin käytössä olevista gps-paikannusmenetelmistä
VRA	Variable Rate Application eli määräsäätöautomaattiikka
XML	Tiedosto tyyppi, joka määrittää tietojen merkintämuodon loogisella rakenteella

Elevaattori Viljansiirtoon käytettävä kuljetin, joka perustuu ketjuun tai remmiin kiinnitettyihin lappuihin tai kuppeihin

Paikkatieto Paikannettua kohdetta tai ilmiötä kuvaava sijaintitiedon ja ominaisuustiedon tietokoneisuus

# 1 Johdanto

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia leikkuupuimurin sadonkartoituslaitteiston hyödyntämisen mahdollisuuksia sekä sadonkartoituksen hyötyjä peltoviljelytoimenpiteissä. Tutkimuksessa asennetaan työntilajaan käyttämään leikkuupuimuriin sadonkartoituslaitteisto, josta saadaan käytännön kokemusta laitteiston asennuksesta, käytöstä, kalibroinnista ja datan keräämisestä. Satokartoituslaitteiston asentaminen on yksi mahdollinen askel kohti täsmäviljelyä, jolla voidaan kerätä dataa seuraavien viljelytoimenpiteiden tueksi. Satokartoituslaitteiston asentamisella vanhempikin kone saadaan vastaamaan nykypäivän vaatimuksia. Satokartoituksesta saatavan datan avulla laadittuja satokarttoja tulkitsemalla yrittäjä pystyy havaitsemaan peltolohkojen satovaihteluita, sekä ongelmakohtia ja tarttumaan niihin tarpeen mukaan.

Alan kehityssuunta ajaa maataloutta toimimaan entistä kestävämmiin. Maataloudessa pyritään parempaan kannattavuuteen pienemmillä ympäristövaikutuksilla. Satokartoituslaitteiston asennus ja siitä saatavan datan hyödyntämien on yksi askel, jolla pystytään vastaamaan alan tämänhetkiseen kehitykseen. Tuotantopanosten hinta ja tukipolitiikka ohjaa viljelijöitä viljelytoimissaan entistä tarkempaan toimintaan ja käyttämään tuotantopanoksia niihin pellon osiin, joissa satovastetta on mahdollista saada. Paikkatietoon perustuva satokartoitus tuo pellon sisäiset satovaihtelut esiin ja niitä tietoja vertailemalla esimerkiksi satelliitti tai happamuuskarttoihin löydetään taustasyitä sadonvaihteluun.

Satokartoituksella saadaan paikkatietoon sidottua tietoa korjattavan sadon määrästä, kosteudesta ja laadusta. Näiden tietojen avulla pystytään jatkossa tekemään suunnitelmia mahdollisista pellon kunnostus toimista, jos sadonmäärät ovat toistuvasti samoissa kohdissa heikkoja. Satokartoista pystytään myös tarkastelemaan satovyöhykkeitä, missä satopotentiaalia on vielä käyttämättä. Useiden vuosien satokarttojen tarkastelu ja niistä tehtävät johtopäätökset luovat todenmukaisemman kuvan peltojen tilasta ja niille tehtävistä toimenpiteistä.

## 2 Toimeksiantaja

Työn toimeksiantajana toimii Helsingin Yliopiston Viikin tutkimustila. Viikin tutkimustila sijaitsee Helsingissä Viikin kampusalueella. Tutkimustila on Helsingin yliopiston maatalous- ja metsätieteellisen tiedekuntaan kuuluva yksikkö, jonka käyttö on pääosin yliopiston maatalouden- ja metsätieteiden tutkimuksessa ja opetuksessa. (Helsingin Yliopisto, 2024.)

Viikin tutkimustilalla on hallinnassaan 155 hehtaaria peltoa, tutkimusnavetta sekä noin 70 lypsy-lehmää. Pellot alueella ovat hieta- tai hietamoreenimaita, multavuodeltaan multavia tai runsasmultaisia. Pellot sijaitsevat tutkimustilan talouskeskuksen läheisyydessä ja niiden pääasiallinen käyttö on rehun ja viljan tuotanto nautakarjalle. Pelloilla tuotetaan rehunurmen ja viljan lisäksi härkäpapua sekä öljykasveja. Härkäpapu käytetään eläinten rehuseoksessa ja öljykasvit menevät teollisuuden raaka-aineeksi. Peltoalueilla on vuosittain useita hehtaareita koealueita, joissa toteutetaan kasviviljelyyn, maaperään, agroteknologiaan, ekologiaan sekä kotieläintieteisiin liittyviä tutkimuksia. Viikin pelloilla on myös käynnissä muun muassa pohjoismaiden pitkäkestoisin biohiilikoe.

Viikin tutkimustilalla on käytössä moderni peltokoneistus sekä viljankuivaamo. Näin ollen monipuolisen maataloustutkimuksen tekemiseen on hyvät edellytykset. Tilalla on käytössä maaperäantureita, hiilivuoanalysaattoreita maaperäskanneri sekä paljon muuta maaperätutkimukseen liittyviä laitteistoja. Koneistukseltaan tilalta löytyy kaikki viljan- ja nurmentuotantoon, lannoitukseen sekä kasvinsuojeluun liittyvät laitteet.

## 3 Tutkimuskysymykset ja tutkimustyön tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia, kuinka leikkuupuimuriin asennettavaa sadonkartoituslaitteistoja voidaan hyödyntää peltoviljelyssä Viikin tutkimustilalla. Tutkimuksella pyrittiin saamaan tietoja ja tuloksia sadonkartoituksen hyödyistä peltoviljelyn kehittämisessä sekä prosessista sadonkartoituslaitteiston käyttöönoton osalta. Tutkimusmenetelmänä tutkimuksessa käytettiin case-tutkimusta, joka sisälsi laitteiston asentamisen toimeksiantajan leikkuupuimuriin, sen käyttöönoton ja kalibroinnin sekä datan käsittelyn aina satokartoiksi asti. Referenssilaitteiston käyttäjän teema-haastattelun avulla haettiin tietoa toisesta vastaavanlaisesta tapauksesta, jossa tila on ottanut täsmäviljelyn ensiaskeleet, juuri satokartoituksen avulla. Teemahaastattelussa saatiin tuloksia toisen

merkkisen, toimintaperiaatteeltaan samanlaisen laitteen asennuksesta, käytöstä sekä kalibroinnista, jota voitiin verrata Viikin tilalla tehtyyn toimintaan.

Haastattelulla oli tarkoitus saada tietoa sadonkartoitukseen liittyvän laitteiston valinnasta, käyttöönotosta, kalibroinnista sekä laitteistolla saatavan datan käsittelystä, sekä sadonkartoituksesta saatavista hyödyistä. Opinnäytetyön tutkimuskysymyksiä olivat:

- Mitkä ovat satokartoituslaitteiston hyödyt viljelijälle?
- Mitä vaatimuksia satokartoituslaitteistolle on ja millainen on hyvä laitteisto?
- Miten laitteisto asennetaan leikkuupuimuriin?

Opinnäytetyössä sisällön rajaus tehtiin siten, että satokartoituslaitteiston valinta, käyttöönotto ja datan käsittely toimivat yhtenä rajauksena. Referenssihaastatteluiden määrä rajattiin yhteen haastatteluun, jotta työn laajuus pysyy kohtuullisena. Tutkimustyyppiin takia useammista haastateltavista ei saataisi työhön lisäarvoa, koska pääpaino on Viikin tutkimustilan laitteiston asentamisessa ja käyttöönotossa. Yhdellä teemahaastattelulla saadaan riittävät tulokset vertailtavaksi työkokonaisprosessia. Työn suunnittelussa ja referenssilaitteistoa etsiessä pyrittiin hakemaan sellainen tila, jolla on ollut samanlaiset askelmerkit täsmäviljelyyn siirtymisessä.

## **4 Aineistonkeruu- ja analyysimenetelmät**

Aineisto koostuu tietoperustan lisäksi satokartoittimen asennuksesta, käyttöönotosta, kalibroinnista ja sadonkartoituksesta saadun datan käsittelystä. Asennus ja käyttöönottoprosessin lisäksi suoritettiin teemahaastattelu Pohjoisen Keski-Suomen oppimiskeskuksen Tarvaalan koulutilalle, josta saatiin vastaavanlaisen laitteen ja käyttöprosessin kokemuksia. Asennusprosessi kokonaisuudessaan taltioitiin kuvin ja videoin, jotka opinnäytetyön kirjoittamisen yhteydessä purettiin tekstiksi ilman välilitterointia. Satokarttojen luonnissa käytettiin kahta eri ohjelmaa, joilla satokartoittimen keräämä data käsiteltiin.

Tutkimus toteutettiin case-tutkimuksella, joka on yksi osa kvalitatiivista tutkimusperinnettä. Case-tutkimustapa muodostaa erityislaatuisen tutkimusstrategian sekä lähestymistavan tutkittavaan tapaukseen. Tutkimuksen kohteena olevat tapaukset ovat ainutkertaisia, ja niiden tutkimus tehdään omassa kunkin erityisessä ympäristössään. Laadullisella tutkimuksella, saadaan vastauksia

ainutkertaisista tapauksista, tapauksien omassa kontekstissa. Case-tutkimus mahdollistaa tutkimuskohteen syvällisen ja yksityiskohtaisen tarkastelun, sekä se mukautuu joustavasti tutkimuskohteen mukaan ainutlaatuisiin sekä ennakoimattomiinkin tilanteisiin. (Aaltio-Marjosola 1999.)

Teemahaastattelu tehtiin paikan päällä Tarvaalassa, että pystyttiin käymään samalla läpi kyseistä asennusprosessia sekä katsomaan yhdessä läpi asennuksesta ja laitteistosta huomion arvoisia kohteita. Haastatteluteemoja sekä joitain tarkentavia kysymyksiä laadittiin osittain etukäteen ikään kuin rungoksi, joilla päästiin hyvin alkuun haastattelussa. Hirsjärvi & Hurmeen (2000) mukaan teemoihin kohdennettua haastattelua on jokseenkin helppo analysoida teemoittain, joka tässä haastattelussa näkyi selkeinä kokonaisuuksina laitteiston asennuksen, käyttöönoton ja ohjelmiston ympärille luotuina vastauskokonaisuuksina. Teemoja suunnitellessa on olennaista muistaa tutkimuskysymykset, mihin vastauksia ollaan hakemassa.

## 5 Tietoperusta

### 5.1 Täsmäviljely

Täsmäviljelyn pohjimmainen tavoite on viljelytoiminnan kannattavuuden parantaminen kohdentamalla tuotantopanoksia pellon niihin osiin missä satopotentiaalia on käyttämättä. Täsmäviljely on moniulotteinen kokonaisuus, joka käsittää erilaisia toimia aina maaperän analysoinnista, lannoituksesta, sadonkartoituksesta sekä sadonlaadunmäärittämisestä. Täsmäviljely on paikkatietoon sidotun datan hyödyntämistä erilaisissa viljelyyn liittyvissä tehtävissä. (Kiviranta, 2022.)

Täsmäviljelyllä pyritään tekemään peltoviljelytoimenpiteet paikkakohtaisesti juuri kunkin alueen sekä kasvilajin tarpeiden mukaisesti parhaimman kannattavuuden saavuttamiseksi. Täsmäviljelylaitteistot sekä täsmäviljelytoimet vaativat tueksi käyttäjältään riittävää olosuhteiden tuntemista. Täsmäviljelyssä tuotantopanoksien käyttöä optimoidaan paikan sekä ajan suhteen. (Pesonen, Kivisoja & Suomi, 2010.)

Täsmäviljelyn yleistymisen esteenä koetaan olevan siihen käytettävän teknologian kalliit hankintakustannukset, hankala ja monimutkainen käytettävyys sekä siitä saatavia hyötyjä ei tunneta, joka ei näen ollen kannusta järjestelmien hankintaan. Lisäksi viljelijöiden keskuudessa on koettu lohko-

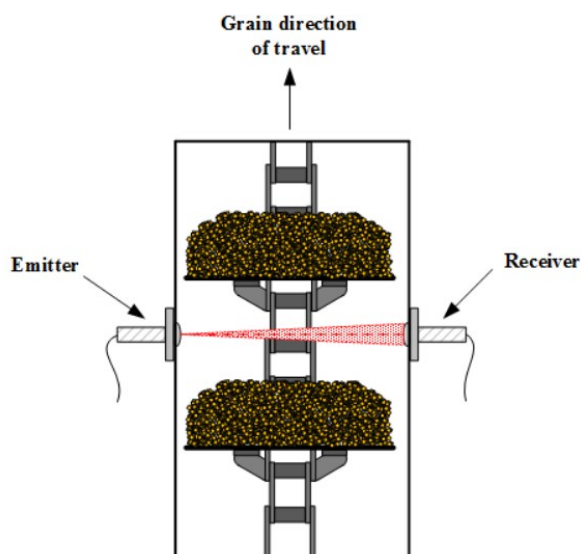
kohtaisien satojen mittaaminen riittäväksi tarkkuudeksi, joka on myös ollut osittain kehityksen esteenä. Tämän kaltaiset ajatukset ovat tulleet viljelijöille siitä, että tarkemmalla viljelytoiminnalla ei saavutettaisi hyötyjä, koska esimerkiksi säävaihtelut sekä viljelyolosuhteet vaihtelevat huomattavasti eikä viljelyn tarkentamisella saataisi merkittäviä hyötyjä. (Pesonen ym. 2010, 5.) Korhosen (2024) mukaan viljelijöiden kiinnostus jälkiasennettaviin satokartoituslaitteistoihin näkyy laitteistoiden myynnissä, joka on ollut yksittäisiä kappaleita viime vuosina.

Peltolohkolle voidaan suorittaa kattavasti erilaisia toimia sekä useampia tuotantopanoksia pystytään levittämään täsmäviljely toimia hyödyntäen. Tuotantopanoksista väkilannoitteiden hajalevitys sekä sijoituslannoitus on yksi useimmiten käytössä oleva täsmäviljelytoimenpide. Väkilannoitteiden levitystä tehdään useimmiten sijoittamalla lannoite kylvölannoittimilla satokasvin kylvön yhteydessä. Vaatimuksena kylvökoneen on oltava ISOBUS-yhteensopiva, johon voidaan antaa työohjeeksi suunnitelmapakettia. Kylvölannoittimella myös siemenmäärän säätäminen on toinen täsmäviljelyn eduista. Siemenmäärän säätämisen perustana voidaan käyttää maalajin vaihtumista sekä korkeuskäyriin perustuvaa annostelukarttaa tai näiden yhdistelmää. Kasvinsuojelutoimien toteuttamisessa kasvustosensoreilla varustettu kasvinsuojeluruisku tunnistaa haitalliset rikkakasvit ja käyttää aineita vain niiden kasvien kohdalla. Tämä menetelmä vähentää kasvinsuojelun ympäristövaikutuksia sekä kustannuksia. Väkilannoitteiden hajalevitykseen taas käytetään keskipakotyyppisiä levittäimiä, joilla voidaan lannoittaa monipuolisesti erilaisia kasvilajeja eri kasvun vaiheissa. Maaperän parannukseen käytettävien kalkkien sekä erilaisten orgaanisten jakeiden levitystyö voidaan tehdä myös täsmäviljelytoimia hyödyntäen. Näiden käyttöön saadaan levityskartta luotua maaperätutkimuksien sekä maanäytteiden avulla. Maanmuokkaaminen, työkoneen kuormitus sekä polttoaineen kulutuksen optimointi on myös yksi mahdollinen täsmäviljelyn hyödyntämisen muoto. Näitä toimia pystytään tekemään täsmäviljelyä hyödyntäen, kun koneista saadaan reaaliaikaisia tietoja muun muassa kuormituksesta ja polttoaineen kulutuksesta päätöksien tueksi. Sadetus sekä vesitalouden säätäminen vaatii maaperästä kosteusolosuhteiden seuranta. (Pesonen ym. 2010, 13.) Kosteusolosuhteet voivat vaikuttaa radikaalisti myös ravinnetaseisiin, joten kokonaisuuden seuranta on tärkeää tehtyjen toimien onnistumisen kannalta. Työn suorittamisen optimointi sekä suunnittelu etukäteen muun muassa ajourien, logistiikan sekä kokonaisen peltoliikenteen osalta tuo täsmäviljelyn edut kokonaisuudessaan viljelijälle. (Pesonen ym. 2010, 12–13.)

## 5.2 Satokartoitus

Täsmäviljelyn yksi perusta on paikkatietoon sidottu sadonmäärä. Satokartoitus tehdään sadonkorjuun yhteydessä, siihen tehdyillä laitteistoilla. Sadonmäärää on tärkeää mitata, jotta viljelijä saa tarkan tiedon viljelyprosessinsa onnistumisesta. Sadonmäärän lisäksi on mahdollista määrittää myös sadonlaatua, tämä tuo lisäarvoa viljelytoimien onnistumisesta sadonmäärän lisäksi. (Pesonen ym. 2010, 34.)

Leikkuupuimureihin asennettavia sadonmittauslaitteistoja on ollut käytössä liki 20 vuotta (Royer, 2017). Sadonmittauslaitteistoja on peruseriaatteeltaan kahta erilaista. Laitteistojen ero on siinä, että toisessa mitataan tilavuusvirtaa ja toisessa taas massaa. Tilavuusvirran mittaus tapahtuu leikkuupuimurin viljaelevaattorissa valokennoanturitekniologiaa hyödyntämällä, anturit ovat asennettu vastakkaisille puolille elevaattoria. (Ks. kuvio 1.) Elevaattorissa kulkeva viljan määrä saadaan tietoon mittaamalla valokennoantureiden virtapiirin katkeamiseen kuluva aika, näin pystytään määrittelemään elevaattorin siirtämä viljanmäärä. Tilavuusvirran muuttaminen massavirraksi tapahtuu laitteistossa automaattisesti. Kuljettajan tarvitsee määrittää ainoastaan korjattavan kasvin tilavuuspaino ja syöttää tämä lukema laitteistoon, jonka jälkeen massavirta kalibroitu oikein. (Pesonen ym. 2010, 34.)



Kuvio 1. Valokennoantureiden toimintaperiaate (Hanigan Michael 2018)

Massavirtaa mittaava järjestelmä eroaa tilavuusvirtaa mittaavasta laitteistosta anturitekniikkansa osalta. Massavirran mittaus puimurissa tapahtuu vasta viljaleivaattorin jälkeen ennen viljamassan siirtymistä tankkiin. Anturi on voimalevytyyppinen, joka rekisteröi viljavirran hetkellistä massaa. Massavirran lisäksi laitteisto tarvitsee tietoa ajonopeudesta, leikkuupöydänleveydestä sekä leikkuupöydän asennosta. Näistä järjestelmä laskee puidun satomäärän pinta-alaa kohti. (Pesonen ym. 2010, 34.) Massavirran määrittämiseen käytettävien anturien sijainti vaihtelee anturi malleittain. Anturitekniikka kuitenkin on samanlainen, mutta itse anturin sijainti vaihtelee. Anturit ovat sijoitettuina joko kiinni ihan viljaleivaattorin yläpäähän viljan poistumisaukkoon tai irti elevaattorista kohtaan, johon viljasuihku elevaattorista poistuessaan lentää. (Hanigan 2018.)

### **5.3 Gps-satelliittipaikannus**

Satelliittipaikannus järjestelmiä tätä nykyä on kaikkiaan neljä. Glonass on venäläisten tekemä, Galileo löytyy Euroopasta, Beidou Kiinasta ja GPS Amerikasta, amerikkalaisten GPS-järjestelmä on näistä kaikista vanhin. GPS-paikannusjärjestelmä on luotu Yhdysvaltain armeijantarpeita varten. Yhdysvaltojen puolustusministeriö ylläpitää ja rahoittaa tätä käytössä olevaa GPS-järjestelmää. Järjestelmä koostuu noin 30 satelliitista, jotka kiertävät suurin piirtein 20 000 kilometrin etäisyydellä maanpinnasta. (Satelliittipaikannus n.d.)

Satelliittipaikannuksen perustana on tarkka ajanmääritys: satelliitteihin on asennettuna tarkka atomikello, jonka perusteella lähetetty radiosignaalin lähetysajankohdan ja vastaanottoajankohdan välinen erotus määrittää signaalin kulkuajan. Tästä ajasta saadaan määritettyä signaalin lähettävän signaalin ja vastaanottimen välinen matka. (Satelliittipaikannus n.d.)

Satelliittipaikannusjärjestelmän tarkkuus voi olla jopa senttimetrejä, jos käytössä on avustepalveluita. Avustepalvelut ovat tässä tapauksessa tukiasemista koostuva joukko, joiden tarkat sijainnit ovat tiedossa. Tukiasemat siis seuraavat GNSS-satelliittien lähettämää signaalien laatua ja tuottavat näiden perusteella avustetiedon reaaliajassa. (Satelliittipaikannus n.d.)

## 5.4 Satelliittipaikannuksen paikannustarkkuus ja tekijät

Satelliittimittauksella tehtävä paikanmäärittäminen on usean eri toimijan kokonaisuus. Järjestelmän ylläpitäjän on täytynyt ennustaa satelliittien kiertoratojen liike, sekä jokaisen satelliitin atomikellojen keskinäiset aikaerot. Kiertoratojen sekä aikaerojen ennustamisen jälkeen täytyy tietokokonaisuus lähettää maasta käsin jokaiseen satelliittiin erikseen. Kiertoratojen liikkeestä, aikatieidosta sekä niiden muutoksesta satelliitit muodostavat signaalin, jonka lähettävät maahan. Maahan tullessaan signaali kulkee ensiksi ilmakehän läpi. Signaali voi heiketä tai heijastua maanpinnalla olevista esteistä kuten puista sekä rakennuksista ennen vastaanottimen kohtaamista. (Maanmittauslaitos n.d.)

Vastaanottimen sijainti saadaan laskemalla se edellä mainituista epätarkoista suureista: satelliittien kiertoradoista sekä atomikellojen ajoista. Atomikellojen aikojen sekä satelliittien ratojen ennustaminen ei ole kovin tarkasti mahdollista, koska planeetan ylä- ja alailmakehien osat vaikuttavat signaalin laatuun sekä liikkumiseen. Ilmakehän vaikutus signaalin voimakkuuteen- ja heijastumiin tekevät signaalin seuraamisesta hankalaa. (Maanmittauslaitos n.d.)

## 6 Viljanviljely Suomessa

Suomi on sijainniltaan maailman pohjoisin viljaa tuottava maa. Sijainti vaikuttaa alentavasti satotasoisiin sekä viljasadonlaatuun, jolloin leivontalaatuista viljaa ei saada tuotetuksi kaikkialla Suomessa. Leivontalaatuisen viljan viljely onkin keskittynyt lounais-, etelä- ja länsisuomeen, jossa ilmasto on suotuisampi pitempien kasvuaikojen omaavien lajikkeiden viljelyyn. Kosteusolosuhteet lisäävät haasteita viljelyssä. Keski-Eurooppaan verraten Suomessa sateet painottuvat syyskesään ja syksyyn, joten sadonkorjuu on useimmiten haastavaa ja sato täytyy kuivata ennen varastointia, joka Euroopassa on vähintäänkin paljon vähäisempää tai jopa tarpeetonta kasvuston kuivaessa ja tuleentuessa pellolla auringon paisteessa. (Leipätiedotus n.d.)

Maatalousmaan määrä on vertailu vuosina 2010 ja 2023 Suomessa pysynyt liki samana noin 2,3 miljoonassa hehtaarissa, kasvaen vain maltillisesti vertailuvuonna 2023 (ks. taulukko 1.) Oleellisesti tärkeämpää on huomata tilakohtaisen keskimääräisen pinta-alan kasvu, mikä on 36 % suurempi vuonna 2023 kuin 2010. Tilakohtaisen pinta-alan kasvua selittää maatilojen määrän putoaminen ja

siirtyminen eläintuotannosta vilja- ja muuhun kasvinviljelyyn (ks. taulukko 2.). Liki puolella viljelyssä olevasta pinta-alasta viljeltiin viljoja. Hieman päälle 35 % pinta-alasta oli rehunurmen viljelyssä. (Luonnonvarakeskus, 2023.)

Taulukko 1. Maatalous- ja puutarhayritysten keskimääräinen käytössä oleva maatalousmaan määrä ELY-keskuksittain (Luonnonvarakeskus tilastotietokanta 2024, muokattu)

	2010	2023	
Maatalousmaata	2 261 538	2 270 000	ha
Peltoa per tila	39	53	ha / tila

Taulukko 2. Maatalous- ja puutarhayritysten lukumäärä tuotantosunnittain ELY-keskuksittain (Luonnonvarakeskus tilastotietokanta 2024, muokattu)

	2010	2023
Tilat yhteensä	59 483	42 427
Viljanviljely	20 927	13 650
Muu kasvinviljely	13 092	16 824
Lypsykarjatalous	10 205	4 229
Naudanlihan tuotanto	3 080	2 537
Muu eläintuotanto	6 544	1 737
Sekämääräinen tuotanto	2 568	1 440

## 7 Uusi teknologia maatilalla

Maatilan toiminta on entistä enemmän osana kuluttajien sekä yhteiskunnan odotuksia sekä vaatimuksia. Tuotteiden loppukäyttäjät ovat valveutuneita selvittämään ruoantuotannon vaikutuksia

talouteen, ympäristöön sekä tuotantotapoihin. Media tuo kuluttajille tietoa laajasti näistä ruoantuotannon muuttujista ja onkin tärkeää, että ne perustuisivat faktoihin, jolloin vältyttäisiin väärinkäsityksiltä kotimaisen tuotannon vaikutuksista. (Autio ja muut, 7.)

Järvenpään ja Suomen (2014) mukaan maatilat ovat tärkeä osa koko elintarvikeketjujärjestelmää, jossa tuotteen tuotanto sekä valmistus on jäljitettävissä, lisäksi näillä toimilla luotaisiin tasa-arvoinen elintarvikeverkosto. Maatiloilla käytössä oleva monipuolinen teknologia mahdollistaa tuotantotietojen monipuolisen dokumentoinnin, jota pystyy hyödyntämään elintarviketeollisuus, kauppa, viranomaiset sekä loppukäyttäjät. Tallennetulla ja kaksisuuntaisella datan jakamisella myös viljelijä pystyy optimoimaan tuotantoaan elintarvikeketjun loppuosan vaatimuksia vastaavasti. Tuotannon tietojen merkitys jäljitettävyyden ja läpikotaisin tunnetun prosessin osalta tulee korostumaan viljelytoiminnan johtamisessa. (Järvenpää & Suomi, 7.)

Maatilalle käyttöönotettavalla teknologialla voidaan pyrkiä parantamaan työn tuottavuutta, laatua, alentamaan tuotannon kustannuksia, kuormittavuutta sekä työn määrää (Autio ja muut, 7). Kailan ja Savelan (2014) mukaan tuotannon automatisoinnin alentama työmäärä vaikuttaa maatalan rakennekehitykseen sekä kannattavuuteen positiivisesti. Automaatio tulee maataloudessa lisääntymään tuntuvasti, mutta kehityksen esteenä pidetään tuotantoprosessien monimutkaisuutta. Muutoskehityksen laajuus sekä käyttöönottonopeus riippuu automaation kehityksen suhteesta kustannuksiin. (Kaila & Savela, 8–10.)

Kaila ja Järvenpää (2014) kirjoittavat, että datamäärän ja automaation lisääntyessä myös työtehtävien luonne muuttuu. Automaatio pystyy tekemään rutiinipäätöksiä tuotannossa, mutta automaatiolle on määritettävä ennalta rajat sekä ohjeet toimintansa tueksi. Automaation lisääntyminen ohjaa työtehtäviä enemmän huolto, korjaus, datan käsittely sekä valvontatöihin. Automaation lisääntymisen takia yksittäisistä prosesseista saatavan datan määrä kasvaa huomattavasti, jonka hyödyntäminen on avainasemassa kannattavan tuotannon päätöksien teossa. (Kaila & Järvenpää, 8–9.)

## 8 Teknologian hankinnan perusteet talouden ja johtamisen näkökulmasta

Tilojen teknologiahankinnat mielletään usein eturivinviljelijöiden toiminnaksi ja investoinnit olisivat pelkästään uutta sekä hienoa tekniikkaa. Tässä asiayhteydessä eturivinviljelijällä tarkoitetaan viljelijää, joka lähtökohtaisesti pyrkii hankkimaan uutta teknologiaa käyttöönsä sen tullessa markkinoille, ilman että vanha käytössä oleva teknologia olisi käyttökänsä päässä. Uudet teknologiset laitteet -ja ratkaisut yhdistetään maataloudessa useimmiten navetan automaatioon sekä täsmäviljelylaitteisiin. Teknologian investointien kannattavuuteen vaikuttaa käyttöönottoon liittyvän koulutuksen, toimintatapojen, sekä organisaatioon liittyvien muutoksien aiheuttamat kustannukset. Investointien tuottavuusvaikutukset näkyvät täysimääräisinä useimmiten vasta vuosien päästä. Tähän vaikuttaa investointien tyyppi, teknologian hyödyntämisen osaaminen, sekä investointin-käyttöaste. (Teknologiassa tulosta 2005, 63.) Pyykkönen (2005) kirjoittaa, että kasvinviljelytiloilla käytettävien uusien teknologioiden täysimääräisen hyödyntämisen esteenä on hajanainen tilusrakenne. Tämä ei kuitenkaan merkitse sitä, etteikö uudesta teknologiasta olisi hyötyä viljelystoisissa. (Teknologiassa tulosta 2005, 67.)

Viljelijät, joilla ei vielä ole käytössään uusinta teknologiaa viljelyn tukena, mutta aikovat sitä hankkia tulevaisuudessa kokevat hankintatuet sekä erilaiset yhteiskunnalliset vaatimukset positiivisina kannustimina laitteiden hankintaan. Sen sijaan viljelijät, joilla ei ole uutta teknologiaa käytössään, eivätkä aio sitä hankkiakaan, ajattelevat tilansa, tilusrakenteensa sekä taloudellisen tilan olevan sellainen mikä ei mahdollista laitteiden hankintaa. Hyvin usein samoilla viljelijöillä on epäilyjä investoinnin taloudellisesta kannattavuudesta sekä takaisinmaksuajasta. (Karttunen ja muut 2024, 13.)

Ruokavirasto sekä Pyykkönen (2014) kertovat, että tukipolitiikalla pystytään ohjaamaan viljelytoimintaa, siihen käytettäviä menetelmiä, laitteita sekä osittain myös käytettäviä tuotantopanoksia. Maatalouspolitiikka myös vaikuttaa teknologiainvestointien kannattavuuteen. Yritystulon muodostumisessa tukien merkitys korostuu, ennen kaikkea suorien hehtaariperusteisten tukien osalta. Pyykkönen kirjoittaa tukipolitiikan vaikuttavan tuotantoa lisäävien teknologiainvestointien kannattavuuteen laskevasti. Täsmäviljelyyn liittyvien teknologioiden hankinnan kannattavuuteen vaikuttaisi laitteistoilla saatavien positiivisten ympäristövaikutuksien rahallinen korvaus. (Teknologiassa

tulosta 2005, 67.) Nykyinen tukipolitiikka suosii viljelyssä ympäristönäkökulmia, joka avaakin kehittyneelle teknologialle investointi tarpeen. Eerola (2005) väittää, että nykyiset tuet eivät olisi tarpeeksi vakaita, jotta tilojen olisi mahdollista investoida uusiin teknologioihin, kuten täsmäviljelyyn liittyviin laitteistoihin. Taloudellisten vaateiden lisäksi teknologioiden käyttö vaatii käyttäjältään riittävää koulutusta laitteiden oikeaoppiseen käyttöön. (Teknologialla tulosta 2005, 88.) Ruokaviraston sivuilla taasen kerrotaan ympäristösitoumuksen valinnaisiin toimenpiteisiin valittavan täsmäviljelymenetelmien täyttävän tukiehdot, ja oikeuttavan näin ollen ympäristökorvauksen hakemiseen. Jos täsmäviljelylaitteita käytetään viljelyssä, on se pystyttävä todentamaan, teki työn omilla tai urakoitsijan laitteilla. (Ympäristökorvauksen sitoumusehdot 2024.)

Tilatason investoinnit teknologiaan tehdään yrityksen pitkäjänteiseen kehittämiseen nojaten, joka useimmiten strategialtaan on kasvattaa eläinmäärää tai viljelypinta-alaa. Tuotannon volyymin kasvattaminen johtaa teknologisesti kehittyneempien, kapasiteetiltaan suurempien laitteiden ja rakennusten hankintaan. Teknologian hankinta perusteita voivat olla muutkin kuin kannattavuus tai tehokkuus. Näitä syitä voivat olla työn turvallisuuteen, laatuun sekä viihtyvyyteen liittyviä asioita. Investoinneilla voidaan myös pyrkiä saamaan ympäristöön tai markkinointiin liittyvää kehitystä. (Teknologialla tulosta 2005, 83–84)

Savelan (2014) mukaan investoinnin talousnäkökulmaa tarkasteltaessa on pohdittava vaihtoehtoja tuotantokustannuksia alentavista vaihtoehdoista. Viljelijän näkökulmasta ainoaksi vaihtoehdoksi ei jää pelkästään uusilla teknologioilla varustetut koneet vaan vanhan koneen päivittäminen uudella teknologialla, yhteisomistus, vuokraus tai urakoitsijan käyttö ovat hyviä käyttökustannuksia alentavia tapoja. Uusien teknologioiden käyttöönoton kannattavuutta tarkastellessa voi sen laskeminen olla hankalaa, johtuen teknologian taloudellisen käyttöiän tuntemisesta. Pääomakustannus saadaan laskemaan samassa suhteessa, kuin käyttömäärä kasvaa. (Savela 2014.) Sadonkartoituslaitteistoa investointina tarkastellessa, sen kannattavuus määräytyy monesta eri tekijästä. Suoraa tuloa se ei käyttäjälleen tuo, mutta siitä saatavan datan analysointi ja sen hyödyntäminen muun muassa siemen sekä lannoitusmäärien säätämisessä tuo säästöä tuotantokustannuksiin.

Viljelijän investoidessa uuteen teknologiaan tuo se väistämättä tullessaan monipuolista dokumentoitua dataa tuotannosta, joiden avulla viljelijä pystyy suunnittelemaan ja kehittämään seuraavan

vuoden tuotantoa juuri edellisen vuoden tietoja hyödyntäen. Eri prosesseista saatavan datan kerääminen tilan johtamistietojärjestelmään, helpottaa sekä nopeuttaa tilan johtamista kokonaisuudessa. Operatiivisella johtamisella tarkoitetaan tuotannon päivittäistä päätöksentekoa, joka on kasvinviljelytilalla tuotannon suunnittelua ja organisointia. Operatiivisen johtamisen perustana on tilan edelliset tuotantotiedot, markkinatietous, tukijärjestelmien tai yhteiskunnallisen ohjauksen muutoksen tiedot. (Suomi 2014, 14–15.)

## 9 Aineiston keräys ja laitteiston asennus

Tutkimuksen kohteena oleva laitteisto valikoitui toimeksiantajalla satokartoittimen ominaisuuksien perusteella. Laitteistolta vaadittiin monipuolisuutta, joka tässä laitteistossa tarkoitti monipuolista päätelaitetta sekä anturointia ja laitteiston helppokäyttöisyyttä. Ceres 8000i satokartoitin on käyttöliittymältään yksinkertainen ja helppo käyttöinen puintityön yhteydessä. Ceres satokartoittimen etuja on puintityön aikaan reaaliajassa saatava kosteus ja satotasotieto, lisäksi laitteiston käyttö ei vaadi vuosittaisia lisenssimaksuja. (Älykkään maatilän koneratkaisut 2024.)

Puimuri, johon satokartoituslaitteisto Viikin tutkimustilalla asennettiin, on vuosimallin 2004 Sampo Rosenlew 2065 HT. Puimuri on varustettu 4,2 metrin leikkuupöydällä. Puimurissa ei ole tehdasasenteisia satotappiomittareita tai mitään muitakaan puintiin liittyviä anturointeja tai ajotietokoneita.

### 9.1 Laitteiston asennus

Satokartoituslaitteiston asennuspaketti sisälsi kaiken tarvittavan materiaalin, mitä asennuksessa tarvittiin. Asennuksen kaikki eri komponentit oli pakattu omiin pusseihinsa, mistä löytyivät myös asennukseen liittyvät huomiot ja ohjeet paperille printattuna. (Ks. kuvio 2.) Laitteiston eri komponenttien jaottelu omiin pusseihin helpotti kokonaisuuden hahmottamista sekä nopeutti asen-

nusta, kun kaikki kyseisen komponentin asennuksessa tarvittavat tarvikkeet löytyivät ilman etsiskelyä. Asennuksesta ja komponenteista otetut kuvat ovat työntekijän itsensä ottamia, ellei muuta mainita.



Kuvio 2. Laitteisto kokonaisuudessaan

## 9.2 Näyttöpäätteen asennus

Näyttöpäätteen asennuksessa huomioitavia tärkeimpiä seikkoja olivat näytön sijainti ajatellen näkyyttä, kiinnityksen kestävyyttä sekä johdotuksen mahdollisia läpivientejä. Hytissä olevien hallintalaitteiden liikeradat sekä katvealueet vaikuttivat näytön lopulliseen sijoituspaikkaan. (Ks. kuvio 3.) Näyttö on oltava ajonaikana hyvin käden ulottuvissa, mutta se ei saisi muodostaa katvealueita leikkuupöydälle eikä liikenteelle. Näytölle tuli kaksi eri kaapelia, joista toinen lähti kytkentärasialle ohjaamon ulkopuolelle ja toinen oli GPS-antennille menevä kaapeli.

GPS-antennin johto asennettiin ohjaamon A-pilarin paneelin alle, josta se vietiin kattoluukun kautta ohjaamon katolle. Molemmille kaapeleille tehtiin läpivientejä ohjaamon rakenteisiin, mutta

ne olivat sellaisissa paikoissa, ettei normaalin läpivientikumien lisäksi tarvinnut muita tiivistyskeinoja käyttää. Itse antenni kiinnittyi ohjaamon katolle antenninrunkoon sijoitetun magneetin avulla.



Kuvio 3. Näyttöpääte kiinnitettyä ohjaamoon

### 9.3 Pöydänkytkimen asennus

Leikkuupöydän on / off kytkimeltä laitteisto saa tiedon, milloin leikkuupöytä on työasennossa. Laitteisto yhdistää leikkuupöydän asentotiedon, leveyden sekä nopeustiedon, joiden avulla se pystyy

piirtämään satokarttaa ja määrittämään korjatun pinta-alan. Kytkin asennettiin ohjaamon alla oleviin tukirautoihin syöttökuljettimen oikealle puolelle. Sijainti valikoitui oikealle siitä syystä, että kaikki anturit, johdotukset sekä kytkentärasia tulevat sijaitsemaan, sillä puolella, jolloin satokartoittimen johdotukset saatiin suojattua yhdeksi nipuksi menemään kohti kytkentärasiaa. Hytin tukirautoista löytyi valmiit reiät pöydänkytkimen asennusraudalle. Pöydänkytkimen asennuksessa ja sijoituksessa oli otettava huomioon syöttökuljettimen liikerata sekä matka mitä kuljetin liikkuu työasennon ja yläasennon välillä. Kytkimen sijainti suhteessa syöttökuljettimen saranapisteeseen vaikuttaa huomattavasti kytkimen kytkeytymisnopeuteen. Pöydänkytkin on tyypiltään, on/off ja se kytetään syöttökuljettimeen jouseen liitetyn ketjunavulla. (Ks. kuvio 4.) Pöydänkytkimen kytkeytymiskorkeutta pystytään säätämään ketjun pituutta muuttamalla. Ketjussa oleva jousi joustaa, jos työkorkeus muuttuu kovin paljon ennalta säädetystä. Jousi estää kytkimen rikkoutumisen edellä mainituissa tilanteissa.



Kuvio 4. Pöydänkytkin asennettuna

## 9.4 Valokennoantureiden asennus

Valokennoanturit ovat satokartoittimen sadonmittauksen tärkeimmät anturit. Valokennoanturit asennettiin elevaattorin kahta puolta tarkasti vastakkain. (Ks. kuvio 5.) Asennus alkoi määrittämällä valosilmien oikea etäisyys suhteessa viljaelevaattorin lappuja kannattelevaan ketjuun syvyysuunnassa. Syvyysuunnassa antureiden asennuskohta on elevaattorinketjun ja siihen kiinnitettyjen lappujen puolivälissä, jossa viljapatsaan oletetaan olevan tasalaatuinen kaikkien lappujen kesken. Syvyysuunnassa sijainti on tärkeä määrittää oikein myös sen takia, ettei valonsäde osuisi elevaattorinketjuun sen päästessä liikkumaan elevaattorinputkessa. Anturit asennettiin korkeus- suunnassa hieman keskikohtaa ylemmäs huoltoluukun yläpuolelle, jotta ne eivät estä tai vaikeuta elevaattorin huolto sekä puhdistustyötä. Valosilmät kiinnitettiin erillisiin saranarautoihin, joiden avulla silmät voidaan kääntää elevaattorista irti ja näin ollen ne päästään tarvittaessa puhdistamaan sekä antureiden suojalinssit vaihtamaan. Valosilmien sijainti on tärkeä siitä syystä, että ne vaikuttavat laitteiston tarkkuuteen heikentävästi väärin asennettuna. (Ceres 2017, 9.)

Anturien toimintaperiaate on yksinkertaisesti valonheijastumisen seuranta antureiden välillä. Elevaattorin pyöriessä tyhjänä laput sekä niiden alle asennetut varjolevyt (ks. liite 1) tuottavat tietyn määrän varjostusta, jota kutsutaan niin sanotuksi nollatasoksi. Puinnin aikana elevaattorissa kulkeva viljapatsas on liki pitäen tasainen jokaisen elevaattorin lapun päällä, joka katkoo valosädettä antureiden välillä. Varjostuksen nollatason (tyhjän elevaattorin aiheuttama varjostus) ja sen tason mikä jää viljapatsaan kulkemisen anturin ohi, välisen ajan järjestelmä rekisteröi viljan tilavuusvirraksi. Tästä tilavuudesta ja hehtolitrainosta sekä kosteudesta laite yhdistää satotiedon kiloiksi per hehtaari.



Kuvio 5. Valokennoantureiden sijoittaminen elevaattorissa

## 9.5 Kosteusanturin asennus

Kosteusanturin asennuspaketti piti sisällään: anturin, tukilevyn viljaruuvien seinämän sisäpuolelle, sekä kiinnitystarvikkeet ja teipillä kiinnittyvän sabluunan, jonka avulla anturinreikä ja kiinnityskohdat saatiin porattua juuri oikeaan kohtaan. (Ks. liite 2.) Anturissa on kosteuden lisäksi lämpöanturi. Asennuskohtia anturille kyseessä olevassa koneessa oli tankkiin viljaa nostava viljaruuvi sekä viljansiirtoruuvit koneen pohjassa. Asennuskohta olisi oltava sellainen, missä viljavirtaa tasaisesti anturin yli, tällä varmistetaan oikea anturin toiminta, kun vilja vaihtuu anturin päällä tasaiseen tahtiin.

Asennusohje suositteli anturin asennusta tankkiin nostavan ruuvimölyn loppupäähän, jossa viljavirta on jatkuvaa, mutta ruuvi kuitenkin tyhjenee hetkittäin. Ohjekirjan mukaan asennus koneen alaosassa olevien ruuvien pohjaan voi aiheuttaa anturin tarpeetonta kulumista, joka voi johtaa anturin ennenaikaiseen rikkoutumiseen. (Ceres 2017, 13.)

Anturin asennuspaikaksi asennustiimi valitsi viljansiirtoruuvimölyn huoltoluukku juuri ennen tankkiin nostavaa elevaattoria. Paikka valikoitui lopulta sen asentamisen sekä huollon helppoudella. Asentaminen tässä tapauksessa ei vaatinut läpivientien poraamista johdotuksille eikä mitään rakenteellisia muutoksia. Asentaminen alkoi mitoittamalla anturinpaikka huoltoluukkuun ja liimaamalla sabluuna oikeaan kohtaan luukkuun. Sen jälkeen reikäporalla avattiin sabluunan merkkien mukaisesti anturinkohtaan kaksi reikää, joiden välille jäävä kannas poistettiin kulmahiomakoneella. Kiinnityspulttien reiät porattiin anturinreiän molemmille puolille. Tukilevyä muotoiltiin hieman pyöreäksi, jotta se asettuu paremmin huoltoluukun sisäpuolelle, eikä viljaruuvi pääse osumaan siihen. Pulttien avulla tukilevy ja itse anturi kiinnittyi luukkuun. Anturissa on merkitty virtaussuunta, joka on huomioitava ennen asennusta. (Ks. kuvio 6)

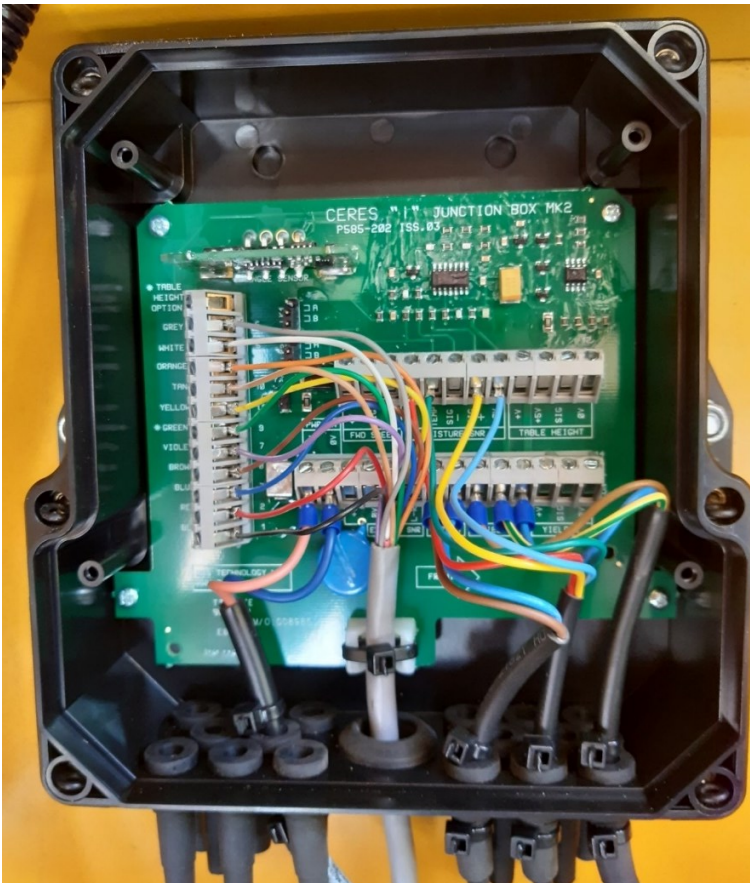


Kuvio 6. Kosteusanturi asennettuna

Johdotuksen vetäminen elevaattorin kylkeä pitkin toteutettiin liimattavien nippusiteenpitimien avulla. Elevaattorin yläpään lähellä johto laitettiin kulkemaan samaa nippua pitkin muiden satokartoittimen johdotuksien kanssa kohti kytkentärasiaa. Johdotuksien kerääminen samaan nippuun, helpotti niiden suojaamista sekä kiinnittämistä.

## 9.6 KytKentärasian asennus

KytKentärasia on vesi- ja pölytiivis, joka pitää sisällään piirikortin sekä kaikille antureille ja johdoille omat liitÄntÄrimat. KytKentärasia sijoitettiin koneen oikealle sivustalle polttoainetankin päälle, jossa se saatiin kiinnitettyä kohlinkammion seinään suojaan ulkoisilta riskeiltä. Kiinnityspaikka valikoitui myös sen perusteella, että antureiden, näytön sekä pöydänkytkimen kaapelit saatiin tuotua yhdessä nipussa rasialle kytkettäväksi. KytKentärasiaan johtojen kytkemisen ensimmäinen työ oli tuoda ne läpivienneistä rasiaan sisälle ja tehdä vedonpoistot. Johtojen päät kuorittiin ja niihin puuristettiin pääteholkit helpottamaan johtojen kytkemistä. KytKentärasiaassa oli jykevät ja hyvin selkeästi merkatut liitÄntÄrimat, joihin johdot kiinnitettiin ruuvikiristeisesti. (ks. kuvio 7) LiitÄntÄrimat oli merkattu anturi- ja työlaitekohtaisesti, sekä lisäksi kussakin liitÄntÄrimassa oli johtojen paikat väreittäin. Selkeiden merkintöjen- ja hyvien liittimien johdosta kytkentä oli nopeaa ja virhekytkentöjen tekeminen liki mahdotonta.



Kuvio 7. KytKentärasia kytkettyinä

## 9.7 Asetukset oikein ennen käyttöä

Laitteiston asennuksen jälkeen alkoi käyttöönotto vaihe, jossa näyttöpäätteen kautta laitteelle annettiin perussäädöt. Säättäminen tässä kyseisessä laitteessa voidaan jakaa kahteen eri kokonaisuuteen: puimurikohtaisiin säätöihin sekä viljelykasvien ominaisiin säätöihin.

Asennuksen jälkeen laitteistolle täytyi syöttää puimurin perusominaisuuksien säätöjä ja ominaisuuksia. Lisäksi laitteiston mahdolliset lisävarusteet täytyy valita käyttöön näyttöpäätteeltä. Antureiden toimintaa pystyi tarkastelemaan päätelaitteen diagnostiikkavälilehdeltä, tältä näytöltä löytyi kaikkien antureiden toimintaa kuvaavat lukemat, mitkä on ilmoitettu osittain jännitteinä, taajuutena, nopeustietona sekä pöydänasennon tieto on/off. Laitteelle suositellaan syötettävän noin 25 senttimetriä kapeampaa työleveyttä mikä se todellisuudessa on, koska kuljettajasta ja ympäristöstä riippuen leikkuupöytää harvoin pystyy täydellä leveydellä käyttämään. (Ceres 2017, 31.) Kyseisessä koneessa pöydänleveys on 4,2 metriä, joten satokartoittimeen asetettiin työleveudeksi

tasaa 4 metriä. Laitteiston ollessa varustettu GPS-antennilla on nopeustiedon tuloväylä muutettava GPS pohjaiseksi, pulssianturin sijasta. GPS anturin sijaintitieto vaikuttaa kartan piirtämisen tarkkuuteen, sijainti annetaankin suhteessa leikkuupöytään, tarkemmin leikkuuterän sijaintiin suhteutettuna.

## 9.8 Kalibrointi puinnin aikana

Perusasetusten muuttamisen jälkeen satokartoitin oli valmis puintityöhön. Kun perusasetukset ovat muokattu oikeaksi päästään seuraaviin kalibrointeihin, jotka vaativat saada puitua viljaa ennen kuin niitä pystytään kalibroimaan. Vähintään kerran päivässä tyhjää elevaattoria tulee pyörittää täysillä kierroksilla, jonka jälkeen kalibroidaan valokennoantureiden varjoprosentin niin sanottu nollataso. (Ceres 2017, 13). Tällä kalibroinnilla laitteistolle tarkentuu nollasatoa vastaava signaali. (Ks. liite 3) Heti puintien ensi metreillä täytyi mitata viive, joka viljalla kesti kulkea pöydältä puintikoneiston läpi aina elevaattorille satokartoittimen antureille. Virheellinen viive aiheuttaa satokartoissa rappuja eli puitu sato ei rekisteröidy siihen kohtaan peltoa missä se on kasvanut. Puidessa Ceres ei piirrä näyttöpäätteelle satokarttaa eikä puidusta pellosto pinta-alaa, joten sen takia työlevyettä on itse säädettävä, jos ajetaan kiilamaisia lohkoja vajaalla työlevydellä. Työlevyeden muuttaminen on tärkeä osa puintityötä, koska sillä on suuri vaikutus satokartoittimen tarkkuuteen. Hehtaarien kertyessä koko leikkuupöydän leveydeltä ja sadon ollessa vain osalta pöydän leveyttä vaikuttaa satokartoittimen mittaamaan satomäärään huomattavasti.

Kosteus sekä hehtopaino on laitteistolle kalibroitava joka päivä. Mitä useammin kalibroinnin puinnin lomassa tekee, sen tarkemman tuloksen laitteisto antaa. Hehtopaino mitattiin laitteiston mukana tulleella mittakipolla, joka kulkeekin puimurin ohjaamossa mukana koko ajan. Kosteuden kalibrointiin käytettiin Wile viljamittaria. Laitteisto on varustettu jatkuvatoimisella kosteusanturilla, joten tarkastusmittauksella saatiin laskettua kosteusanturille korjauskerroin. Kosteuden perusteella laite kalibroi myös satomäärää, joten kosteuden kalibrointi vaikuttaa tätä kautta laitteen mittaamaan sadon kokonaistarkkuuteen.

Edellä mainittujen kalibrointien lisäksi laitteistolle suoritettiin kasvilajikohtaisia kalibrointeja, jotka muuttavat kunkin kasvilajin omaa korjauskerrointa. Kasvilajin valintaa tehdessä näkyy kustakin kasvusta varastokosteus ja korjauskertoimet kosteudelle sekä painolle. Korjauskerroin saadaan syötettyä laitteistolle kahdella eri tavalla. Painokertoimen voi laskea itse kaavalla: nykyinen kerroin x

todellinen paino / Cereksen mittaama paino ja sen jälkeen muuttaa uuden kertoimen valikkoon. (Ks. kuvio 8.) Toinen mahdollinen kertoimen korjaustapa on mennä kalibroitavalikkoon, jonne syötetään laitteiston näyttämä lukema sekä sadon punnittu todellinen paino.

Toimeksiantajalla on käytössään ajoneuvovaaka, jolla saatiin puitu sato punnittua. Toimeksiantajan kuivurikoneistot on myös varustettu vaakalaitteistolla, mutta koimme taaratun ajoneuvovaakan nopeammaksi sekä luotettavammaksi tavaksi suorittaa punnitus. Mikäli tilalla ei ole mahdollisuutta käyttää ajoneuvovaakaa sadon punnitsemiseen voi sen myös tehdä pienemmissä erissä tyhjentämällä puimurin tankki esimerkiksi suursäkkiin minkä punnitsemisen voi tehdä etukuormaajan vaakalla tai koukkuvaaalla.



Kuvio 8. Kasvilajivalikko, jossa näkyy varastokosteus sekä korjauskertoimet.

Mikäli satokartoittimeen on valittu lisävarusteena GPS ominaisuus, on laitteella mahdollista luoda satokarttoja pelkän kokonaissadon mittaamisen sijasta. GPS-antennilla varustetulla laitteella on mahdollista merkata karttaan tageja, esimerkiksi maakivet, hukkakaurat sekä muita vastaavanlaisia tietoja.

## 10 Haastattelu

Työhön haastateltiin Pohjoisen Keski-Suomen oppimiskeskuksen Tarvaalan koulutilan työnjohtajaa. Haastateltava valikoitui satokartoituslaitteiston, sekä tilan samantyyppisten askeleiden perusteella mitä satokartoituksen parissa on otettu. Tilalla on vuonna 2021 otettu käyttöön Farm-TRX retrofit mallinen satokartoituslaitteisto. Retrofit-tyyppinen laitteisto tarkoittaa jälkiasennettavaa laitteistoa, joka voidaan asentaa vapaasti riippumatta leikkuupuimurin mallista ja merkistä. Laitteisto on asennettu tilan Sampo Rosenlew 2065 HT leikkuupuimuriin. Koulutilalla satokartoituslaitteiston hankinta tuli ajankohtaiseksi, kun tutkimustoiminta tarvitsi käyttöönsä peltojen satotietoja. Leikkuupuimurin käyttöikä on edessä vielä useita vuosia, joten koko puimurin uusiminen satokartoituslaitteistolla varustettuun ei ollut vaihtoehto vaan puimuri päätettiin päivittää satokartoituksen osalta retrofit-tyyppisellä satokartoituslaitteistolla.

Tutkijat hyödyntävät laitteistolla saatavan datan omiin projekteihinsa, joka on erillään koulutilan muista toiminnoista. Kuten opinnäytetyön toimeksiantajalla, niin myös Tarvaalan koulutilalla satokartoitus on ensimmäinen askel kohti täsmäviljelyä. Tällä hetkellä opinnäytetyön toimeksiantaja eikä Tarvaalan koulutila pysty käyttämään dataa lannoituskarttoihin tai kylvömäärien säätämiseen. Sen sijaan satokartoista analysoidaan peltojen sisäisiä satovaihteluita, jotka kertovat pellon kasvukunnosta.

Tarvaalan koulutilalla satokartoittimen hankinnan perusteina olivat satokartoittimen asennuksen ja käytön helppouden lisäksi hinta sekä laitteiston muut ominaisuudet työnjohtaja kertoo. Laitteiston hankinta tehtiin kilpailutuksen kautta joukkohankintana. Asennus tehtiin työnjohtajan toimesta tilan omalla korjaamolla. Laitteiston asennus onnistui muutamassa tunnissa, koska laitteistoon ei ollut tilattu lisävarusteena olevaa kosteusanturia. Asennus koostui siis, antennista keskusyksiköstä sekä itse satoa mittaavista antureista. Sähkösyötön laitteelle työnjohtaja oli toteuttanut releenavulla suoraan akulta, jolloin laitteenvirta saatiin tarvittaessa katkaistua ohjaimosta käsin. Antureiden kiinnittäminen elevaattoriin onnistui helposti mukana tulleiden porien ja

erillisten suuntaus työkalujen avulla. Cerekseen verrattuna antureiden suuntaus ja poraaminen kävi huomattavasti helpommin.

Näyttöpäätteenä Farm Trx:ssä Tarvaalassa toimi tabletti. Tabletti yhdistetään bluetoothin avulla satokartoittimen keskusyksikköön, jonka jälkeen sovelluksen kautta nähdään satokartoittimen toiminta sekä pystytään tekemään kalibroinnit. Vaikka laite tarvitsee nettiyhteyksiä ei niitä ole Tarvaalassa koettu ongelmallisiksi, vaan niiden todettiin toimineen aina hyvin.

Tarvaalan koulutilalla laitteiston vuosittaisella lisenssimaksulla ei ollut vaikutusta hankintapäätökseen. Sen sijaan lisenssin mukana tuleva pilvipalvelu ja ohjelmisto nähtiin hyvänä ja helppona ratkaisuna datan käsittelyyn ja satokarttojen laadintaan. Farm TRX satokartoittimeen verrattuna Ceres tarvitsee ulkopuolisen ohjelmiston, jolla laitteesta saatava data käsitellään valmiiksi kartoiksi.

## **11 Satokarttojen laadinta ja ohjelmistot**

Työssä käsittelyssä olleet laitteistot ei näytä reaaliaikaisesti kuljettajalle sadonkartoituksesta saatavaa satokarttaa, vaan pelkästään sen hetkistä satotasoa sekä kosteustietoa lukuina. Laitteistojen mittaama data on siirrettävä käsiteltäväksi erillisille ohjelmistoille. Farm Trx:n data käsiteltiin kartoiksi laitteiston omalla pilvipalvelulla, jossa tekoäly laati datasta kartat. (Farm Trx, 2024). Cerekseen data taas käsiteltiin Minun Maatilani Smart Farming-moduulin, sekä Farmworks sovelluksen avulla. Tarkemmin tässä osiossa paneudutaan pelkästään Cerekseen datan käsittelyyn Minun Maatilani Smart Farming-moduulilla sekä Farmworks ohjelmistolla.

Trimblen kehittämä Farmworks on käyttäjälleen täysin ilmainen sekä hyvin monipuolisesti karttasojen muokkausta mahdollistava ohjelmisto. Farmworks ohjelmisto on ladattava omalle tietokoneelle, joten on otettava huomioon tietokoneelta vaadittavat ominaisuudet ennen lataamista. (Farmworks, 2024.)

Toiseksi ohjelmistoksi satokarttojen laadintaan valikoitui selainpohjainen Minun Maatilani ohjelmistokokonaisuus mikä käsittää, lohkokirjanpidon, karjatilán tarvittavan kirjanpidon, talouden sekä johtamiseen liittyviä erilaisia ohjelmisto kokonaisuuksia. Minun Maatilani viljelysuunniteluohjelman perusversio ei sisällä Smart-farming moduulia, jolla pystyy luomaan satokarttoja sekä

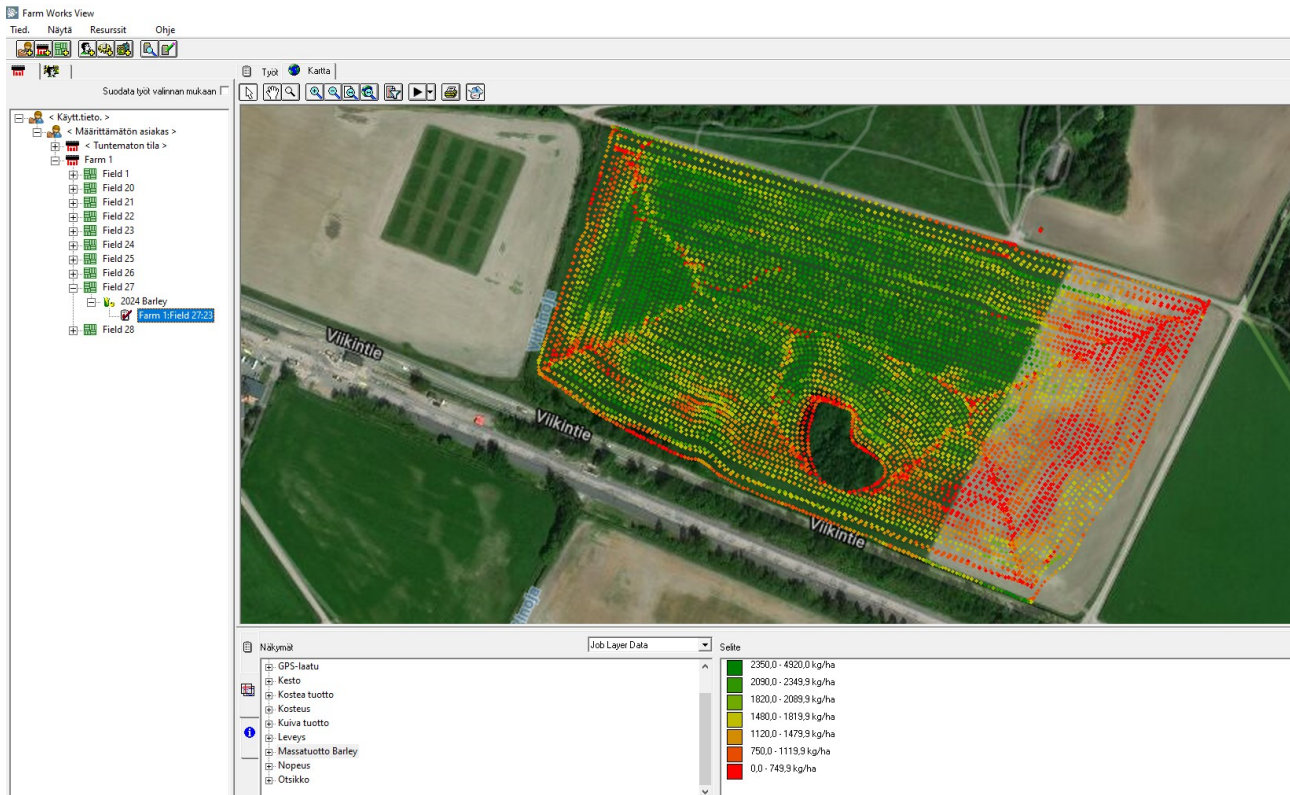
tekemään tehtävätiedostoja ISOBUS-yhteensopiville laitteille. (Minun Maatilani, 2024.) Smart Farming-moduulin lisenssimaksu on 100 € vuodessa + 0,72 €/ha/vuosi + alv 25,5 %. Työn tilaajalla on käytössään viljelysuunnittelussa ja lohkokirjanpidossa Minun Maatilani Wisu-viljelysuunnitteluohjelma Smart Farming- moduulilla. (Minun Maatilani, 2024.)

### **11.1 Mittausdatasta satokartoiksi**

Farmworks ja Minun Maatilani ohjelmistolla satokarttojen laadinta eroaa keskenään vasta sen jälkeen, kun data on siirretty tietokoneelta ohjelmistoon. Cereksen data tallennettiin muistikortille, jonka jälkeen se siirrettiin tietokoneelle edelleen käsiteltäväksi. Cereksestä on valittava text tai data-mode ennen muistikortille tallentamista. Text- muotoinen data on pelkkä tekstimuotoinen selvitys kokonaissadosta ja korjuun muista tiedoista. Text-muodossa olevat tiedot avautuvat muistioon luettavaksi. Data tallentuu kansioon X01-tiedostoksi. Tämä tiedostotyyppi on yhteensopiva Minun Maatilani sekä Farmworks ohjelmiston kanssa. Molemmissa ohjelmissa valmiit satokartat tallentuvat ohjelmistoon tulevaa käyttöä varten, joten useampien vuosien satokarttojen tarkastelu on näin ollen todella helppoa.

Farmworks ohjelmistolla kartan laadinta alkaa lukemalla data tietokoneen kansioista. Ohjelmistolle kerrotaan minkä tyyppistä ladattu data on, sekä millä laitteella data on tuotettu. Latauksen jälkeen pellot listautuvat määritellyn tilan alle, josta ne voidaan avata tarkasteltavaksi. (Ks. kuvio 9.) Pellon tunnisteiden alle satokartat listautuvat puintivuoden mukaan, eli eri vuosien satokartat löytyvät samasta listasta kunkin vuoden alle erikseen eriteltyinä. Erilaisia karttatasoja sovelluksesta löytyy 11 erilaista, aina GPS:n laadusta, ajonopeudesta satotuottoihin. Tärkeimpiä tarkasteltavia karttatasoja viljelyn kannalta ovat sadon kuiva- ja kostea tuotto, sekä kosteuskartta.

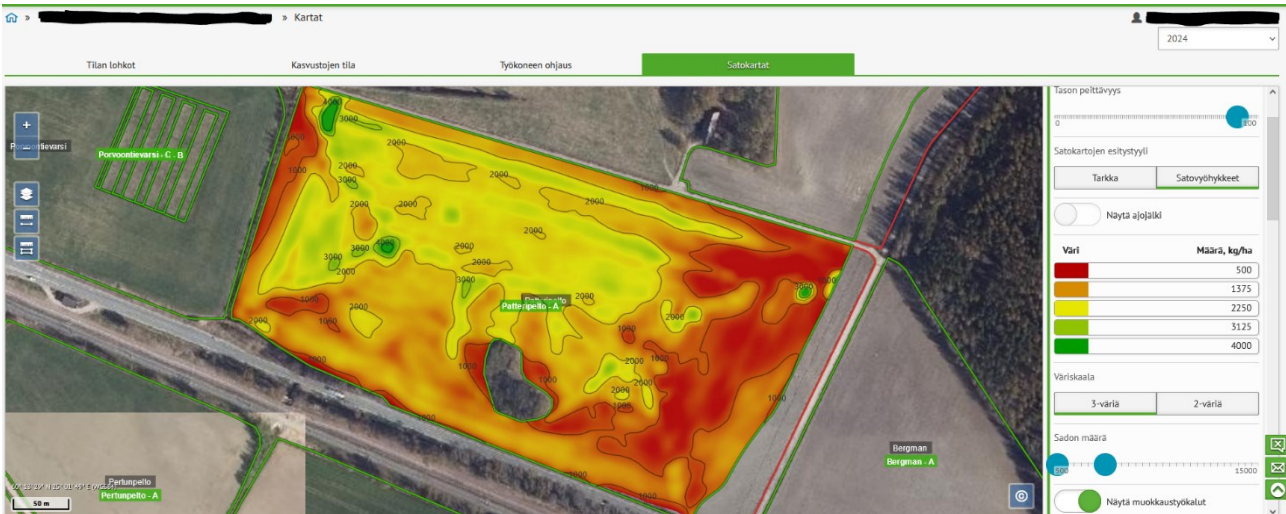
Kunkin karttatason näkymää pystyy muokkaamaan perusnäkömystä, jossa kukin mittapiste erottuu omanaan (Ks. kuvio 9) näkymäksi, jossa ruudun mitta on 15 metriä. (Ks. liite 4.) Värejä tai niiden keskinäistä suhdetta ei tässä sovelluksessa pysty muokkaamaan. Satokartoista pystyy määrittämään vapaavalintaisen alueen tarkempaa tarkastelua varten, esimerkiksi jos haluaa vertailla lohkon multavampaa osaa karumpaan alueeseen. Tämä toimenpide tuo esiin selkeät satoluvut valitun peltolohkon osasta. Satokartan värit ja värejä vastaavat satotasot ovat selitetty näytön alueunassa, näitä tulkitsemalla selviää lohkoista eri satotason alueet nopeallakin vilkaisulla.



Kuvio 9. Farmworksin satokartan perusnäky

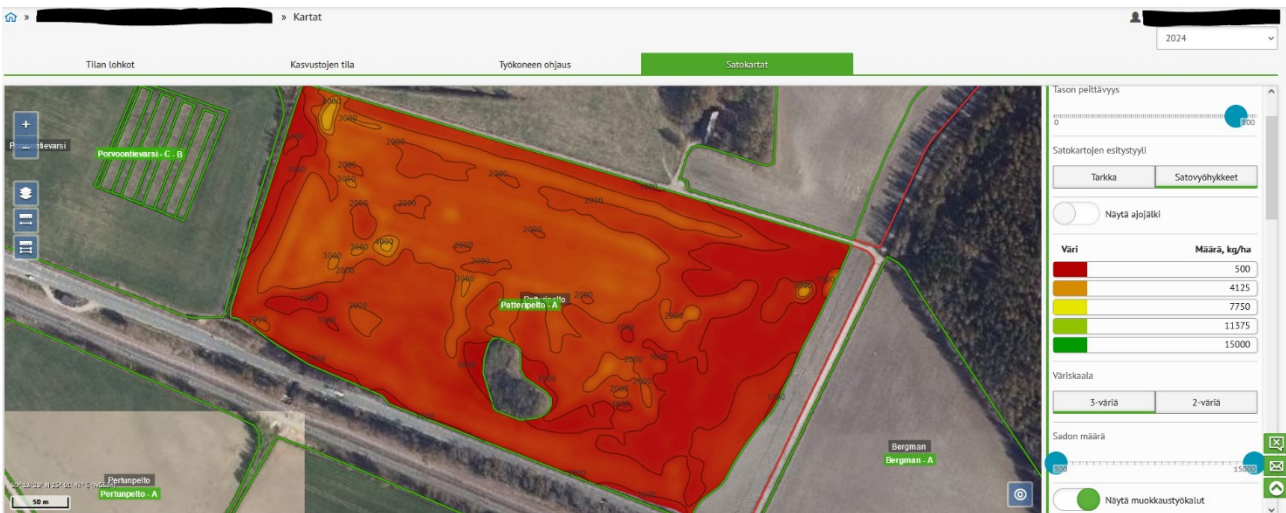
Minun Maatilani sovelluksella satokarttojen luonti alkaa samalla tavalla kuin Farmworks:lla, lataamalla tallennettu data tietokoneelta ohjelmistoon. Kartat valikon alla on omat välilehdet, tilan lohkoista, kasvustojen tilasta, työkoneiden ohjaukseen sekä satokarttoihin. Datan lataamisen jälkeen satokartat välilehden alta löytyy lista pelloista, joilta satokartta on saatavana kyseiseltä satovuodelta. Datassa on aikaleima, jonka mukaan satokartta tallentuu sovellukseen oikean satovuoden alle. Satovuotta vaihtamalla näet lohkot ja kunkin lohkon satokartat listattuna.

Valitsemalla listasta lohko avautuu satokartta karttanäkymään, jonka jälkeen sitä pääsee tarkastelemaan sekä halutessaan muokkaamaan. Karttanäkymää pääsee muokkaamaan peittävyden, esitystylin sekä väriskaalan osalta. Sadonmäärää pystyy skaalaamaan 500–15000 kg/ha välillä 500 kilon portaittain. Maksimisadonmäärää muuttamalla lähemmäs todellista satotasoa, skaalautuvat värit minimi- ja maksimisadon mukaan, joka tekee satokartan satovyöhykkeistä helpompi selkoi-  
semman. (Ks. kuvio 10.) Satokartan satotason tarkastelua helpottaa karttaan kirjoitetut luvut kunkin satotason mukaan.



Kuvio 10. Minun Maatilani satokartta satoskaalalla 500 - 4500 kg/ha

Satoskaalan ollessa 500–15 000 kg/ha indikoi esimerkiksi tässä kartassa punainen, oranssi ja keltainen väri satoa aina 7 000 kg/ha asti. Tummanpunainen osoittaa pienintä satotasoa, oranssi ja keltainen seuraavia satovyöhykkeitä. Vihreän värin eri sävyt tässä kartassa tarkoittavat satoa 7 000 kg/ha aina 15 000 kg/ha asti. Edellä mainitulla satoskaalalla satokartassa on pelkästään punaisia sävyjä, jos satotaso ei ylitä 7000 kg/ha. (Ks. kuvio 11.)



Kuvio 11. Minun Maatilani satokartta isolla satoskaalalla

## 12 Tutkimustulokset

Tutkimustulokset saavutettiin kvalitatiivisella eli laadullisella tutkimuksella. Laadullisesta tutkimuksesta valittiin Case-tutkimus siitä syystä, että saatiin aineistoa kerättyä monipuolisesti koko opinäytetyöprosessin ajan. Referenssilaitteiston aineisto kerättiin teemahaastattelun avulla, jonka kysymykset laadittiin ennen haastattelun ajankohtaa. Haastattelu suoritettiin Tarvaalan koulutilalla paikan päällä, jolloin haastattelun ohessa pystyttiin katsomaan huomionarvoisia seikkoja heidän asennuksestansa ja laitteen käyttöprosessista. Haastattelua ei ollut tarpeen anonymisoida, vaan haastateltavan henkilöllisyys on työssä esillä. Toimeksiantajan leikkuupuimuriin asennetun sato-kartoittimen asennusprosessi tehtiin itse työnkirjoittajan toimesta ja taltioitiin kuvin sekä videoin asennuksen yhteydessä. Kuvia ja videoita ei erikseen litteroitu tai purettu vaan opinäytetyötä kirjoittaessa taltiointeja selattiin uudelleen läpi ja tulokset kirjoitettiin suoraan työhön esille.

Asennustyöstä saadut tulokset olivat sen kaltaisia, mitä ennen työn aloittamista niiden ennakoitiin olevan. Asennus sujui helposti komponenttien ollessa asennussarjassa yksittäispakattuina, mukanaan hyvät asennusohjeet. Kaikki asennuksessa tarvittavat kiinnitystarvikkeet ja johdotukset olivat asennuspaketissa mukana. Konekohtaisia asennusohjeita ei ollut leikkuupuimuriin mihin laitteisto työssä asennettiin, jonka vuoksi esimerkiksi kytkentärasian sijaintia, sekä johdotuksia sai hieman pohtia ennen asennustyötä. Asennustyössä käytössä oli hyvä korjaamon työkaluvarustus, jonka takia asennukseen ei tarvinnut erikseen lähteä hankkimaan mitään työvälineitä. Asennuksessa kohdatut ongelmat tulivat vasta koekäytön jälkeen, kun valokennoantureiden varjoprosentin kalibroinnissa tuli esiin huomattavia heittoa. Ohjekirjassa mainittuja elevaattorin varjolevyjä ei kuitenkaan Sampo on ollut saatavilla laitteiston valmistajalta eikä jälleenmyyjältä. Selvitystyön jälkeen leikkuupuimurivalmistaja Sampo Rosenlew toimitti levyt, joiden asentaminen onnistui helposti suoraan pulttaamalla elevaattorin lappuihin kiinni.

Varjolevyjen kätisyys oli sellainen, että ne tulivat asennettavaksi elevaattoria syöttävän ruuvin puolelle, joka estää osittain elevaattoria täyttymästä täyteen kapasiteettiinsa. Tästä aiheutui viljaruuvin ja seulaston tukkeutumista, kun viljaa koneessa virtasi reilusti. Viljavirran tukkeutuminen osittain varjolevyjä vasten aiheutti myös tarpeetonta kulumista viljaruuvin ja elevaattorin yhtymäkohdassa, jota ei todennäköisesti tapahtuisi, jos varjolevyt eivät estäisi viljaa vapaasti virtaamasta elevaattoriin. Kosteusanturin sijoittaminen helpomman asennusprosessin takia puintikoneiston

alla olevaan viljaruuviin muodostui mittaustarkkuuden kannalta ongelmaksi vasta rikkasiemenpi-toisella ja erittäin kostealla viljalla. Anturin pystyy kuitenkin helposti tarvittaessa puhdistamaan, koska se asennettiin viljaruuvin tarkastusluokkuun, jonka saa avattua ilman työkaluja. Antureiden ja komponenttien asennus sujui muutoin kaiken kaikkiaan helposti, vaikka ne vaativatkin tehtäväksi puimurin rakenteisiin joitain pieniä muutoksia.

Satokartoittimen käyttöönottovaiheen kalibroinnit olivat osittain tehtävissä ennen puintikautta, osa taasen onnistui vasta kun puimurilla päästiin puimaan. Kalibroinnit itsessään ovat laitteiston tarkkuuden kannalta merkittävässä roolissa. Mitä luotettavimmilla mittauslaitteilla ja useammin mittauksia kuljettaja tekee sekä kalibroi laitetta, näkyy se suoraan laitteiston antamassa tarkkuudessa. Kasvilajikohtaiset korjauskertoimet painon osalta saadaan punnitsemalla puitua satoa ja vertaamalla sitä satokartoittimen saamaan lukuun. Satokartoitin laskee itse uuden kertoimen punnitustuloksen syöttämisen jälkeen ja jättää sen laitteen muistiin.

Satokarttojen laadinnassa käytetyt ohjelmat olivat molemmat helppo käyttöisiä, mutta ominaisuuksiltaan osittain eroavaisia. Ohjelmistot erosivat käytöltään ainoastaan karttatasojen muokausmahdollisuuksissa sekä karttatasojen määrissä. Farmworks sovelluksen käytössä huomioitavaa on se, että ohjelmistopaketti ladataan omalle tietokoneelle, toisin kuin Minun Maatilani ohjelmisto, joka toimii verkon kautta. Farmworks osoittautui karttatasojen määrissä edukseen muun muassa kosteuskartoilla, jota Minun Maatilastani ei saa näkyviin. Satokartoittimen mittaa-man kokonaissadonmäärän saa näkyviin Farmworks sovelluksesta luomalla peltolohkosta tulosten, Minun maatilassani tätä mahdollisuutta ei ole. Tulosteessa näkyy satokartta, korjuuntiedot sekä satovyöhykkeiden selitteet.

Minun Maatilani ehdottomia etuja ovat siinä, että satokartan esitystyyli on selkeämpi verrattuna Farmworksiin. Satokarttojen tallentuminen samaan paikkaan muiden kasvustokarttojen kanssa sekä työkoneen ohjaukseen liittyvien tehtävätiedostojen tekeminen samalla ohjelmistolla helpottaa satokarttojen hyödyntämistä ja on eduksi Minun Maatilani sovelluksessa.

## 13 Johtopäätökset ja pohdinta

Opinnäytteen pohjimmaisena tavoitteena oli saada kokonais käsitys jälkiasennettavan satokartoituslaitteiston valinnasta, asennuksesta ja käyttöönotosta. Lisäksi satokartoituksesta saatavan datan käsittely ja satokartoituksen hyödyt viljelijälle pyrittiin työssä selvittämään. Teemahaastattelu toi samansuuntaisia tuloksia mitä saatiin itse asennuksesta ja prosessista muutoinkin. Toimeksiantajan leikkuupuimuriin asennettu laitteisto käyttöönottoineen, kalibrointineen sekä datan käsittelyineen toi hyvät tulokset työstä kokonaisuudessaan. Asennustyö itse tehden toi hyvän käsityksen asennettavasta laitteistosta tekniikaltaan, toimintaperiaatteeltaan sekä asennuksessa tehtävistä koneeseen tarvittavista muutoksista.

Opinnäytetyöprosessin koettiin tuoneen lisää tietoutta satokartoituksen hyödyistä ja asennusprosessin kulusta, vaikka siitä ei ennestään ollut tietoa tilalla käytännön tasolla. Tutkimustuloksissa satokartoittimen asentaminen ja käyttöönotto koettiin verrattain helpoksi ja edulliseksi tavaksi mitata viljelytoimien onnistumista peltolohkoilla. Pesosen (2010) mukaan investoinnit täsmäviljelyyn koettiin kuitenkin hankintahinnaltaan kalliiksi, mikä vähentää investointihaluja ko. laitteisiin. Tutkimustulokset sen sijaan puoltavat osittain Pesosen (2010) tuloksia, joissa sanotaan täsmäviljelyn olevan hieman hankalaa sekä monimutkaista eikä sen hyötyjä vielä tunneta tarpeeksi viljelijöiden keskuudessa. Teemahaastattelusta sekä tutkimuksesta saatuja tuloksia puoltaa Kiviranta (2022), jonka mukaan täsmäviljely on moniulotteinen kokonaisuus käsittäen erilaisia toimenpiteitä, lisäksi se perustuu paikkatietoonsidotun datan hyödyntämiseen.

Viikin tutkimustilalla satokartoituksesta saadut hyödyt ovat olleet pääosin peltolohkojen sisäisten satovaihteluiden seurannassa. Satokarttoja tarkastellessa on saanut hyvän käsityksen siitä, millä peltolohkoilla ja lohkon osissa satopotentiaalia on vielä käyttämättä tai lohkossa on mahdollisesti kasvukunnossa parantamisen varaa. Minun Maatilani Smart Farming-moduuli on osoittautunut käytössä pienistä puutteista huolimatta varsin helpoksi käyttää ja sen ehdottomat edut ovat sato-datan sama sijainti viljelysuunnitelman ja satelliittikarttojen kanssa. Kaikki viljelyyn liittyvät suunnitelmat sekä data ovat näin ollen helposti verrattavissa keskenään.

Tilalla mahdollisesti tulevaisuudessa siirrytään jaettuun lannoitukseen viljanviljelyssä, joten useamman vuoden satokarttojen tarkastelu tuo hyvän pohjan lannoitustasojen ja niistä johdettujen lannoituskarttojen laadintaan. Satokartoista pelkästään ei kannata laatia lannoituskarttoja, vaan

on hyvä tutkia satokarttoja yhdessä esimerkiksi säätietojen tai happamuuskarttojen kanssa. Pitämällä aikavälillä ja monipuolisesti useampien karttatasojen tarkastelulla saadaan suodatettua satoihin vaikuttavia olosuhteiden muuttujia. Satokartoista saatavia hyötyjä pystyy lisäämään, kun niiden tarkasteluun yhdistetään muita dataa.

Tutkimus toi esille ne asiat, joita tutkimuksella lähdettiin tavoittelemaan, jokaiseen kolmeen tutkimuskysymykseen saatiin vastauksia. Teemahaastattelu toi hyvää pohdintaa ja vertailutuloksia Tarvaalan koulutilan satokartoittimen asennuksesta ja käyttöprosessista kokonaisuudessaan. Tutkimuksen luotettavuuden tarkastelussa huomioitavaa on se, että teemahaastattelun kohteena ollut laitteisto ja käyttäjä eivät olleet tutkijalle entuudestaan tuttuja. Useamman haastateltavan mahdollisuutta ei ollut, koska työnrajaus laadittiin näin, että työn kokonaispituus pysyy hallinnassa sekä tutkimuskysymykset ovat edelleen keskiössä. Lisäksi laadullinen tutkimus case-tutkimuksena tuo työstä havainnointia monipuolisesti, tutkijan ollen läheisessä vuorovaikutuksessa tutkimuskohteen kanssa. Työn luotettavuuteen en näe itse valitulla haastateltavalla kuitenkaan olevan vaikutusta, koska haastattelun kohteena ollut prosessi kuvattiin työhön kokonaisuudessaan tuloksien perusteella, asiasisältöä mitenkään muuttamatta. Aaltio-Marjosolan (1999) mukaan tutkimuksen kohdejoukkoa ei valita satunnaisotannalla vaan täysin tarkoituksenmukaisesti ja tutkimuksessa mukana olevat tapaukset käsitellään ainutlaatuisina. Tutkimuksen tavoitteena alkujaan oli saada vastaukset tutkimuskysymyksiin ja Viikin tutkimustilalle tuloksia laitteiston käyttöönotosta ja hyödyntämisestä kokonaisuudessaan. Lisätutkimuksia satokartoituksen aihepiiriin voisivat olla laitteiston kalibroinnin vaikutus mittaustarkkuuteen sekä miten satokartoista laaditaan lannoitussuunnitelmia. Näistä kalibroinnin voisi suorittaa kvantitatiivisena tutkimuksena ja lannoitustasojen laadinnan kvalitatiivisena tutkimuksena.

## Lähteet

Aaltio-Marjosola, I. 1999. Case-tutkimus metodisena lähestymistapana. Verkkojulkaisu. Viitattu 15.01.2024. <https://metodix.fi/2014/05/19/aaltio-marjosola-casetutkimus/>

Autio, T., Enroth, A., Hellstedt, M., Huhtamäki, T., Järvenpää, M., Kaila, E., Kari, M., Karttunen, J., Kivinen, T., Knaapi, J., Koistinen, M., Korhonen, P., Leinonen, A-R., Leppikorpi, K., Manninen, E., Mononen, J., Palva, R., Pastell, M., Pitenius, T., Peltonen, S., Ruokolainen, A., Saarinen, P., Sairanen A., Savela, P., Suokannas, A., Suomi, P. & Suurinkeroinen, S. 2010. Teknologian hyödyntämien maatilalla. Tieto tuottamaan kirjasarja. Porvoo Bookwell Oy

Ceres. 2017. Satokartoittimen asennusmanuaali. Laitteen Ceres 8000i mukana toimitettu painettu ohjekirja.

Ceres. 2017. Satokartoittimen kalibrointi ja käyttöohje. Laitteen Ceres 8000i mukana toimitettu painettu ohjekirja.

Farm TRX. 2024. Satokartoittimen pilvipalvelu. Viitattu 09.12.2024. <https://login.farmtrx.app>

Farmworks. 2024. Precision Ag Ireland verkkosivut Farmworks ohjelmiston lataukseen. Viitattu 09.12.2024. <http://www.precisionagireland.ie/View.html>

Hanigan, M. 2018. Massaperusteinen satokartoitus leikkuupuimurissa. Opinnäytetyö. Viitattu 10.12.2024. <https://dr.lib.iastate.edu/server/api/core/bitstreams/783064a3-6790-4405-91f7-b0adee7a0d72/content>

Hankkija. 2024. Hankkijan verkkosivut, älykkään maatilan koneratkaisut. Viitattu 23.09.2024. <https://www.hankkija.fi/alykas-maatila/koneratkaisut/ia-satokartoitin-ceres-8000i-2031368/>

Helsingin Yliopisto. 2024. Helsingin yliopiston verkkosivut. Viitattu 12.4.2024. <https://www.helsinki.fi/fi/infrastruktuurit/viikin-tutkimustila>

Hirsjärvi, S., Hurme, H. 2000. Teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Helsinki: Yliopistopaino

Karttunen, J., Palva, R., Lätti, M., Hennola, V. 2024. Uuden Teknologian Hyödyt Peltoviljelyssä. Työtehosteuran julkaisu. Viitattu 10.12.2024. <https://doria.fi/bitstream/handle/10024/189687/Uuden-TeknologianHyodytPeltoviljelyssaTJ475.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Kiviranta, T. 2022. Täsmäviljelyn tavoitteena on parantaa viljelyn kannattavuutta – aloitus vaatii investointeja, mutta sitäkin voi kokeilla myös urakoitsijan avulla. Verkkolehdistäartikkeli. Maaseudun tulevaisuus. Viitattu 15.01.2024. <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/maatalous/8a8145a0-29f3-53cd-aa58-8aa913f6074f>

Korhonen, P. Tekstiviestikeskustelu. 11.04.2024.

Laadullisen tutkimuksen analyysit. [https://moodle.jamk.fi/pluginfile.php/814653/mod\\_resource/content/1/Laadullinen%20tutkimus%2029032018.pdf](https://moodle.jamk.fi/pluginfile.php/814653/mod_resource/content/1/Laadullinen%20tutkimus%2029032018.pdf)

Leipätiedotus. N.d. Leipätiedotuksen verkkosivu. Viitattu 22.03.2023. <https://www.leipatiedotus.fi/tietoa-leivasta/pelloilta-poytaan/viljan-tuotanto/suomessa.html>

Luonnonvarakeskus. 2023. Tilasto maatalousmaasta verkkohakemisto. Viitattu 20.03.2023. [https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE\\_02%20Maatalous\\_02%20Rakenne\\_02%20Maatalous-%20ja%20puutarhayritysten%20rakenne/06\\_Maatalous\\_ja\\_puutarhayrit\\_kestim\\_kmm.px/?rxid=786f0450-355f-4a91-af51-6898606f4e0f](https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE_02%20Maatalous_02%20Rakenne_02%20Maatalous-%20ja%20puutarhayritysten%20rakenne/06_Maatalous_ja_puutarhayrit_kestim_kmm.px/?rxid=786f0450-355f-4a91-af51-6898606f4e0f)

Luonnonvarakeskus. 2023. Tilasto maatalojen lukumäärästä verkkohakemisto. Viitattu 20.03.2023. [https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE\\_02%20Maatalous\\_02%20Rakenne\\_02%20Maatalous-%20ja%20puutarhayritysten%20rakenne/03\\_Maatalous\\_ja\\_puutarhayrit\\_lkm\\_tuotantos\\_ELY.px/?rxid=786f0450-355f-4a91-af51-6898606f4e0f](https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE_02%20Maatalous_02%20Rakenne_02%20Maatalous-%20ja%20puutarhayritysten%20rakenne/03_Maatalous_ja_puutarhayrit_lkm_tuotantos_ELY.px/?rxid=786f0450-355f-4a91-af51-6898606f4e0f)

Minun Maatilani. 2024. Ohjelmistot ja palvelut Smart Farming – lisäominaisuudet viljelysuunnitteluun. Viitattu 30.11.2024. <https://www.minunmaatilani.fi/ohjelmistot-ja-palvelut/viljelysuunnitteluohjelmat/smart-farming-lisaominaisuudet-viljelysuunnitteluun/>

Pesonen, L., Kaivosoja, J. & Suomi P. 2010. Täsmäviljely ja ravinteiden käytön tarkentaminen. Tehoa maatalouden vesien suojeluun. TEHO-hankkeen julkaisu 5/2010.

Royer, J. 2017. Ag leader's Industry-Leading Yield Monitor Simplifies Collecting Quality Yield Data. Ag leader News, News & Announcements. Viitattu 15.01.2024. <https://www.agleader.com/blog/ag-leaders-industry-leading-yield-monitor-simplifies-collecting-quality-yie/>

Satelliittipaikannus. N.d. Teematietoa satelliittipaikannuksesta maanmittauslaitoksen verkkosivulla. Viitattu 15.02.2024. <https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/teematietoa/satelliittipaikannus>

Teknologialla tulosta. 2005. Maatalousteknologian tutkimuslaitoksen verkkojulkaisu teknologiapäivästä. Viitattu 7.4.2024 <https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/462875/mtts85.pdf?sequence=1>

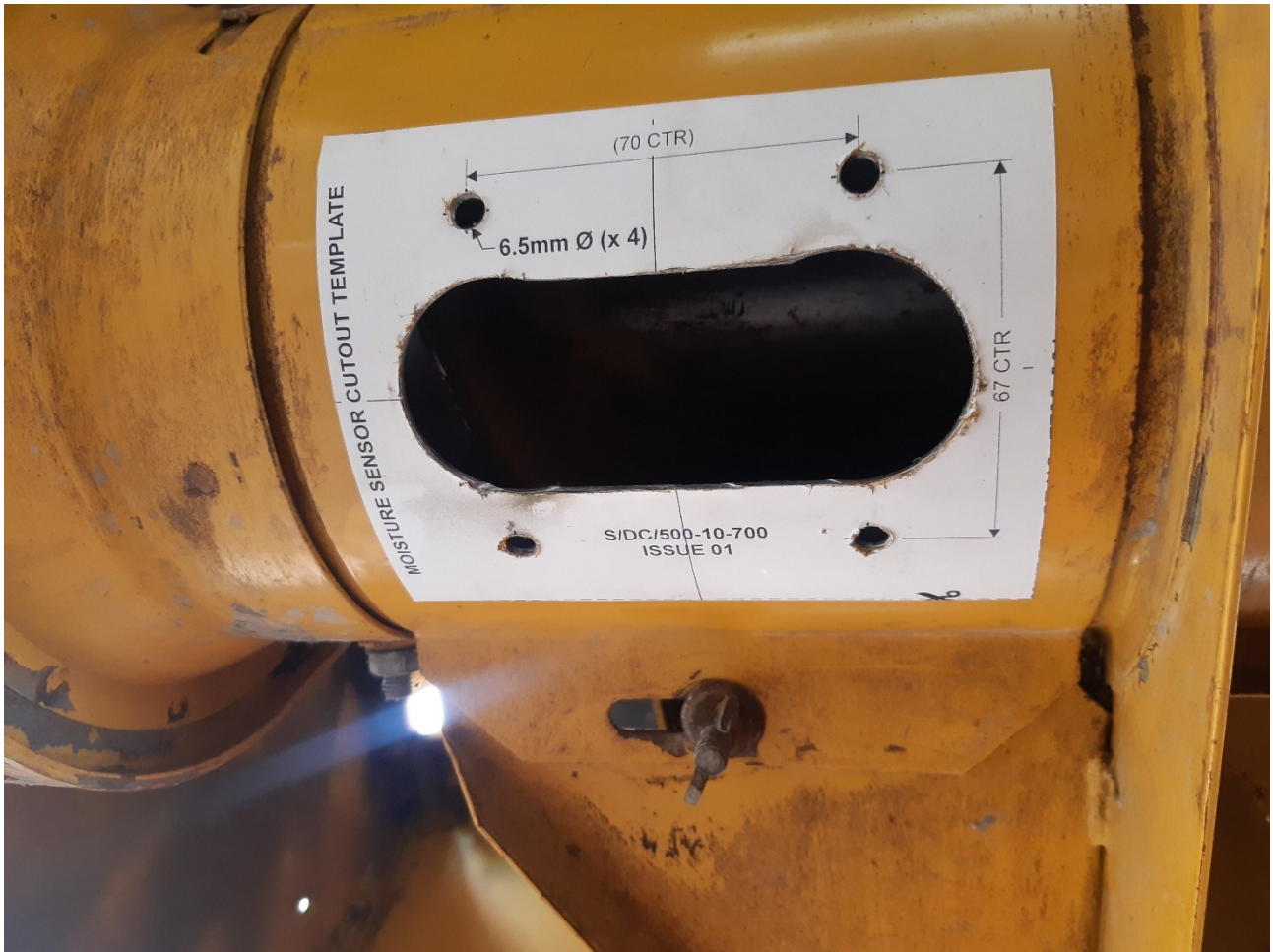
Ympäristökorvauksen sitoumusehdot. 2024. Ruokaviraston verkkosivut. Julkaistu 4.5.2024. Viitattu 7.4.2024 [https://www.ruokavirasto.fi/tuet/maatalous/peltoetuet/ymparistokorvaus/ymparistokorvauksen-sitoumusehdot/ymparistokorvauksen-sitoumusehdot-2023/#Ilmasto\\_ja\\_ymparistosuunnitelma](https://www.ruokavirasto.fi/tuet/maatalous/peltoetuet/ymparistokorvaus/ymparistokorvauksen-sitoumusehdot/ymparistokorvauksen-sitoumusehdot-2023/#Ilmasto_ja_ymparistosuunnitelma)

## Liitteet

### Liite 1. Varjolevy asennettuna



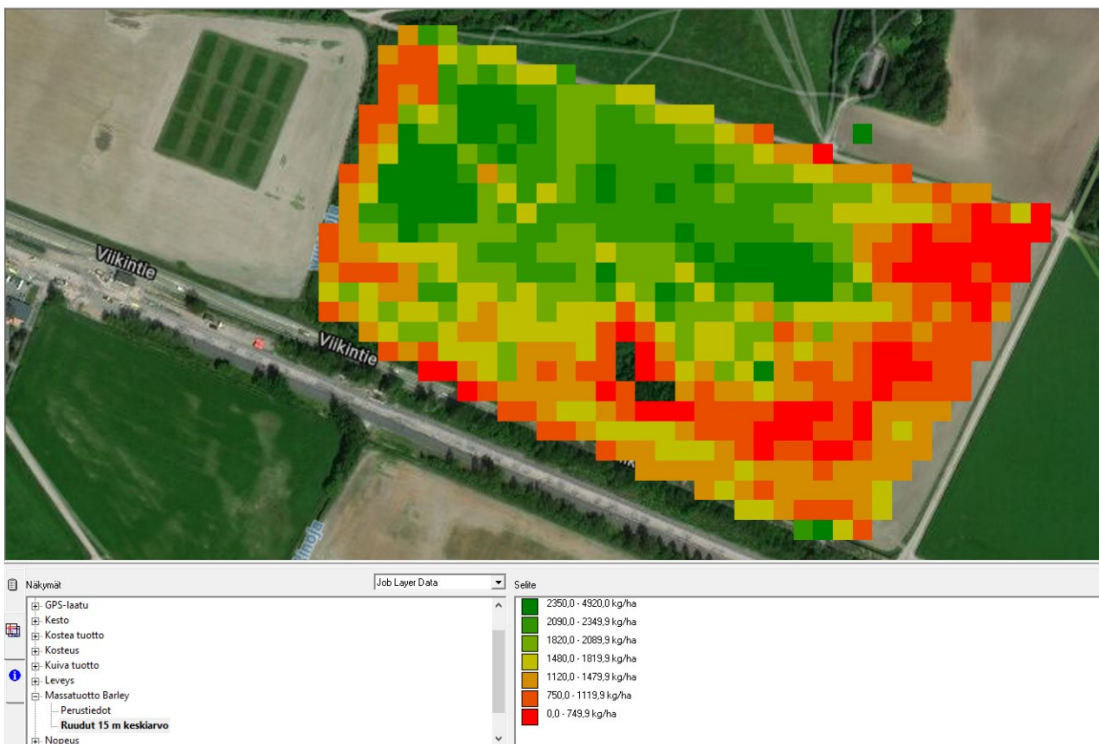
## Liite 2. Kosteusanturin paikka ja pultinreiät porattuna



## Liite 3. Varjostusprosentti



Liite 4. Farmworks satokartan näkymä 15 metrin ruuduilla



## Liite 5. Teemahaastattelun kysymykset

1. Hankintaperuste miksi laite hankittiin?
  - a. Onko kokemusta muusta vastaavasta laitteesta
  - b. Onko hankintahinnalla merkitystä?
  - c. Onko tukipolitiikka ohjannut investointia?
  - d. Onko muita mahdollisia tekijöitä, mikä vaikutti investointiin?
  
2. Oliko ajatuksissa kone missä valmiina olisi satomittari?
  - a. Jos ei ollut niin miksi ei?
  
3. Millä perusteella valittu laite?
  - a. Mitä hyötyjä haetaan laitteesta?
  - b. Mitä ominaisuuksia piti olla?
  - c. Olisiko jotain kaivattu lisää?
  
4. Onko jotain lisävarusteita mitä laitteeseen kaipaatte?
  
5. Valitun laitteen asentamisprosessi, miten tehtiin ja oliko haasteellinen?
  - a. Kuka teki ja miten se koettiin tehtäväksi
  
6. Käyttö onko helppo / hankala?
  - a. Kalibrointi
  - b. tarkkuus
  - c. Käyttöliittymä
  - d. Onko vaaka käytössä kalibroinnissa?
  
7. Datan käsittely ja siirtäminen?
  - a. Miten tapahtuu ja millä ohjelmalla?
  - b. Datan säilyttäminen
  - c. Datan hyödyntäminen
  
8. Onko täsmäviljely käytössä muutoin?
  
9. Mikä olisi seuraava askel?