

Juuso Kiviluoma

Paikkatiedon hyödyntäminen työkoneohjauksessa

AgriGPS sovellukset

Opinnäytetyö

Kevät 2011

Tekniikan yksikkö

Auto- kuljetustekniikan koulutusohjelma

Auto- ja työkonetekniikan suuntautumisvaihtoehto



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖN TIIVISTELMÄ

Koulutusyksikkö: Seinäjoen ammattikorkeakoulu

Koulutusohjelma: Auto- ja kuljetustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Auto- ja työkonetekniikan suuntautumisvaihtoehto

Tekijä: Kiviluoma Juuso

Työn nimi: Paikkatiedon hyödyntäminen työkoneohjauksessa

Ohjaaja: Ylinen Hannu

Vuosi:2011

Sivumäärä: 48

Liitteiden lukumäärä:0

Työn tarkoituksena oli tutustua paikkatiedon hyödyntämiseen modernissa maanviljelyksessä. Aihe työhön löytyi seinäjoen ammattikorkeakoulun työkonetekniikan laboratorioissa käytössä olleesta ajo-opastimesta ja tarpeesta laajentaa sen käyttöä työkonetekniikan opetuksessa.

Työssä tutustuttiin työkoneohjaukseen yleisesti sekä paikkatiedon hyödyntämisessä tarpeellisiin korjaussignaaleihin. Lisäksi selvitettiin mitä eri sovelluksia on saatavilla halutessa lisätä automaatiota tai tiedonkeruuta maatalouden eri maataloustöissä.

Ajo-opastimia on nykyään saatavilla useilta eri valmistajilta, mutta tässä työssä keskitytään Geotrim Oy:n maahantuomaan Trimble FmX laitteeseen.

Työn tuloksena rakennettiin kasvinsuojeruiskusimulaattori, FieldIQ-lohkoautomaatiopakettia hyödyntäen. Laitteiston avulla on mahdollista tutustua lohkoautomaatioon, jota ohjataan paikkatiedon avulla.

Asiasanat: GPS, satelliittipaikannus, automaatio

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Automotive and Transport Engineering

Specialisation: Automotive and Work Machine Engineering

Author: Kiviluoma Juuso

Title of the thesis: Using the GPS in the agricultural implement control

Tutor: Ylinen Hannu

Year: 2011

Number of pages:48

Number of appendices: 0

This thesis is about using the GPS-technology in the modern agriculture. The topic of the thesis was found out of the need to widen the usage of the guidance device that was used in training at the workmachine laboratories of Seinäjoki University of Applied Sciences.

This thesis explored the workmachine guidance techniques in general and the correction signals which are necessary to use the GPS guidance in the agriculture. The applications for the automation of implements and data collection in the implement usage were also studied.

Several manufacturers sell the guidance devices at the time but this work focuses on Trimble Fmx which is imported by Geotrim Oy. As a result the machine that simulates the pesticide sprayer was built using the FieldIQ automation. Using this apparatus usage of the GPS technology in the implement automation can be demonstrated.

Keywords: GPS, satellite positioning, automation

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYS

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

1 JOHDANTO	9
2. AUTOMAATION KÄYTTÖ TYÖKONEOHJAUKSESSA	10
2.1 Yleistä automaatiosta työkoneissa	10
2.2 Paikkatiedon ja ajo-opastimien mahdollistamat sovellukset	11
2.2.1 Lohkoautomaatio	11
2.2.2 Sadon ja kasvuston tarkkailu	12
2.2.3 Työkoneen asemaan perustuva ohjaus.....	12
2.2.4 Automaattiohjaus.....	13
2.2.5 Pinnanmuotoilu	13
2.3 Korjaussignaalit	13
2.3.1 DGPS	14
2.3.2 RTK	15
2.3.3 GLONASS	16
2.3.4 OmniSTAR XP/HP	16
2.3.5 WAAS.....	17
2.3.6 EGNOS.....	17
3 TRIMBLE FMX.....	18
3.1 Tekniset tiedot	18
3.2 Ohjelmisto	21
3.3 Laitteeseen saatavilla olevat lisäosat.....	21
3.3.1 Autopilot.....	21
3.3.2 Ez-Steer	22
3.3.3 FieldLevel II.....	23

3.3.4	FieldIQ.....	23
3.3.5	Greenseeker	26
3.3.6	Yield monitor	26
3.3.7	True guide	26
3.3.8	True tracker	27
3.3.9	EZ-Boom.....	27
4	LOHKOAUTOMAATION TOTEUTUS.....	28
4.1	Nykyään käytössä oleva järjestelmä.....	28
4.2	Käytössä olevan järjestelmän laajentaminen	28
4.3	Lohkoautomaation toteuttaminen	29
5	YHTEENVETO.....	44
	LÄHTEET	46

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

KORJAUSSIGNAALI	Tekniikka, jonka avulla GPS-paikannuksen tarkkuutta voidaan parantaa.
GPS	Global Positioning System. Satelliittipaikannusjärjestelmä
RTK	Real Time Kinematic. Reaaliaikainen kinemaattinen mittaus
DGPS	Differentiaalinen GPS. Järjestelmä, joka käyttää maaseimia korjaussignaalin luomiseen.
WAAS	Wide Area Augmentation System. Yhdysvaltalainen DGPS-järjestelmä.
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay Service. Eurooppalainen satelliittipaikannusjärjestelmä.
VRA	Variable-Rate. Määränsäädön mahdollistava ohjausprotokolla maatalouskoneissa.
CAN	Controller Area Network. Automaatiöväylä.
PÄISTE	Pellon päähän jäävä alue, jossa työskentelysuunta vaihdetaan kohti toista päistettä.
ISOBUS	Työkoneissa käytetty standardoitu tiedonsiirtoväylä.

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1. DGPS järjestelmän toiminta. (Canadian coast guard, [viitattu 28.03.2011].)	15
Kuvio 2. Trimble FmX näytön liitännät. (FmX, [viitattu 09.03.2011].).....	19
Kuvio 3. Trimble FmX näytön aloitusruutu. (AgGPS FmX UserGuide Ver 3.0, [viitattu 09.03.2011].)	20
Kuvio 4. Autopilotin pääkomponentit. (Autopilot Calibration, [viitattu 12.02.2011])	22
Kuvio 5. FieldIQ käyttöyksikkö sekä venttiilikohtainen manuaalihallinta. (FieldIQ, [viitattu 12.02.2011].)	24
Kuvio 6. Field IQ asennus. (Field IQ, [viitattu 07.03.2011])	25
Kuvio 7. Sirai magneettiventtiili.	30
Kuvio 8. FieldIQ ohjausyksikkö.	31
Kuvio 9. 15-napainen kytkentärasia, vetokoneen puoli. (Markkinointi Pasi Korpi, [viitattu 16.03.2011].)	32
Kuvio 10. Johtosarjat katkaistuna Avantin puolella.....	33
Kuvio 11. Johdot kytkettynä pistorasian puolella.	34
Kuvio 12. Liitin kytkettynä.	36

Kuvio 13. Johtimet kytkentärasiasa ennen kytkentää.	37
Kuvio 14. Johdot kytkentärasiasa kytkettynä.....	38
Kuvio 15. Kytkentärasia valmiina.....	39
Kuvio 16. Ruiskutussuutin.....	41
Kuvio 17. Vesipumppu.....	42
Kuvio 18. Ruiskutusimulaattori.....	43

1 JOHDANTO

Tämän työn tarkoituksena on tutustua paikkatiedon hyödyntämiseen nykyisen teknologian avulla erilaisissa maataloustöissä. Paikkatiedolla tarkoitetaan tässä yhteydessä GPS-tekniikan avulla suoritettua paikannusta. Paikkatietoa hyödyntämällä viljelytapahtumista saadaan tarkempia, nopeampia ja samalla kustannustehokkaampia. Suurin kynnys paikkatiedon hyödyntämisen yleistymiselle on varmasti laitteiden korkeahko hinta sekä se, että mitään standardia noudattavia ajo-opastimia ei tällä hetkellä ole traktori tai työkonevalmistajilla tarjota, vaan opastimen joutuu ostamaan aina ulkopuoliselta toimittajalta ja eri toimittajien välisissä laitteissa on suuria eroja.

ISOBUS tekee tällä hetkellä voimakkaasti tuloaan työkoneisiin, ja se saattaakin tuoda mukanaan suuria muutoksia paikkatiedon käytössä työkoneohjauksessa. Nykyisellään ajo-opastimia maatalouteen tarjoavat useat eri valmistajat. Opastimia on saatavilla nykyään ainakin seuraavilta yrityksiltä: Trimble, Leica, Topcon sekä Teejet. Eri valmistajien laitteet ovat ulkomuodoltaan ja käyttöliittymiltään hyvinkin erilaisia, mutta perustoiminnot ovat kaikissa samat.

Aiheeseen tutustuttiin tarkemmin keskittymällä Geotrim Oy:n maahantuomaan Trimble FmX-laitteeseen. Laitteistoon kytkettiin työkoneen automaattiohjaus sekä lohkoautomaation mahdollistavat lisävarusteet. Laitetta voidaan opetuskäytössä käyttää tutustuttaessa paikannustekniikkaan ja sen erilaisiin sovelluksiin maatalouden töiden tehostamisessa. Laitteen opetuskäyttö tulee tapahtumaan työkone tekniikan laboratorioissa. Tarkoituksena on tutustuttaa opiskelijat näiden oppituntien aikana paikannustekniikkaan ja sen sovelluksiin, sekä tutustua tarkemmin käytössä olevaan laitteistoon, sekä sen tarjoamiin erilaisiin mahdollisuuksiin työkoneautomaatiossa.

2. AUTOMAATION KÄYTTÖ TYÖKONEOHJAUKSESSA

2.1 Yleistä automaatiosta työkoneissa

Automaatio on nykyisellään tekemässä tuloaan voimakkaasti myös maatalouskoneisiin. Kasvaneet kustannukset viljelyssä ja sitä kautta syntynyt toiminnan tehostamisen ja optimoinnin tarve erilaisille viljelytoiminnoille ovat avanneet ovet automaatiolle maatalouskoneissa. Suurena tekijänä on myös työvoiman määrän väheneminen maataloudessa. Automaatio peltoviljelypuolella on tähän asti keskittynyt lähinnä tiettyjen työvaiheiden tapahtumien ohjelmointiin laitteen muistiin, niin että nappia painettaessa tietty tapahtumaketju suoritetaan. Tällainen voi olla esimerkiksi kääntöurojen kääntäminen pellon päässä. Optimoitaessa koneen toimintoja siten, että ne samalla tehostavat samalla työskentelyä mahdollisimman paljon, laitteiston hankintahinta kuoleentuu jo suhteellisen lyhyessä ajassa. Tuure, Suomi (2008)

Uusimpana tulijana koneautomaatioon maatalouskoneissa ovat olleet erilaiset ajo-opastimet sekä erilaiset niiden mahdollistamat toiminnot. Ajo-opastimien avulla saadaan minimoitua pellolla käytetty aika ja sitä kautta tietenkin kulut. Lohkon rajat kerrotaan opastimella ajamalla lohko ympäri. Lohkon rajojen opettamisen jälkeen valitaan, minkälaista ajouraa lohkon käsittelyssä halutaan käyttää. Useimmiten käytetään edestakaista suoraa ajolinjaa. Tällöin kone osaa seurata tätä ajolinjaa paikannustekniikasta riippuvalla tarkkuudella. Päisteissä laitteisto ei kuitenkaan osaa vielä uuteen ajosuuntaan kääntymiseksi vaadittavia toimenpiteitä suorittaa, vaan kuljettajan on ne vielä suoritettava perinteiseen tapaan. Laitteistoihin on saatavilla useita erilaisia laajennuksia ulottuen aina lohkoautomaatiosta sadontarkkailuun. (John Deere, [viitattu 29.03.2011].)

Tulevaisuuden suuntana on kuitenkin nähtävillä erillisten opastimien ja automaatiolaitteiden jääminen pois ja niiden integrointi traktoreihin ja työkoneisiin. Nykyäänkin käytössä oleva ISOBUS on tekemässä tuloaan erilaisiin laitteisiin ja

sen yleistymisen myötä traktorien ja työkoneiden välinen tiedonsiirto muuttuu jatkuvasti standardoidumpaan suuntaan ja tulevaisuuden suuntana varmasti ovat integroidut paikannusjärjestelmät traktoreissa ja työkoneissa. Paikkatietoa hyödyntävien laitteiden avulla saadaan käyttöön monia uusia työskentelyä helpottavia ominaisuuksia. Tällaisia ovat esimerkiksi lohkoautomaatio, jossa esimerkiksi kasvinsuojeluruiskun lohkoja ohjataan siten, että pellon pinta käsitellään kasvinsuojeluaineella kertaalleen. (John Deere, [viitattu 29.03.2011].)

2.2 Paikkatiedon ja ajo-opastimien mahdollistamat sovellukset

Paikkatietoa maataloustöiden tehostamisessa käytäviä sovelluksia on nykyisellään saatavilla jo laaja valikoima. Eri valmistajilla on sovelluksille erilaiset kauppanimet ja tässä käydään yleisellä tasolla hieman läpi, mitä erilaisia toimintoja laitteistojen avulla voidaan automatisoida.

2.2.1 Lohkoautomaatio

Lohkoautomaation avulla voidaan toteuttaa työkone, jossa esimerkiksi kasvinsuojeluruiskua ohjataan siten, että pellon pinta käsitellään automaattisesti vain kertaalleen. Laitteisto piirtää näytölle pellon pintaa käsitellyksi aina kun työkone liikkuu ja työkone on aktivoituna. Tämän käsitellyn pinta-alan avulla laitteisto osaa sitten keskeyttää ruiskutuksen siten, että jokainen kohta pinnasta käsitellään vain kertaalleen ja turha päällekkäisyys vältetään. Laitteiston avulla voidaan ohjata esimerkiksi magneettiventtiilejä, servomoottoreita ja releitä. Sovelluksia tekniikalle on siis laajalti löydettävissä laajan ohjattavien komponenttien valikoiman ansiosta. Trimblellä näitä toimintoja hoitavat FieldIQ sekä EZ-Boom.

2.2.2 Sadon ja kasvuston tarkkailu

Sadon ja kasvuston määrää ja laatua tarkkailemalla erilaisten työvaiheiden aikana voidaan tarvittavat kasvinsuojelu, lannoitus ja maanparannustoimenpiteet optimoida mahdollisimman tehokkaiksi. Korjuutoimenpiteiden yhteydessä tapahtuvaan tarkkailuun tarkoitettut laitteistot kytketään yleensä leikkuupuimureihin. Niillä voidaan puinnin yhteydessä määrittää sadon määrä esimerkiksi tonneina hehtaarilta, kosteus sekä hehtolitraino, jolloin puitu tavara voidaan automaattisesti ohjata oikeaan jatkokäsittelyyn. Kasvuston tarkkailua kasvukauden aikana voidaan esimerkiksi kasvinsuojeluruiskutusten yhteydessä suorittaa lehtivihreän mittaukseen perustuvien tekniikkojen avulla. Lehtivihreämittauksen avulla voidaan määritellä kasvuston senhetkinen tila ja näin suunnitella mahdollisia lisälannoituksia kuluvalle kasvukaudelle. Trimblellä leikkuupuimureihin tarkoitettu sadontarkkailusovellus on nimeltään Yield monitor. Lehtivihreämittaukseen perustuva ohjelmisto on nimeltään Green seeker.

2.2.3 Työkoneen asemaan perustuva ohjaus

Haettaessa suurinta mahdollista tarkkuutta on usein epäedullista suorittaa paikannus ja ohjaus pelkästään vetokoneen avulla. Vedettäessä työkoneita esimerkiksi rinteessä sillä on taipumuksena valua rinnettä alaspäin. Suurimman mahdollisen tarkkuuden saavuttamiseksi onkin kehitetty tekniikoita, joissa paikannusta suoritetaan suoraan työkoneeseen kytketyn antennin avulla. Ohjaus tapahtuu työkoneen paikkatiedon perusteella joko ohjaamalla traktoria tai työkoneessa olevan ohjausmahdollisuuden, esimerkiksi kääntyvän vetoaisan avulla. Trimblellä näitä toimintoja hoitavat ohjelmistot True guide ja True tracker.

2.2.4 Automaattiohjaus

Automaattiohjauksen avulla vetokone saadaan seuraamaan ajolinjaa ilman kuljettajan ohjausta. Ohjaus voidaan toteuttaa kahdella eri tavalla. Yksinkertaisempi ja halvempi tapa on kytkeä ohjauspyörään kiinni erillinen ohjauspyöränkääntömoottori, jonka avulla ohjauspyörää voidaan käänellä haluttuun suuntaan. Tämä tapa ei kuitenkaan ole erityisen tarkka viiveiden ja mahdollisen käännettäessä kääntömoottorin ja ohjauspyörän välillä tapahtuvan luiston takia. Tarkempi, mutta kalliimpi tapa on asentaa suoraan ohjaushydrauliikkaan sähköisesti ohjatut venttiilit, joiden avulla kääntyminen voidaan suorittaa traktorin oman ohjaushydrauliikan avulla. Ohjauksen ollessa kytkettynä suoraan traktorin omaan järjestelmään ohjaus on nopeaa ja tarkkaa. Trimblellä ohjauspyöränkääntömoottoria kutsutaan EZ-Steeriksi ja hydrauliikkaan kytkettävää järjestelmää Autopilotiksi. Autopilot-järjestelmän avulla on mahdollista myös peruuttaa, EZ-Steer puolestaan ei mahdollista peruuttamista.

2.2.5 Pinnanmuotoilu

Käytettäessä korjaussignaalia lisäämään paikannustarkkuutta myös korkeuslukema saadaan laskettua pinnanmuotoilua silmälläpitäen riittävän tarkasti. Korkeustietoa hyödyntävien ohjelmistojen avulla esimerkiksi pellon pinta voidaan muotoilla siten, että vesi ei jää makaamaan mihinkään tiettyyn kohtaan peltoa, vaan valuu kohti ojia. Samaten tienpohjia ja vastaavia voidaan muotoilla. Trimblellä tällainen sovellus on FieldLevel 2.

2.3 Korjaussignaalit

Useat erilaiset häiriötekijät, esimerkiksi katvealueet, säätila, ilmakedä, vastaanottimien kellon epätarkkuus ja muut muuttujat aiheuttavat GPS-paikannustekniikalle omat haasteensa paikannuksen tarkkuuden kanssa, minkä

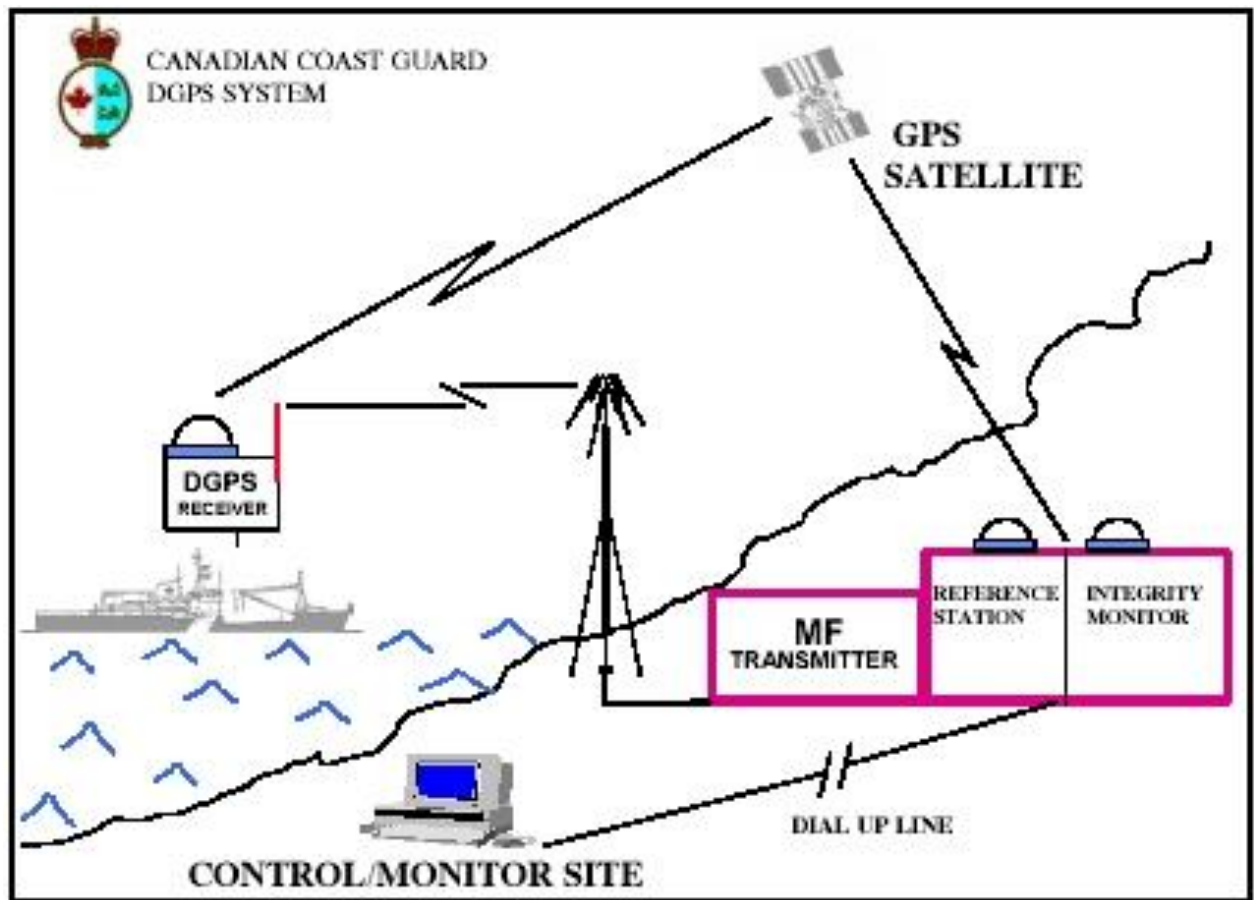
takia onkin kehitetty erilaisia metodeja paikannustarkkuuden lisäämiseksi. GPS-paikannuksen tarkkuutta voidaan parantaa useilla erilaisilla korjaussignaaleilla. Näitä voivat olla esimerkiksi RTK, WAAS, EGNOS.

Laitteen paikannustarkkuus sivusuunnassa ilman erillistä korjaussignaalia on ± 30 cm. Tämä riittää useihin erilaisiin töihin, esimerkiksi muokkaustöihin. Jotkin työt, kuten esimerkiksi kylvö, vaativat kuitenkin suurempaa tarkkuutta päällekkäisyyksien ja ajamattomien kohtien välttämiseksi.

Maksullisten korjaussignaalien avulla on mahdollista päästä $\pm 2,5$ cm:n tarkkuuteen. Tämä tarkkuus on jo riittävä mihin tahansa peltotyöskentelyyn. Käytettäessä korjaussignaalia, jolla tämä tarkkuus saavutetaan, paikannustarkkuus saadaan myös korkeussuunnassa riittäväksi esimerkiksi pinnanmuotoilua varten.

2.3.1 DGPS

DGPS eli differentiaalinen GPS on yleisnimitys järjestelmille joiden toiminta perustuu kiinteisiin maa-asemiin. Kiinteät maa-asemat vertaavat tiedettyä sijaintiaan laskemaansa sijaintiin ja muodostavat tämän perusteella korjaussignaalin, joka välitetään edelleen vastaanottimille. Kuviosta 1 on nähtävillä järjestelmän toimintaperiaate. Korjaussignaalin välitykseen käytetään yleensä radiomodeemia, mutta se voidaan välittää myös satelliittien välityksellä. Suomessa tällainen palvelu on saatavilla esimerkiksi YLE:n toimittamana, jolloin päästään parhaimmillaan kahden metrin tarkkuuteen. Parhaillaan DGPS pystyy kuitenkin jopa $2,5$ cm:n tarkkuuteen. Periaatteessa kaikkia GBAS eli Ground Based Augmentation System -tekniikkaan perustuvia korjausmetodeita voidaan kutsua nimellä DGPS. (Poutanen 1998, 25-28.)



Kuvio 1. DGPS järjestelmän toiminta. (Canadian coast guard, [viitattu 28.03.2011].)

2.3.2 RTK

VRS-RTK (Virtual Reference Station) (Real Time Kinematic) on nykyään korvaamassa perinteisen RTK-korjauksen.

Perinteisessä RTK-korjauksessa työskentelyalueen läheisyyteen tulee pystyttää aina oma tukiasema, josta korjaussignaali saadaan. VRS-menetelmässä luodaan verkon välityksellä virtuaalinen tukiasema laitteen läheisyyteen, vaikka todellisuudessa korjaussignaali tulee kiinteästä laskentakeskuksesta. Menetelmä perustuu siihen, että vastaanotin lähettää laskentakeskukselle paikkatietonsa käyttäen GSM-dataliittymää. Laskentakeskus luo virtuaalisen

tukiaseman käyttäen apuna lähimmän todellisen tukiaseman tietoja ja sijoittaa vastaanottimen tiedot tähän dataan. Näitä tietoja käyttäen pystytään laskemaan korjaussignaali, joka lähetetään GSM-dataliittymän välityksellä takaisin laitteistolle. Perinteistä RTK-korjausta on toki mahdollista käyttää myös, mutta sen vaatimat omat tukiasemat sekä niiden lyhyt kantama ja sen vaatima tukiasemien siirtely ovat melko hankala ja kallis ratkaisu, joten VRS-RTK onkin valtaamassa nopeasti alaa sen käytön helppouden vuoksi. (Maanmittauslaitos, [viitattu 14.02.2011]) (Education, [viitattu 31.03.2011])

RTK-korjausta käyttäen päästään 2,5 cm paikannustarkkuuteen.

2.3.3 GLONASS

GLONASS eli Globalnaja Nvigatsionnaja Sputnikovaja Sistema on venäläinen toiminnaltaan GPS-järjestelmää vastaava satelliittipaikannusjärjestelmä. GLONASSia käyttäen saadaan laitteistolle näkymään enemmän satelliitteja joka hetki. Tämä parantaa kokonaistarkkuutta 2,5 cm:n tietämiin. Yhteys toimii myös huomattavasti luotettavammin esimerkiksi alueilla joilla on hankaluuksia saada näkyviin riittävästi normaaleja GPS-satelliitteja. Järjestelmä ei siis perustu varsinaiseen korjaussignaaliin, vaan siihen, että laitteiston näköpiiriin saadaan enemmän GPS-satelliitteja. (Space today online, [viitattu 31.03.2011];(Miettinen 1998, 32-35.)

2.3.4 OmniSTAR XP/HP

OmniSTAR on Amerikkalaista alkuperää oleva DGPS-järjestelmä. Euroopassa Omnistar-järjestelmä saadaan käyttöön EUSAT-satelliittien avulla. OmniSTAR XP:n avulla päästään keskimäärin 20 cm:n paikannustarkkuuteen. OmniSTAR

HP:n avulla päästään keskimäärin 10 cm:n paikannustarkkuuteen. Signaalin käyttäminen vaatii tunnuksien ostamisen OmniSTAR:ilta. (Omnistar, [viitattu 27.02.2011].)

2.3.5 WAAS

WAAS eli Wide Area Augmentation System on pohjoisamerikkalainen DGPS-järjestelmä. Järjestelmä on toiminnassa vain Yhdysvalloissa sekä suurissa osissa Kanadaa. Yhdysvaltoihin on sijoitettuna noin 25 maa-asemaa, jotka vastaanottavat GPS-signaalia ja vertaavat siitä laskettua paikkaa tunnettuun paikkaansa. Asemien keräämä tieto välitetään yhdelle pääasemalle, jolla korjaussignaalit generoidaan ja välitetään sitten sitä tukeville vastaanottimille käyttäen apuna satelliitteja. (Ezine, [viitattu 31.03.2011];Federal aviation administration, [viitattu 16.03.2011].)

2.3.6 EGNOS

EGNOS eli European Geostationary Navigation Overlay Service on ilmaiseksi käytettävissä oleva korjaussignaali palvelu. Sen avulla saavutettava tarkkuus jää kuitenkin 30 cm:n luokkaan. Se on toiminnaltaan samankaltainen kuin amerikkalainen WAAS-järjestelmä. Järjestelmä käyttää geostationäärisiä satelliitteja korjaussignaalin välittämiseen, joten sen toiminta lähellä napa-alueita ei ole kovinkaan luotettavaa. (ESA, [viitattu 04.04.2011].)

3 TRIMBLE FMX

Kyseessä on Geotrim Oy:n maahantuoma Trimblen valmistama ajo-opastin. Kyseinen malli on valmistajan malliston lippulaiva, jolla on mahdollista suorittaa kaikki toiminnot joihin valmistajalla on laitteistot saatavilla.

3.1 Tekniset tiedot

Trimble FmX:ssä on:

- 12-tuumainen kosketusnäyttö
- 2 can-väyläliitäntää
- 2 sarjaporttiliitäntää
- liitäntämahdollisuus kahdelle GPS-antennille
- liitäntämahdollisuus RTK-antennille
- ajolinjan toistotarkkuus 30 cm käyttäen Egnos-satelliittikorjausta
- ajolinjan toistotarkkuus 2,5 cm käyttäen VRS RTK-korjausta
- kaksi sisäänrakennettua satelliitivastaanotinta
- ulostulosignaali NMEA
- IP54-luokiteltu runko.

Sarjaportti ja CAN-liitännät on mahdollista jakaa useampien laitteiden käyttöön lisäosien mukana toimitettavien sopivien adapterien avulla. Näin laitteeseen on mahdollista liittää useampia toimintoja, kuin mitä laitteen takana olevat portit suoraan mahdollistavat. Kuviossa 2 on nähtävillä laitteen takapuolen liitännät.



Kuvio 2. Trimble FmX näytön liitännät. (FmX, [viitattu 09.03.2011].)

Kuvassa olevat kohteet:

1. Virtakytkin
2. Näytön kirkkauden säätö
3. USB-liitäntä
4. Varmistusakun kotelo
5. Virtajohdon liitin
6. Ensisijainen GPS-antenni
7. Toissijainen GPS-antenni
8. RTK-antenni
9. CAN liittimet A/B
10. Sarjaportti liittimet C/D

(AgGPS FmX UserGuide Ver 3.0, [viitattu 21.02.2011];FmX, [viitattu 09.03.2011].)

Kuviossa 3 laite perusnäkyssä käynnistyksen jälkeen. Aloituskäytössä laite näyttää siihen kytketyt lisäosat sekä niiden ohjelmistoversiot.



Kuvio 3. Trimble FmX näytön aloitusruutu. (AgGPS FmX UserGuide Ver 3.0, [viitattu 09.03.2011].)

3.2 Ohjelmisto

Laitteessa on perustilassa aktivoituna ajo-opastin toiminnot, jotka käsittävät siis lohkon luomisen sekä ajourien teon lohkolle. Erilaiset laajennukset, kuten automaattiohjaus sekä FieldIQ-lohkoautomaatio taas vaativat aktivoimisen ohjelmallisesti Trimble FmX-yksiköstä sekä tarpeelliset rautapäivitykset.

Ohjelmisto laitteessa on tällä hetkellä versionumeroltaan 3.0.

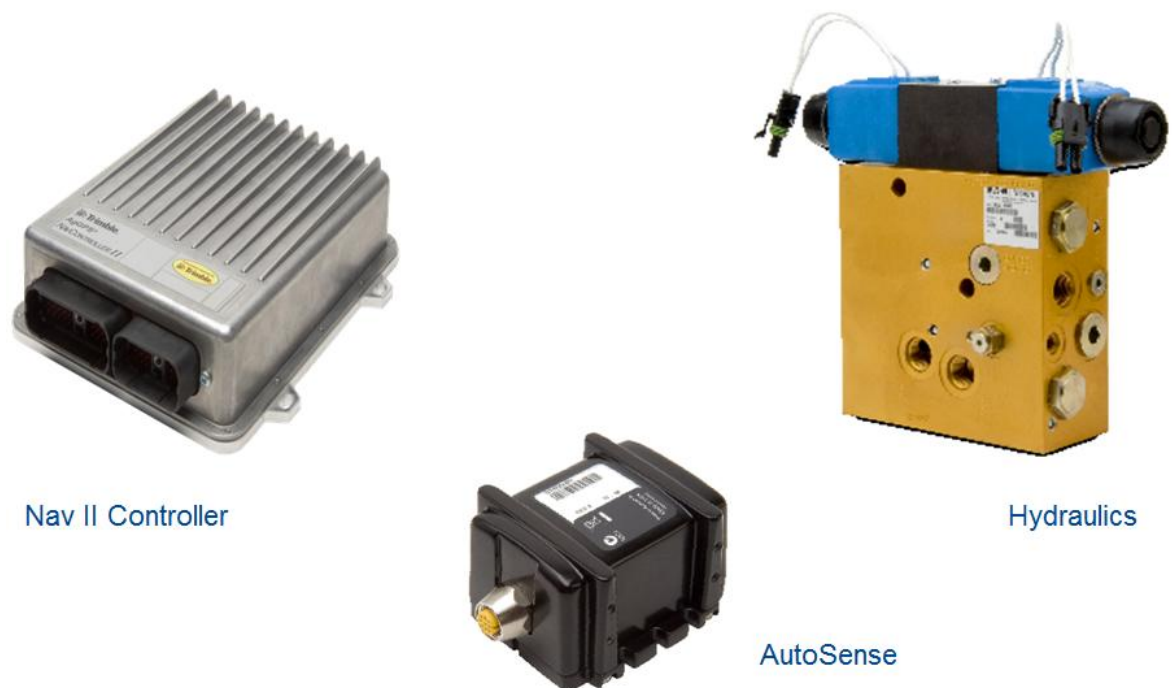
Ohjelmisto kuitenkin päivittyy jatkuvasti valmistajan tehdessä siihen parannuksia sekä lisätessä uusia ominaisuuksia. Uusimman ohjelmistoversion pystyy käyttäjä kuitenkin helposti asentamaan itse. Uusin ohjelmistoversio löytyy aina Geotrim:in sivuilta ja on sieltä ladattavissa. Usb-tikun avulla ohjelmiston on siirrettävissä helposti ja nopeasti FmX:ään. Jotkin lisäosat, kuten lohkoautomaatio saattavat vaatia myös oman päivityksensä asennuksen jälkeen, lisäosissa on sisäinen ohjelmisto, joka kommunikoi FmX:n kanssa.

3.3 Laitteeseen saatavilla olevat lisäosat

3.3.1 Autopilot

Autopilot on kehittyneempi kahdesta saatavilla olevasta automaattiohjausjärjestelmästä. Järjestelmä perustuu suoraan ohjaushydrauliikkaan liitettäviin venttiilikomponentteihin. Ohjauksen tapahtuessa suoraan laitteen oman ohjaushydrauliikan kautta saadaan ohjauksesta nopea ja tarkka.

Laitteisto vaatii peruslaitteiston lisäksi myös Nav II controller-yksikön, hydrauliventtiiliyksikön sekä kääntökulma-anturin. Näiden osien avulla laitteisto saadaan liitettyä traktoriin, siten että sitä voidaan ohjata suoraan sen oman ohjaushydrauliikan avulla. Ohjaukseen liitettävässä venttiilissä on sisäänrakennettu paineanturi, joka tunnistaa paineen kasvun välittömästi jos kuljettaja yrittää itse ohjata ja vapauttaa ohjauksen manuaaliseksi. Kuviossa 4 Autopilot-järjestelmän tärkeimmät komponentit.



Kuvio 4. Autopilotin pääkomponentit. (Autopilot Calibration, [viitattu 12.02.2011])

3.3.2 Ez-Steer

Ez-Steer on toinen saatavilla olevista automaattiohjausjärjestelmistä. Laitteisto koostuu ohjauspyöränkääntömoottorista sekä kallistuskompensointiyksiköstä. Ohjausmoottori kytketään sopivilla sovitteilla ohjauspylvääseen ja kytketään jousivoiman avulla ohjauspyörää vasten. Ohjaus vapautuu käsikäytölle välittömästi, jos ohjauspyörää käännetään käsin.

3.3.3 FieldLevel II

FieldLevel II -ohjelmiston avulla on mahdollista hallita pellon pinnanmuotoja. Laitteisto vaatii toimiakseen vain aktivoimisen AgriGPS Fmx-yksiköstä. Tulee kuitenkin huomata, että ilman korjaussignaalia järjestelmän paikannustarkkuus pystysuunnassa ei riitä tämän ohjelmiston käyttöön. Ilman korjaussignaalia heittoa paikannustarkkuudessa saattaa esiintyä pahimmillaan jopa kymmeniä metrejä. Rautapuolelle järjestelmä vaatii toimiakseen antennin työkoneen korkeuden määrittämiseen, salasanan ohjelmiston avaukseen sekä tarvittavat ohjausventtiilit työkoneen korkeuden säätämiseen.

(AgGPS FmX UserGuide Ver 3.0, [viitattu 21.02.2011].)

3.3.4 FieldIQ

FieldIQ on laajennusosa jonka avulla voidaan toteuttaa lohkoautomaatio. Laitteisto vaatii toimiakseen yhteensopivan venttiilipaketin. On kuitenkin mahdollista ohjata myös ulkopuolisen toimittajan magneettiventtiilejä, mutta niille ei ole saatavissa valmiita johtosarjoja, joten kytkennät joutuu näissä tapauksissa itse tekemään. Kuviossa 5 esitettynä FieldIQ käyttöyksikkö sekä lohko-kohtainen manuaalinen venttiilien käyttöyksikkö.

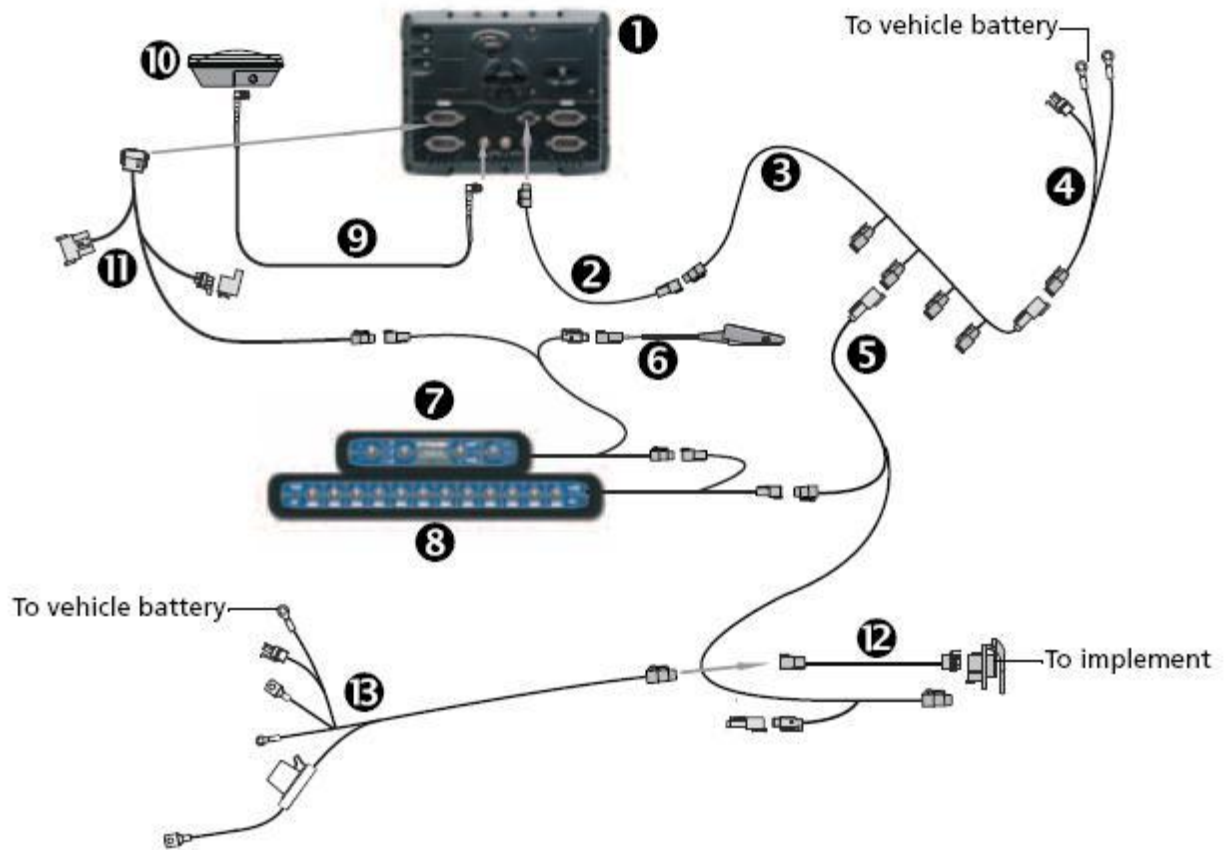


Kuvio 5. FieldIQ käyttöyksikkö sekä venttiilikohmainen manuaalihallinta. (FieldIQ, [viitattu 12.02.2011].)

Laitteiston avulla on mahdollista ohjata 12-48 venttiiliä. Perusyksikkö on ainoa mitä tarvitaan VRA-yhteensopivissa laitteissa. Muissa laitteissa tarvitaan lisäksi 12-venttiilin ohjaamisen mahdollistava lisäkytkinpaneeli. Ketjuttamalla näitä paneeleja 4 yhteen saadaan maksimi 48 venttiiliä ohjatuksi. Ohjaus voi olla joko manuaalinen tai automaattinen. Jokainen 12 venttiilin ryhmä vaatii myös oman kontrolleriboksin. Mahdollisuus ohjata on/off tyyppisiä venttiilejä, mutta mahdollisuus myös esimerkiksi moottorien pyörimisnopeuksien ohjaukseen, tyyppin vaihto vaatii vain ohjausyksikön vaihdon, muut osat pysyvät samana.

VRA-protokollan kanssa yhteensopivissa laitteissa, kuten Amazonen ja Hardin ruiskuissa, on suora valmius järjestelmän kytkemiseksi. Trimblen tuotteet ovat VRA-yhteensopivia, joten asennuksen tulisi onnistua kytkemällä laitteisto suoraan

ruiskun olemassa oleviin liitännöihin, sopivan välikaapelin avulla. Kuviossa 6 esitettynä laitteen kytkentä Trimble FmX yksikköön.



Kuvio 6. Field IQ asennus. (Field IQ, [viitattu 07.03.2011])

(AgGPS FmX UserGuide Ver 3.0, [viitattu 21.02.2011].)

(Field IQ, [viitattu 18.02.2011].)

3.3.5 Greenseeker

Greenseeker sovelluksen avulla seurataan kasvuston tilaa mittaamalla lehtivihreää kameroiden avulla. Sopivaan paikkaan esimerkiksi traktorin nokalla asennetaan kamerat, jotka ajon aikana jatkuvasti mittaavat kasvuston lehtivihreää.

(AgGPS FmX UserGuide Ver 3.0, [viitattu 21.02.2011].)

3.3.6 Yield monitor

Yield monitorilla voidaan seurata sadon laatua ja määrää. Käytetään käytännössä vain puimureissa ja vastaavissa korjuukoneissa. Yhteensopivuus on tarjolla käytännössä vain John Deeren suurimpien puimurien kanssa. Voidaan rakentaa sopimaan myös muun merkkisiin koneisiin, tämä vaihtoehto on kuitenkin melko kallis ja hankala. Laitteiston avulla saadaan näkymään hehtaarilta korjattu satomäärä sekä sen kosteus. Satotietojen avulla voidaan suunnitella esimerkiksi täsmälannoitusta seuraavan sadon maksimoimiseksi.

(AgGPS FmX UserGuide Ver 3.0, [viitattu 21.02.2011].)

3.3.7 True guide

True guide:n avulla voidaan seurata työkoneen asemaa suhteessa vetokoneeseen. Näin voidaan pitää työkone aina oikealla ajolinjalla esimerkiksi kaarteissa. Työkoneen asemaa seurataan toisella antennilla ja ohjaus tapahtuu normaalisti vetokoneen ohjausjärjestelmän kautta. Koska ohjaus tapahtuu vetokoneen ohjausjärjestelmän kautta, on työkoneen ajouraseurannassa tietty viive. Järjestelmän etuina ovat sen edullisuus ja käyttöönoton helppous. Peruslaitteiston lisäksi tarvitaan vain toinenkin GPS antenni.

(AgGPS FmX UserGuide Ver 3.0, [viitattu 21.02.2011].)

3.3.8 True tracker

True tracker on kehittyneempi versio työkoneen omasta ajouraseurannasta. Tässä ratkaisussa vaaditaan tosin työkoneelta omaa ohjausmahdollisuutta esimerkiksi kääntyvän vetoaisan tai ohjaavan akselin muodossa. Järjestelmä ohjaa työkoneen tarkalleen samalle uralle kuin vetokoneen, käyttäen apuna työkoneen omaa ohjausjärjestelmää. Järjestelmä on erityisen hyödyllinen haettaessa tarkkuutta esimerkiksi rinnepelloilla, mutkissa ja muissa hankalissa olosuhteissa. Tällä metodilla päästään maksimaaliseen tarkkuuteen ajourien seurannassa. Asennuksessa tarvitaan toisen työkoneeseen asennettavan antennin lisäksi myös ohjainlaite, sekä laitteiston kanssa yhteensopiva venttiili ohjaushydrauliikan kontrollointia varten.

(AgGPS FmX UserGuide Ver 3.0, [viitattu 21.02.2011].)

3.3.9 EZ-Boom

EZ-Boom suorittaa käytännössä samoja tehtäviä kuin FieldIQ. Ez-Boom on kuitenkin vanhempi sovellus ja poistumassa käytöstä, FieldIQ:n avulla voidaan hoitaa kaikki sen suorittamat tehtävät vähintään samalla tehokkuudella.

(AgGPS FmX UserGuide Ver 3.0, [viitattu 21.02.2011].)

4 LOHKOAUTOMAATION TOTEUTUS

4.1 Nykyään käytössä oleva järjestelmä

Nykyisellään Seinäjoen ammattikorkeakoulun Avant 520+ -pienkuormaajaan on asennettuna Trimble FmX -ajo-opastin sekä sen laajenuksena EZ-steer 500 ohjauspyöränkääntömoottori, joiden avulla laitteistoon on saatu automaattiohjaus. Järjestelmään kuuluu nykyisessä laajuudessaan siis Trimble FmX -perusyksikkö sekä EZ-Steer 500. Tämä laitteisto riittäisi ajouran seuraamiseen pellolla tällaisenaan, mutta mahdollisuuksia laajentamiseen oli siis vielä runsaasti jäljellä.

Laitteiston avulla saadaan simuloitua paikkatiedon hyödyntämistä erilaisissa viljelytyöissä, vaikka traktoria ja siihen liitettävää työkonetta ei käytettävissä olekaan.

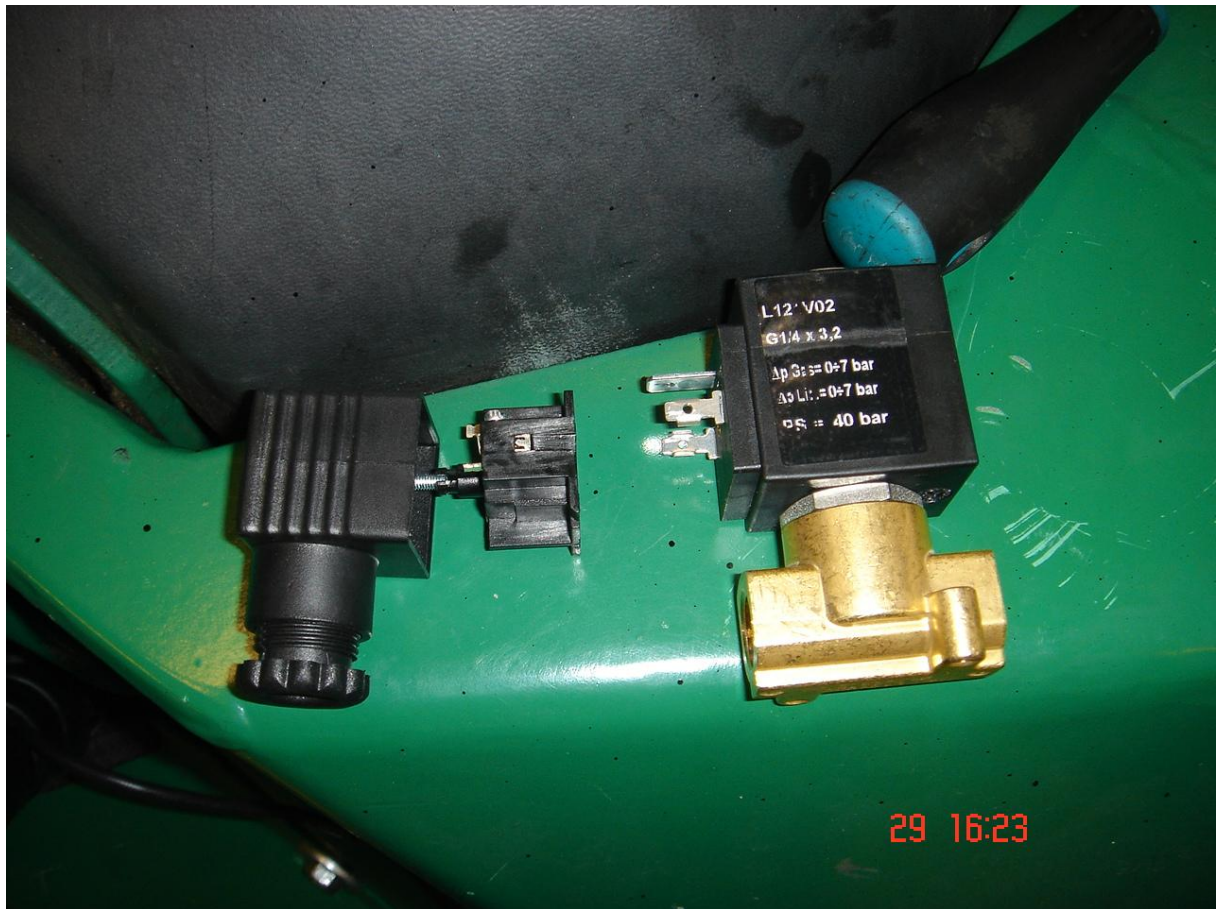
4.2 Käytössä olevan järjestelmän laajentaminen

Järjestelmää on tarkoitus laajentaa asentamalla siihen lohkoautomaatio sekä toinen antenni työkoneen paikantamiseksi ja kaksi kameraa erilaisten kohteiden seurannan helpottamiseksi. Mahdollisuuksien mukaan toteutetaan myös työkoneen asemaan perustuva aktiiviohjaus. Hinattavan työkoneen ja toisen antennin avulla saataisiin käyttöön työkoneen aktiiviohjaus, olettaen että muut edellytykset niiden toiminnalle ovat olemassa. Trueguide osaa ilmaista työlaitteen aseman suhteessa vetokoneeseen ja näin vetokonetta ohjaamalla korjata työkoneen paikka oikeaksi. Truetracker taas on tästä hienostuneempi versio, joka osaa ohjata työkoneen seuraamaan tarkalleen vetokoneen jälkiä, jos työkoneessa on ohjausmahdollisuus esimerkiksi ohjaavan akselin muodossa. Lohkoautomaation avulla on mahdollista ohjata työkone käsittelemään pellon pinta vain kertaalleen, esimerkiksi kasvinsuojeluaineen ruiskutuksen yhteydessä. Kameroiden avulla voidaan seurata erilaisia kriittisiä kohteita, joihin on hankala tai

mahdoton saada kunnollista näköyhteyttä vetokoneen ohjaamosta käsin. Näillä laajennuksilla järjestelmän potentiaalista saadaan käyttöön jo huomattavasti suurempi osa. Laajennusvaraa kuitenkin jää myös näiden toimenpiteiden suorittamisen jälkeen. Syytä on harkita myös laitteiston tarkkuuden parantamista hankkimalla jokin tarjolla olevista korjaussignaaleista. Nykyisellä tarkkuudella ei varsinkaan nykyisessä käyttöympäristössä saada katvealueista johtuen kovin luotettavaa paikannusta aikaiseksi.

4.3 Lohkoautomaation toteuttaminen

Toteutukseen kuului tässä tapauksessa hinattavan työkoneen rakentelu sekä antennin asennus siihen. Samaten kiinnitettiin kaksi kameraa näyttöön. Sovittiin hankittavaksi myös Field-IQ:n perusosat, eli ohjausmahdollisuus 12 venttiilille. Laitteistoon sopivat venttiilit etsittiin ulkopuoliselta myyjältä. Lopulta valinta kohdistui Sirai-magneettiventtiileihin, joiden kelan ohjausjännite oli 12 voltia sekä kierteen koko liittimissä 1/4". Kuviossa 7 on nähtävissä Sirai-magneettiventtiili ennen asennusta.



Kuvio 7. Sirai magneettiventtiili.

Heti asennustarvikkeiden saavuttua alkoi niihin tutustuminen. Asennuspaketeista löytyi FieldIQ-käyttöyksikkö, ohjausyksikkö sekä tarpeelliset johdot näiden kytkemiseksi järjestelmään. Kuviossa 8 on nähtävissä FieldIQ-ohjausyksikkö.



Kuvio 8. FieldIQ ohjausyksikkö.

Näiden osien avulla oli tarkoitus rakentaa laite, jossa olisi lohkoautomaatio ja mahdollisuus ruiskuttaa vettä eli kyseessä oli siis kasvinsuojeluruiskusimulaattorin rakentaminen.

FieldIQ:n kytkeminen aloitettiin kiinnittämällä käyttöyksikkö näytön alapuolelle mukana tulleilla kiinnikkeillä. Käyttöyksiköllä tarkoitetaan tässä yhteydessä laitteiston osaa, jonka avulla ohjataan FieldIQ:n toimintoja ja joka kytketään Trimble FmX näytön alapuolelle. Tämän jälkeen jouduimme avaamaan Avantin suojat sekä purkamaan aiemmin tehdyt johdotukset näkyville. Käyttöyksikkö liitettiin näyttöön mukana tulleella kaapelilla, joka samalla kahdentaa näytön takana toimivan CAN-portin mahdollistaen sen käytön myös toiseen tehtävään. FieldIQ toimii vain, jos se kytketään näytön A- tai B-liitäntään eli CAN-väylään.

Seuraavaksi vedettiin koneen runkonivelen päältä takaosaan FieldIQ-ohjausyksikön vaatimat johdotukset eli nelinapainen CAN-johdin. Samalla vedettiin myös työkoneelle tulevan kameran johdin sekä toisen antennin vaatima kaapeli. Johtimet täytyy vetää keskeltä konetta ja runkonivelen päältä tarkasti, koska muuten runko-ohjatussa koneessa johtimet saattavat joutua puristumisvaaraan ja rikkoutua. Käyttöyksikkö ottaa virtansa suoraan näytöltä, mutta ohjausyksikölle tulee suora virransyöttö erillisellä kaapelilla suoraan akulta sen vaatimien suurehkojen virtojen vuoksi. Tässä vaiheessa todettiin, että johdotukset tulisi saada helposti katkaistua työkoneen ja vetokoneen väliltä opetusikäytössä, mutta valmiit johtosarjat eivät kuitenkaan tätä mahdollisuutta tarjonneet. Koneiden välillä kulkee 2 kaapelia, joissa molemmissa 4 johdinta. Kaapelit sovittiin katkaistavaksi ja väliin asennettiin kuorma-autoon tarkoitettu 15-napainen valopistoke, jossa sekä yleinen rakenteen järeys, napamäärä sekä virranvälityskyky puolsivat valintaa. Pistoke on esitettyä kuviossa 9.



Kuvio 9. 15-napainen kytkentärasia, vetokoneen puoli. (Markkinointi Pasi Korpi, [viitattu 16.03.2011].)

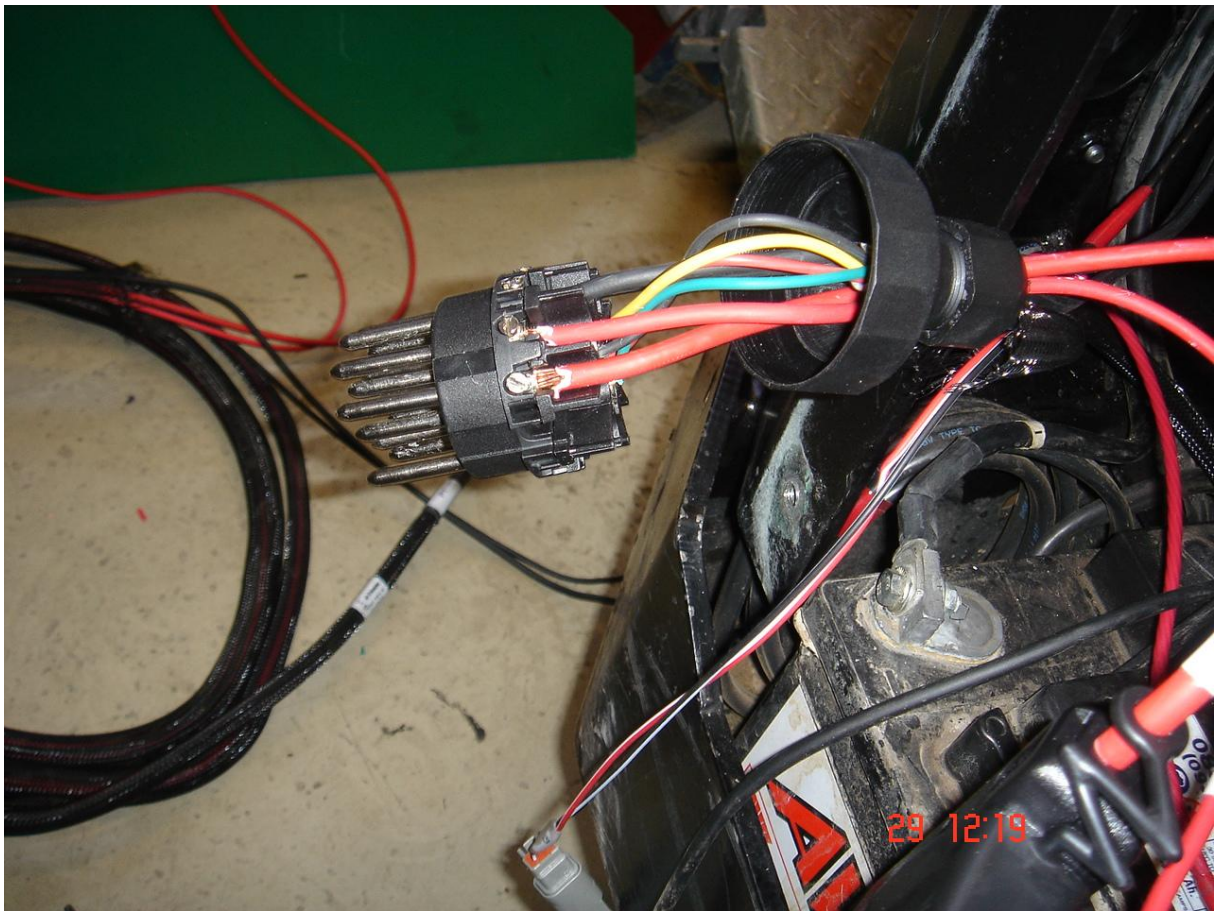
Pistokkeen asentaminen osoittautui hieman haasteelliseksi kohteena olevan koneen rajallisen koon ja lopullisen asennuspaikan materiaalivahvuuden vuoksi. Koneen perässä vetokoukun lähellä, mihin pistoke lopulta päätettiin asentaa, asennuspaikkana toimi 5 mm:n paksuinen teräslevy. Pistokkeen vaatiman halkaisijaltaan 50 mm:n asennusreiän tekeminen tähän levyyn osoittautui

haasteelliseksi, mutta vaadittu aukko saatiin siististi syntymään porakoneen ja hiomakoneen avulla.

Johtosarjat katkaistiin sopivasta paikasta, niin että niiden ohjausyksikön päähän jäävät liittimet olisivat yhä käytettävissä johtimien liittämiseksi ohjausyksikköön. Pistokkeelta simulaattorille menevä johdotus korvattiin 15-napaisella kumikaapelilla. Simulaattorilla olevassa kytkentärasiasa kumikaapeli kuitenkin liitettiin takaisin alkuperäiseen johdonsarjaan, jolloin se oli edelleen helppo kytkeä ohjainyksikön johtosaraan. Kumikaapeliin jäi vielä 7 napaa vapaaksi, esimerkiksi lisävirransyötön tarpeen varalle. Kuviossa 10 on esitettyä johtosarjat ennen niiden kytkentää pistorasiaan.



Kuvio 10. Johtosarjat katkaistuna Avantin puolella.



Kuvio 11. Johdot kytkettynä pistorasian puolella.

Johdot kytkettiin pistorasiaan, kunhan niiden mitat oli ensin havaittu sopiviksi ja johdot katkaistu sopivasta kohdasta. Taulukoista 1 ja 2 on luettavissa, miten johtimet on kytketty pistorasiassa sekä miten johtimet on kytketty pistokkeessa ja 15-napaisessa kumikaapelissa. Navat pistokkeessa ja pistorasiassa vastaavat toisiaan, eli napa 1 pistorasiassa on sama kuin napa 1 pistokkeessa. 15-napaiseen kumikaapeliin kytkettiin valmiiksi varalle 2 vapaata johdinta, joilla suunniteltiin toteutettavaksi virransyöttö mahdollisesti hankittavalle vesipumpulle. Kuviossa 11 johdot on kytkettynä pistorasialle.

Taulukko 1. Johtojen kytkentä pistorasiassa.

Pistorasia		
Napa	Johtimen väri pistorasiassa	Tehtävä
1	Musta	Maa 1
2	Musta	Maa 2
3	Punainen	Virta 1
4	Punainen	Virta 2
11	Keltainen	Can-väylä
12	Musta	Can-väylä
14	Vihreä	Can-väylä
15	Punainen	Can-väylä

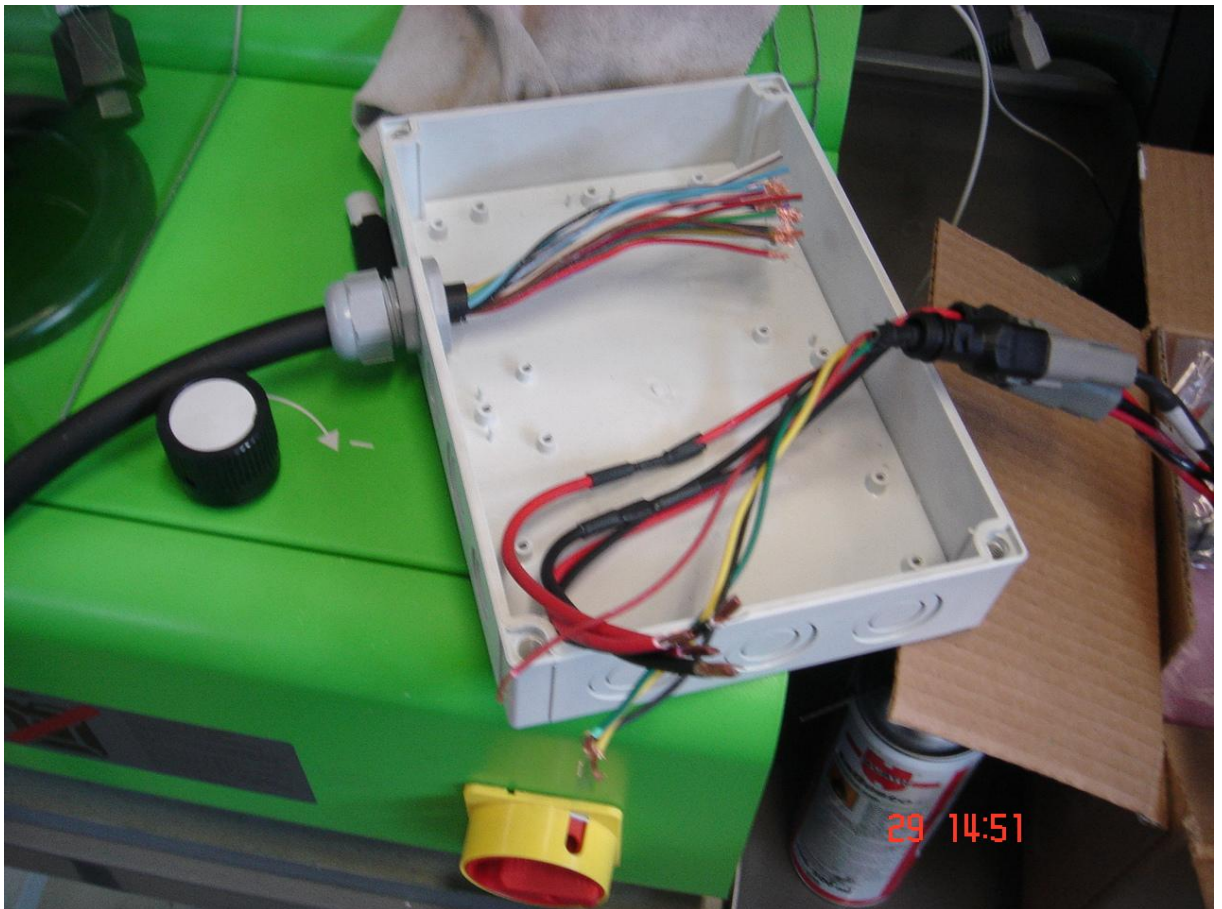
Taulukko 2. Johtimien kytkentä pistokkeessa ja 15-napaisessa kaapelissa.

Pistoke		
Napa	Johtimen väri 15-nap kaapelissa	Tehtävä
1	Valkoinen	Maa 1
2	Valkoinen/punainen	Maa 2
3	Musta/keltainen	Virta 1
4	Sininen/ruskea	Virta 2
6	Harmaa	Varalla
7	Ruskea	Varalla
11	Keltainen	Can-väylä
12	Musta	Can-väylä
14	Vihreä	Can-väylä
15	Punainen	Can-väylä



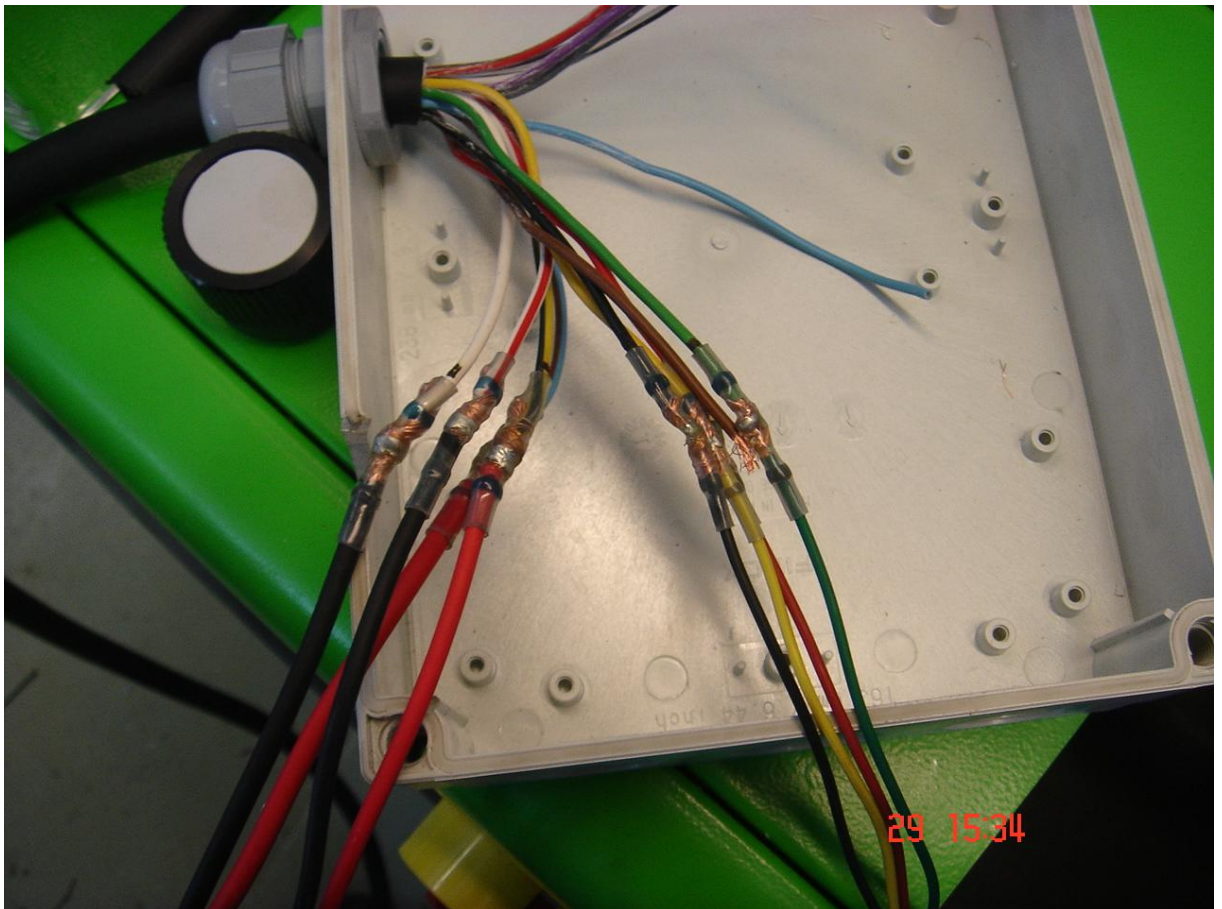
Kuvio 12. Liitin kytkettynä.

Toteutuksessa käytetty liitin on yleisesti käytössä raskaan kaluston puolella valopistokkeena. Kuvioista 12 on nähtävissä pistoke kytkettynä pistorasiaan. Liittimien rakenne on niin järeä ja käyttöä kestävä, että tässä käytössä liittimet ja kumikaapeli tulevat varmasti kestäväksi lähes rajattomasti. Liittimen kiinnitys varmistetaan metallisangalla, jolloin se ei varmasti pääse käytön aikana aukeamaan. Pistokkeen ansiosta simulaattori on helposti irrotettavissa peruskoneesta ilman minkäänlaisia työkaluja.



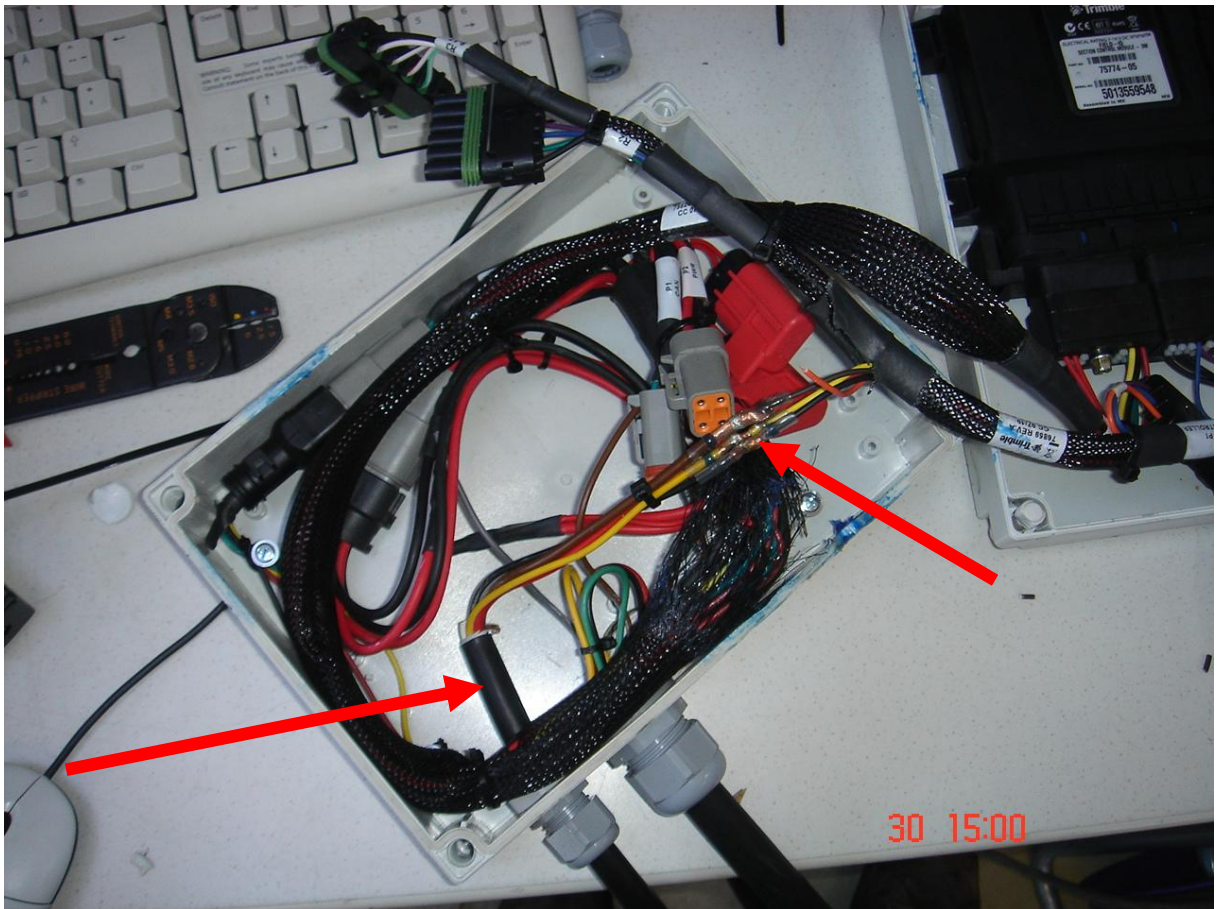
Kuvio 13. Johtimet kytkentärasiaassa ennen kytkentää.

Liitokset päätettiin tehdä kytkentärasian sisällä, jolloin kytkentöjen yleisilmeestä tulee siisti ja liitokset kuten myös johtosarjan ylimääräiset liittimet ovat suojassa ja poissa tieltä. Kyseessä on normaali sähköalalla käytetty kytkentärasia, johon läpiviennit johdoille voidaan tehdä vedonpoistajien avulla haluttuihin kohtiin rasiaa. Rasian koko määriteltiin yksinkertaisesti sovittamalla sinne sijoitettavaa johtosarjaa rasian sisälle hankintahetkellä. Kytkentärasia on nähtävillä kuviossa 13.



Kuvio 14. Johdot kytkentärasiaassa kytkettynä.

Kuviossa 14 15-napaisen kaapelin johtimet ovat kytkettynä takaisin alkuperäisen johtosarjan liittimiin. Johtimien kytkemiseksi takaisin johtosarjaan käytettiin kutistettavia tinan sisältäviä liittimiä. Liitos on luotettava ja hyvin käsittelyä kestävä. Liitin suojaa myös melko hyvin kosteudelta. Liittimien aktivointi voidaan suorittaa yksinkertaisesti käyttäen kuumailmapuhallinta. Alkuperäisiä liittimiä käytettiin tässä kohdassa, koska silloin ohjausyksikölle menevä johtosarja voitiin säilyttää alkuperäisenä.



Kuvio 15. Kytentärasia valmiina.

Kun käyttöyksiköltä ohjausyksikölle tulevat Can-johtimet sekä virtajohtimet oli liitetty, ohjausyksikkö voitiin kytkeä kiinni johtosarjaan ja testata sen toiminta. Kytännät olivat onnistuneet ja Trimble FmX tunnisti ohjausyksikön sekä käyttöyksikön heti käynnistyksen yhteydessä. Huomattiin, että ohjausyksikkö mahtuisi myös kytentärasian sisälle suojaan, jolloin ohjausyksikkö päätettiin kiinnittää kytentärasian kanteen ja viedä kuvassa vasemmalla näkyvällä 7-napaisella kaapelilla ohjausjännite magneettiventtiileille. Tällöin myös ohjausyksikön ja venttiilien välisen johtosarjan ylimääräinen osa sai jäädä kytentärasian sisälle ja tämä edelleen siisti ja yksinkertaisti kokonaisuutta. Kuviossa 15 on nuolella merkitty 7-napainen kaapeli sekä sen kytentä magneettiventtiilejä ohjaavaan johtosarjaan. Magneettiventtiilien ohjaus tapahtuu syöttämällä niille 12 voltin tasajännite. Kaikille venttiileille on oma

virransyöttöjohtimensa, mutta maajohdin on kaikilla venttiileillä yhteinen, jolloin johtojen kokonaismäärää saadaan hieman laskettua. Venttiilikohtainen maajohto ohjausyksiköltä venttiilille asti on muutenkin tarpeeton ohjausyksikön käyttäessä samaa maadoituspistettä kaikille ohjausvirroille.

Vesipumpun tarvitsemat virtajohtimet kytkettiin vielä myöhemmin samoihin kaapeleihin käyttäen näille jo ennakkoon varattuja kahta vapaata johdinta. KytKentärasiaan lisättiin myös vipukytkin, jolla virransyöttö vesipumpulle saadaan tarvittaessa katkaistua. Virransyöttö akulta pistorasialle hoidettiin omilla, niitä varten vedetyillä johtimilla. Virransyöttöön kytkettiin myös 10A sulake lähelle akkua, mahdollisten oikosulkujen varalta, suojaamaan muuta järjestelmää.

Vesisäiliöksi simulaattoriin valittiin 50 litran peltinen tynnyri. Tilavuutta tässä on jo simulaattorikäyttöä ajatellen aivan riittävästi ja laitteiston koko sekä paino pysyvät silti suhteellisen alhaisina. Vesipumpuksi hankittiin 12 voltin jännitteellä toimiva painekeytkimellä varustettu pumppu. Säiliöön asennettiin yksi imuliitäntä, jossa pumppu on kiinni. Pumpun jälkeen on kahden T-haaran avulla toteutettu jakotukki, jossa vesi jaetaan edelleen kolmelle magneettiventtiilille ja jokaiselta magneettiventtiililtä se etenee metrin mittaiseen putkeen, johon on kiinnitettynä 3 suutinta. Kuviossa 16 on esitettyinä ruiskutus-suutin.

Laitteistolle valmistettiin runko johon kaikki komponentit ja puomisto kiinnitettiin. Puomiston leveydeksi tuli 3 metriä ja sen molemmat sivulohkot ovat taitettavissa säilytyksen ja kuljetuksen ajaksi keskilohkon päälle. Tällöin puomiston kuljetusleveydeksi tulee noin 1,2 metriä.



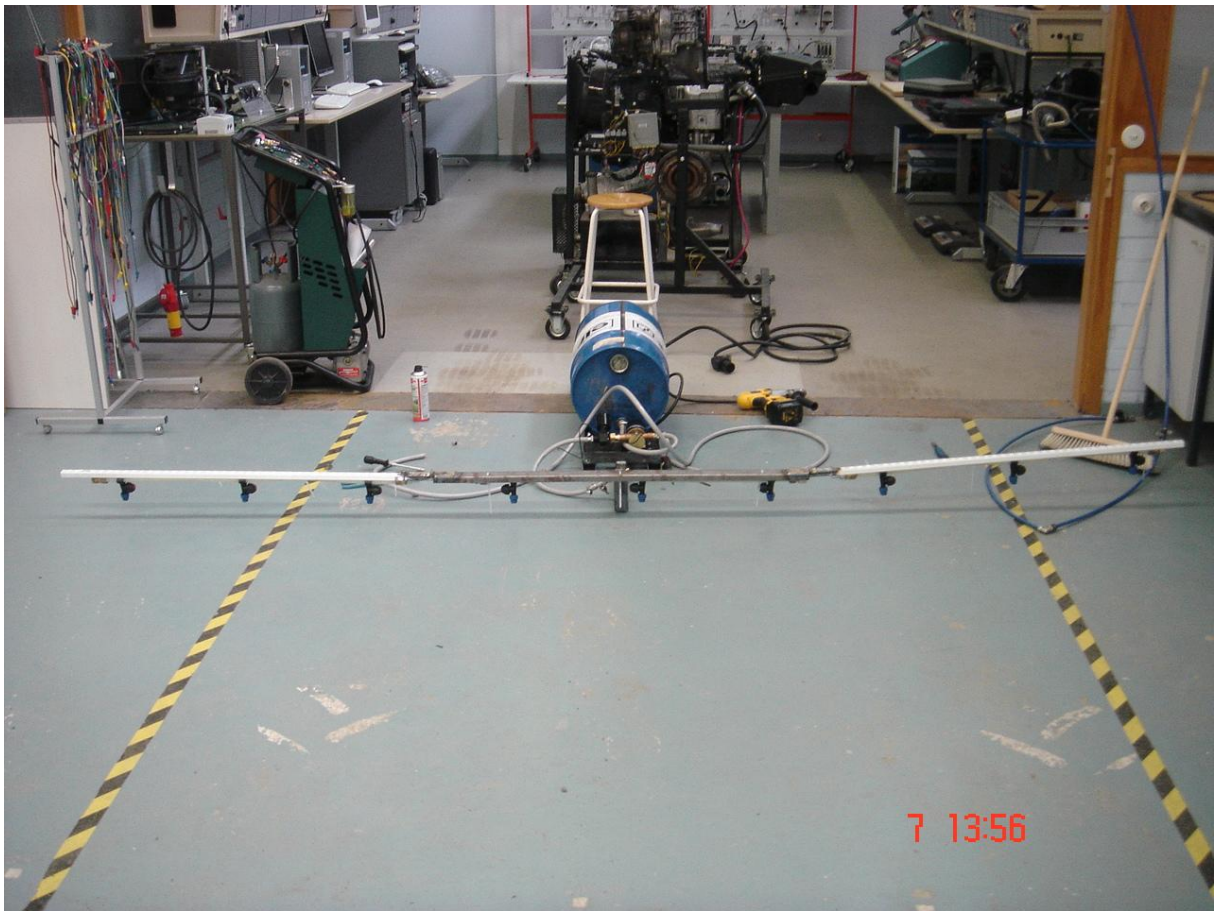
Kuvio 16. Ruiskutussuutin.

Ruiskutussuuttimet kiinnitettiin 20x2 mm:n lattialämmityspotkesta valmistettuihin putkiin, jolle vesi tuodaan magneettiventtiileiltä 13 mmN letkua käyttäen. Käytetyt suutinrungot ovat standardeja maatalousliikkeistä saatavilla olevia suutinrunkoja. Suutinrungot kiinnitettiin putkeen poraamalla sopiva reikä vedensyöttöä varten ja tämän jälkeen suutinrunko kiinnitettiin putkeen kiristämällä se putken ympärille ruuvien avulla.



Kuvio 17. Vesipumppu.

Kuviossa 17 on nähtävillä vesipumppu ja jakotukki, jossa vedensyöttö jaetaan magneettiventtiileille. Vesipumppu kiinnitettiin laitteiston runkoon ruuviliitoksilla ja letku säiliön imuliitännältä pumpun imuliitännään kiinnitettiin. Vesipumppu oli varustettu painekeytkimellä, jonka avulla pumpun tuottamaa painetta rajoitetaan.



Kuvio 18. Ruiskutusimulaattori.

Kuviossa 18 on ruiskutussimulaattori puomit auki asennossa. Laitteisto nostetaan käytön aikana peräkärryn reunalle, jolloin puomisto on maan päällä ja ruiskutusta voidaan suorittaa. Laitteisto viimeisteltiin maalamalla runko mustaksi ja siistimällä letkujen ja johtojen asennukset kiinnittämällä ne sopiviin kiinnityspisteisiin.

5 YHTEENVETO

Ennakkokäsitys projektin laajuudesta oli hieman optimistinen. Käytännön toteutuksen vaatima työmäärä kasvoi lopulta suuremmaksi kuin alun perin odotettiin. Asennussarjan sovittelu ja asentaminen paikoilleen olivat suuritöisempiä kuin oli odotettavissa ja simulaattorin vesipuoli jouduttiin rakentamaan täysin tyhjästä. Lopputulos oli kuitenkin onnistunut. Paikannusteknologiaan perehdyttiin hieman korjaussignaalien muodossa, mutta kyseinen aihe on kuitenkin niin laaja, että siinä itsessäänkin olisi ainetta opinnäytetyöhön. Tässä työssä kyseisiin tekniikkoihin ei kuitenkaan ollut tarvetta tutustua kovin laajasti, vaan tekniikat käsiteltiin yleisellä tasolla. Kokonaisuutena aihe oli varsin mielenkiintoinen ja laaja käsittäen erilaisia työalueita vaihdellen tutustumisesta GPS-tekniikan toimintaan aina sähkötöistä ja putkitöihin asti.

Erilaiset kehitystyöt liittyen koneen vielä käyttämättä oleviin resursseihin ovat myös myöhemmin mahdollisia. Laajennusvaraa laitteistoon jäi vielä tämänkin työn jälkeen runsaasti erilaisten työkoneohjaukseen liittyvien sovellusten muodossa. Laitteiston tarjoamat mahdollisuudet ovat erittäin laajat, johtuen sen suuresta lisälaittevalikoimasta sekä yhteensopivien koneiden laajasta valikoimasta. Laajennuksien toteuttamista saattaa kuitenkin hieman tulevaisuudessa rajoittaa kohteena olevan työkoneen koko. Avant on jo tämänkin projektin jälkeen melkoisen täynnä tekniikkaa.

GPS-paikannukseen perustuvat tekniikat tulevat varmasti tulevaisuudessa yleistymään erittäin voimakkaasti maataloudessa. Työn tekemisen jälkeen jäi positiivinen kuva ajo-opastin laitteistoista. Laitteet ovat varsin hyvin toteutettuja ja toimivia, samaten erilaisten lisäosien saatavuus ja toiminta ovat varsin mainiot. Suurin laitteiden yleistymistä estävä tekijä tulee kuitenkin olemaan niiden korkea

hinta. Käyttöaste laitteistolla tulee olla varsin korkea, että moisten hankkiminen kannattaa. Laitteistot ovat varmasti suosittuja nuorempien isäntien keskuudessa, vanhempaa polvea kyseiset laitteet tuskin onnistuvat enää puolellensa voittamaan.

Kokonaisuutena työ oli mielenkiintoinen ja haastava, koska se tarjosi mahdollisuuden myös käytännön toteutukseen. Näin oli käytännössä nähtävillä, miten laitteisto toimii ja mistä erilaisista osista se koostuu.

LÄHTEET

(AgGPS FmX UserGuide Ver 3.0. Geotrim Oy. Pdf-tiedosto.)

(Autopilot Calibration. Geotrim Oy. ppt-tiedosto.)

Canadian coast guard. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Primer on GPS and DGPS. [Viitattu 29.03.2011]. Saatavana: http://www.ccg-gcc.gc.ca/eng/Ccg/atn_Gps_Primer

ESA - Navigation. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. ESA. [Viitattu 04.04.2011]. Saatavana: <http://www.esa.int/esaNA/egnos.html>

(FmX. Geotrim Oy. ppt.tiedosto)

John Deere. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Automaattiohjaus ja siihen liittyvät tekniikat. [Viitattu 29.03.2011]. Saatavana: <http://agrimarket.mederra.com/files/gallery/1279536614.pdf>

Lesson 7. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. GPS surveying techniques. [Viitattu 31.03.2011]. Saatavana: <https://courseware.education.psu.edu/downloads/geog862/Lesson7/index.ht>

Maatilan pirkka. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Ajo-opastin tarkentaa panosten käyttöä. [Viitattu 29.03.2011]. Saatavana: <http://www.maatilan.pirkka.fi/default.aspx?path=4;155;191&id=2238>

Markkinointi Pasi Korpi. [Verkkosivu]. 15-Napainen pistoke. [Viitattu 16.03.2011]. Saatavana: http://www.mpkoy.com/catalog/popup_image.php?pid=1703

Miettinen, S. 1998. GPS vie vaivatta perille: Ohjekirja luonnossa liikkujille. Jyväskylä: Gummerus.

Miettinen, S. 2006. GPS käsikirja. 1. painos. Porvoo: Genimap.

Navigation services. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Federal aviation administration. [Viitattu 16.03.2011]. Saatavana: http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/waas/howitworks/

Poutanen, M. 1998. GPS-paikanmääritys. 1. painos. Hämeenlinna: Ursa.

(Robinson, P. FieldIQ. ppt-tiedosto. Geotrim Oy.)

Satelliittimittaus eli GPS-mittaus. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Maanmittauslaitos. [Viitattu 18.02.2011]. Saatavana: <http://www.maanmittauslaitos.fi/kartat/kartoitus/gps-mittaus>

Space today online. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Russias GLONASS. [Viitattu 31.03.2011]. Saatavana: <http://www.spacetoday.org/Satellites/GLONASS.html>

Tuure, V-M.& Suomi, P. 2008. Maatalouskoneiden viljelijää palveleva automaatio. Rajamäki. TTS tutkimus. Tiedote Luonnonvara-ala maatalous. 5/2008

Worldwide differential global positioning system. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. OmniSTAR. [Viitattu 11.03.2011]. Saatavana: <http://www.omnistar.com/about.html>

WAAS. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Enabled GPS system. [Viitattu 31.03.2011]. Saatavana: <http://ezinearticles.com/?WAAS---Enabled-GPS-System&id=2216979>

LIITTEET