



# Automaatiohjauksen hankinta ja käyttöönotto

Jarkko Seppä

OPINNÄYTETYÖ  
Kesäkuu 2024

Konetekniikan tutkinto-ohjelma  
Älykkäät koneet

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Konetekniikan tutkinto-ohjelma  
Älykkäät koneet

SEPPÄ, JARKKO:  
Automaattiohjauksen hankinta ja käyttöönotto

Opinnäytetyö 29 sivua, josta liitteitä 4 sivua  
Kesäkuu 2024

---

Opinnäytetyö tehtiin Tahlon tilalle, jonka toimialana on kasvinviljely ja kotieläintalous. Opinnäytetyön tavoitteena oli hankkia markkinoilta toimeksiantajan tarpeisiin parhaiten sopiva automaattiohjausjärjestelmä ja asentaa se yhteen yrityksen työkoneista.

Työ aloitettiin kartoittamalla markkinoilla olevaan tarjontaa ja tutustumalla järjestelmän toimintaperiaatteeseen. Markkinoiden kartoittamisen jälkeen pyydettiin tarjoukset neljältä eri toimittajalta ja tarjousten, sekä teknisten ominaisuuksien perusteelta vaihtoehtoja vertailtiin keskenään. Ominaisuuksia selvitettiin nettisivuilta ja toimittajien kanssa käytyjen puhelinkeskustelujen, sekä sähköpostien välityksellä. Selvityksen perusteella toimeksiantajalle esitettiin eri vaihtoehdot, jonka perusteella yhdessä toimeksiantajan kanssa päätettiin valinnasta. Tämän jälkeen hankitulle laitteelle suoritettaisiin asennus ja käyttöönotto. Järjestelmän avulla tilaajan työn tehokkuus ja tuottavuus paranevat.

Opinnäytetyön ensisijaiseen tavoitteeseen eli hankintaan päästiin, mutta erilaisten toimitusvaikeuksien takia opinnäytetyöprojekti eteni alkuperäistä aikataulua hitaammin ja käyttöönottoa ei ehditty suorittaa loppuun asti. Tämä on kuitenkin tarkoitus tehdä opinnäytetyön ulkopuolella.

---

Asiasanat: automaattiohjaus, toiminta, vertailu, hankinta, asennus, käyttöönotto

## ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical Engineering  
Option of Intelligent Machines

SEPPÄ, JARKKO:

Acquisition and Implementation of Automatic Steering System  
Bachelor's thesis 29 pages, appendices 4 pages  
June 2024

---

This bachelor's thesis was commissioned by Tahlon tila, which specializes in crop cultivation and livestock farming. The objective of the thesis was to acquire and install the most suitable automatic steering system available meet the needs of the client and to install it on one of the company's machines.

The thesis began with a market survey and learning the operational principles of the systems. After the market survey, quotes were requested from four different suppliers. Based on the quotes and technical specifications, the alternatives were compared. Information was gathered from websites, telephone conversations, and emails with suppliers. Based on this investigation, different options were presented to the client, and a decision was made in collaboration with them. Following the decision, the acquired system would be installed and put into operation. The system will improve the client's work efficiency and productivity.

The primary objective of the thesis, which was the acquisition, was achieved. However, due to various delivery issues, the project progressed more slowly than originally planned, and the installation and commissioning could not be completed within the timeframe of the thesis. These steps are planned to do outside of the thesis work.

---

Key words: autosteering, operation, comparison acquisition, installation, comissioning

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	AUTOMAATTIOHJAUSJÄRJESTELMÄ .....	7
	2.1 GPS-ohjausjärjestelmät .....	7
	2.2 Satelliittipaikannus .....	8
	2.3 Paikannus Automaattiohjauksessa .....	8
3	HANKINTA.....	10
	3.1 Tarjouskyselyt ja vertailu.....	10
	3.1.1 Sveaverken F100 .....	10
	3.1.2 Fieldbee Powersteer.....	12
	3.1.3 Exif esteer 10.....	13
	3.1.4 FjDynamics AT1 .....	13
	3.2 Valinta.....	14
4	ASENNUS JA KÄYTTÖÖNOTTO.....	16
	4.1 Asennus .....	16
	4.2 Käyttöönotto .....	20
5	LOPPUTULOKSET JA POHDINTA .....	23
	LÄHTEET.....	25
	LIITTEET .....	26
	Liite 1. Sveaverken F100 Tarjous .....	26
	Liite 2. Fieldbee maahantuojaan hinnasto .....	27
	Liite 3. Efix esteer 10 tarjous.....	28
	Liite 4. FjDynamics AT1 tarjous .....	29

**LYHENTEET JA TERMIT**

RTK	Real Time Kinematic, satelliittipaikannuksessa käytetty mittaussuunnitelma
Päiste	Peltolohkon pääty tai reuna
GPS	Global Positioning System, maailmanlaajuinen paikallistamisjärjestelmä
GNSS	Global Navigation Satellite System, satelliittipaikannus
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay Service, Euroopan geostationaarinen navigointilisäjärjestelmä
IMU	Inertial measurement unit, Elektroninen laite, joka mittaa kiihtyvyyttä, suuntausta, kulmanopeuksia ja muita gravitaatiovoimia

## 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käsitellään pääasiassa maataloudessa käytettävää automaattiohjausta, joka hyödyntää satelliittipaikannusta. Tällainen tekniikka on alalla yleisesti käytössä, ja työssä haluttiin nimenomaan keskittyä laitteistoon, jonka asennus on toteutettavissa koneeseen ilman isoja muutoksia itse koneen tekniikkaan ja rakenteeseen. Laitteiston tulisi olla myös siirrettävissä tarvittaessa.

Opinnäytetyö toteutettiin Sastamalassa sijaitsevalle Tahlon tilalle, jonka toimialana on kasvinviljely ja kotieläintalous. Opinnäytetyön aihe muodostui toimeksiantajan tarpeen ympärille eli automaattiohjauksen hankintaan yhdestä tilan traktoreista ja mahdollisesti tulevaisuudessa useampaan työkoneeseen.

Lähtötilanne Opinnäytetyötä aloittaessa on, että tilalla ei ole tällä hetkellä mitään opastavaa tai ohjaavaa laitetta, kuten ajo-opastinta ja automaattiohjausta työkooneissa. Tästä syystä tiettyjen työtehtävien, kuten kasvinsuojeluaineiden ruiskutuksen on todettu olevan epätarkkaa, sillä työn jälkeä on vaikea nähdä.

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutustua markkinoilla saatavilla oleviin eri vaihtoehtoihin, ja automaattiohjauksen toiminnan, sekä teknisten ominaisuuksien selvittäminen. Tämän selvityksen perusteella suoritetaan tarjouskyselyitä eri toimittajilta ja edelleen saatujen tarjousten, sekä teknisten ominaisuuksien perusteella suoritetaan vertailu. Vertailun perusteella saadaan valittua yrityksen tarpeisiin parhaiten sopiva vaihtoehto. Tavoitteena on saada hankittua yrityksen tarpeisiin sopiva automaattiohjaus, joka myös asennetaan ja suoritetaan käyttöönotto, jotta lopputuloksena on käyttövalmis järjestelmä.

## 2 AUTOMAATTIOHJAUSJÄRJESTELMÄ

### 2.1 GPS-ohjausjärjestelmät

GPS-ohjausjärjestelmät voidaan jakaa kolmeen eri tyyppiin, joita ovat ajo-uraopastin, ajoavustin, sekä automaattiohjaus. Ajouraopastimet toimivat samantyyppisesti kuin navigaattorit, eli näyttävät mihin suuntaan tulee ohjata. Ajoavustin puolestaan pitää ajoneuvon linjalla, eli kuljettajan ei tarvitse kokoajan ohjata sitä. Automaattiohjauksessa pellon rajat, esteet ja ajolinjat ohjelmoidaan etukäteen, ja järjestelmä ohjaa automaattisesti linjaa pitkin ja myös käännökset päisteessä voidaan tehdä automaattisesti. (Palva 2020.)

Ajo-opastin tarvitsee toimiakseen vain käyttöliittymän, GPS-antennin ja nettiyh-teyden. Automaattiohjaus puolestaan vaatii näiden lisäksi myös jonkin mekanismin, joka hallitsee ajoneuvon ohjausta. Jälkiasenteisessa järjestelmässä tämä tarkoittaa rattia pyörittävää sähkömoottoria. Lisäksi kaltevissa olosuhteissa kallistuksesta johtuvaa virhettä kompensoidaan gyroskoopin ja kiihtyvyyssanturien avulla. (Palva 2020.)

Ajolinjojen tarkkuuteen vaikuttava tekijä on paikannussignaalin tarkkuus. Ilman korjaussignaalia tarkkuus on muutamia metrejä. Euroopassa toimiva ilmainen EGNOS-korjaussignaali saavuttaa n.20cm tarkkuuden. Tämän lisäksi kaupalliset toimijat tarjoavat maksullisia korjaussignaaleja, kuten RTK-korjaussignaali. Niiden avulla päästään senttimetrien tarkkuuteen. (Palva 2020.)

Käytössä automaattiohjauksella saadaan monia hyötyjä, jotka parantavat työn tehokkuutta ja tuottavuutta. Se vähentää tarpeetonta ajamista, turhaa päällekkäisajoa sekä vajaata työleveyttä. Tämä johtaa tarkempaan työjälkeen ja säästöjä syntyy työajassa, polttoaineessa sekä tuotantopanoksissa. Kuljettajan työ helpottuu ja kaikki tehdyt ajot tallentuvat muistiin. (Palva 2020.)

## 2.2 Satelliittipaikannus

Satelliittipaikannuksen maailmanlaajuinen nimitys on GNSS (Global Navigation Satellite System). Aiemmin käytössä oli vain yhdysvaltalainen GPS-järjestelmä, josta tulikin nopeasti synonyymi satelliittipaikannukselle. Nykyään kuitenkin satelliittipaikannusjärjestelmiä on olemassa useampia. (Maanmittauslaitos n.d.)

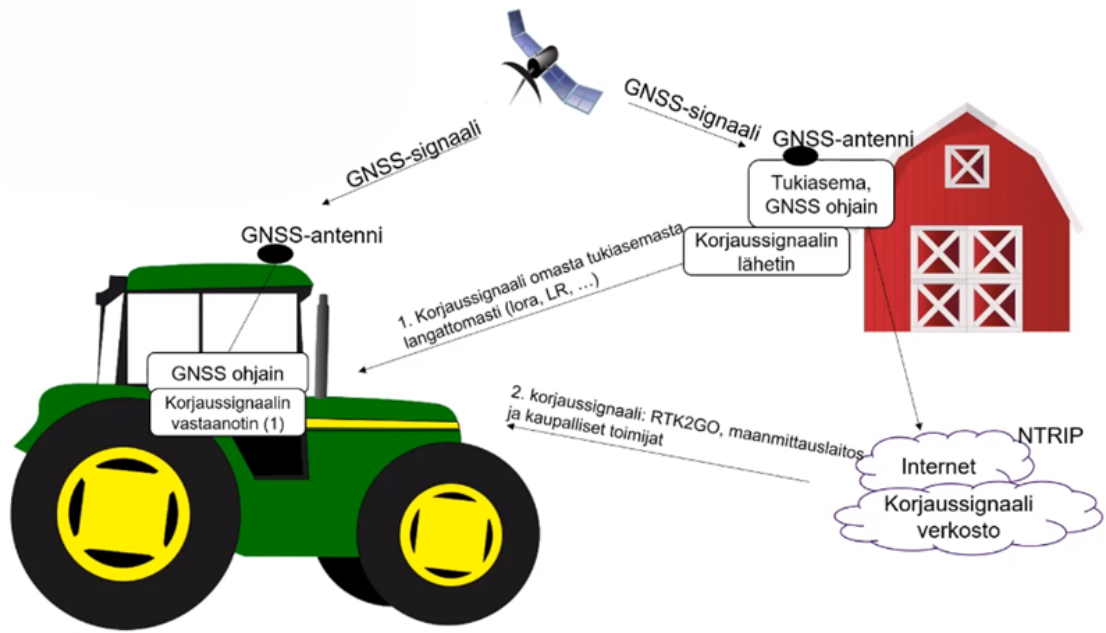
- Yhdysvaltalainen GPS
- Venäläinen GLONASS
- Eurooppalainen Galileo
- Kiinalainen BeiDou

## 2.3 Paikannus Automaattiohjauksessa

Satelliiteilta saatavalla GNSS-signaalilla saadaan paikkatieto traktorissa olevaan GNSS-antenniin, tämä ei kuitenkaan yksin riitä, vaan tässä vaiheessa paikkatieto on vielä hyvin epätarkkaa ja voi heitellä jopa metrejä kuten esim. puhelimen paikkatieto. Tätä varten tarvitaan vielä referenssi-tukiasema, josta saadaan korjaussignaali paikkatietoon (Linna 2023).

Tukiaseman, satelliitin ja antennin voidaan ajatella muodostavan kolmion, jossa satelliitti lähettää paikkatietoa antennille ja tukiasemalle. Tukiasema taas lähettää korjaussignaalia antennille joko radiosignaalilla tai verkon välityksellä reaaliajassa Tekniikkaa kutsutaan RTK-mittaukseksi eli reaaliaikaiseksi kinemaattiseksi mittaukseksi (Kuvio 1).





Kuvio 1. GNSS-rakenne traktorin automaattiohjauksessa. (Linna 2023.)

RTK GPS -järjestelmän peruseräite on käyttää paikallista tukiasemaa satelliittisignaalien lisäksi. Näin järjestelmä voi korjata GPS-datassa mahdollisesti olevat virheet. Vertaamalla tukiaseman ja liikkuvan yksikön vastaanottamaa GPS-dattaa, voidaan datassa olevat virheet korjata, mikä johtaa erittäin tarkkaan paikkatietoon.

RTK GPS -järjestelmän peruskomponentit ovat GPS-vastaanotin, paikallinen tukiasema ja näiden välinen datayhteys. GPS-vastaanotin asennetaan tyypillisesti ajoneuvoon tai muuhun liikkuvaan alustaan, ja se vastaanottaa dataa GPS-satelliiteista. Tukiasema puolestaan sijaitsee yleensä vakaalla pinnalla, kuten rakennuksessa tai tornissa. Tukiasema vastaanottaa saman GPS-datan kuin liikkuva yksikkö, mutta se saa myös dataa paikalliselta referenssiasemalta. Tämä referenssiasema sijaitsee tyypillisesti tukiaseman lähellä ja sitä käytetään korjaamaan GPS-datan virheitä (Global GPS Systems. 2024). RTK-mittaus on aiemmin lähinnä maanmittauksessa käytetty mittaustapa ja mittaustarkkuus riippuu käytettävästä laitteistosta, mutta esimerkiksi FJDynamics V1 tukiaseman mittaustarkkuudeksi ilmoitetaan vaakasuunnassa 8mm+1ppm ja pystysuunnassa 15mm+1ppm. ( FJDynamics.2024.)

### **3 HANKINTA**

#### **3.1 Tarjouskyselyt ja vertailu**

Hankintaprosessi aloitettiin selvittämällä laitteistolle toimittajia ja kartoitettiin markkinoilla olevia vaihtoehtoja, joita osoittautui olevan monia. Ensin suoritettiin markkinatutkimusta markkinoilla tarjolla olevista järjestelmistä. Tämän jälkeen suoritettiin tarjouskyselyä eri toimittajille. Lopulta vaihtoehdoiksi muodostuivat neljä vaihtoehtoa eri toimittajilta, joita käsitellään seuraavissa luvuissa. Kaikkien toimittajien laitteistojen toimintaperiaate on sama, mutta eri valmistajien välillä löytyy pieniä eroja. Erot olivat lähinnä hinnoittelussa ja teknisissä ominaisuuksissa. Tarjoukset saatiin Sveaverken, Fieldbee, Geomate ja FJDynamics laitteista.

Tarjouskyselyissä pyydettyyn laitteistoon kuuluivat itse automaattiohjaus, RTK-tukiasema ja mahdolliset lisälaitteet. Oman RTK-tukiaseman hankintaan samalla päädyttiin, sillä RTK-signaalin hankinta kolmannelta osapuolelta osoittautui taloudellisesti kannattamattomaksi pidemmällä aikavälillä vuosittaisten lisenssimaksujen johdosta.

##### **3.1.1 Sveaverken F100**

Sveaverken F100 automaattiohjauksesta on sekä basic että advanced versio. Advanced version etuna muihin vertailukohteisiin olivat järjestelmän ominaisuudet joita muissa vertailukohteissa ei ollut saatavilla (Taulukko 1). Järjestelmä koostuu hallintapaneelistä, yhdestä GNSS antennista ja rattimoottorista, sekä ohjaukulma-anturista. Rattimoottori tuottaa 30Nm vääntöä. Tarjoukseen (Liite 1.) Saadun RTK-tukiaseman signaalin kantavuus on 5-10km (Sveaverken n.d.).

# Comparison



Name	<a href="#">F100 Auto Steer System</a>	<a href="#">F100 Auto Steer System with Advanced Mode</a>
Price	5499	6499
<b>Guidance Lines</b>		
Guidance Line Types	Straight & Curve & Pivot & A+ & Line group	Straight & Curve & Pivot & A+ & Line group
Guidance line translation optimization	✓	✓
<b>Operation</b>		
Trim	✓	✓
Task management	✓	✓
Guidance line (boundary) quick change	✓	✓
Overview page	✓	✓
Basic U-turn (fish tail shape&Ω shape)	✓ (unlock separately)	✓
2D (top) view	✓	✓
Smart Approaching (up to 90 degree)	✓	✓
Front implement support	✓	✓
<b>Asset Library</b>		
Vehicle library	✓	✓
Implement library	✓	✓
<b>Optimization</b>		
GIS data transfer	✓	✓
NMEA format update (start with GP)	✓	✓
<b>Advanced Functions</b>		
Smart U-turn	✗	✓
Field Management	✗	✓
Boundary	✗	✓
Boundary translation	✗	✓

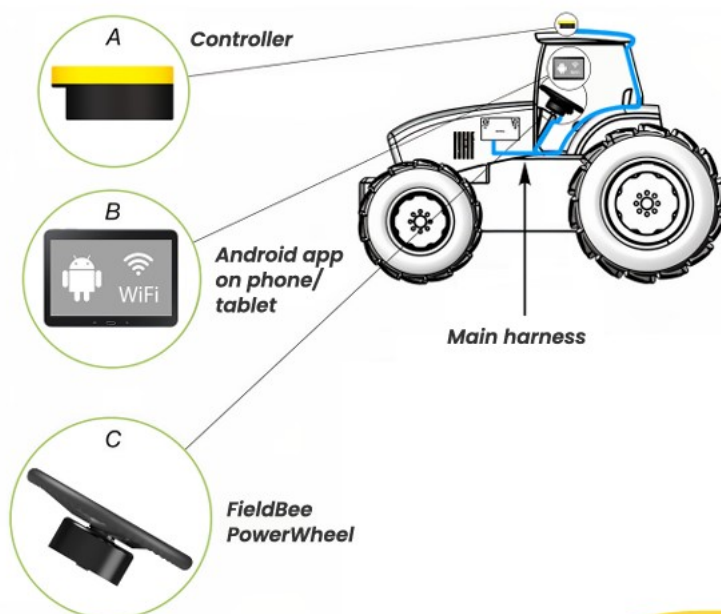
Kuvio 1. F100 advanced ja basic vertailu. (Sveaverken n.d.)

### 3.1.2 Fieldbee Powersteer

Fieldbee Powersteer eroaa vertailukohteistaan sen yksinkertaisuuden vuoksi. Työkoneeseen asennettava järjestelmä koostuu yhdestä yksiköstä jossa GNSS-vastaanotin, rattimootorista jossa vääntöä 7-16Nm ja hallinta tapahtuu millä tahansa Android-laitteella (Kuva 2). Tämä helpottaa huomattavasti siirrettävyyttä, mutta luo myös epävarmuutta toimintaan (Autosteer Datasheet Powersteer 2019).

Laitteen toimittajaa haastatellessa hankintavaiheessa monet järjestelmän ominaisuuksista kuten käänös-ominaisuudet olivat vasta tulossa saataville ja kehitysvaiheessa. Tarjoukseen (Liite 2.) saadun L2 RTK-tukiaseman signaalin kantavuus on n.20km. Toisin kuin FJDynamcs ja Sveaverken, Fieldbee tukiasema ei käytä radiosignaalia tukiaseman ja työkoneessa olevan GNSS vastaanottimen välillä vaan tieto kulkee vaihtoehtoisesti internetin yli jolloin kantama on huomattavasti enemmän. (FieldBee L2 Base station Datasheet. 2020).

AutoSteer Datasheet **PowerSteer**



Kuvio 2. Fieldbee Powersteer rakenne. (Autosteer Datasheet Powersteer 2019.)

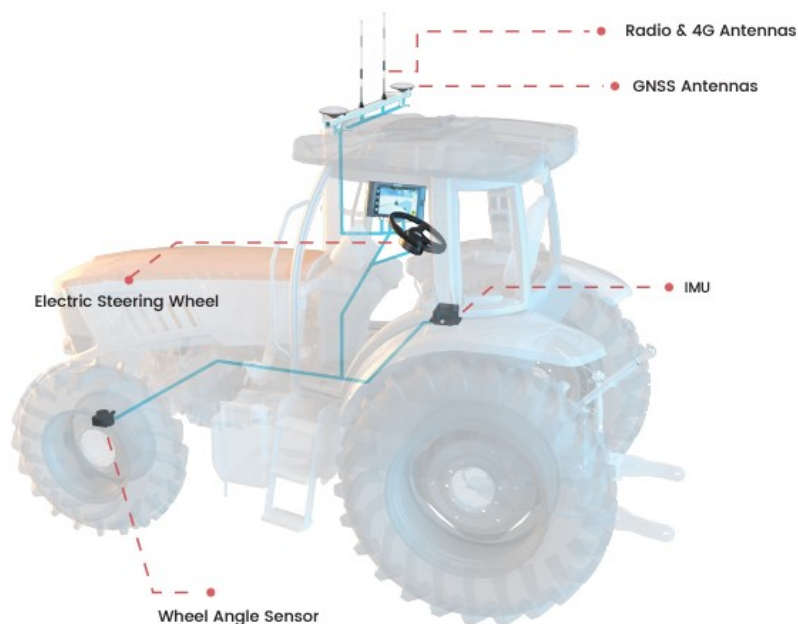
### 3.1.3 EFIX esteer 10

EFIX esteer on hyvin samantyyppinen kuin muut vertailukohteet. Työkoneeseen asennetaan GNSS-vastaanotin, sähköinen ohjauspyörä, hallintänäyttö ja ohjauskulma-anturi. Sähköinen ohjauspyörä tuottaa vääntöä 7,5Nm (EFIX Geomatics Co., Ltd.2021). Tämä on olennainen tieto siksi, jos moottori on hyvin voimaton, niin ohjauksen suorittamat korjausliikkeet ovat hitaita ja tarkkuus kärsii. Tarjouksessa (Liite 3) esitetty RTK-tukiasema on vertailukohteista tehokkain ja sen kantamaksi toimittaja kertoo 30km, mutta samalla myös hintavin vaihtoehdoista.

Ohjausjärjestelmä on monipuolinen ja yhteensopiva useiden ohjauskuvioiden kanssa, mukaan lukien AB-suora, A+-linja, kaksityyppinen kaareva linja, epä-säännöllinen harauslinja ja 90 asteen linja. (EFIX Geomatics Co., Ltd. 2021). Myös vertailukohteita huonommat vaihtoehdot käännöksissä ja ajolinjoissa.

### 3.1.4 FJDynamics AT1

FJDynamics AT1 edustaa valmistajan aiempaa mallia ja siitä on jo saatavilla uudempi AT2 malli, josta ei kuitenkaan saatu tarjousta toimittajalta. AT1:n anturikoonpano on hieman erilainen kuin muissa vertailukohteissa. GNSS ja radio-antenneja on kaksi kappaletta ja myös erillinen IMU, joka mittaa maaston kaltevuutta (Kuva 3). Rattimoottori tuottaa 30Nm vääntöä. Tarjoukseen (liite 4.) saadun V1 RTK-tukiaseman signaalin kantavuus on 5-10km (FJDynamics 2022). Laitteen toimittajaa haastateltiin ja tämän mukaan AT1 malli on ominaisuuksiltaan parempi kuin uudempi AT2 malli, ja siksi AT2 mallista ei saatu tarjousta. Tähän tietoon on kuitenkin suhtauduttava varauksella.



Kuvio 3. FJDynamics AT1. (FJDynamics 2022.)

### 3.2 Valinta

Valintaa varten annettiin pisteet jokaiselle verrokille neljän eri kriteerin mukaan. Näin saadaan suuntaa antava näkemys oikeasta valinnasta. (taulukko 1). Taulukon pisteytys suoritettiin omaa harkintakykyä käyttäen satujen tarjousten ja toimittajilta saatujen tietojen avulla laitteista. Kuten taulukosta nähdään (taulukko 2). Sveaverken F100 ja Fieldbee autosteer saivat parhaat pisteet ja lopullista valintaa pohdittiinkin juuri näiden kesken. Kaikkien vertailukohteiden toimintatarkkuus myös todettiin riittäväksi eli 2,5cm, joten tästä ei syntynyt eroa jolla olisi valinnassa merkitystä.

Yrityksen edustajalle esiteltiin kaikki vaihtoehdot ja pohdittiin parasta vaihtoehtoa. Pohdinta keskittyi lähinnä kahden eniten pisteitä saaneen vaihtoehdon valintaan sillä molemmissa oli hyvät ja huonot puolensa. Vaikka Fieldbeen paketissa oli omat hyvät puolensa, kuten työkoneesta toiseen helpompi siirtäminen ja tukiaseman kantomatka pidempi, nähtiin Sveaverkenin advanced järjestelmän ominaisuudet kuitenkin paljon parempina muihin verrattuna. Myös tukiaseman kantomatka katsottiin kuitenkin riittäväksi.

Lopputuloksena vaihtoehtoista valikoitui Sveaverken F100 advanced automaatiohjaus, jonka toimittaa HakaCenter (Liite 1).

### Taulukko 1. Järjestelmien vertailu

merkki	(1-5p)	hinta	siirrettävyys	tukiaseman kantavuus	käyttöjärjestelmän ominaisuudet	yht.
sveaverken		4	2	2	5	13
fieldbee		3	4	4	2	13
Fjdynamics		3	2	2	4	11
efix esteer		2	2	4	1	9

## 4 ASENNUS JA KÄYTTÖÖNOTTO

### 4.1 Asennus

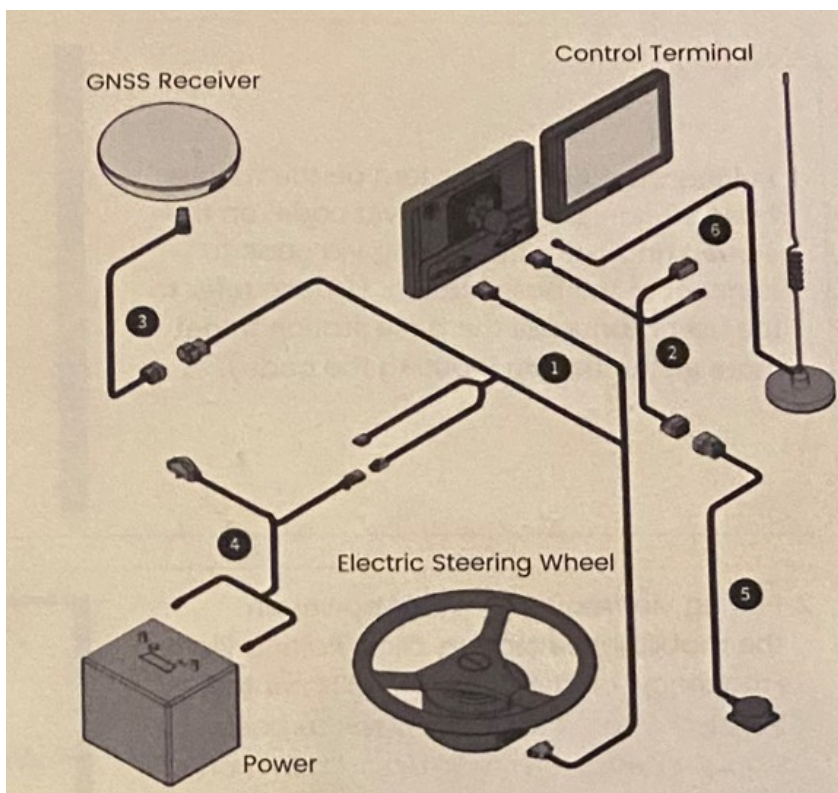
Automaattiohjaus päätettiin asentaa tässä vaiheessa yrityksen Valtra N134 traktoriin. Koettiin että tässä koneessa automaattiohjaukselle on suurin tarve. Asennus lähti liikkeelle toimitettujen komponenttien tarkastelulla ja tässä vaiheessa heti huomattiin, uuden ohjauspyörän kiinnitystä varten olevaa soviteholkkia ei ollut. Myös RTK-tukiasema toimitettaisiin vasta myöhemmin. Asennus aloitettiin saapuneilla komponenteilla kuitenkin niin kuin mahdollista (kuva 4).

Asennus ja kytkennät suoritettiin kuvan 5 mukaisesti. Komponentit sijoitettiin traktoriin niille kuuluville paikoilleen, ja johdotukset pyrittiin viemään mahdollisuuksien mukaan hyödyntäen traktorissa olevia läpivientejä tai pintavetona.



Kuva 1. Ohjauspyörä, ohjauskulma-anturi, GNSS-vastaanotin ja ohjauspaneeli sekä johtosarjat.





Kuvio 3. Kytöntäkuva ohjekirjassa. (Auto Steer System User Manual F100. n.d.)

Ensimmäisenä sijoiteltiin hallintapaneeli hyttiin kuljettajalle sopivalle paikalle, eli tässä tapauksessa ohjauspyörän oikealla puolella käden ulottuville (kuva 2). Tämän jälkeen hytin oikealla puolella olevan kotelon (kuva 3.) pohjassa olevien läpivientien kautta vietiin päävirtajohtdot akulle, jotka kytkettiin pääjohtosarjaan kytöntäkuvan mukaisesti.



Kuva 2. Ohjauspaneeli kiinnitettynä hytissä olevaan varteeseen.



Kuva 3. Hytin oikean puolen kotelo.

Seuraavaksi katolle laitettiin GNSS-vastaanotin ja radio-antenni. GNSS-vastaanotinta varten jouduttiin katolle kiinnittämään teline jota varten katossa oleviin tulppiin kierrettiin M10 kierretapilla kierteet (Kuva 8). Katolle tulevien antennien johdotukset vietiin hytin kulmaa pitkin ja takalasin läpiviennistä hyttiin, jossa johdot liitettiin pääjohtosarjaan ja ohjauspaneeliin, kuten aiemmin kytkentäkuvassa



Kuva 4. GNSS-vastaanotin asennettuna katolle.

Ohjaukulma-anturi asennettiin traktorin oikean puolen etupyörän olka-akseliin (kuvan 449). Anturin johdot vietiin traktorin etuakselia ja keulaa pitkin hytin alle, jossa se kytkettiin pääjohtosarjaan kytkentäkuvan mukaisesti.



Kuva 5. ohjaukulma anturi paikallaan.

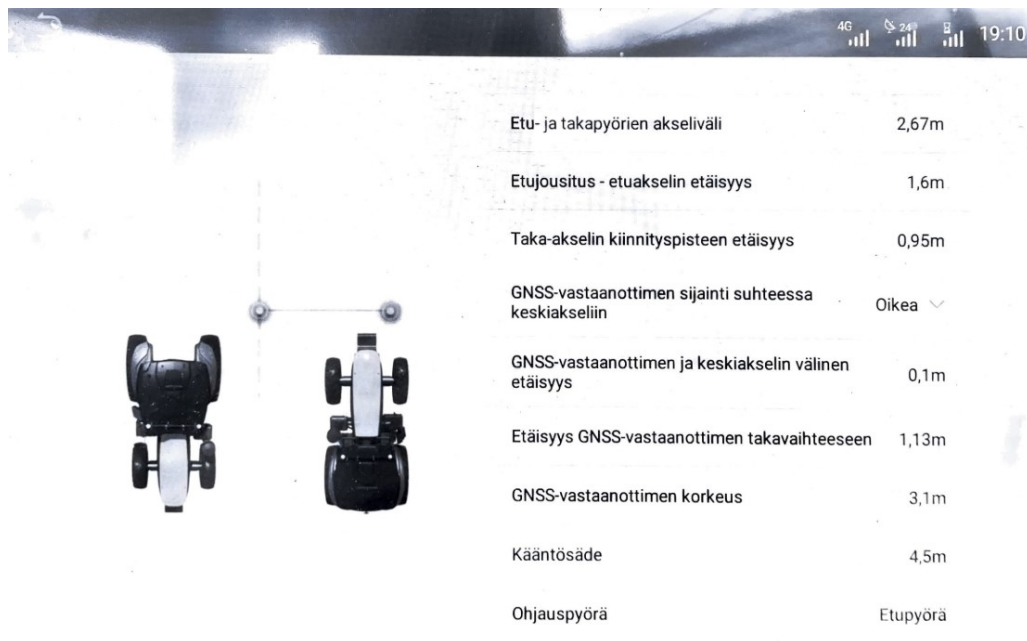
Oikean soviteholkin saavuttua voitiin vanha ohjauspyörä korvata uudella. Soviteholkin avulla ohjauspyörä ja sähkömoottori saadaan kiinni rattiakseliin jota moottori pyörittää. Tämän lisäksi moottorin paikallaanpitämiseksi asennettiin teline joka on kiinni moottorin pohjassa ja ohjauspylväessä. (kuva 10). Ohjauspyörä kytkettiin kiinni pääjohtosarjaan ja hallintänäyttöön kytkentäkuvan mukaisesti.



Kuva 6. Vanha ohjauspyörä korvattuna uudella.

## 4.2 Käyttöönotto

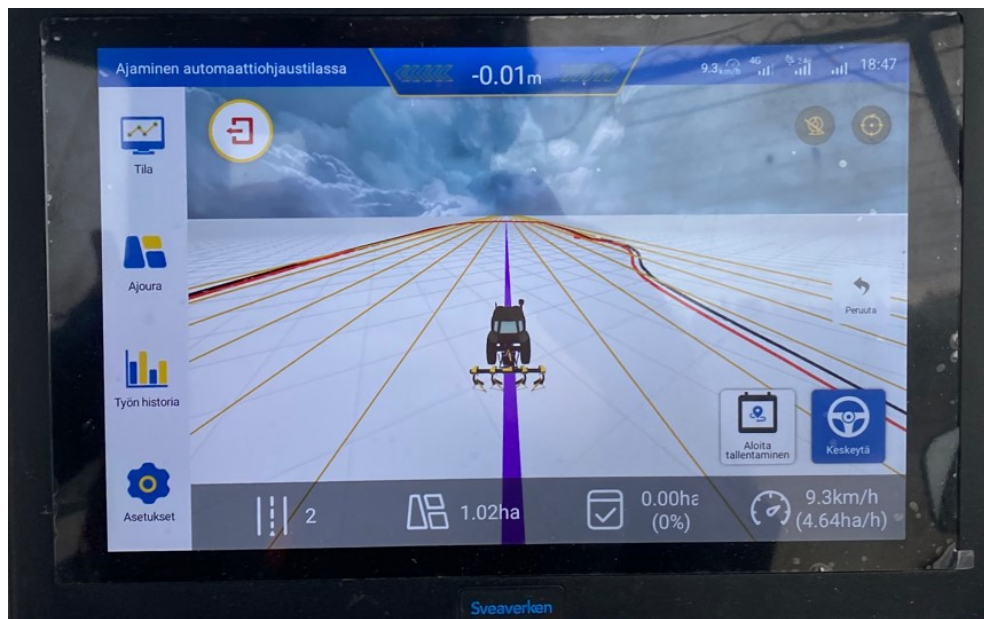
Käyttö aloitetaan kalibroinnilla jotta laite toimii oikein asennuksen jälkeen. Kalibroinnilla tarkoitetaan sitä, että ohjauksen tekemät liikkeet vastaavat mahdollisimman hyvin todellisuutta. Laitteen kalibrointi hoitui oikeiden parametrien syöttämisellä järjestelmään. Tarvittavia parametrejä olivat ohjaukulma-anturin sekä GNSS-vastaanottimen paikat suhteessa traktoriin tai traktorin keskikohtaan. Lisäksi tarpeellisia parametrejä ovat tiedot traktorin ja mahdollisesti traktoriin liitetyn työkoneneen mitoista korkeus-, leveys- ja pituus-suunnassa, raideleveys sekä kääntösäde.



Kuva 7. Järjestelmän parametrejä.

Parametrien asettamisen jälkeen järjestelmä oli käyttövalmiina ja traktori vietiin suorittamaan koeajo. Koeajolla ensin kierrettiin kuvitellut pellon rajat itse ajamalla. (kuvassa 12 punaisella). Kun rajat oli määritetty. Tämän jälkeen laite loi suorat ajolinjat halutun työleveyden mukaan. Kuvassa 12 oranssilla näkyvät luodut ajolinjat ja nykyinen ajolinja sinisellä viivalla. Kuljettajan täytyy siis edelleen itse päättää koneen nopeus, mutta määritettyä suoraa linjaa pitkin kone pystyy kulkemaan itse.

Toimitusvaikeuksien takia RTK-tukiasemaa ei ollut vielä saatu ja siitä johtuen paikannussignaali oli hyvin epätarkka ja katkonainen käyttöönotto hetkellä, joten käyttöönottoa ei jatkettu pidemmälle. Koeajo hetkellä käytössä oli siis ainoastaan huomattavasti epätarkempi EGNOS-signaali jolla päästään kymmenien senttien tarkkuuteen kun taas RTK-tarkkuudeksi annetaan n.2,5cm.



Kuva 8. Kuva näytöstä koeajolla.

Automaattiohjauksen asennus ja käyttöönotto tapahtuivat ilman tarkempia ohjeita, mistä johtuen se oli hyvin aikaa vievää. Asennus ja käyttöönotto osiosta jääkin yritykselle yleisohje asennusvaiheista, kun tulevaisuudessa uusia laitteita asennetaan.

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Opinnäytetyön tärkein prioriteetti ja ensimmäinen vaihe oli automaattiohjauksen hankinta yrityksen tarpeiden mukaan. Tämä piti sisällään eri vaihtoehtojen kartoittamisen, toimittajien selvittämisen, toimintaan perehtymistä, sekä vertailua. Hankintaprosessi onnistui hyvin, kaikkiin vaihtoehtoihin ja niiden toimintaan perehdyttiin kattavasti. Tämän johdosta hankitusta järjestelmästä tuli yrityksen tarpeisiin sopiva ja opinnäytetyön tärkein vaihe eli hankinta ja automaattiohjauksen toimintaan perehtyminen toteutui hyvin.

Vaihtoehtojen kartoituksen sekä vertailun aikana huomattiin kaikkien markkinoilla olevien vaihtoehtojen toimintaperiaatteen, sekä teknisten ominaisuuksien olevan huomattavan samanlaisia pienillä eroavaisuuksilla. Lopulta valituksi tuli järjestelmä, jossa toimittajan tarjous kokonaisuudessaan vastasi parhaiten yrityksen tarpeita ja vaatimuksia.

Toisena vaiheena työssä oli automaattiohjauksen asennus ja käyttöönotto. Eri-laisten toimitusvaikeuksien johdosta opinnäytetyöprojektin aikataulu venyi alkuperäisestä suunnitelmasta. Asennus saatiin kuitenkin tehtyä ja koeajo suoritettua, mutta käyttöönottoa ei jatketa pidemmälle ennen kuin RTK-tukiasema on saapunut, sillä ilman sitä paikkasignaali on hyvin epätarkka ja epävakaa.

Seuraava vaihe on jatkaa käyttöönottoa myöhemmin kaikkien komponenttien saavuttua jolloin järjestelmä saatetaan kokonaisuudessaan toimintaan ja käyttöön perehdytään. Yrityksen oma tukiasema mahdollistaa usean laitteen yhteyden, eli laitteiden määrää on mahdollista kasvattaa tulevaisuudessa useampaan työkoneeseen.

Kokonaisuutena opinnäytetyö onnistui hyvin, vaikka toimitusvaikeudet venyttivät aikataulua. Opinnäytetyössä yhdistyivät osaltaan teoreettinen, ja toiminnallinen työ, sillä suurelta osin opinnäytetyö oli toiminnallista työtä, mutta myös alussa oli tarpeen perehtyä teoriaan toimintaperiaatteeseen.

Tällä hetkellä jälkiasennettavat automaattiohjausjärjestelmät, jollaisia tässä opinnäytetyössä on käsitelty, eivät havainnoi ympäristöään millään tavalla. Niiden

toiminta perustuu GNSS signaaliin jonka avulla kone kulkee ohjelmoidun reitin mukaan. Ohjaavan järjestelmän tarkoituksena onkin tehostaa ja keventää kuljettajan työtä. Tämä on askel kohti autonomisempia työkoneita ja tekniikan kehittyessä voidaan ehkä nähdä työkoneita jotka eivät tarvitse kuljettajaa.



## LÄHTEET

Autosteer System User manual F100. n.d. Sveaverken.

Autosteer Datasheet Fieldbee Powersteer. 2019. Pdf-dokumentti. Viitattu 20.5.2024. <https://www.fieldbee.com/wp-content/uploads/2022/06/AutoSteer-Datasheet-PowerSteer.pdf>

EFIX Geomatics Co., Ltd. 2021. TECHNICAL SPECIFICATIONS. Pdf-dokumentti. Viitattu 3.6.2024. [https://globalgpsystems.com/wp-content/uploads/2023/08/eSteer-10\\_Datasheet\\_0326.pdf](https://globalgpsystems.com/wp-content/uploads/2023/08/eSteer-10_Datasheet_0326.pdf)

FieldBee L2 Base station Datasheet. 2020. Pdf-dokumentti. Viitattu 21.5.2024. <https://www.fieldbee.com/wp-content/uploads/2020/09/FieldBee-L2-base-station-datasheet.pdf>

FJDynamics.2022. FJD AT1. Pdf-dokumentti. Viitattu 4.6.2024. <https://cdn-fjdynamics.fjdynamics.com/odoo/PDF/EN-AT1-Brochure.pdf>

FJDynamics. 2024. FJD V1 Base Station. Verkkosivu. Viitattu 15.6.2024. <https://www.fjdynamics.com/product/fjd-v1-base-station-specs>

Global GPS Systems. 2024. RTK GPS: Understanding Real-Time Kinematic GPS Technology. Verkkosivu. Viitattu 17.6.2024. <https://globalgpsystems.com/gnss/rtk-gps-understanding-real-time-kinematic-gps-technology/>

Linna, P.2023. ÄlyAgri - RTK-tukiaseman rakennus ja asennus. Luento. Vimeo-video. Julkaisija Savonia-ammattikorkeakoulu 4.4.2023. Viitattu 1.6.2024. <https://vimeo.com/814543093>.

Maanmittauslaitos. n.d. Satelliittipaikannus. Verkkosivu. Viitattu 31.5.2024. <https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/teematietoa/satelliittipaikannus>

Nuolioja, M. Myyjä. 2024. Tarjous Sveaverken F100. Sähköpostiviesti 8.4.2024.

Palva, R. 2020. GPS-ohjausjärjestelmät. Verkkosivu. Viitattu 2.6.2024. <https://www.digimaatalous.fi/gps-ohjausjarjestelmat/>

Pihlajamäki, M. 20204. Tarjous EFIX esteer 10. Sähköpostiviesti 10.4.2024.


Sveaverken n.d .F100 Tractor Auto steer System. Verkkosivu. Viitattu 7.6.2024 <https://sveav.com/products/tractor-auto-steer-system-for-sale-sveaverken-f100?variant=46928379281681>

Satamo, J. Myyjä. 2024. Tarjous FJDynamics AT1. Sähköpostiviesti 7.4.2024.

Vasku, P. 2024. Hinnat. Verkkosivu. Viitattu 20.5.2024. <https://sites.google.com/vasku.fi/fieldbeefi/hinnat>

## LIITTEET

## Liite 1. Sveaverken F100 Tarjous

 <b>HakaCenter</b> <i>Ammattilaisen korekauppa</i> Hakatie 17, 90440 Kempele Y-tunnus: 0662834-1 Kiskotie 4, 94100 Ylivieska		<input checked="" type="checkbox"/> <b>TARJOUS</b> <input type="checkbox"/> <b>KAUPPASOPIMUS</b> <input type="checkbox"/> <b>OSTOSOPIMUS</b>	Myyjä: <input type="text"/>	
Ostaja Myyjä	Nimi <b>Jarkko Seppä</b>		Henkilötunnus	
	Y-tunnus	Sähköposti <b>jarkko.seppa@tuni.fi</b>	Puh.	
Kaupan kohde ja hinta	Lahiosoite	Postinumero	Postitoimipaikka	
	<input checked="" type="checkbox"/> Uusi <input type="checkbox"/> Käytetty	<input type="checkbox"/> Työkone <input checked="" type="checkbox"/> ALV 0%	<input type="checkbox"/> ALV 24% <input type="checkbox"/> Kone myydään sinä kunnossa <input type="checkbox"/> Kone myydään kuin se kaupantekohetkellä on	Käyttöönotto Rek. nro Seur. nro
	Merkki ja malli <b>Sveaverken F100 Advanced</b>			€
	Lisävarusteet			
	kaukosäädin			
	siirtosarja			
	jatkokaapeli pyöränkulma-anturille			
	Mahdolliset muut lisävarusteet:			
	WiFi kamera <input type="text"/> pl mahdollista asentaa 2kpl			
	Tukiasema ovh <input type="text"/> tähän kauppaan <input type="text"/>			
alennus				
Rahti				
Hinta yhteensä				
Toimitus	Toimitusaika	Toimitusehdot	Maksuehto <b>Lasku</b>	
Vaihtoesineet ja värräha	Merkki ja malli	Vuosimalli	Rek./valm. nro	
	Merkki ja malli	Vuosimalli	Rek./valm. nro	
	Hyvityshintaan sisältyvät lisävarusteet		Vaihtohyvyitys	
			Vaihtohyvyitys	
Vaihtokone teknisesti kunnossa.		Huomioita:		
Maksuehdot	<input type="checkbox"/> Lasku			
	<input type="checkbox"/> Osamaksu	Rahoitusaika	Maksuerä	
		Korko	Avausmaksu	
	<input type="checkbox"/> Leasing	Rahoitusaika	Vuokra / kk	
		Jäännösarvo		
Vak.	Raholitusyhtiö	Vakuutusyhtiö	Yhteensä €	
Sitoumus	Ostaja vakuuttaa, että vaihtoesine on täysin maksettu, että se on hänen omaisuuttaan ja on ollut hänen omassa käytössään ja että vaihtoesineelle ei ole kiinnitystä.			
	Tämän sopimuksen ja liitteenä olevan kaupan ehdot vakuutamme lukeneemme ja sitoudumme niitä noudattamaan.			
	Tätä sopimusta on tehty kaksi alkuperäistä kappaletta, toinen myyjälle ja toinen ostajalle.			
	Paikka ja aika <b>Ylivieska</b>	Myyjän virallinen allekirjoitus		
	Ostajan allekirjoitus	Marko Nuolioja		

Omistusoikeus myytyyn esineeseen siirtyy ostajalle, kun kauppahinta on kokonaisuudessaan maksettu.  
 Tämä sopimus ei sido myyjää, jollei sitä ole allekirjoittanut myyjän siihen valtuutama henkilö.

www.hakacenter.fi  
 www.hakaosaf.fi

(Nuolioja, M. 2024)

## Liite 2. Fieldbee maahantuojan hinnasto

Automaattiohjaus: PowerSteer [REDACTED] (varastossa)

Ajo-opastin: PowerGuide [REDACTED] (varastossa)

Android tablet: PowerTablet [REDACTED] (varastossa)

Lisäosat:

PowerSteer Siirtosarja [REDACTED] (varastossa)

DUAL [REDACTED] (varastossa)

**U-Päistekäännös Sisältyy nyt Premium lisenssimaksuun!**

L2 RTK Base asema [REDACTED] (varastossa)

- oma RTK base asema korvaa kaupallisen RTK-signaalin, säästö noin [REDACTED]

Ilman lisenssiä pystyy ajamaan vain suorat A-B linjat

**Premium lisenssi:**

**Ensimmäinen vuosi sisältyy varastoon tilattujen hintaan.**

[REDACTED] / 1-vuosi

[REDACTED] / 5-vuotta

**HUOM! PowerGuide on päivitettävissä PowerSteer:riksi hintaan [REDACTED]**

Fieldbee DUAL on toinen antenni katolle tarkkaan ajoon alhaisella nopeudella.

Ohjaus on itse asennettavissa tai vaihtoehtoisesti asennus hintaan [REDACTED]

**Yleisesti Automaattiohjauksien asennus maksaa [REDACTED] koneesta ja laitteistosta riippumatta.**

Tehdas toimitusaika 2-4 viikkoa tilauksesta. Varastotuotteet HETI.

(Vasku,P. 2024.)

## Liite 3. Efix esteer 10 tarjous

Oli puhetta myös tukiasemasta. Laitoin siitä esitteen liitteeksi. Hinta tälle laitteelle alkaen [REDACTED]

## Tarjous



Jarkko Seppä  
Kaippurintie 54  
38510 Sastamala  
Y-tunnus: -

Numero: 35  
[REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED]

### Lisätiedot ja ehdot:

Kilto tarjouspyynnöstä. Tarjous automaattiohjauksesta Valtra T144 mallikohtaisilla klinnikkellä. Lisävarusteina ohjauskulman anturi, etäkäyttökytkin, Valtra - kokoinen pienempi ratti ja siirtosarja puimurin. Integroitu asennus vaatii jatkokaapelin rattimoottorille näihin koneisiin. Toivomme tarjouksen soveltuvan teille ja johtavan kauppaan.

### Tarjoamme seuraavaa:

Kuvaus	Määrä	Ä-hinta	Alennus %	Hinta	Alv %	Alv	Yhteensä
EFIX eSteer 10 - automaattiohjaus	1	[REDACTED]		[REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]
Ohjauskulman anturisarja	1	[REDACTED]		[REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]
Etäkäyttökytkin	1	[REDACTED]		[REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]
Siirtosarja	1	[REDACTED]		[REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]
Pieni ratti, Valtra ym.	1	[REDACTED]		[REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]
AN rattimoottorin klinnike, Valtra 4	1	[REDACTED]		[REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]
Vastaanotinteline Valtra N/T 4/5	1	[REDACTED]		[REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]
Rattimoottorin jatkokaapeli - 150 cm	2	[REDACTED]		[REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]

Veroton hinta [REDACTED]

Arvonlisävero [REDACTED]

**Yhteensä** [REDACTED]

### Yhteystiedot

[REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED]  
www.agronav.fi

AGRONAV  
Tuoresluomantie 2A1  
60800 Ilmajoki  
Y-tunnus: 3394912-4  
Alv-tunnus: FI33949124

(Pihlajamäki, M. 2024)

## Liite 4. FJDynamics AT1 tarjous



Viisteentie 10  
69750 Sillanpää

Tarjous 10423

**Seppä Jarkko**  
**Sastamala**  
**Finland**

**Toimitustiedot**

Finland

**Tarjous-pvm:** [REDACTED]  
**Tarjous voimassa pvm:** [REDACTED]  
**Arvioitu toimitus:** [REDACTED]  
**Toimitustapa:** Rahtina haluttuun osoitteeseen  
**Maksuehto:** maatalouskoneet.fi lasku  
**Toimitusehto:** Sopimuksen mukaan  
**Tilaja:**  
**Toimituspuhelinnumero:** 0451144343  
**Tilajan sähköposti:** jarkko.seppa@tuni.fi  
**Tilajan viite:**  
**Tilajan numero:**  
**Asiakasnumero:** 0  
**Myyjä:** [REDACTED]  
**Meidän viite:**

AT	Rivi	Pos.	Nro.	Tyyppi	Nimi	Til.	Yks.	Hinta	Ale-%	Yhteensä sis. alv 24%
	1		12069	FJDynamics	AT1 Automaattiohjaus	1	kpl	[REDACTED]		[REDACTED]
	2		12073	FJDynamics	V1 Ulkoinen tukiasema	1	kpl	[REDACTED]		[REDACTED]
	3		13121	FJDynamics	Päistekäänös automaattiohjaukseen	1	kpl	[REDACTED]		[REDACTED]
	4		10000		Toimituskulut	1		[REDACTED]		[REDACTED]

**Yhteensä ALV 0%:** [REDACTED]

**ALV:** [REDACTED]

**Loppusumma:** [REDACTED]

**ALV-Erittely**

16 Uudet koneet ja laitteet

**Summa sis. alv Summa alv 0% ALV %**

[REDACTED]

**Hinnat on ilmoitettu euroissa ja arvonlisäverolla**

[REDACTED]

**myynti@maatalouskoneet.fi**

maatalouskoneet.fi / Forestpolator Oy  
Viisteentie 10  
69750 Sillanpää

myynti:0400 451 900 laskut:0400 726 501  
myynti@maatalouskoneet.fi  
maatalouskoneet.fi

PANKKI/BANK: FI6031311002136715  
BIC: HANDFIHH  
Y-tunnus: 0789734-0 /  
VAT:FI07897340

(Satamo, J. 2024)