



Luonnonvara- ja
biotalouden
tutkimus 71/2015

Kasvintuotantojärjestelmien digitalisaation tiekartta

Juha Backman

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 71/2015

Kasvintuotantojärjestelmien digitalisaation tiekartta

Juha Backman

Luonnonvarakeskus, Helsinki 2015



ISBN: 978-952-326-149-5 (Painettu)

ISBN: 978-952-326-150-1 (Verkkajulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkajulkaisu)

URN: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-150-1>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Juha Backman

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2015

Julkaisuvuosi: 2015

Kannen kuva: Modulaire, Ulla Jauhiainen / Luken arkisto

Painopaikka ja julkaisumyynti: Juvenes Print, <http://luke.juvenesprint.fi>

Tiivistelmä

Juha Backman

Luonnonvarakeskus, Vakolantie 55, 03400 VIHTI

Tämän tiekartan tarkoituksena on tarkastella teknologiaa maatalouden ja kasvintuotannon kannalta erityisesti digitalisaatiota silmälläpitäen. Digitalisaatio tulee muuttamaan kaikkia aloja, mutta jokaisella alalla on omia erityispiirteitä sekä haasteitaan. Tämän tiekartan tarkoituksena on selvittää mikä on alan tulevaisuuden visio mihin tulisi pyrkiä sekä tarvittavat kehitys ja tutkimussuunnat mitä alan toimijat tällä hetkellä näkevät tulevaisuudessa tarvittavan vision saavuttamiseksi.

Tiekartan osapuolina ovat Suomen Maatalousautomaatio ry:n sekä Teknologiateollisuus ry:n Maatalouskoneiden toimialaryhmän yritysjäsenet sekä kasvintuotantojärjestelmien teknologiaa kehittävät tutkimuslaitokset Aalto-yliopisto, Helsingin yliopisto sekä Luonnonvarakeskus.

Tiekartta on toteutettu keskustelutilaisuuksina eri osapuolten välillä sekä Webpropol kyselyn avulla. Alustavan työn ja tiekartan tutkimus- ja kehitys aihealueiden kokoaminen tapahtui tutkijoiden välisissä keskusteluissa. Eri aihealueiden tärkeyden sekä tämän hetken kehitysvaiheen arviointiin sekä tulevaisuuden visointiin käytettiin yrityksille suunnattua Webpropol kyselyä. Lopulliset yhteenvedot sekä päätelmät on tehty Luonnonvarakeskuksen tutkijoiden voimin. Maatalouskoneiden tutkimussäätiö on rahoittanut tiekartan tekemistä osana Finnliner – Peltoviljelyä toteuttava teknologia osahanketta 3: ISOBUSTURVA – Kotimaisen ISOBUS toiminnan turvaaminen ja kehittäminen 2014-2017.

Viimeisen kahdenkymmen vuoden aikana viljely on tehostunut sekä koneiden koon kasvaessa, että myös automaation lisääntyessä. Nopeasti yleistyviä teknologioita ovat olleet esimerkiksi ajo- opastimet ja automaattiohjauslaitteet. Suoran hyödyn tuottavuuteen lisäksi yleistymisen syyksi on arveltu johtuvan niiden käytettävyys sekä työn rasittavuuden vähentyminen. Lisääntyvään elektronikan ja automaation määrään puolestaan on vastannut ISO 11783 standardi, joka on kehitetty tiedon- siirtoon traktorin ja työkoneen välille.

Muissa teollisuuden aloissa viimeaikaisin kehitys on ollut hyödyntää kehittyneitä verkkoratkaisuja sekä halventuneita antureita. Koneista saadaan entistä enemmän mitattua dataa, joka voidaan edelleen jalostaa tiedoksi ja uuden tyyppiseksi palveluiksi. Myös koneiden verkottuessa osa niiden toiminnoista voi sijaita erillään koneesta, erilaisissa tuotepilvissä. Todennäköistä on, että myös kasvintuotannossa tullaan seuraamaan muun teollisuuden viitoittamaa tietä ja mahdolliset hyödyt hajutetussa ja heterogeenisessä toimintaympäristössä voivat olla jopa suuremmat kuin muilla teollisuuden aloilla.

Tiekartan kyselyiden pohjalta muodostuneessa visiossa nähtiin, että entistä tarkemman, täsmällisemmän ja tarkoituksenmukaisemman kasvien viljelyn vuoksi teknologiaa tullaan kehittämään digitalisaation ja robotiikan suuntaan. Tulevaisuudessa Suomessa tulee olemaan sekä suuria kasvinviljelytiloja, jossa tuotantoa ohjataan teollisuusmaisesti, että pieniä kasvinviljelytiloja, jotka tarvitsevat hieman kevennetyt versiot suurten tilojen koneista ja järjestelmistä. Visiossa robotisaatio tulee muuttamaan myös osaltaan viljelytapaa: mekaaninen kasvinsuojelu muodostaa viljelyn perustan sekä useamman autonomisen yksikön ryhmä korvaa suurten koneiden tarpeen. Maanviljelijän toimenkuva tulee muuttumaan työn suorittajasta työn valvojaksi. Laitteiden monimutkaistuuksessa myös laitteiden huoltoverkoston, kunnossapidon ja käytön helppouden merkitys tulee korostumaan.

Edellä kuvattuun visioon pääseminen vaatii pitkäjänteistä ja jatkuvaa tutkimusta sekä kehittämistä. Tässä tiekartassa kehitysaskleet on jaettu kuuteen ryhmään, joissa jokaisessa on yksi tai useampi kehityspolku. Kehityspolulla olevat aiheet jaettiin tuotekehitys-, tutkimus-, pitkän aikavälin tutkimus- sekä akateemisen tutkimuksen vaiheisiin odotettavissa olevan tuotteistusajan mukaan. Tuotteistusvaiheessa olevia tärkeitä aiheita nähtiin kyselyssä olevan perus ISOBUS työkoneohjaimen ke-

hittäminen, ISOBUS tehtävänohjain rajapintojen kehittäminen, kehitysalusta työkoneiden ohjainten kehittämiseen, käyttöliittymän käytettävyyden parantaminen, erilaiset opastuspalvelut sekä elinkaaren hallinnan ja työajan kirjanpidon palvelut. Yhteensä eri vaiheissa ja tärkeysasteissa olevia aiheita tiekartassa on 33 kappaletta. Tiekartta voidaan yksinkertaistaa yläkäsitteiden avulla: nyt tuotekehityksessä olevat ja toisistaan erillään olevat koneen ohjausjärjestelmät, telematiikka ja palvelut sekä prosessit muodostavat sekoittuessaan kasvinviljelyn teollisen internetin, johon suuri osa tutkimusvaiheessa olevista aiheista voidaan laskea kuuluvan. Teollinen internet mahdollistaa automaation ja autonomian tason noston asteittain jolloin lopulta saavutetaan robottien autonomian taso. Haasteena viljelyroboteissa on robotin ja työkoneen luotettavuus sekä toiminnan turvallisuus. Robotin selviytyminen poikkeustilanteista sekä työkoneen vikaantumisista vaatii kehittyneitä päätöksentekojärjestelmiä. Viljelyrobotit ja pienet mittausrobotit (UAV ja UGV) vaativat vielä perustutkimusta sekä toimivaa infrastruktuuria ympärilleen, jotta niitä voitaisiin alkaa soveltaa suuremmissa mittakaavassa sekä maatilalla tapahtuvassa tutkimuksessa.

Teknologiaa ei pitäisi kehittää teknologiana, vaan myös tuotantoprosessien tulisi kehittyä ja näiden kehittyminen vaatii uuden teknologian kehittämistä. Käytännössä teknologian ja prosessien kehitys kulkee käsi kädessä ja ne antavat syötettä toisilleen. Kehitystä vaaditaan sekä mittauksessa, mallinnuksessa että itse prosessissa. Sekaviljelyssä ja muissa uusissa tuotantotavoissa tarvitaan systemaattisen tutkimuksen tuloksien tuloksia ja esimerkiksi laajaa datavarastoa erityyppisistä viljelyta-voista usealta eri vuodelta. Digitalisaation mahdollistamassa kasvinviljelyn, eläin- ja energiantuotannon integraatiossa materiaalivirtojen ja koneiden käytön optimaalisemmassa resurssien käytössä myös itse toimintatapaa pitää kehittää.

Usean eri aihealueen pitkäjänteinen kehitys ja tutkimus, jossa eri tutkimus- ja kehittämishankkeet seuraavat sekä yhtäaikaaisesti ovat tukevat toisiaan, vaatii hallittua hankkeiden tavoitteiden asettelu ja valmistelua. Tämän tiekartan on tarkoitus olla tukena tulevien hankkeiden valmistelussa sekä rahoittajien kanssa käytävissä neuvotteluissa.

Asiasanat: kasvintuotanto, digitalisoituminen, teknologia, kehitys, strategia

Sisällys

Tiivistelmä.....	3
Sisällys	5
Alkusanat	6
1. Tiekartan toteuttaminen	7
2. Kasvintuotantojärjestelmien teknologian historia ja nykyhetki.....	8
2.1. ISOBUS ja maatalousautomaatio	8
2.2. Teollinen internet	9
2.3. Teknologian yleistyminen	10
2.4. Kasvintuotantoteknologian tutkimus Suomessa	11
3. VISIO	14
4. Tiekartta	15
4.1. Tuotantoprosessien kehitys.....	17
4.2. Koneen ohjausjärjestelmät	18
4.3. Käyttöliittymät	21
4.4. Palvelut	24
4.5. Automaattiohjaus	28
4.6. Yhteinen platformi	30
5. Yhteenveto.....	33
6. Ehdotetut toimenpiteet.....	35

Alkusanat

Tämä ei ole ensimmäinen teknologiatiekartta eikä ainut maatalouden teknologiastrategiaan liittyvä julkaisu. 2000-luvun alussa on tehty laaja selvitys suomalaisesta maatalouskoneteollisuudesta ja sen tulevaisuudennäkymistä¹. Selvityksen keskeisiä havaintoja oli yhteistyön vähäisyys maatalousteknologiaa tekevien tutkimuslaitosten sekä teollisuuden välillä. Tämän takia myöhemmin on tehty selvitys Maatalousteknologisen tutkimuksen teknologiastrategia², joka pyrki tehostamaan yhteistyötä. Työn tueksi ja yhteistyötä edistämään perustettiin tutkimuslaitosten ja maatalouskoneteollisuuden kesken yhteenliittymä Agroteknologiaverkosto.

Eryteisesti yhteistyötä koneiden ohjausjärjestelmien ja automaation kehityksessä edistämään on perustettu vuonna 2014 Suomen Maatalousautomaatio ry yhdistys, jonka keskeisenä tavoitteena on ISOBUS yhteensopivien tuotteiden saattaminen markkinoille. Luonnonvarakeskus sekä Aalto yliopisto toimivat aktiivisesti yhdistyksen perustamiseksi, mutta yhdistyksen varsinaisia jäseniä ovat ainoastaan yritykset. Mallia yhdistyksen toimintaan on haettu Saksassa toimivasta Competence Center ISOBUS (CCI) yhdistyksestä³. CCI:n jäsenyritykset ovat suurempia kuin Suomen Maatalousautomaatio yhdistyksen jäsenyritykset, joten vastaavaa kehitystoimintaa mitä CCI tekee, ei Suomessa ole.

Maatalouskoneiden teknologia ei ole täysin poikkeavaa muusta liikkuvien työkonien teknologiasta. FIMECC on Vuonna 2008 perustettu strategisen huippuosaamisen keskittymä (SHOK) metallituotteiden- ja koneenrakennuksen alalle. FIMECC laati vuonna 2012 tutkimus-strategian⁴, jolla pyrittiin määrittelemään tarvittavia tutkimusaloja hankkeiden valmistelun tueksi. Strategiaa on myöhemmin vuonna 2015 päivitetty vastaamaan muuttuneita tilanteita⁵. Liikkuvien työkonien valmistajat, erikoistuneet yritykset, systeemi-integraattorit sekä tutkimuslaitokset ovat perustaneet oman yhteistyöfooruminsa vuonna 2006, Forum for Intelligent Machines (FIMA). FIMA on FIMECC:n osakas sekä valmistelee ja rahoittaa myös omia tutkimusohjelmiaan. Myös FIMAlla on oma tutkimusstrategiansa⁶. Tämä tiekartta ei pyri korvaamaan eikä olemaan päällekkäinen edellä mainittujen strategioiden kanssa.

Tämän tiekartan tarkoituksena on tarkastella teknologiaa maatalouden ja kasvintuotannon kannalta erityisesti digitalisaatiota silmälläpitäen. Digitalisaatio tulee muuttamaan kaikkia aloja, mutta jokaisella alalla on omia erityispiirteitä sekä haasteitaan. Tämän tiekartan tarkoituksena on selvittää tarvittavat kehitys ja tutkimussuunnat mitä alan toimijat tällä hetkellä näkevät tulevaisuudessa tarvittavan. Tiekartan aikana on pyritty myös selvittämään mikä on alan tulevaisuuden visio mihin tulisi pyrkiä.

Tämä selvitys jakaantuu seuraaviin osiin: selvitys tiekartan toteuttamisesta ja osapuolista, kasvintuotantojärjestelmien teknologian historia ja nykyhetki, tulevaisuuden visio, tiekartta visioon pääsemiseksi sekä ehdotetut seuraavat toimenpiteet.

¹ Manni, Jukka; Riipinen, Tapio (2002). Suomalaisen maatalouskoneteollisuuden tulevaisuuden haasteet. <http://urn.fi/URN:ISBN:951-729-723-8>

² Manni, Jukka; Mattila, Timo; Ahokas, Jukka; Tuure, Veli-Matti; Kirkkari, Anna-Maija; Kaustell, Kim O. (2006). Maatalousteknologisen tutkimuksen teknologiastrategia. <http://urn.fi/URN:ISBN:952-487-003-7>

³ The Competence Center ISOBUS <http://www.cc-isobus.com/en/association>

⁴ FIMECC SRA, Competitiveness through cooperative research. http://www.fimecc.com/sites/www.fimecc.com/files/FIMECC_SRA2012_300112_0.pdf

⁵ FIMECC SRA 2015, We create strategic renewal – together. http://www.fimecc.com/sites/www.fimecc.com/files/2015-01-02_FIMECC_SRA_text_document_-_Final.pdf

⁶ <http://www.hermiagroup.fi/fima/our-research/>

1. Tiekartan toteuttaminen

Tiekartan tekeminen aloitettiin syksyllä 2014 kartoittamalla tutkijoiden ja asiantuntijoiden näkemyksiä alan kehityksestä ja tulevaisuuden visioista sekä tarvittavista tutkimusaihepiireistä. Keskusteluja käytiin Luonnonvarakeskuksen kasvinviljelyteknologian tutkijoiden, Aalto-yliopiston Autonomiset järjestelmät -tutkimusryhmän sekä Helsingin yliopiston agroteknologian tutkijoiden kesken.

Talvella 2015 Suomen Maatalousautomaatio ry jäsenet pohtivat sisäisissä työryhmissä yhteistyömahdollisuuksia sekä listasivat tuotekehitystarpeita. Työryhmien tuloksena oli lyhyt yhteenvedo tarvittavista kehityskohteista.

Luonnonvarakeskuksen teknologiapäivillä Vakolassa keväällä 2015 pohdittiin työryhmissä maatalouden teknologian kehitystä yleisesti sekä yleistä ja väistyviä teknologioita. Teknologiapäiviin osallistui edustajia 12 eri yrityksestä, 12 tutkimusta tekevästä laitoksesta tai koulusta sekä lehdistön ja hallinnon edustajia.

Edellä mainittujen keskusteluiden pohjalta kirjoitettiin yhteensä 34 väittämää tulevaisuudesta sekä jaoteltiin nämä väittämät seitsemään eri kategoriaan. Väittämien tärkeyttä, toteutumisaikaväliä sekä haasteita kyseltiin yritysten näkökulmasta Webropol-kyselyn avulla. Kysely lähetettiin Suomen Maatalousautomaatio ry:n sekä Teknologiateollisuuden Maatalouskone-toimialaryhmän jäsenille.

Tämä tiekartta on tehty näiden keskusteluiden sekä kyselyn tuloksien perusteella. Osalle kyselyihin vastanneista esitettiin tarkentavia kysymyksiä puhelimitse sekä tuloksista on keskusteltu kaikkien osapuolten kanssa yleisissä tilaisuuksissa. Lopulliset yhteenvedot sekä päätelmät on tehty Luonnonvarakeskuksen tutkijoiden voimin. Maatalouskoneiden tutkimussäätiö on rahoittanut tiekartan tekemistä osana Finnliner – Peltoviljelyä toteuttava teknologia osahanketta 3: ISOBUSTURVA – Kotimaisen ISOBUS toiminnan turvaaminen ja kehittäminen 2014-2017.

Osapuolet

Tiekartan tekemisessä mukana olleet sekä näiden tutkimuksen ja kehityksen tueksi tehty tiekartta.

- Suomen Maatalousautomaatio ry
- Teknologiateollisuus ry: Maatalouskone-toimialaryhmä
- Tutkimuslaitokset
 - Aalto-yliopisto
 - Helsingin yliopisto
 - Luonnonvarakeskus

Tiekartan teossa käydyt keskustelut ja tapahtumat

- MTT: *tutkijoiden näkemykset alan kehityksestä*, Vakola 8.8.2014
- Aalto-yliopisto: *tutkijoiden näkemykset alan kehityksestä*, Otaniemi 21.8.2014
- Helsingin yliopisto: *tutkijoiden näkemykset alan kehityksestä*, Viiki 11.9.2014
- MTT: *yhteenvedo tutkijoiden näkemyksistä*, Vakola 25.9.2014
- Suomen Maatalousautomaatio ry: *sisäinen selvitys tarpeista*, Talvi 2014-2015
- Luke Teknologiapäivä: *yleinen keskustelu ja pohdinta työpajoissa*, Vakola 25.3.2015
- Luke: *tiekartan väittämien koonti*, Vakola 26.5.2015
- *Webropol Tiekartta-kysely* (18 kutsuttua, 9 vastausta), 4.6 – 10.7.2015
(Epec Oy, Junkkari Oy/MSK Group Oy, ProDevice Oy, Soil Scout Oy, Suonentieto Oy, Tume-Agri Oy, Valtra Oy Ab, Veljekset Ala-Talkkari Oy, Wapice Oy)
- *Puhelinkeskustelut*, 11 – 14.8.2015
(Oy El-Ho Ab, Epec Oy, Junkkari Oy/MSK Group Oy, Oksa Oy, Suonentieto Oy, Tume-Agri Oy, Valtra Oy Ab, Veljekset Ala-Talkkari Oy, Wapice Oy)
- Teknologiateollisuus ry: *Agroteknologiaverkosto ohjausryhmä*, Tampere 22.10.2015
- Suomen Maatalousautomaatio ry: *ISOBUS-koulutuspäivät*, Vakola 24.11.2015

2. Kasvintuotantojärjestelmien teknologian historia ja nykyhetki

Maatalous on muuttunut kuten muutkin tuotannon alat. Ihmiskunnan aikaisessa historiassa maanviljely oli merkittävässä osassa sen muututtua keräilykulttuurista suunnitelluksi ja tavoitteelliseksi tuotannoksi. Tämän jälkeen on tuotannossa tapahtunut paljon. Suurimpia muutoksia ovat kasvintuotannon menetelmien kehittyminen: kiertoviljelyn käyttöönotto, kasvien jalostus sekä synteettisten lannoitteiden ja torjunta-aineiden kehittyminen.

Maatalousteknologiassa mekanisaatio on korvannut eläinten käytön maanviljelyksen apuna sekä vähentänyt myös ihmisen tekemää työtä merkittävästi. Teollistumisessa maanviljelystä tekevien ihmisten osuus väheni verrattuna muuhun väestöön. Viimeisen kahden vuosikymmenen aikana automaatio on tullut myös maataloustyökoneisiin helpottaen ja vähentäen ihmisen tekemää työtä sekä myös tehostaen tuotantoa. Automaatio on yleistynyt ensin itsekulkevissa koneissa kuten traktoreissa ja puimureissa, mutta myös niihin kiinnitetyissä työkoneissa, kuten kylvökoneissa tai kasvinsuojeluruiskuissa. Elektroniikan ja automaation lisääntymisen myötä on nähty tarpeelliseksi kehittää tiedonsiirtostandardi traktorin ja työkoneen välille.

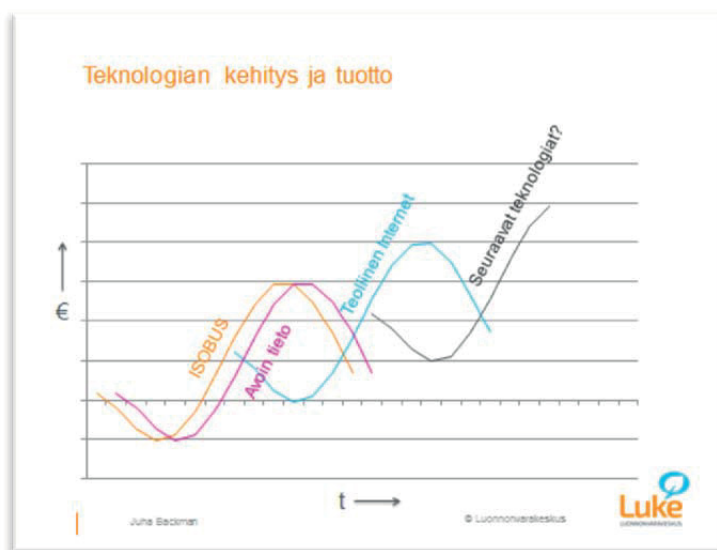
2.1. ISOBUS ja maatalousautomaatio

ISO 11783 standardisarja⁷ määrittelee tiedonsiirtostandardin traktori-työkoneyhdistelmän ohjauskomponenttien välille. Standardin kehitystä tehdään sekä International Organization for Standardization (ISO) – organisaatiossa että Agricultural Industry Electronics Foundation (AEF) – järjestössä. Jälkimmäinen on konevalmistajien perustama järjestö, joka määrittelee standardin soveltamisohjeita sekä koordinoi laitteiden testausta hyväksyntää varten. Standardinmukaisia AEF:n hyväksymissä testauslaboratoriossa testattuja ja hyväksytyjä laitteita voidaan kaupata ISOBUS – nimellä. Viime aikoina ISO:n ja AEF:n rooli standardin valmistelussa on muuttunut. Nykyisin AEF:n työryhmät työstävät uudet standardin osat sekä vanhojen osien muutokset lähes valmiiksi, jonka jälkeen ne menevät ISO:n työryhmien käsittelyyn ja hyväksyntään. Näin standardin kehitystä on saatu nopeutettua sekä tuotteiden aikaa markkinoille lyhennettyä.

ISOBUS – teknologian lisäksi maataloudessa jopa sitäkin nopeammin yleistynyt teknologia on ajo-opastimet sekä automaattiohjauslaitteet. Näistä käytännössä saatava hyöty on ilmeinen resurssien paremman käytön sekä työn rasittavuuden vähentymisen myötä. Myös *käytettävyys* on merkittävänä tekijänä teknologian yleistymisessä. Pelkkä työn tuottavuuden parantuminen ei riitä, teknologian pitää olla myös helppokäyttöistä, jotta se omaksutaan.

Luonnonvarakeskuksen teknologiapäivillä arveltiin maatalousteknologian seuraavan kehitysaskeleen seuraavan muun teollisuuden jalanjalkia (Kuva 1). Automaatio ei ole enää itsenäinen muusta riippumaton saareke, vaan yhdistyy tietoverkkojen kautta palveluihin. Sensoreiden kehittyminen ja halpeneminen ovat lisänneet jo nyt erilaisten sensoreiden määrää työkoneissa, jolloin niistä saatavan datan avulla voidaan jalostaa uutta tietoa. Tiedon myötä voidaan tarjota uusia palveluita, joilla työtä tehostetaan sekä helpotetaan entisestään. Digitalisaatio vaatii kuitenkin toimiakseen myös aiemmat teknologian vaiheet eikä tule suoraan syrjäyttämään esimerkiksi ISO 11783 standardia.

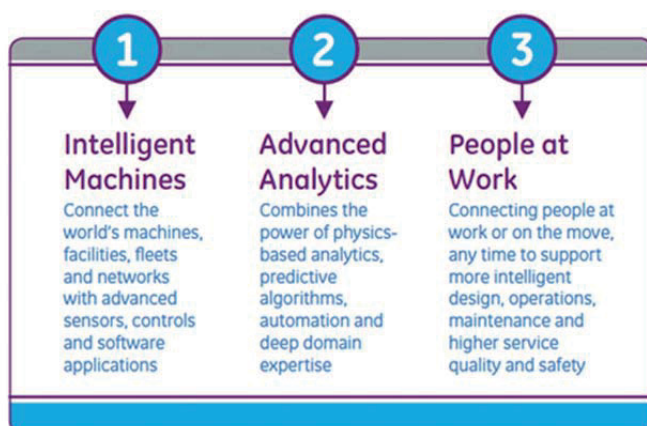
⁷ <http://www.iso.org/iso/home/search.htm?qt=ISO+11783&sort=rel&type=simple&published=on>



Kuva 1. Maatalouteen liittyvien teknologioiden mahdollisia S-käyriä. S-käyrä kuvaa teknologiasta saatavaa liikevoittoa ajan suhteen. Kuvassa olevat käyrät ovat hypoteettisia eikä sidottu tähän ajankohkaan.

2.2. Teollinen internet

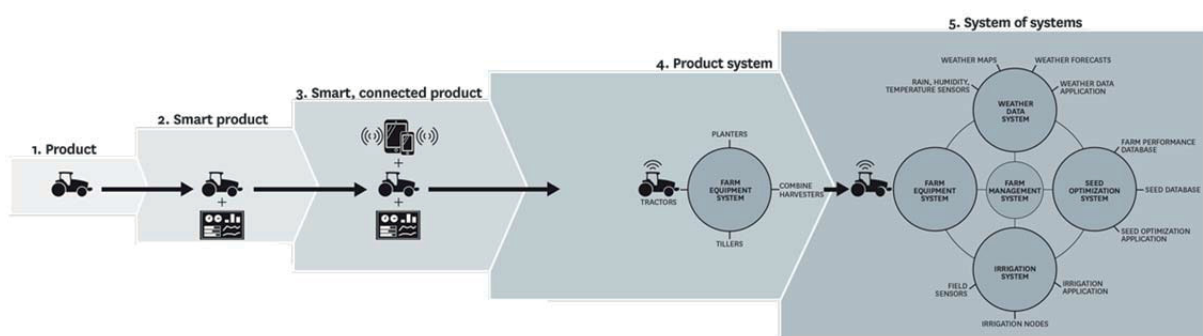
Teollinen internet on käsite, joka vastaajan asemasta riippuen saa hieman eri merkityksen. Alun perin General Electricin lanseeraama käsite karkeasti yleistäen tarkoitti Internet of Things (IoT) sekä BigData teknologioiden yhdistämistä sekä työn kuvan muuttumista, kun työntekijöillä on joka puolella pääsy tarvitsemaansa tietoon⁸ (Kuva 2). Perustana IoT:ssä on sensoreiden lisääntynyt määrä laitteissa, joiden tuottamaan dataan annetaan pääsy tietoverkkojen kautta. BigData on käsite, joka tarkoittaa tiedon louhintaa suuresta määrästä jäsentämätöntä tai vain osittain jäsennettyä dataa. Louhittu tieto antaa ymmärrystä prosessista, mitä ei suoraan mittaamalla saa. Teollinen internet ei ole pelkästään teknologia. Siihen liittyy vahvasti myös uuden tyyppinen tapa toimia ja uuden tyyppiset liiketoimintamallit ja ansaintalogikat. Näin ollen teollinen internet mullistaa koko prosessin, ei vain myytävää tuotetta.



Kuva 2. General Electricin vuonna 2012 lanseeraama teollisen internetin käsite⁸

⁸ Evans, P.C.& Annunziata, M. 2012. Industrial internet: Pushing the boundaries of minds and machines. General Electric white paper

Teollisella internetillä käsitetään myös älykkäitä verkottuneita tuotteita, jotka toimiva yhdessä muiden verkottuneiden tuotteiden tai tuotesysteemeiden kanssa muodostaen yhdessä suuren systeemien kokonaisuuden (Kuva 3). Älykäs verkottunut tuote sisältää kolme osaa: itse fyysinen tuote, tuotteen älykäs osa sekä liitettävyyden osa. Tämän lisäksi tuote tarvitsee tuotepilven toimiakseen, jossa osa tuotteen älystä sijaitsee. Porter ja Heppelmann⁹ mukaan älykkäiden verkottuneiden tuotteiden mahdollisuudet kasvavat porrasmaisesti sen mukaan kuinka pitkälle tuotteen älykkyyttä halutaan viedä. Ensimmäisessä vaiheessa liitettävyyden mahdollistaa tuotteen monitoroinnin. Tuotteen käyttöä, kuntoa tai käyttöolosuhteita voidaan seurata ja tarvittaessa tehdä hälytyksiä rikkoutuneesta tuotteesta. Toisessa vaiheessa tuotteen ominaisuuksia voidaan lisätä verkon kautta tapahtuvan ohjauksen kautta. Kolmannessa vaiheessa tuotteen käyttöä voidaan optimoida monitoroinnin ja etäohjauksen kautta. Esimerkiksi ennakoiva kunnossapito sekä etänä tapahtuva ohjelmistojen päivitys tai laitteen korjaus kuuluvat Porterin ja Heppelmannin mukaan tähän kategoriaan. Viimeisessä vaiheessa tuotteen autonomisuus kasvaa; tuote käyttää aikaisempien vaiheiden ominaisuuksia pitääkseen itsensä toimintakuntoisena ja kommunikoi muiden tuoteperehen tai verkottuneiden systeemien kanssa muodostaen automaattisesti toimivan ekosysteemin.



Kuva 3. Älykäs verkotettu tuote muuttaa tuotteiden rajoja ja mullistaa valmistajien liiketoimintaprosessia⁹

2.3. Teknologian yleistyminen

Kaikki tutkittu ja kehitetty teknologia ei yleisty. Gartner on esittänyt mallia, joka kuvaa uusien teknologioiden leviämistä markkinoilla. Gartner päivittää myös vuosittain "Hype-käyrää" (Kuva 4), joka kuvaa millä kehitysasteella kukin tällä hetkellä esillä oleva teknologia on. Hype käyrä jakautuu viiteen vaiheeseen¹⁰:

1. *Technology Trigger*

Uuden teknologian ensimmäiset proof-of-concept toteutukset tulevat julkisuuteen. Media ja suuri yleisö kiinnostuvat uudesta teknologiasta.

2. *Peak of Inflated Expectations*

Aikainen julkisuus tuottaa menestystarinoita ja paljon kiinnostusta.

3. *Trough of Disillusionment*

Kiinnostus hiipuu, kun odotuksia ei pystytä täyttämään. Osa tuottajista hylkää teknologian kehittämisen. Panostukset teknologiaan jatkuvat vain jos jäljelle jääneet tuottajat pystyvät vastaamaan teknologian aikaisten omaksujien tarpeisiin.

4. *Slope of Enlightenment*

⁹ Porter, Michael E., and James E. Heppelmann. "How smart, connected products are transforming competition." *Harvard Business Review* 92.11 (2014): 11-64. <https://hbr.org/2014/11/how-smart-connected-products-are-transforming-competition>

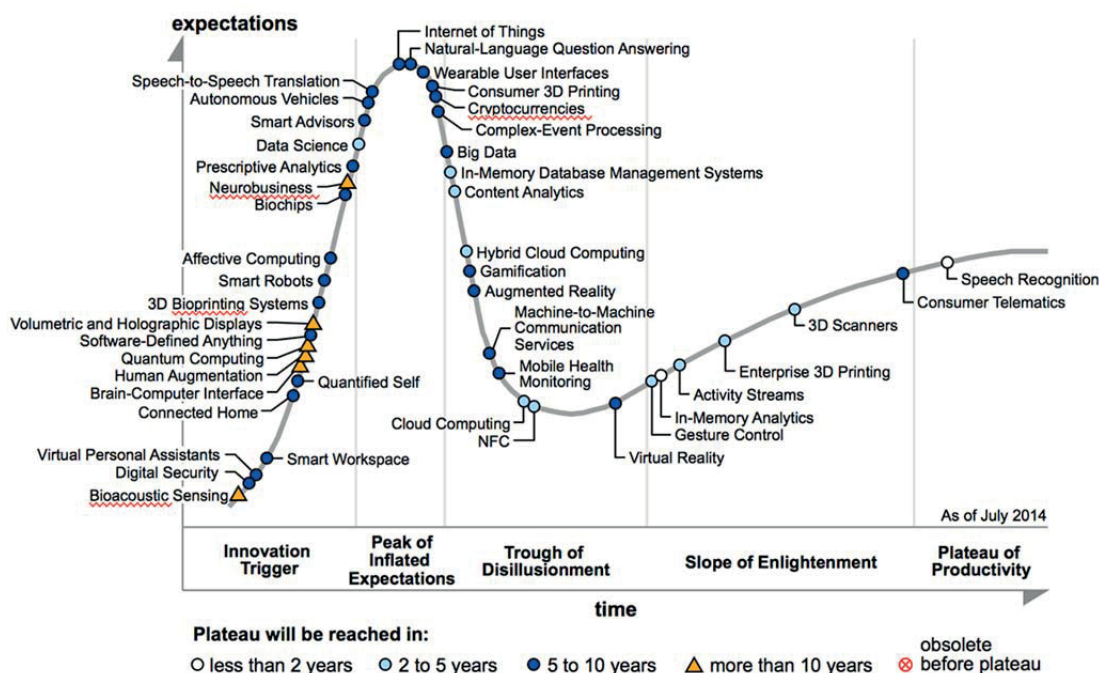
¹⁰ https://en.wikipedia.org/wiki/Hype_cycle

Teknologian hyödyt ja taloudellinen potentiaali aletaan ymmärtää laajemmin. Toisen ja kolmannen sukupolven tuotteet tulevat saataville eri tuottajilta.

5. Plateau of Productivity

Päävirta alkaa ottaa uutta teknologiaa ja tuotetta käyttöön. Teknologia alkaa tuottaa tulosta.

Gartnerin vuoden 2014 Hype-käyrän mukaan Teollisen Internetin perus teknologiat, *Internet of Things* ja *Big Data*, alkavat olla suurimman hype vaiheen yli. Jos kehitys jatkuu, kyseiset teknologiat ovat Gartnerin mallin mukaan laajasti käytössä ja kaupallisesti hyödynnettyjä 5-10 vuoden kuluttua.



Kuva 4. Gartnerin vuoden 2014 hype-käyrä, joka esittää missä vaiheessa kukin teknologia on. Teollisen Internetin perus teknologiat, *Internet of Things* ja *Big Data*, alkavat olla suuremman hype vaiheen yli. Jos kehitys jatkuu, kyseiset teknologiat ovat Gartnerin mallin mukaan laajasti käytössä ja kaupallisesti hyödynnettyjä 5-10 vuoden kuluttua.

2.4. Kasvintuotantoteknologian tutkimus Suomessa

Vuonna 2006 tehdystä selvityksestä ”Maatalousteknologisen tutkimuksen teknologiastrategia”² ja työn tuloksena syntyneestä ”Agroteknologiaverkosto” verkostoyhteenliittymässä olivat mukana Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus (nykyisin Luke), Helsingin yliopisto sekä Työtehoseura. Kuitenkin maatalousteknologian tutkimusta on tehty myös Teknillisessä korkeakoulussa (TKK), nykyisessä Aalto-yliopistossa.

Tässä on tiivistetysti kuvattu 2000-luvulla tehty kasvintuotantoteknologian tutkimus edellä mainituissa organisaatioissa.

2.4.1. ICT-tutkimus

ICT-tutkimuksen keskiössä on ollut käyttäjälähtöinen maatalon tiedonhallinnan tutkimus. Tutkimusjatkumo alkoi Maatalouden tutkimussäätiön rahoittamasta MATILDA projektista vuonna 2004. Projektissa kartoitettiin maatalon tiedonhallinnan kokonaiskuvaa, silloista teknistä tilannetta sekä kehitystarpeita viljelyprosessien ohjaamisesta koko maatalon johtamiseen.

InfoX (2004-2007) –hankkeessa tutkittiin kotimaisin voimin käyttäjälähtöistä kasvinviljelytilan asiantuntijajärjestelmän konseptia ja selvitettiin vaatimukset kehitettävälle teknologialle.

InfoXT (2006-2008) – hankkeessa jatkettiin InfoX –hankkeen konseptin kehittämistä pohjoismaisena yhteistyönä, laajentamalla tarkastelua pohjoismaiseen kontekstiin sekä keskittyen järjestelmän tekniseen konseptointiin. Hankkeessa rakennettiin ensimmäinen prototyyppi avoimiin rajapintoihin ja web-palvelun perustuvasta tiedonsiirrosta viljelysuunnittelun ja työkoneneen välillä.

FutureFarm (2008-2010) –hankkeessa InfoXT:n konseptia kehitettiin edelleen eurooppalaisessa kontekstissa ja luotiin yhteistä konseptia maatalon tiedonhallintajärjestelmille (FMIS) system of systems –periaatteella. Hankkeessa rakennettiin prototyyppi mm. viljelytöiden standardien ja sääntöjen mukaisuuden automaattiseen tarkastamiseen.

AgriXchange (2009-2011) –hankkeessa keskityttiin Euroopan mittakaavassa maatalouden järjestelmien välisiin tiedonsiirron ja jakamisen ongelmiin sekä ratkaisujen harmonisointiin.

GeoWebAgri (2011-2013)-hanke oli ICT-AGRI EraNetin rahoittama, ja siinä jatkettiin FutureFarm –hankkeen työtä laajentamalla viljelytoimenpiteiden standardien mukaisuuden automaattinen todentaminen käsittämään paikkapohjaiset säännöt, esim. vesistöjen läheisyydessä tehtävien toimenpiteiden rajoitusten automaattinen huomioonottaminen. Lisäksi hankkeessa kehitettiin menetelmät työkoneneohjaimelle sääntöjen reaaliaikaiseen sekä automaattiseen tarkkailuun.

CropInfra (2008–2011, MTT strateginen hanke) ja CropInfra II (2012–2014) hankkeissa kehitettiin Internet-pohjaista ICT-järjestelmää kasvintuotannon tueksi maanviljelijöille. Hankkeen aikana on MTT Vakolan tutkimustilalle implementoitu järjestelmä viljelyprosessin täsmätietojen keräämiseen ja tiedon tallentamiseen. Strategisessa hankkeessa keskityttiin tiedon keräämiseen, hallintaan ja palvelukerrokseen, mutta siihen liittyvien projektien aikana tutkittiin ja kehitettiin myös automaatiota ja robotiikkaa.

SmartAgriFood-hanke (2011-2013) oli osa EUn 7. puiteohjelman Tulevaisuuden Internet -ohjelmaa. Hankkeessa tutkittiin maa- ja elintarviketalouden vaatimuksia tulevaisuuden Internetin teknologioille. Hankkeessa konseptoititiin maataloutta, elintarviketaloutta ja niiden vaatimaa logistiikkaa palvelevaa palvelukehystä, joka mahdollistaa eri palveluiden ja tietolähteiden saumattaman integraation käyttäjien tarpeiden mukaan.

UASI (2011-2013) –hankkeessa tutkittiin kotimaisin voimin hyperspektrikameran ja UAV:n käyttöä ja soveltuvuutta täsmäviljelyn kaukokartoitusmenetelmäksi sekä kuva-aineiston käsittelyprosessia viljelysuunnittelun perustaksi. Hankkeessa selvitettiin myös tämän teknologian liiketoimintamahdollisuuksia.

LuhaGeoIT (2012-2014) Luonnonvarariskien hallinta GeoIT-ratkaisuilla –hanke oli MMM:n rahoittama tutkimushanke, jonka maatalousosiossa kehitettiin ja demonstroitiin spatiaalisesti vaihtelevien riskitietojen käyttöönottoa viljelyprosesseissa.

CLAFIS-hankkeessa (2013-2015) kehitetään pilvialustaa maatalon operatiivisenjohtamisen tietojärjestelmien integraation. Hankkeessa kehitettävä pilvialusta mahdollistaa eri tietolähteiden ja analyysijärjestelmien integraation, sekä tarjoaa toteutus-alustan operatiivisenjohtamisen palveluille ja tietämyspalveluille. Erytisen kiinnostava on tietämyksenhallinnan alusta, joka mahdollistaa tietoa tietämykseksi jalostavien tietämyspalveluiden kehittämisen. Hankkeessa kehityskohteena on myös tiedonsyöttökanava maa- ja metsätalouden laitteista pilvialustaan, jotta kaikkea tiloilla tuotettavaa tietoa päästään hyödyntämään tietämyksen ja operatiivisenjohtamisen edistämiseksi.

2.4.2. Automaatiotutkimus

Kasvintuotantajärjestelmien lähinnä peltotyökoneisiin liittyvän automaation tutkimusten jatkumo alkoi Agrix (2003 – 2005) – hankkeesta. Agrix – hankkeessa oli tavoitteena kehittää prototyyppi avoimesta, yleiskäyttöisestä ja konfiguroitavasta ohjainalustasta maataloustyökoneille. Pääpaino oli ohjelmistoarkkitehtuurin kehittäminen sekä kehitystyökalujen toteuttaminen.

Farmix (2006 – 2008) – hankkeessa jatkettiin Agrixissa aloitettua työtä. Farmix – hankkeen tavoite oli selvittää traktorin ja työkoneneen hajautettuun säätöön liittyviä haasteita ja kehittää menetelmiä haasteiden voittamiseksi.

Agromassi (2009 – 2014) – hankkeessa kehitettiin edelleen ohjelmistokehitysalustaa ISO 11783 – standardin mukaisten työkoneiden ohjainten kehittämiseen. Päätaavoite Agromassi – hankkeessa oli kehittää avustavia ja adaptiivisia ominaisuuksia traktori-työkone järjestelmään.

FAMOUS (2011-2014) -hankkeessa kehitettiin koneiden aistintaa, kuljettajan avustamista ja turvallisuutta työmaalla, jossa toimii eritasoista automaatiota omaavaa koneita. Maatalouskoneita koski erityisesti osio, jossa tutkittiin turvatoimintojen suunnittelua ja toteutusta hajautetussa toimintaympäristössä.

2.4.3. Robotiikkatutkimus

AutoCrop hanke (2007-2009) oli Suomen Akatemian rahoittama kasvintuotannon täysautomatisoinnin tutkimukseen liittyvä hanke, jossa simuloitiin robotisoitua maatilaa ja siihen liittyviä haasteita top-down lähestymistavalla.

Suunnittelu- ja navigointijärjestelmä (iNavix) projekti (2011-2013) hanke oli Suomen Akatemian rahoittama tutkijatohtorin projekti, jossa tutkittiin peltorobotiikan teknologisia osajärjestelmiä ja haettiin käyttökokemuksia työssä.

GrassBots (2013-2015) hanke oli ICT-AGRI EraNetin rahoittama biokaasutuotannon raaka-aineketjun robotisointiin tähtäävä hanke, jossa Suomessa jatkettiin iNavix projektissa tehtyä työtä osajärjestelmiin nurmen niitossa.

3. Visio

Tulevaisuutta voi ennustaa, mutta tulevaa ei voi tietää. Tiekartan kyselyiden ja keskusteluiden pohjalta on muodostunut tiekartan osapuolten näkemys maatalouden tulevaisuudesta:

Tarpeet ja ongelmat, mitkä meillä on tälläkin hetkellä käsillä, eivät poistu myöskään tulevaisuudessa. Tuotantoa on pyrittävä saamaan entistä energiatehokkaammaksi, resursseja käytettävä entistä viisaammin sekä ympäristön kuormittavuutta vähennettävä entisestään. Jotta edellä mainittuihin tarpeisiin voitaisiin vastata, tulevaisuuden viljelytapa on muuttunut nykyisestä. Entistä tarkemman, täsmällisemmän ja tarkoituksenmukaisemman kasvien viljelyn vuoksi teknologiaa on kehitetty digitalisaation ja robotiikan suuntaan.

Tulevaisuudessa Suomessa tulee olemaan suuria kasvinviljelytiloja, jossa tuotantoa ohjataan teollisuusmaisesti. Nämä tarvitsevat tuotantoon sopivat koneet, jotka digitalisaation myötä ovat liitettynä tilan tietohallintoon ja muihin tietojärjestelmiin. Tulevaisuuden Suomesta eivät myöskään pienet kasvinviljelytilat kokonaan häviä. Nämä tarvitsevat hieman kevennetyt versiot suurten tilojen koneista ja järjestelmistä. Saatavilla onkin monen eri tason laitteistoja mahdollistaen erilaiset viljelytilat, jotka ovat myös tehokkaita sekä toimivat yhtenä verkostona.

Tulevaisuudessa digitalisaation lisäksi robotiikka on yleistynyt myös maanviljelyksessä. Koneiden koon kasvattaminen loppunut ja on alettu käyttää useamman autonomisen yksikön ryhmää. Robotisaatio muuttaa myös osaltaan viljelytapaa: mekaaninen kasvinsuojelu muodostaa viljelyn perustan, jolloin luomun ja tehoviljelyn raja on sumentunut. Molempien kokemukset ja parhaat käytännöt yhdistetään.

Digitalisaatio sekä robotit mahdollistavat jatkuvan kasvustohavaintojen tekemisen sekä olosuhdetietojen paremman mittaamisen, jolloin toimenpiteet voivat olla entistä täsmällisempiä. Täsmäviljelyssä aletaan puhua alueen sijasta yksittäisten kasvin osien hoitamisesta sekä samalla kasvulohkolla viljellään eri kasveja sekaisin.

Kaiken edellä mainitun kehityksen johdosta maanviljelijän toimenkuva on muuttunut työn suorittajasta työn valvojaksi. Laitteiden monimutkaistuessa myös laitteiden huoltoverkoston, kunnossapidon ja käytön helppouden merkitys on korostunut. Kalliimmille ja erikoistuneimmille laitteille urakointityö on vieläkin yleisempää kuin nykyisin.

4. Tiekartta

Edellä kuvattuun visioon pääseminen vaatii pitkäjänteistä ja jatkuvaa tutkimusta sekä kehittämistä. Siihen pääseminen ei tapahdu myöskään yhdellä suurella loikkauksella vaan pidemmän aikavälin kehitysaskelilla. Kehityksessä on oma roolinsa sekä yliopistoilla, tutkimuslaitoksilla että yrityksillä.

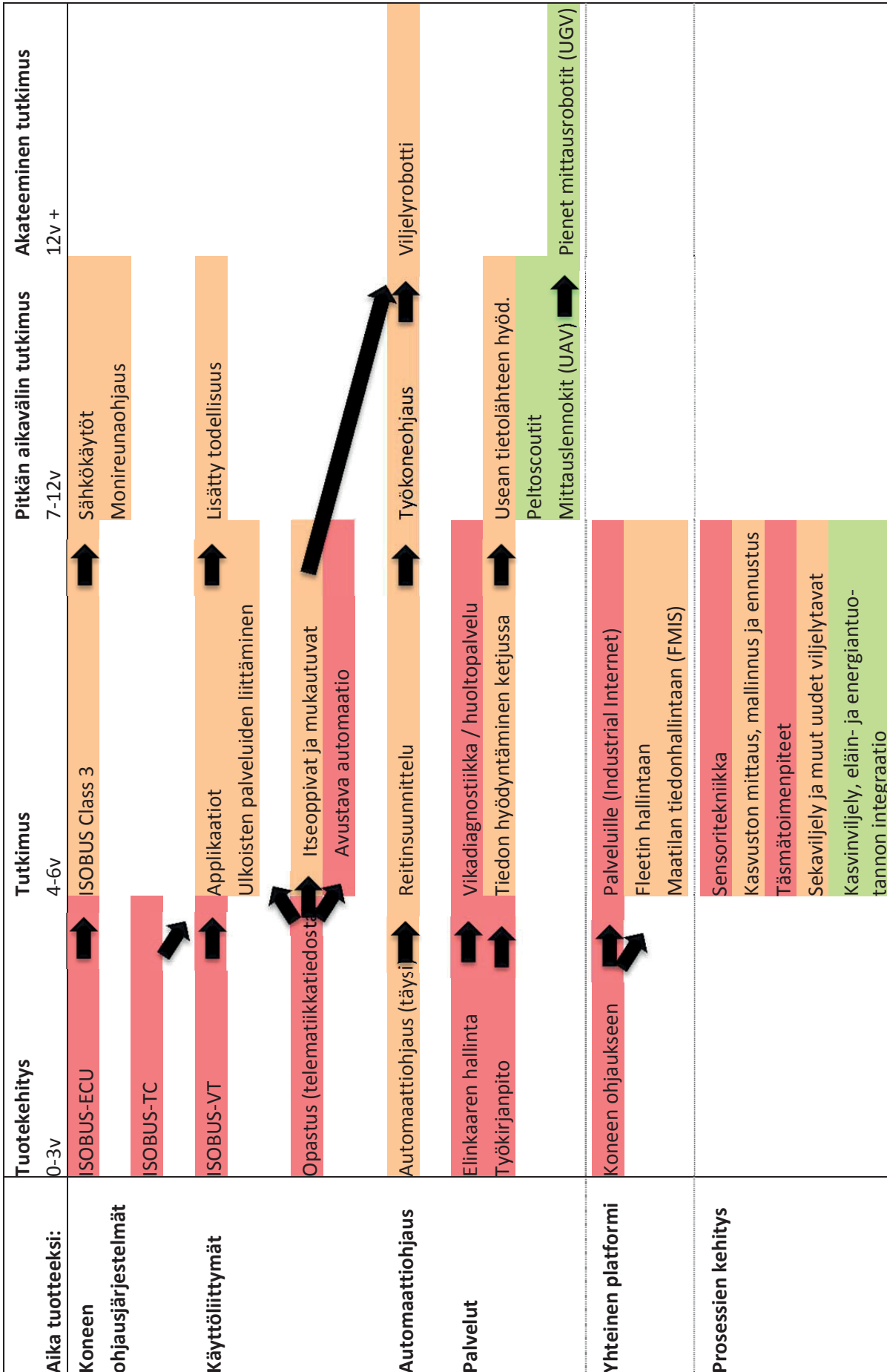
Seuraavaan sivun kaavioon on koottu tutkijoiden näkemyksiä tämän hetken tutkimus- ja kehittämisaiheista sekä yritysten näkemyksiä niiden tärkeydestä ja aikavälistä tuotteeksi asti. Vaikka aika tuotteeksi on joillakin tutkimusaiheilla pitkä, se ei tarkoita että niitä ei kuuluisi tutkia tällä hetkellä. Tutkimuksen tai kehityksen jaottelu eri osapuolten kesken on ajateltu olevan karkeasti seuraavanlainen:

Yritykset (0-6 vuoden kehitysjänne)	Tutkimuslaitokset (0-12 vuoden kehitysjänne)	Yliopistot (4-20 vuoden kehitysjänne)
<ul style="list-style-type: none"> • Tuotekehitys • Tutkimus 	<ul style="list-style-type: none"> • Tuotekehityksen tuki • Tutkimus • Pitkän aikavälin tutkimus 	<ul style="list-style-type: none"> • Tutkimus • Pitkän aikavälin tutkimus • Akateeminen tutkimus

Kaavion kehitysaskelleet on jaettu kuuteen ryhmään. Neljä ensimmäistä muodostavat *Koneen ohjausjärjestelmät*, *Käyttöliittymät*, *Automaattiohjaus* sekä *Palvelut*. Näiden lisäksi *Yhteinen platformi* sekä *Prosessien kehitys* ovat ryhmiä, joiden kehitys vaikuttaa kaikkien ensin mainittujen ryhmien kehitykseen sekä myös päinvastoin. Jako ryhmiin ei ole jyrkkä; monet aiheet voisivat kuulua useampaankin eri ryhmiiin sekä itse aiheetkin ovat tekemisissä toistensa kanssa.

Kaaviossa olevat nuolet kuvaavat minkä aiheen tutkimus antaa tuloksia tai syötettä seuraavan aihealueen tutkimukseen. Nuolella peräkkäin olevia voidaan kuitenkin tutkia ja kehittää myös samanaikaisesti mutta läheisessä yhteistyössä toistensa kanssa. Ajan kuluessa tällä hetkellä oleva ”pitkän aikavälin tutkimus” muuttuu ”tutkimukseksi” kun taas ”tutkimus” muuttuu ”tuotekehitykseksi”. Samalla vastuu aihealueen vetämisestä muuttuu taholta toiselle kuten tutkijaosapuolilta yrityksille.

Seuraavissa luvuissa ryhmien sisällä olevat kehitysaiheet käydään ryhmittäin läpi.



4.1. Tuotantoprosessien kehitys

Teknologiaa ei pitäisi kehittää teknologiana, vaan myös tuotantoprosessien tulisi kehittyä ja näiden kehittyminen vaatii uuden teknologian kehittämistä. Käytännössä teknologian ja prosessien kehitys kulkee käsi kädessä ja ne antavat syötettä toisilleen.

Itse tuotantoprosessien kehitys nähtiin hieman erilaisena kuin muut tässä tielartassa esitetyt teema-alueet. Tuotantoprosessien kehitys on jatkuvaa ja aina tutkimuksen alla olevaa toimintaa. Siellä on kuitenkin nähtävissä tiettyjä teema-alueita, joita pidetään tärkeimpinä ja suuremmalla panostuksella tehtävinä. Pienemminkin panostuksen tutkimukset saattavat johtaa tuloksiin, joita myöhemmin tutkitaan jälleen suuremmalla panostuksella.

Tällä hetkellä nähtäviä tutkimusteemoja ovat:

- Sensoritekniikka
- Kasvuston mittaus, mallinnus ja ennustus
- Täsmätoimenpiteet
- Sekaviljely ja muut uudet viljelytavat
- Kasvinviljelyn, eläin- ja energiantuotannon integraatio

Näiden lisäksi tulevaisuudessa robottien käyttö muuttaa tulevaisuudessa myös itse tuotantoprosesseja. Viljelyrobotit, pienet mittausrobotit (UAV ja UGV) vaativat kuitenkin vielä perustutkimusta sekä toimivaa infrastruktuuria ympärilleen, jotta niitä voitaisiin alkaa soveltaa suuremmassa mittakaavassa sekä maatilalla tapahtuvassa tutkimuksessa. Niiden teknologian kehittyessä ja toimintavarmuuden kasvettua, myös itse tuotantoprosesseja voidaan kehittää. Robotit voivat suorittaa paitsi työtehtäviä, mitä ihmisvoimin tällä hetkellä suoritetaan, niin myös työtehtäviä, joiden suorittaminen ihmisille olisi liian työlästä tai jopa mahdotonta.

4.1.1. Sensoritekniikka

Anturointi on koko Teollisen Internetin ja uusien palveluiden perusta. Teknologian kehittyminen avaa yleisesti uusia mahdollisuuksia ja näiden hyödyntäminen on sovelluskohtainen kysymys. Teknologia on eri aloilla hyvin samantapaista ja maatalouden Teollisen Internetin sovelluksissa voidaan hyödyntää muun teollisuuden kanssa osittain täysin samaa teknologiaa. Anturointi on kuitenkin eniten sovelluskohteesta riippuvainen teknologia.

Elektronisten laitteiden valmistusmäärien kasvattaminen tuhansista kymmeniin tuhansiin yleensä puolittaa valmistuskustannukset. Ei riitä että teollisuuden antureita yritetään sellaisinaan sovittaa maatalouskäyttöön, vaan sensoreista pitää kehittää natiivisti maataloussovelluksiin tarkoitettuja ja sitten valmistaa niitä suurissa tuotantomäärissä. Tällä alalla ei ole sijaa kansallisille yrityksille, vaan tuotteen on oltava maailmanlaajuisesti markkinoitu, jotta mainittuihin mittakaavaetuihin päästään ja hintataso saadaan "yleiselle teollisuuden hintatasolle" heti alusta alkaen.

4.1.2. Kasvuston mittaus, mallinnus ja ennustus

Sensoritekniikan kehittyessä kasvustosta sekä mikroilmastosta saadaan entistä enemmän dataa. Datan avulla voidaan jo nyt mallintaa sekä olosuhteiden että kasvuston kehitystä. Ennustusmalleja ja päätöksentekomenetelmiä tulisi kuitenkin edelleen kehittää. Lisääntyvän datan avulla voidaan sekä olemassa olevia malleja verifioida todellisella datalla että kokonaan uudentyyppejä kehittää.

Kaupallisissa tuotteissa mallit pitäisi saada toimimaan erilaisten mittausten ja mittaustietojen avulla sekä eri mallit toimimaan keskenään. Päätökset sekä suositukset tulisi perustua monen mallin ja tietolähteen käyttöön.

4.1.3. Täsmätoimenpiteet

Kasveista, maaperästä ja ilmastosta saatujen mittausten sekä mallien avulla pystytään sekä ajoittamaan toimenpiteet että määrittelemään tarvittavat toimenpiteet kuten lannoituksen tarpeen. Täsmätoimenpiteiden ansiosta resurssien käyttö on optimaalista sekä ympäristöä säästävää.

Tutkittavia täsmätoimenpiteitä ovat kylvössä siementen ja lannoituksen määrä sekä oikea ajoitus, lisälannoituksen tarve ja määrä sekä kasvinsuojeluruiskutuksen ajoitus ja määrä. Suomessa pelon vesitalouden säätäminen on harvinaista ja rajoittuu lähinnä seurantaan ja toimenpiteiden ajoittamiseen. Ala on kuitenkin täysin keskeinen kansainvälisesti jo pelkän vedenkäytön mutta myös viljelyn tuottavuuden kautta ja suomalaisen teknologienkentän tulisikin käyttää insinööriosaamisensa suuntautumalla suoraan ulkomaille.

4.1.4. Sekaviljely ja muut uudet viljelytavat

Tutkimuksen kohteena ovat paitsi nykymuotoisen viljelyn tehostaminen, niin myös uuden tyyppisten viljelymenetelmien käyttö. Kun pellon olosuhteita ja kasvuston tilaa voidaan seurata tarkemmin sekä toimenpiteitä kohdistaa paremmin yksittäisiin pellon osiin ja tulevaisuudessa jopa kasvin tarkkuudella, voidaan samalla peltolohkolla viljellä useaa eri kasvia joko täysin sekaisin tai viljelykaistoina. Myös esimerkiksi puiden kasvattaminen viljellyllä alueella voi olla jollain seudulla kannattavaa.

Alalla tarvitaan systemaattisen tutkimuksen tuloksien tuloksia ja esimerkiksi laajaa datavarastoa erityyppisistä viljelytavoista usealta eri vuodelta. Koneiden keräämä olosuhde ja satotiedot tukevat viljelymenetelmien analyysiä.

4.1.5. Kasvinviljelyn, eläin- ja energiantuotannon integraatio

Tutkimus ja kehitys keskittyvät nykyisin joko kasvinviljelyn kehittämiseen, eläintuotannon kehittämiseen tai energiantuotannon kehittämiseen. Yleisesti kuitenkin maataloilla on näiden kaiken muotoista toimintaa. Esimerkiksi eläintuotantotiloilla viljellään kasvia pääosin eläinten rehuksi, mutta osa tuotetusta biomassasta menee laatusyistä myös energiantuotantoon. Digitaaliset järjestelmät tukevat tilan kokonaislogistiikkaa, jolloin materiaalivitojen ja koneiden käytön optimointia ja optimointimenetelmiä voidaan tutkia sekä kehittää. Optimaalisemmassa resurssien käytössä myös itse toimintatapaa pitää kehittää.

4.2. Koneen ohjausjärjestelmät

Maatalouden työkoneet ovat yleisimmin traktoriin kiinnitettäviä. ISO 11783 standardisarja määrittelee tiedonsiirtostandardin traktori-työkoneyhdistelmän ohjauskomponenttien välillä. AEF:n hyväksymiä standardinmukaisia komponentteja voidaan markkinoida ISOBUS-nimellä. Standardi on ollut kehitteillä jo pitkään ja ensimmäisten standardin osat on julkaistu jo vuonna 1998. Siitä huolimatta standardi on yhä aktiivisen kehityksen kohteena.

Myös suomalaisen teollisuuden sekä tutkimuksen on oltava aktiivisia sekä ISO:n että AEF:n toiminnassa. Standardoinnissa sekä sen soveltamisohjeiden laatimisessa mukana oleminen antaa mahdollisuuden kehittää tuotteita, jotka ovat yhtä aikaisesti markkinoilla heti standardien julkaisemisen jälkeen. Myös tarvittavien toiminnallisuuksien lisääminen sekä ei toivottujen vaatimusten poistaminen antaa paremmat edellytykset toimia kuin täysin kehityksen ulkopuolella ollessa.

Koneen ohjausjärjestelmien kehityksessä nähtiin viisi tutkimusaihetta tai teema-alueita: ISOBUS-ECU, ISOBUS-TC, ISOBUS Class 3, sähkökäytöt sekä hydraulikan monireunaohjaus. Kehityspolkuna tärkeimpinä ja ensimmäisinä tuotteistettavia ovat ISOBUS-ECU sekä ISOBUS TC. Näille jatkumoa sekä tämän hetken tutkimusaiheita ovat ISOBUS Class 3 ohjaus sekä pidemmällä aikavälillä toimilaitteiden energiatehokkuuden parantaminen sähkökäyttöjen sekä hydraulikkapiirin parantamisen avulla.

Tuotekehitys	Tutkimus	Pitkän aikavälin tutkimus
ISOBUS-ECU	ISOBUS Class 3	Sähkökäytöt
ISOBUS-TC		Hydraulikan monireunaohjaus

4.2.1. ISOBUS-ECU

Tärkeys: tärkeä

Aika tuotteeksi: 0-3v

ISOBUS järjestelmän perustan luovat ISOBUS-varusteltu traktori sekä siihen lisätty työkone. Isoilla maataloustyökone- sekä traktorivalmistajilla on jo olemassa ISOBUS-hyväksytyjä tuotteita. Myös joillakin suomalaisilla valmistajilla on lähes hyväksymistä vaille olevia tuotteita. Maanviljelijöiden tällä hetkellä käytössä olevien ISOBUS-varusteltujen traktoreiden määrä on kuitenkin osuutena vähäinen kaikkiin käytössä oleviin traktoreihin nähden josta syystä erilaiset jälkiasennussarjat ovat eri valmistajilla tällä hetkellä yleisiä.

Tulevaisuudessa työkoneissa on ISOBUS-yhteensopiva työkoneohjain, joka käyttää käyttöliittymänään traktorissa olevaa yhteiskäyttöistä ISOBUS –virtuaaliterminaalia. Lisäksi työkone käyttää hyväkseen ISOBUS-väylältä traktorin ISOBUS ECU:n sinne kirjoittamia mittaustietoja, kuten ajonopeus. Ohjaimista on saatavilla useita eri tasoisia ja eri hintaisia versioita, joiden ominaisuuksia maanviljelijä voi lisätä ohjelmiston lisäosia ostamalla.

Toimenpiteet / tutkimuskysymykset:

- ISO:n ja AEF:n – toiminnassa mukana oleminen
- Perustason ISOBUS ohjaimien tuotekehitys ja testaaminen
- Ohjelmiston lisäominaisuuksien kehittäminen modulaarisesti

4.2.2. ISOBUS TC

Tärkeys: tärkeä

Aika tuotteeksi: 0-3v

ISO 11783 standardin osa 10 määrittelee tehtävänohjaimen. Tehtävänohjaimella on mahdollista toteuttaa GPS-pohjaista täsmäsäätöä, lohko-ohjausta sekä toteutuneen työn tallennusta. Suunniteluohjelmistossa karttaan piirretyille alueille voidaan määrittellä esimerkiksi halutut siemenen, lannoitteen, ruiskutuksen tai työsyvyyden asetusrvot, jotka työkoneyhdistelmässä mukana oleva tehtävänohjain toteuttaa.

Tehtävänohjain mahdollistaa asetusrvojen tuomisen suoraan maatilan tiedonhallintajärjestelmästä sekä takaisin toteutuneiden toimenpiteiden kirjanpidon samoihin järjestelmiin. Tehtävänohjaimen perustuvat järjestelmät ovat tarpeellisia etenkin urakointityössä, jossa toteutettavia pelto-lohkoja voi olla jopa satoja.

Haasteena järjestelmien kehityksessä on koko ketjun tarve tehokkaan toiminnan aikaan saamiseksi. Järjestelmässä on monta osaa ja valmistajaa: työkone, traktori, itse tehtävänohjain sekä maatilan tiedonhallintajärjestelmä (FMIS). Vaikka standardi määrittelee tiedonsiirtotavan eri järjestelmän osien välillä, muna-kana ongelman välttämiseksi eri valmistajien on tehtävä yhteistyötä ketjujen kehittämiseksi ja markkinoille saattamiseksi.

Tulevaisuudessa kaikki työkoneet tukevat tehtävänohjainta valmistajariippumattomasti. Kaikkia työkoneyhdistelmän oleellisia parametreja voi säätää paikkakohtaisesti. Tehtävänohjaimet ovat yhteensopivia maatilan tiedonhallintajärjestelmien kanssa ja tiedonvaihto näiden järjestelmien välillä onnistuu langattomasti ilman ylimääräisiä työvaiheita.

Toimenpiteet / tutkimuskysymykset:

- ISO:n ja AEF:n – toiminnassa mukana oleminen
- Tehtävänohjainrajapintojen kehittäminen työkoneohjaimen ja traktoriin
- Tehtävänohjaimen ja maatilan tiedonhallinnonjärjestelmien välisen tiedonsiirron standardointi
- Valmistajien välinen yhteistyö toimivien ketjujen aikaansaamiseksi

4.2.3. ISOBUS Class 3 toiminnallisuudet

Tärkeys: melko tärkeä **Aika tuotteeksi: 4-6 vuotta**

ISOBUS Class 3 toiminnallisuudet määrittelevät miten traktorin resursseja – ajonopeutta, ajosuuntaa, voimanulosottoa, hydrauliiikkaa ja nostolaitetta – on mahdollista ohjata ISOBUS väylän kautta. Class 3 toiminnallisuudet antavat työkoneelle mahdollisuuden säätää aktiivisesti tarvitsemaansa resurssia ja esimerkiksi poistavat tarpeen käyttää työkoneessa omia hydrauliiikkaventtiileitä.

Haasteena Class 3 toiminnallisuuksissa on toiminnallisuuden hajauttaminen useamman valmistajan valmistamiin tuotteisiin, jotka vasta maanviljelijä kytkee yhteen. Turvallisuuskriittisissä toiminnoissa järjestelmän turvallisen toiminnan varmistaminen on haasteellista, sillä tällä hetkellä standardi ei määrittele toimilaitteille ja ohjaimille suoritusasoja (AgPL). AEF on kehittämässä salausavaimiin perustuvaa varmistusta, jonka avulla molemmat yhteen liitetyt laitteet voivat varmistua toistensa standardinmukaisuudesta. Vaarana on, että vain tiettyjen valmistajien tuotteet sallitaan toimia keskenään eikä avointa plug-and-play toiminnallisuutta saada aikaan. Turvallisuuden lisäksi avoimessa järjestelmässä on haasteena säädön toimivuus ja kalibrointi erilaisille toimilaitteille.

Tulevaisuudessa työkoneet ohjaavat väylän avulla traktorin resursseja eikä työkoneissa ole omia hydrauliikkaventtiileitä muuta kuin erikoistapauksissa. Työkoneet ohjaavat myös ajonopeutta ja voimanulosottoa. Vastuukysymykset on ratkaistu ja järjestelmän kokonaisturvallisuus voidaan taata. Työkoneen ohjausjärjestelmä myös kalibroi itsensä erilaisia traktoreita varten sekä myös traktori mukauttaa toimintaansa työkoneen tarvitsemien resurssien mukaan.

Toimenpiteet / tutkimuskysymykset:

- ISO:n ja AEF:n – toiminnassa mukana oleminen
- Toiminnallisen turvallisuuden turvaaminen
- Avoimen järjestelmän kalibrointi

4.2.4. Hydrauliiikkapiirien monireunaohjaus

Tärkeys: melko tärkeä **Aika tuotteeksi: 7-12 vuotta**

Tällä hetkellä traktoriin liitettyjen työkoneiden käyttövoima otetaan joko traktorin käyttöhydraulii-kasta tai voimanulosottoakselin kautta. Molemmat voimanulosotot ovat yleiskäyttöisiä ja tarkoitettu laajaan käyttöalueeseen.

Hydrauliikan energiatehokkuutta voidaan parantaa erillisreuna- tai monireunaohjauksen avulla, jossa jokaista venttiilien virtausta rajoittavaa ohjausreunaa voidaan erikseen säätää. Tavallisilla 3/4- tai 4/4-proportionaali venttiileillä rajoitetaan sekä toimilaitteelle menevää, että sieltä palaavaa virtausta. Lisäksi toimilaitteelta palaavan virtauksen energiaa ei pystytä hyödyntämään. Monireuna- tai erillisreunaohjauksessa koneessa olevassa hydrauliikkapiirissä on mahdollisuus, joko digihydraulisia venttiileitä tai tavallisia venttiileitä hyödyntämällä muuttaa piirin rakennetta siten että vain yhtä virtauskanavaa rajoitetaan. Tällä tavalla häviöt pystytään minimoimaan¹¹. Mm. paperikoneissa menetelmällä on saavutettu huikeita energian säästöjä.

Haasteena monireuna ohjauksessa on uudenlainen hydrauliikkapiirien suunnittelu ja niiden ohjauksen suunnittelu. Sekä piirien, että niiden ohjausten, olisi pystyttävä mukautumaan erilaisiin käyttötilanteisiin. Tämä vaatii mm. että käytetty hydrauliikkapiiri osataan valita kulloisenkin toimintatilan mukaan. Lisäksi markkinoilla ei ole juurikaan komponentteja jotka sopisivat mobilekäyttöympäristöön. Suomessa tutkimus mobilehydraulisiin sovelluksiin on käynnissä.

¹¹ Huova, Mikko; Energy Efficient Digital Hydraulic Valve Control; 2015; Tampereen teknillinen yliopisto. Julkaisu 1298 <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-15-3553-6>

Toimenpiteet / tutkimuskysymykset:

- Venttiilien ja komponenttien kehitys
- Sääntömenetelmien kehitys
- Hydraulipiirien älykkään ohjauksen toteutukset traktoreiden ja työkoneiden välillä
- Hydrauliikan ja sähköisten toimilaitteiden välinen työnjako

4.2.5. Sähkökäytöt**Tärkeys: melko tärkeä Aika tuotteeksi: 7-12 vuotta**

Koneiden energiatehokkuutta voidaan parantaa myös käyttämällä hydraulisten toimilaitteiden sijaan sähköisiä toimilaitteita. Sähköisissä toimilaitteissa ei synny hävikkiä voiman siirrossa kitkan vaikutuksesta kuten mekaanisessa voimansiirrossa. Myös toimilaitteiden koko ja sijainti voidaan optimoida paremmin käyttötarkoitukseen sopivaksi ja laitteista saadaan kevyempiä.

Haasteena sähköisissä toimilaitteissa on suuren tehon tarve. Traktoreissa tällä hetkellä oleva 12 voltin sähköjärjestelmä ei mahdollista kovin suurien ja tehokkaiden moottoreiden käyttämistä. Suurempi käyttöjännite tarvitsee omanlaiset liittimensä traktorin ja työkoneen välille sekä myös virran ohjauksen.

Tulevaisuudessa traktoreissa on suurijännitteiset sähköliitännät, joilla työtä tekeviä toimilaitteita voidaan korvata sähköisillä. Sähkönsyöttöä voidaan ohjata tarpeen mukaan, samalla tavoin kuin hydrauliikan virtausta.

Toimenpiteet / tutkimuskysymykset:

- ISO:n ja AEF:n – toiminnassa mukana oleminen
- Pilottisovellukset eri työkoneissa tarpeiden ja vaatimusten selvittämiseksi
- Sähköisten ohjausjärjestelmien sekä ohjausmenetelmien kehittäminen

4.3. Käyttöliittymät

Käyttöliittymät ovat koneen käytön kannalta maanviljelijälle näkyvin osa koneen toimintaa, joten niillä on merkittävä vaikutus käyttäjän saamaan vaikutelmaan laitteesta. ISO 11783 standardi määrittelee työkoneille yleiskäyttöisen käyttöliittymän, virtuaali-termiinalin (VT). Virtuaalitermiinali voi olla joko integroituna traktorin omaan käyttöliittymään tai vanhempikin traktori voidaan varustaa itsenäisellä kolmannen osapuolen valmistamalla virtuaalitermiinalilla.

Traktorin oman sekä työkoneen käyttöliittymien lisäksi tehtävänohjain, automaattiohjaus sekä erilaisten lisäpalveluiden käyttö vaativat oman käyttöliittymänsä myös traktoriin. Virtuaalitermiinalin ajatus on ollut vähentää työkonekohtaisten käyttöliittymien määrää traktorin hytissä. Vaarana on, että palveluiden ja toiminnallisuuksien lisääntyessä traktorin hytissä olevien laitteiden määrä taas kasvaa ja ylittää kuljettajan huomiokyvyn rajat.

Käyttöliittymien kehityksessä nähtiin seitsemän tutkimusaihetta tai teemaa: ISOBUS VT, Opastus telematiikkaan perustuen, Applikaatiot, Ulkoisten palveluiden liittäminen, Itseoppivat ja ympäristöön mukautuvat menetelmät, Avustava automaatio sekä Lisätty todellisuus. Kehityspolkuna tärkeimpinä ja ensimmäisinä tuotteistettavia ovat työkoneen käyttöliittymän käytettävyyden kehitys sekä opastuspalvelut. Käyttöliittymien käytettävyyden kehityksen jatkumona ovat Applikaatioiden, Ulkoisten palveluiden liittäminen sekä Lisätty todellisuuden tutkiminen. Opastuspalveluiden jatkumona ovat Itseoppivat ja ympäristöön mukautuvien menetelmien sekä Avustavan automaation tutkiminen.

	Tuotekehitys	Tutkimus	Pitkän aikavälin tutkimus	
Kehityspolku	1	ISOBUS-VT	Applikaatiot Ulkoisten palveluiden liittäminen	Lisätty todellisuus
	2	Opastus telematiikkaan perustuen	Itseoppivat ja ympäristöön mukautuvat menetelmät Avustava automaatio	

Kehityspolku 1:

4.3.1. Virtuaaliterminaali

Tärkeys: tärkeä **Aika tuotteeksi: 0-3 vuotta**

ISOBUS yhteensopivissa työkoneissa käyttöliittymänä toimii yleiskäyttöinen virtuaaliterminaali, joiden ominaisuudet saattavat vaihdella valmistajien mukaan. Käyttöliittymän tulisi toimia kaikilla mahdollisilla koneyhdistelmillä oikein sekä sen käytettävyys tulisi olla hyvä. Käytettävyyteen vaikuttavat esimerkiksi näkyvillä olevan informaation määrä sekä esitystapa, käyttöliittymässä käytetyt värit, symbolit ja napit. Intuiitiivinen käyttöliittymä ei vaadi tuekseen käyttöopasta vaan kokematonkin käyttäjä kykenee sitä kokeilemalla käyttämään.

Tulevaisuudessa kaikkien koneiden käyttöliittymät integroituvat traktorissa olevaan käyttöliittymään. Työkoneiden käyttöliittymät on suunniteltu niin, että niitä on mahdollista käyttää erikokoisilla ja eri näppäimistöasetteluilla olevilla näytöillä. Näyttöä, missä työkoneen käyttöliittymä on, voidaan vaihtaa saumattomasti ja intuitiivisesti traktorissa olevien eri näyttöjen välillä. Myös muut käyttöliittymät kuin työkoneiden käyttöliittymät integroituvat samoihin näyttöihin ja kaikkien käyttö yhdessä on luontevaa.

Toimenpiteet / tutkimuskysymykset:

- ISO:n ja AEF:n – toiminnassa mukana oleminen
- Käyttöliittymien käytettävyyden kehitys
- Useamman näytön järjestelmän kehittäminen

4.3.2. Applikaatiot

Tärkeys: melko tärkeä **Aika tuotteeksi: 4-6 vuotta**

Käyttöliittymien toiminnallisuuksia voidaan lisätä applikaatioiden avulla. Applikaatiot voivat tulevaisuudessa olla merkittävä tapa laajentaa konevalmistajien liiketoimintaa ja mahdollistaa jälkimarkkinointia perinteisen varaosamyynnin lisäksi. Applikaatiot luovat liiketoimintamahdollisuuksia myös muille toimijoille kuten ohjelmistoalihakintaan tai palveluihin erikoistuneille yrityksille.

Haasteena applikaatioiden kehityksessä on agridatajärjestelmien standardien puute. Riskinä on myös suurien valmistajien omat suljetut ekosysteemit, jolloin kaikki laitteet ja palvelut eivät toimi keskenään. Myös turvallisuus asettaa rajoitteita applikaatioiden kehitykseen, sillä varsinaista ohjausta ja turvallisuuskriittisiä toimintoja ei voida siirtää koneen ulkopuolelle esimerkiksi mobiililaitteeseen. Applikaatiot tulevat siis luultavimmin toimimaan ensimmäisessä vaiheessa kuljettajaa avustavassa roolissa.

Tulevaisuudessa työkoneiden terminaalissa olevaa käyttöliittymää voidaan parantaa ja laajentaa käyttämällä terminaalissa, tabletissa tai puhelimessa toimivia applikaatioita. Applikaatio on suoraan yhteydessä työkoneessa olevaan ohjaimeen tai käyttää suoraan traktorin resursseja toimintojen toteuttamiseen. Applikaatiot mahdollistavat myös kevennetyt työkoneohjaimet, jolloin kaikki toiminnallisuus on käyttöliittymässä toimivassa ohjelmassa. Itse työkoneessa ei välttämättä tarvita muuta kuin antureita ja niiden liityntä väylälle. Applikaatiot eivät kuitenkaan poista ISOBUS järjestelmän peruskomponenttien tarvetta vaan päinvastoin lisää standardinmukaisten komponenttien tarvetta. Tästä syystä ISOBUS standardia laajennetaan kattamaan myös liitynnät konejärjestelmän ulkopuolisiin laitteisiin.

Toimenpiteet / tutkimuskysymykset:

- Standardit applikaatioiden kehitykseen?
- Sovitut yhteiset standardit agridatan tallennukseen ja jakamiseen
- Kännykän, VT:n ja muiden käyttöliittymien yhteiskäyttö

4.3.3. Ulkoisten palveluiden liittäminen

Tärkeys: melko tärkeä **Aika tuotteeksi: 4-6 vuotta**

Ulkoisten palveluiden liittäminen osaksi työkonejärjestelmän toimintaa on läheisessä yhteydessä applikaatioiden kehittämiseen. Kaikki applikaatiot eivät ole yhteydessä ulkoisiin palveluihin, mutta ulkoisten palveluiden liittäminen osaksi järjestelmän toimintaa vaatii toimiakseen applikaation, jolla on yhteys työkonejärjestelmän mittauksiin ja ohjauksiin.

Haasteena on kuten applikaatioiden kehityksessä olemassa olevien standardien puute. On olemassa myös vaara, että isot valmistajat luovat suljettuja ekosysteemejä joko omien ulkoisten palveluiden tai sovittujen toimijoiden kesken.

Tulevaisuudessa traktorin ja työkoneen mittausten lisäksi ohjauksessa ja työn aikana tehdyssä päätöksenteossa voidaan käyttää hyödyksi ulkoisia palveluita. Palvelut toimivat kuten muutkin applikaatiot, mutta saavat tarvitsemaansa tietoa koneen ulkopuolelta. Palveluiden applikaatiot toimivat vaikka Internet-yhteys katkeisikin ajoittain.

Toimenpiteet / tutkimuskysymykset:

- Offline-toimintojen kehittäminen
- Palveluiden yhteen liittäminen ISOBUS-järjestelmän kanssa

4.3.4. Lisätty todellisuus

Tärkeys: melko tärkeä **Aika tuotteeksi: 7-12 vuotta**

Erilaiset applikaatiot sekä lisääntyneet palvelut lisäävät kuljettajalle näkyvän informaation määrää. Applikaatioiden seuraava vaihe on siirtyä käyttämään lisätyn todellisuuden menetelmiä, tai esimerkiksi HUD-näyttöjä, jolloin kuljettajalle näytetään vain hänen silloisessa työvaiheessa tarvitsemia tietoja ilman valikoissa liikkumista tai nappien painamista. Valikoiden käyttöä ja nappien painamisen vähentämistä voidaan vähentää myös puheohjauksen avulla.

Haasteena lisätyn todellisuuden applikaatioiden kehityksessä on edelleen samat mitä applikaatioiden ja palveluiden. Myös lisätyn todellisuuden menetelmät ja työkalut ovat vielä kehitysasteella. Menetelmien mahdollisuudet on tutkittava tekemällä pilottisovelluksia. Esimerkiksi käyttäjäkokeuksia voisi kerätä kännykän tai tabletin käyttämisestä interaktiivisena ohjekirjana.

Tulevaisuudessa käyttöliittymää voidaan laajentaa HUD näyttöjen avulla esimerkiksi näyttämällä traktorin ikkunoissa kuljettajalle oleellisia tietoja, kuten automaattiohjauksen ajolinjat, työkoneiden tilatietoa tai muita ajon aikaisesti tarkkailtavia asioita. Ikkunan näkymä seuraa pään liikkeitä ja mukautuu katsesuunnan ja pään paikan mukaan.

Toimenpiteet / tutkimuskysymykset:

- Lisätyn todellisuuden käyttöliittymien ja niiden kehitystyökalujen tutkiminen
- Pilottitoteutukset vaatimusten ja mahdollisuuksien selvittämiseksi

Kehityspolku 2:

4.3.5. Opastus

Tärkeys: tärkeä **Aika tuotteeksi: 0-3 vuotta**

Koneiden ohjausjärjestelmien kehittyminen ja automaation lisääntyminen tuo mukanaan entistä enemmän säädettäviä parametreja. Oikeiden parametrien löytämien erilaisiin olosuhteisiin voi olla haastavaa ja tarvita asiantuntemusta sekä itse työprosessista että säätötekniikasta.

Tulevaisuudessa koneista kertyvän tiedon perusteella koneen valmistaja tai kolmas osapuoli tarjoaa käyttäjälle palvelua koneen käytön optimoimiseksi. Käyttäjiltä saatavan käyttötiedon sekä tuotavuuden avulla määritellään jokaiselle olosuhteelle parhaimmat parametrit, joita käyttäjille tarjo-

taan. Käyttötietojen avulla asiakkaita voi opastaa myös uusiin käyttötapoihin, jotka olisivat koneen käytön kannalta tehokkaampia tai elinikää säästäviä.

Toimenpiteet / tutkimuskysymykset:

- Oleellisten käyttötietojen ja mittausten löytäminen eri koneyhdistelmille
- Big-Data analyysimenetelmien kehittäminen kerätystä tietomäärästä

4.3.6. Itseoppivat ja ympäristöönsä mukautuvat menetelmät

Tärkeys: melko tärkeä **Aika tuotteeksi: 4-6 vuotta**

Opastuksen seuraava vaihe on laitteiden kyky säätää itse toimintaansa käyttäjästä riippumatta. Menetelmät ovat samantapaisia kuin opastuksessa, mutta niiden on oltava varmatoimisempia sekä siedettävä erilaisia häiriöitä. Opastuksessa ihminen tekee viimeisen päätöksen, mutta itseoppivissa laitteissa tulosten oikeellisuuden tarkastusta ei ole koneen ulkopuolella.

Tulevaisuudessa laitteet oppivat käyttöympäristön ja käyttötavan käytön aikana. Koneet ja laitteet osaavat sopeuttaa sekä käyttöliittymää, käyttötapaa että säätimiään näiden mukaan.

Toimenpiteet / tutkimuskysymykset:

- Analyysimenetelmien toimintavarmuus erilaisissa olosuhteissa

4.3.7. Avustava automaatio

Tärkeys: tärkeä **Aika tuotteeksi: 4-6 vuotta**

Käytön opastuksen lisäksi osa koneen toiminnoista voidaan siirtää suoraan koneen ohjattavaksi. Esimerkiksi osa työsekvensseistä, kuten työ- ja kuljetustilaan siirtyminen, on jo osassa koneista automatisoitu, mutta koneiden toiminnallisuuksien lisääntyessä myös haastavampien työtehtävien antaminen koneelle tulee tarpeelliseksi kuljettajan työtaakan keventämiseksi. Koneen ohjauksessa avustava automaatio voi lisätä myös turvallisuutta virheohjausten vähentymisen myötä. Avustavan automaation järjestelmät eivät vaadi erityistä liitettävyyttä muihin järjestelmiin, joten niiden kehitys ja teknologian yleistyminen tuotteissa kulkee omaa tahtiaan.

Haasteena kehittyneemmässä avustavassa automaatiossa on sekä laitteen toimitilan että ympäristön havainnointi. Myös turvallisuus on merkittävässä osassa toimintojen kehitystä. Jos ihminen on samalla työalueella, millä kone toimii, korostuu ihmisen läsnäolon tunnistus sekä ihmisen tilannetietoisuuden ylläpitäminen.

Tulevaisuudessa osa työkoneen toiminnoista on työkoneen ohjattavissa ilman ihmisen välitöntä ohjaustarvetta. Näistä on esimerkkinä työsekvenssit (työ ja kuljetustilaan siirtyminen), dynaaminen ajonhallinta tai työkoneiden kiinnittäminen automaattisesti.

Toimenpiteet / tutkimuskysymykset:

- Toiminnallisen turvallisuuden kehittäminen
- Ympäristön ja ihmisen havainnointi työkoneen ympäristössä

4.4. Palvelut

Käytettävyyttä ja koneiden ominaisuuksia voidaan lisätä applikaatioiden avulla. Pelkkä mahdollisuus rakentaa applikaatio ei kuitenkaan vielä tuo lisäarvoa. Teollisen Internetin ja digitaalisen liiketoiminnan perusta on sensoreiden lisääntynyt määrä ja niiden liitettävyyden eri tietojärjestelmiin. Sensoreiden tuottamasta datasta jalostetun tiedon avulla voidaan luoda uusia palveluita tai paikallisia toiminnallisuksia.

Palveluiden kehityksessä nähtiin kolme tutkimuspolkua: tuotteiden huoltoon ja ylläpitoon, tiedosta jalostettuihin uusiin palveluihin sekä itse sensoreiden kehitykseen. Ensimmäisen polun teemat

ovat Elinkaaren hallinta, Vikadiagnostiikka ja huoltopalvelut. Toisen polun teemat ovat Työkirjanpito, Tiedon hyödyntäminen ketjussa sekä Usean lähteen hyödyntäminen. Kolmannen polun teemat ovat Peltoscoutit, UAV ja UGV.

	Tuotekehitys	Tutkimus	Pitkän aikavälin tutkimus	Akateeminen tutkimus
Kehityspolku	1	Elinkaaren hallinta	Vikadiagnostiikka / huoltopalvelu	
	2	Työkirjanpito	Tiedon hyödyntäminen ketjussa	Usean lähteen hyödyntäminen
	3		Peltoscoutit UAV	UGV

Kehityspolku 1:

4.4.1. Elinkaaren hallinta

Tärkeys: tärkeä

Aika tuotteeksi: 0-3 vuotta

Työkoneet ja traktorit sisältävät entistä enemmän ohjelmistolla toteutettuja toiminnallisuuksia. Pelkkä kuluviin mekaniikkaosien huolto ja varaosasaatavuus eivät enää riitä, vaan myös ohjelmistoja on päivitettävä vastaamaan tiedonsiirto standardin muutoksia sekä uusia toimintovaatimuksia.

Haasteena on ohjelmistojen toteuttaminen siten, että esimerkiksi tiedonsiirto-ohjelmistojen päivittävyys säilyy ilman jokaisen koneversion ohjelmiston läpi käymistä käsin. Monella on jo ratkaisuna rakentaa ohjelmisto modulaarisesti ja parametreilla määritellä laitteen kokoonpano ja ohjelman ominaisuudet. Haasteena on saada myös laitteisiin tehdyt huollot ja ohjelmistopäivityksen sekä käyttötiedot kirjattua ylös, jolloin tietoja voitaisiin tarkastella myöhemmin ja tehdä päätöksiä tietojen perusteella esim. koneen myynnistä, vaihdosta ja päivityksestä.

Aihealueessa on mahdollista lähteä liikkeelle yksinkertaisemmilla toiminnallisuuksilla ja laajentaa niitä. Esimerkiksi yksinkertainen käyttötietojen keräys sekä ohjelmistojen päivitys olisi teknisessä mielessä suhteellisen yksinkertaista. Koko huoltohistorian sekä koneenkäyttötietojen yhdistäminen sen sijaan vaatii laajempaa integraatiota

Tulevaisuudessa jokaisen koneyksilön käyttötieto, huollot, korjaukset ja ohjelmisto sekä laitepäivitykset ovat sekä koneen omistajan että myös valmistajan käytettävissä. Koneiden linkaari pitenee, kun niihin voidaan lisätä ominaisuuksia joko lisälaitteita lisäämällä tai ohjelmiston ominaisuuksia lisäämällä. Ohjelmistot ovat modulaarisia ja samaa ohjelmistoversiota voi käyttää useammassa konesukupolvessa.

Toimenpiteet / tutkimuskysymykset:

- Modulaaristen ohjelmistojen kehittäminen
- Koneiden huoltojen, ohjelmistopäivitysten ja käyttötietojen tietokannan kehittäminen
- Eri toimijoiden välisen integraation tutkiminen
- Datan omistajuuskysymysten tutkiminen

4.4.2. Vikadiagnostiikka ja huoltopalvelu

Tärkeys: tärkeä

Aika tuotteeksi: 4-6 vuotta

Elinkaaren hallinta sekä vikadiagnostiikka ja huoltopalvelu ovat hyvin lähellä toisiaan. Vikadiagnostiikka sekä ennakoiva huoltopalvelu nojaa samaan työkoneen käyttö- ja huoltotiedon keräämiseen kuin on käytetty elinkaaren hallinnassakin. Vikaantumisien välttäminen ja huoltojen ennakointi ovat erittäin tärkeitä, sillä lyhyetkin huoltokatkot ovat sesonkiaikaan kriittisiä.

Haaste ennakoivassa kunnossapidossa on tarvittavat datan määrä sekä datan analysointimenetelmien puute tässä sovellusalueessa. Kuitenkin teknisessä mielessä perustoiminnallisuuksien, kuten yksinkertainen vikadiagnostiikka sekä käyttötuntien tai määrien seuranta, olisi melko yksinkertainen toteuttaa jo nykyisellään.

Tulevaisuus mahdollistaa kaksisuuntaisen tiedonsiirron ja esim. vikakoodien välittämisen huollon tarjoajalle. Tulevaisuudessa koneet monitoroivat omaa tilaansa ja ilmoittavat huoltoon korjaustarpeesta jo ennen vikaantumista. Huoltoja ei tehdä enää aikataulun mukaisesti vaan tarvittaessa. Lisäksi vikatilanteissa kaksisuuntainen tiedonsiirto ja vikakoodien välittäminen huollon tarjoajalle on mahdollista.

Toimenpiteet / tutkimuskysymykset:

- Huollon tarpeen ilmaisevien mittausten ja menetelmien kehittäminen

Kehityspolku 2:

4.4.3. Työkirjanpito

Tärkeys: tärkeä **Aika tuotteeksi: 0-3 vuotta**

Koneen keräämää tietoa voidaan käyttää hyödyksi koneen toiminnallisuuksien kasvattamisen lisäksi itse työprosessin tehostamiseen. Maataloudessa yleistynyt urakointi vaatii tehdyn työn dokumentointia ja suoritusperäistä laskutusta.

Haaste automaattisessa työkirjanpidossa on saada tuotantoketjuissa sekä työkoneyhdistelmissä olevat eri toimijat sekä eri valmistajien työkoneet toimimaan samassa järjestelmässä. Toimivan ja saumattoman järjestelmän kehittäminen vaatii usean eri toimijan yhteistyötä.

Tulevaisuudessa työt ja toimenpiteet sekä niihin liittyvä prosessitieto tallentuvat automaattisesti. Urakoitsija voi muodostaa tiedoista automaattisesti laskut asiakkailleen. Kirjanpitoa hyödynnetään myös viranomaisvalvonnassa ja tukihakemuksissa. Järjestelmät muuttuvat nykyisen verotusjärjestelmän kaltaiseksi kokonaisuudeksi, jossa käsin tehtävää tietojen syöttöä ei enää tarvita, riittää kun tarkistetaan tietojen oikeellisuus ja hyväksytään ne.

Toimenpiteet / tutkimuskysymykset:

- Eri järjestelmien välisen integraation ja yhteisten standardien kehittäminen
- Valvonta- ja tutkiprosessien muuttaminen

4.4.4. Tiedon hyödyntäminen ketjussa

Tärkeys: melko tärkeä **Aika tuotteeksi: 4-6 vuotta**

Työkirjanpidossa tieto tallennetaan kaikissa työvaiheissa ja hyödynnetään työprosessin jälkeen kirjanpidossa sekä laskutuksessa. Kerättyä tietoa voidaan käyttää kuitenkin hyödyksi jo työprosessin aikana tehostamaan ketjun toimintaa. Tiedon avulla voidaan esimerkiksi työn johtajan sekä työkoneketjuun kuuluvien työntekijöiden tilannetietoisuutta parantaa sekä esimerkiksi logistiikkaa optimoida. Myös koneet pystyvät hyödyntämään käsiteltävästä tuotteesta saatua tietoa automaatiassa.

Haasteena on kuten työkirjanpidossakin maataloudessa usein olevan usean eri toimijan ketju. Esimerkiksi puinnissa ketjussa on täysin eri laitevalmistajia: puimuri, traktori, kuivuri sekä näihin kaikkiin liitettyjen tietojärjestelmien valmistajat. Erityisiä haasteita aiheuttaa tiedon siirto eri järjestelmien välillä sekä eri järjestelmien integraatio. Toteutus vaatii myös laajaa yhteistyötä eri valmistajien välillä. Nykyisin monet valmistajat rakentavat omia ekosysteemejään ja tietoa ei välttämättä tarjota muiden valmistajien saataville.

Tulevaisuudessa tiedon kulku koneketjussa on saumatonta ja ketjun alkupäässä syntyviä tietoja pystytään käyttämään reaaliaikaisesti hyödyksi ketjun loppupäässä. Esimerkiksi kuivuri voi säätää omaa toimintaansa puimurista tulevien tietojen perusteella ilman ihmisen välitöntä ohjausta.

Toimenpiteet / tutkimuskysymykset:

- Eri järjestelmien välisen integraation ja yhteisten standardien kehittäminen
- Datan sisällön määrittely ontologioiden avulla

4.4.5. Usean lähteen hyödyntäminen**Tärkeys: melko tärkeä Aika tuotteeksi: 7-12 vuotta**

Kasvustosta saa tietoa paitsi työkoneesta ja siihen liitetystä sensoreista niin myös erilaisista kasvuympäristöön asetetuista antureista, kuten sääasemista, tai etäkuvantamiseen perustuvista tietolähteistä, kuten lennokeista, lentokoneista tai satelliiteista. Yhdysvalloista on havaittavissa merkkejä siitä, että eräät yritykset tuottavat antureita, toiset tiedonkeruulaitteita ja kolmannet tietojärjestelmiä, jotka kaikki saadaan lisäosilla tai ajureilla yhteen. Tämä on erittäin toivottava kehityssuunta sen sijaan että suuret yritykset rakentavat omat suljetut järjestelmänsä ja palveluekosysteemi ei pääse kehittymään. Suomalaisten toimijoiden tulisi ensisijaisesti pyrkiä yhteistyöhön avoimia järjestelmiä rakentavien kansainvälisten yhtiöiden kanssa sen sijaan, että yrittäisivät kehittää jokainen omaa kokonaisratkaisuaan.

Haasteena on tässä kuten muissakin tämän teemaryhmän tutkimusaiheissa usean toimijan muodostama verkko. Järjestelmien välinen avoin liitettävyys olisi varmistettava standardeilla. Kysymys on myös eri toimijoiden liiketoimintamalleista sekä ansaintalogiikoista. Kuka voi hyötyä eri tietolähteiden tuottamasta tiedosta ja miten jalostettua tietoa käytetään. Myös itse toiminnallisuus, eri miten eri lähteistä kerättyä tietoa yhdistetään algoritmisesti, vaatii vielä kehitystä. Eri tietolähteiden luotettavuutta ei tällä hetkellä ole saatavilla.

Tulevaisuudessa tieto fuusioidaan useasta eri lähteestä mitatusta tiedosta, kuten satelliitti, lentokone, UAV ja traktori. Fuusioitu tieto käytetään tehokkaasti hyödyksi päätöksenteon tuessa reaaliaikaisesti.

Toimenpiteet / tutkimuskysymykset:

- Tiedon omistajuuskysymysten ratkaiseminen
- Tietolähteiden luotettavuuden määrittely
- Tiedon fuusiointialgoritmien kehitys

Kehityspolku 3:**4.4.6. Peltoscoutit ja muut pellon olosuhteita mittaavat anturit****Tärkeys: ei niin tärkeä Aika tuotteeksi: 7-12 vuotta**

Sensorit ovat Teollisen Internetin ja digitaalisen liiketoiminnan perusta. Erilaisia sensoreita tarvitaan mittaamaan kasvuston paikallisia olosuhteita, jotta ennustemalleille sekä niiden kehittämiseen saadaan riittävästi dataa.

Haasteena on löytää oikeat mitattavat suureet sekä kehittää sensoreista riittävän edullisia ja varmatoimisia, jotta niiden käyttämisestä saatava hyöty kattaisi niiden kustannukset. Muut haasteet liittyvät muihin tutkimusteemoihin, kuten liitettävyys muihin järjestelmiin sekä kasvuston mallien kehittäminen sekä näihin perustuvien palveluiden tuottaminen.

Tulevaisuudessa pellon olosuhteista saatava tieto lisääntyy esimerkiksi peltoscouttien avulla. Kosteutta, lämpötilaa ja muita kiinnostavia parametreja voidaan mitata kynnön yhteydessä peltoon tiputetuilla pienillä laitteilla. Laitteet tuhoutuvat pellossa omineen ajan saatossa, eikä niitä tarvitse kerätä pois.

Toimenpiteet / tutkimuskysymykset:

- Riittävän varmatoimisten ja edullisten antureiden kehittäminen oleellisten suureiden mittaamiseen

4.4.7. UAV, lennokit

Tärkeys: ei niin tärkeä **Aika tuotteeksi: 7-12 vuotta**

Lentokonekuvantaminen, satelliittikuvaus sekä samankaltaista teknologiaa hyödyntävä lennokki- ja multikopterikuvantaminen ovat jo muodostuneet kaupalliseksi toiminnaksi peltojen kaukokartoituksessa. Yleisesti saatavien pienten lennokkien ja koptereiden tekniikka sekä niiden automaattiseen lennätykseen tarvittavat menetelmät ja kuvaustekniikat ovat kehittyneet nopeasti mahdollistaen monipuolisen kaupallisen toiminnan. Käytännössä tällä hetkellä näitä erilaisia UAV-laitteita hyödynnetään peltoviljelyssä lähinnä tilannekuvan parantamiseen.

Lähitulevaisuuden haasteena on saada riittävän hyödyllistä tietoa eri kaukokartoitusmenetelmin, jotta niiden jatkuva ja laaja käyttö olisi kaupallisesti kannattavaa. Haasteena on myös saada UAV-lennokkikuvantaminen toimimaan osana maatilan muita järjestelmiä automaattisesti sekä itse kuva-prosessointi ja luokittelu kokonaan autonomiseksi.

Tulevaisuudessa UAV-laitteet ovat autonomisia pellon nykyistä olosuhdetta mittaavia laitteita, joita hyödynnetään mm. ruiskutuksen ja lisälannoituksen tarpeen arvioimisessa. UAV-laitteet voivat myös suoraan toteuttaa näitä toimenpiteitä. UAV-laitteet eivät vaadi käyttökoulutusta vaan toimivat itsenäisesti maatilan muiden järjestelmien tukena.

Toimenpiteet / tutkimuskysymykset:

- Kuvantamisprosessin autonomisuuden kasvattaminen
- Mitattavat suureet ja niiden laatutekijät

4.4.8. UGV, Pienet robotit

Tärkeys: ei niin tärkeä **Aika tuotteeksi: 12+ vuotta**

Peltoon kiinteästi asetettavien sensoreiden sekä lentävien kuvantamisvälineiden lisäksi kasvuston tilaa voidaan mitata itsenäisesti pienten maalla pyörillä, teloilla tai jaloilla kulkevien robottien avulla. Liikkuvien robottien vuoksi sensoreiden ei tarvitse olla yhtä edullisia kuin kiinteästi asennettavien, sillä robotti voidaan käskä haluttuihin paikkoihin mittaamaan eikä useata jatkuvaa mittauspistettä näin ollen tarvita.

Haasteena on robottien teknologian luotettavuus sekä itsenäiseen toimintaan tarvittavien algoritmien, menetelmien ja päätöksentekomallien kehittäminen. Mittausrobottien yleistymisen vaatii myös muiden aihealueiden kehittymistä, kuten järjestelmien välistä integraatiota sekä itse viljelyprosessien kehittymistä.

Tulevaisuudessa lennokeiden lisäksi tietoa pellon tilasta kerätään pienten autonomisten ajoneuvojen avulla. Ajoneuvot saavat käyttövoimansa auringon valosta tai muusta uusiotuvasta energianlähteestä ja kykenevät tekemään päätöksiä itsenäisesti tarvittavista mittauspisteistä.

Toimenpiteet / tutkimuskysymykset:

- Robottien teknologian luotettavuuden parantaminen
- Robottien autonomista päätöksentekoa tukevien menetelmien kehittäminen

4.5. Automaatiohjaus

Automaatiohjaus on nopeasti yleistynyt teknologia maataloustyökoneissa. Siitä saatavat hyödyt ovat ilmeisiä paremman ohjaustarkkuuden sekä keventyneen työkuorman myötä. Ohjausjärjestelmien helppokäyttöisyys sekä eritasoisten ja erihintaisten järjestelmien saatavuus ovat myös edesauttaneet automaatiohjauksen yleistymistä.

Automaatiohjaus on kehittynyt erillään muista traktori-työkone-yhdistelmän kehityksestä eikä nykyisillä järjestelmillä ole juuri liitettävyyttä muihin automaatiojärjestelmiin. Tulevaisuudessa automaatiohjausjärjestelmä kuitenkin yhdistyy muuhun koneen ohjaukseen ja lopulta ohjaa koko järjestelmää. Liitettävyyden tarve muuhun automaatiojärjestelmään on jo tiedostettu. AEF:ssä on työryh-

mä, joka kehittää automaattiohjauksen ja TC:n välistä kommunikointia. Tällöin voitaisiin esimerkiksi tehtävätiedostoon lisätä ennalta määritellyt ajoreitit.

Automaattiohjauksen kehityksessä nähtiin neljä tutkimusaihetta tai teemaa, jotka seuraavat ja täydentävät toisiaan: Traktorin täysi automaattiohjaus, Reitinsuunnittelu, Työkoneen ohjaus sekä lopulta itsenäinen Viljelyrobotti.

Tuotekehitys	Tutkimus	Pitkän aikavälin tutkimus	Akateeminen tutkimus
Automaattiohjaus	Reitinsuunnittelu	Työkoneohjaus	Viljelyrobotti

4.5.1. Automaattiohjaus

Tärkeys: melko tärkeä **Aika tuotteeksi: 0-3 vuotta**

Eritasoisia automaattiohjausjärjestelmiä on olemassa jo monelta eri valmistajalta. Kehittyneemmät ohjausjärjestelmät ohjaavat GPS- ja GLONASS satelliittipaikannuksen avulla traktoria senttien tarkkuudella. Osalla nykyisistä valmistajista järjestelmä kykenee ajamaan myös päistekäännökset.

Haasteena automaattiohjausten edelleen kehittämisessä on turvallisuuden parantaminen. Nykyisissä järjestelmissä luotetaan vielä kuljettajan tekemiin havaintoihin, eikä traktorin törmäämistä kiinteisiin esteisiin, muihin työkoneisiin tai ihmiseen estetä mitenkään. Haasteena on myös kehittää automaattiohjauksen toiminta kaikenmuotoisille pelloille, jolloin erityisesti käännökset risteävien ajolinjojen välillä vaativat kehittyneempiä menetelmiä.

Tulevaisuudessa automaattiohjaus ohjaa traktoria ilman ihmisen välitöntä tarvetta koskea ohjaukseen. Automaattiohjaus kykenee myös kääntämään yhdistelmän seuraavalle ajolinjalle päistealueella.

Toimenpiteet / tutkimuskysymykset:

- Päistekäännösten kehittäminen erilaisiin olosuhteisiin sekä erilaisille työkoneyhdistelmille
- Automaattiohjauksen turvallisuuden parantaminen ympäristön havainnoimisen avulla

4.5.2. Reitinsuunnittelu

Tärkeys: melko tärkeä **Aika tuotteeksi: 4-6 vuotta**

Nykyisissä automaattiohjausjärjestelmissä traktorin kuljettaja määrittelee ajolinjat pellolla. Ne ovat joko suoria kahden pisteen välisiä ajolinjoja rinnakkain, ympyrän kaaria tai jotain pellon reunaa myötäileviä ajolinjoja. Tutkimuksessa erilaisia menetelmiä luoda ajolinjoja pellolle on jo tutkittu pitkään. Suurin osa kehitetyistä algoritmeista perustuu suoriin ajolinjoihin, joiden järjestystä optimoidaan.

Haasteena automaattiohjauksen reitinsuunnittelussa on toteuttaa algoritmit, jotka tuottavat kaikille pelloille optimaalisimmat ajolinjat. Haasteena on myös ottaa huomioon pellon korkeusvaihtelut sekä agronomiset vaatimukset.

Tulevaisuudessa navigointijärjestelmä suunnittelee pellon muotojen ja korkeustietojen sekä kasvillisuuden ja työkoneen mukaan parhaimmat ajolinjat pellolle.

Toimenpiteet / tutkimuskysymykset:

- Reitinsuunnittelualgoritmien eteenpäin kehittäminen
- Reitien siirtäminen suunnitteluohjelmasta eri valmistajien järjestelmiin samanmuotoisena

4.5.3. Työkoneohjaus

Tärkeys: melko tärkeä **Aika tuotteeksi: 7-12 vuotta**

Suurin osa nykyisistä työkoneista on hinattavia. Hinattavan koneen kinematiikka ja esimerkiksi valuminen rinteissä aiheuttavat automaattiohjaukselle haasteita. Työkoneen ajolinjaa suhteessa traktoriin voitaisiin tarvittaessa muuttaa esimerkiksi paremman seurantatarkkuuden saavuttamiseksi tai jyrkempien käännösten tekemiseksi päisteessä siinä olevien toimilaitteiden avulla. Työkoneen ohja-

usjärjestelmiä on jo olemassa markkinoilla jälkiasennettavina kolmannen osapuolen järjestelminä. Traktorin navigointijärjestelmä ei näitä kuitenkaan suoraan hyödynnä.

Haasteena työkoneohjauksessa on yhteensopivuus eri valmistajien tuotteiden välillä. Työkoneen ohjaimen ja navigointijärjestelmän välinen kommunikointi tulisi olla standardoitua. Myös ohjausalgoritmien kehittäminen hajautetussa monen valmistajan järjestelmässä vaatii tutkimusta, jotta lopullinen järjestelmä toimisi kaikissa olosuhteissa ja kaikilla koneyhdistelmillä oikein.

Tulevaisuudessa hinattavissa työkoneissa on sen oman paikan ohjaamiseen tarvittava toimilaite. Navigointijärjestelmä ohjaa myös työkoneen tilaa päisteessä.

Toimenpiteet / tutkimuskysymykset:

- Työkoneen ohjaimen ja navigointijärjestelmän välisen kommunikoinnin standardoiminen

4.5.4. Viljelyrobotti

Tärkeys: melko tärkeä **Aika tuotteeksi: 12+ vuotta**

Automaatiohjauksen sekä muiden tutkimusteemojen kehittyminen johtaa yhä automaattisempia ja autonomisempia koneita kohti. Lopulta kehitys johtaa siihen, että kuljettajaa ei tarvita traktorin hyttiin edes valvomaan työtä, vaan koneyhdistelmän toiminnan monitoroinnin voidaan suorittaa etäämmältä.

Haasteena viljelyroboteissa on robotin ja työkoneen luotettavuus sekä toiminnan turvallisuus. Robotin selviytyminen poikkeustilanteista sekä työkoneen vikaantumisista vaatii kehittyneitä päätöksentekojärjestelmiä.

Tulevaisuudessa traktorin navigointijärjestelmä sekä ympäristön havainnointijärjestelmän ovat niin kehittyneitä, että kuljettajaa ei tarvita traktorin mukaan. Työntekijä voi valvoa useamman robotin autonomista toimintaa toimisto-olosuhteissa.

Toimenpiteet / tutkimuskysymykset:

- Robottien teknologian luotettavuuden parantaminen
- Robottien toiminnan turvallisuus
- Robottien autonomista päätöksentekoa tukevien menetelmien kehittäminen

4.6. Yhteinen platformi

Suuressa osassa edellä kuvatuissa tutkimusteemoissa on haasteena liitettävyys muihin järjestelmiin sekä standardointi. Näiden kehittäminen johtaa väistämättä siihen, että tietyt osat kehitetyistä järjestelmistä tai palveluista ovat samanlaisia tai toteuttavat saman toiminnallisuudet huolimatta valmistajasta tai kehittäjästä. Yhteisten ajureiden tai ohjelmistokerrosten avulla voidaan varmistaa yhteensopivuus eri toimijoiden välillä sekä mahdollisesti säästää kehitysresursseissa.

Yhteisen platformin tai kehitysalustan kehityksessä nähtiin neljä tutkimusaihetta tai teemaa: koneen ohjauksen, palveluiden, fleetin hallinnan sekä maatilan tiedonhallinnan platformit. Koneen ohjausjärjestelmä kehitysalustaa pidettiin tällä hetkellä kiireellisempänä, jonka tulisi olla tuotekehityksessä. Muut aihealueet ovat tärkeitä, mutta niiden aika tuotteeksi on vielä pidempi. Fleetin hallinta sekä maatilan tiedonhallinta voidaan nähdä myös erityistapauksina yhteisestä palvelualustasta.

Tuotekehitys

Koneen ohjaukseen

Tutkimus

Palveluille (Industrial Internet)

Fleetin hallintaan

Maatilan tiedonhallintaan (FMIS)

4.6.1. Koneen ohjausjärjestelmien kehitysalusta

Tärkeys: tärkeä

Aika tuotteeksi: 0-3 vuotta

Erilaisten koneiden määrän ollessa suuri, niiden elinkaaren hallinta ja päivitettävyyks vaatii, että jokaiselle koneelle ei ole omaa räätälöityä ohjelmistoa. Yhteisen alustan ja konfiguroitavuuden ansiosta vanhojen koneiden oleelliset ohjelmistopäivitykset saadaan tehtyä automaattisesti ilman käsityötä vaativaa yksittäisten räätälöityjen ohjelmien päivitystä.

Koneen ohjausjärjestelmien kehitysalustassa voidaan nähdä monta eri tasoa. Yksinkertaisemmillään ainoastaan koneen ulkopuolisen kommunikoinnin ajurit ovat yhteisiä muiden koneiden sekä mahdollisesti myös muiden valmistajien kanssa. Eteenpäin vietyä ohjaimen elektroniikka on joko kokonaan tai arkkitehtuuriltaan yhtenäinen. Ohjelmistolta eteenpäin vietyä ohjelmisto rakennetaan mahdollisimman korkean tason kuvauksena, jolloin ainoastaan koneen toimintalogiikka kuvataan. Kaikkein pisimmälle vietyä koko ohjelmisto on eri koneilla samanlainen, jolloin konekohtaiset ominaisuudet tehdään konfiguroinnin avulla.

Haasteita koneen ohjausjärjestelmien kehitysalustassa on monia. Teknisesti alustan rakentaminen on mahdollista, mutta se vaatii suuren määrän resursseja. Kaupallisia kysymyksiä on konekannan koon ja ohjelmiston kehityskustannusten välinen suhde. Lisäksi eri toimijoiden välisessä yhteistyössä tulee liiketoimintaan ja ansaintalogiikkaan liittyvät kysymykset eteen.

Teknisessä mielessä haasteena on varmistaa kaikkien tuotevariaatioiden toimivuus alustan päivityksen jälkeen. Myös koneisiin tehtävät ohjelmistopäivitykset vaativat monessa tapauksessa kalibrointeja, jotka tulisi olla myös mahdollisimman automaattisia.

Tulevaisuudessa työkoneet kehitetään yhteisen kehitysalustan avulla, jolloin yksittäisen tuotteen kehityskulut jäävät pieneksi. Koneiden ominaisuudet määritellään konfiguroinnin avulla ja koneet osaavat kalibroida tarvittavat parametrit itse.

Toimenpiteet / tutkimuskysymykset:

- Konekannan koon ja ohjelmiston kehityskustannusten välinen suhde
- Eri toimijoiden välinen yhteistyö
- Ohjelmistokehitysprosessin kehittäminen

4.6.2. Yhteinen platformi palveluille

Tärkeys: tärkeä

Aika tuotteeksi: 4-6 vuotta

Palvelut ovat digitaalisen liiketoiminnan ydin. Maataloudessa uudenlaisia palveluita voidaan tarjota keräämällä tuotannosta ja koneista saatavia tietoja sekä kasvuston ja olosuhteiden mittauksia. Tieto- ja yhdistämällä ja jalostamalla voidaan luoda uusia palveluita, jotka esimerkiksi optimoivat maatalon resurssitehokkuutta. Markkinoilla on havaittavissa, että suuret yhtiöt yrittävät rakentaa omia suljettuja järjestelmiään sekä pienet omia pystysuoria systeemejään. Yhteisten rajapintojen ja palvelualustojen avulla voitaisiin tietoja helpommin yhdistää sekä uusia palveluita tuottaa tehokkaammin.

Haasteet palvelualustan kehittämisessä maataloudessa on sekä liiketoiminnallisia että teknisiä. On epäselvää mikä toimija olisi vetovastuussa yhteisen ja avoimen palvelualustan kehityksessä. Erilaisia Teollisen Internetin palvelualustoja on jo olemassa, mutta ei maataloudessa. Yhteisessä alustassa on ratkaistava tiedon esittämistavat, ontologiat sekä toimintalogiikat.

Tulevaisuudessa pilvipalveluille ja koneisiin liitettävälle Teollisen Internetin palveluille on yhteinen alusta, jolla uusien palveluiden luominen on helppoa ja nopeaa. Pilvipalveluiden tarvitsemat standardit liitännät ovat alustassa valmiina, jolloin sovelluskehittäjät voivat keskittyä sisällön tuottamiseen.

Toimenpiteet / tutkimuskysymykset:

- Yhteistyömuoto palvelualustan kehitykseen
- Internet standardien valitseminen maatalouden palveluille
- Datan sisällön määrittelemisen ontologioiden avulla

4.6.3. Yhteinen platformi fleetin hallintaan

Tärkeys: melko tärkeä Aika tuotteeksi: 4-6vuotta

Koneketjujen ja konelaivueiden hallinta vaatii joustavaa tiedonkulkua eri koneiden ja osapuolien välillä. Työn johtajan tilannetietoisuuden ylläpitämiseksi on hänellä oltava tieto työkoneiden tämän hetkisestä sijainnista ja työtehtävän tilasta. Laajemmassa mittakaavassa maatalon omistajalla on oltava kattavat tiedot omista resursseistaan saatavissa yhtenäisessä muodossa.

Fleetin hallinta voidaan nähdä myös palveluna, joka tuotetaan kahden edellisen kehitysteeman tuottamalla alustoilla. Haasteet ovat samoja kuin edellisissä.

Tulevaisuudessa yhtenäisten koneohjaimien ja palveluiden avulla Fleetin hallintaan on yhteiset rajapinnat, jolloin eri valmistajien koneet ja ohjelmistot toimivat yhdessä koneketjussa joustavasti.

Toimenpiteet / tutkimuskysymykset:

- Pilottitoteutukset vaatimusten ja mahdollisuuksien selvittämiseksi

4.6.4. Yhteinen platformi tiedon hallintaan

Tärkeys: melko tärkeä Aika tuotteeksi: 4-6vuotta

Jokainen maatilansa on omanlaisensa ja jokaisella on erilaiset tarpeet ohjelmistoille. Suurien monoliittisten ohjelmistojen räätälöiminen kaikkien tilojen tarpeisiin on haasteellista sekä vaatii ohjelmistotoimittajalta resursseja.

Myös maatalon tiedonhallinta voidaan nähdä palveluna, joka tuotetaan yhtenäisellä palvelualueella, kuten muutkin palvelut. Haasteena on saada osista koostuvassa kokonaisuudessa eri palvelut toimimaan yhdessä sekä varmistaa kokonaisuuden riittävyys tarkoitukseen.

Tulevaisuudessa maatalon ohjelmistot (FMIS) rakentuvat pienistä eri tarkoituksiin tehdyistä osista, jotka toimivat yhdessä. Koska osien välinen kommunikointi ja ohjelmistoalusta on yhteinen, ei yhden ohjelmistotoimittajan tarvitse tehdä kaikkia järjestelmän osia itse vaan voi hyödyntää kolmannen osapuolia lisäominaisuuksissa. Myös käyttäjät itse voivat tehdä tarvitsemiaan osia järjestelmän osaksi.

Toimenpiteet / tutkimuskysymykset:

- Pilottitoteutukset vaatimusten ja mahdollisuuksien selvittämiseksi

5. Yhteenveto

Viimeisen kahdenkymmen vuoden aikana viljely on tehostunut sekä koneiden koon kasvaessa, että myös automaation lisääntyessä. Lisääntyvään elektroniikan ja automaation määrään on vastannut ISO 11783 standardi (ISOBUS). Muissa teollisuuden aloissa viimeaikaisin kehitys on hyödyntänyt kehittyneitä verkkoratkaisuja sekä halventuneita antureita. Mitattu data jalostetaan palveluiksi sekä myös osa koneen toiminnoista voi sijaita tuotepilvessä. Todennäköistä on, että myös kasvintuotannossa tullaan seuraamaan muun teollisuuden viitoittamaa tietä.

Tiekartan kyselyiden pohjalta muodostuneessa visiossa nähtiin, että entistä tarkemman, täsmällisemmän ja tarkoituksenmukaisemman kasvien viljelyn vuoksi teknologiaa tullaan kehittämään digitalisaation ja robotiikan suuntaan. Tulevaisuudessa Suomessa tulee olemaan sekä suuria kasvinviljelytiloja, jossa tuotantoa ohjataan teollisuusmaisesti, että pieniä kasvinviljelytiloja, jotka tarvitsevat hieman kevennetyt versiot suurten tilojen koneista ja järjestelmistä. Visiossa robotisaatio tulee muuttamaan myös osaltaan viljelytapaa: mekaaninen kasvin suojele muodostaa viljelyn perustan sekä useamman autonomisen yksikön ryhmä korvaa suurten koneiden tarpeen. Maanviljelijän toimenkuva tulee muuttumaan työn suorittajasta työn valvojaksi sekä myös laitteiden huoltoverkoston, kunnossapidon ja käytön helppouden merkitys tulee korostumaan. Edellä kuvattuun visioon pääseminen vaatii pitkäjänteistä ja jatkuvaa tutkimusta sekä kehittämistä. Tässä tiekartassa kehitysaskelleet on jaettu kuuteen ryhmään: *Koneen ohjausjärjestelmät, Käyttöliittymät, Automaattiohjaus, Palvelut, Yhteinen platformi* sekä *Prosessien kehitys*.

Koneen ohjausjärjestelmien kehityspolussa tärkeimpinä ja tällä hetkellä tuotekehityksen alla ovat ISOBUS-ECU sekä ISOBUS TC. Näille jatkumoa sekä tämän hetken tutkimusaiheita ovat ISOBUS Class 3 ohjaus sekä pidemmällä aikavälillä toimilaitteiden energiatehokkuuden parantaminen sähkökäyttöjen sekä hydraulikkapiirien parantamisen avulla. Oleellista ISOBUS kehityksessä on olla aktiivinen sekä ISO:n että AEF:n toiminnassa. Standardoinnissa sekä sen soveltamisohjeiden laatimisessa mukana oleminen antaa mahdollisuuden kehittää tuotteita, jotka ovat yhtä aikaisesti markkinoilla heti standardien julkaisemisen jälkeen. Myös tarvittavien toiminnallisuuksien lisääminen sekä ei toivottujen vaatimusten poistaminen antaa paremmat edellytykset toimia kuin täysin kehityksen ulkopuolella ollessa.

Käyttöliittymät ovat koneen käytön kannalta maanviljelijälle näkyvin osa koneen toimintaa, joten niillä on merkittävä vaikutus käyttäjän saamaan vaikutelmaan laitteesta. Traktorin oman sekä työkoneneen käyttöliittymien lisäksi tehtävänohjain, automaattiohjaus sekä erilaisten lisäpalveluiden käyttö vaativat omat käyttöliittymänsä myös traktoriin. Käyttöliittymien kehityksen tutkimusaiheet muodostavat kaksi rinnakkaista kehityspolkua. Ensimmäisen kehityspolussa kehitetään käytettävyyttä ja käyttöliittymän laajennettavuutta. Toisessa kehityspolussa helpotetaan kuljettajan työtä opastuksen ja avustavan automaation avulla. Tavoitteena käyttöliittymiin liittyvissä teemoissa on tehdä koneen käytöstä ihmiselle helppoa ja vähemmän rasittavaa integroimalla eri järjestelmät yhdessä toimivaksi kokonaisuudeksi. Myös samanaikaisesti ihmisellä näkyvän informaation määrää pyritään vähentämään siten, että tehtävän kannalta vain olennainen tieto on esillä ja osa toiminnoista on koneen suoraan ohjattavissa.

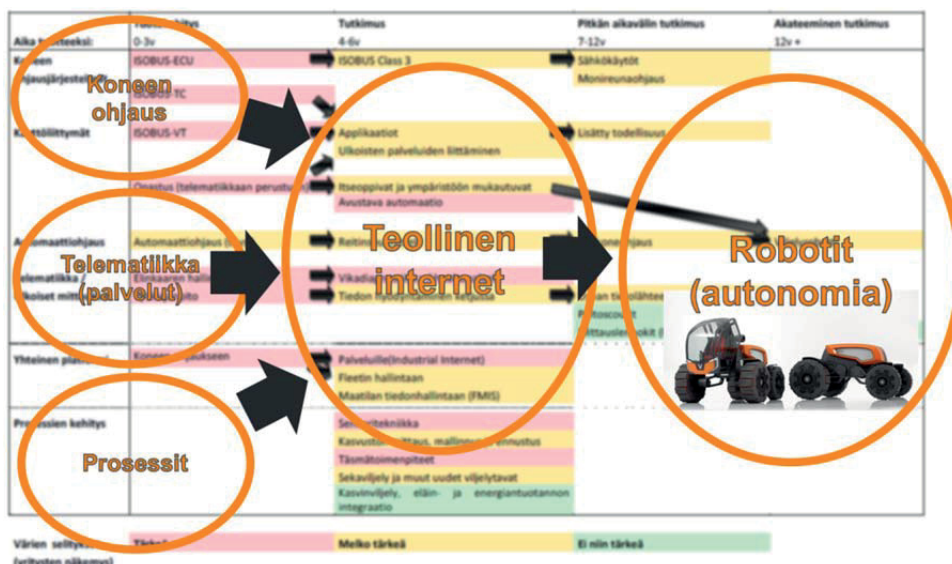
Käytettävyyttä ja koneiden ominaisuuksia voidaan lisätä applikaatioiden avulla, joiden arvo luodaan palveluiden avulla. Palveluiden kehityksessä nähtiin kolme tutkimuspolkua: tuotteiden huoltoon ja ylläpitoon, tiedosta jalostettuihin uusiin palveluihin sekä itse sensoreiden kehitykseen. Haasteena kaikissa teemoissa on eri järjestelmien välinen integrointi sekä menetelmien varmatoimisuus. Tavoitetilana on valmistaja ja toimijariippumattomasti sujuva tiedonvaihto, jolloin myös datan omistajuuskysymykset tulee ratkaista.

Automaattiohjaus on nopeasti yleistynyt teknologia maataloustyökoneissa. Siitä saatavat hyödyt ovat ilmeisiä paremman ohjaustarkkuuden sekä keventyneen työkuorman myötä. Ohjausjärjestelmien helppokäyttöisyys sekä eritasoisten ja erihintaisten järjestelmien saatavuus ovat myös edesautta- neet automaattiohjauksen yleistymistä. Automaattiohjaus on kehittynyt erillään muista traktori-

työkone-yhdistelmän kehityksestä eikä nykyisillä järjestelmillä ole juuri liitettävyyttä muihin automaatiojärjestelmiin. Tulevaisuudessa automaatiojärjestelmä kuitenkin kehittyy kattavammaksi ja yhdistyy muuhun koneen ohjaukseen lopulta ohjaten koko järjestelmää (Kuva 5). Lopulta kehitys johtaa siihen, että kuljettajaa ei tarvita traktorin hyttiin edes valvomaan työtä, vaan koneyhdistelmän toiminnan monitoroinnin voidaan suorittaa etäämmältä. Haasteena viljelyroboteissa on robotin ja työkoneen luotettavuus sekä toiminnan turvallisuus. Robotin selviytyminen poikkeustilanteista sekä työkoneen vikaantumisista vaatii kehittyneitä päätöksentekojärjestelmiä.

Suuressa osassa edellä kuvatuissa tutkimusteemoissa on haasteena liitettävyys muihin järjestelmiin sekä standardointi. Yhteisen platformin tai kehitysalustan avulla voidaan yksittäisen tuotteen tai palvelun kehityskustannuksia pienentää sekä taata yhteensopivuus muiden kanssa. Koneiden ohjauksen platformi tulisi olla jo tässä vaiheessa tuotekehitysvaiheessa kun taas palveluiden platformi, johon myös maatilain tiedonhallinta sekä fletin hallinta voidaan lukea, on vielä tutkimusasteella

Teknologiaa ei pitäisi kehittää teknologiana, vaan myös tuotantoprosessien tulisi kehittyä ja näiden kehittyminen vaatia uuden teknologian kehittämistä. Käytännössä teknologian ja prosessien kehitys kulkee käsi kädessä ja ne antavat syötettä toisilleen (Kuva 5). Itse tuotantoprosessien kehitys nähtiin hieman erilaisena kuin muut tässä tiekartassa esitetyt teema-alueet. Tuotantoprosessien kehitys on jatkuvaa ja aina tutkimuksen alla olevaa toimintaa. Tutkittavia asioita ovat esimerkiksi kylvössä siementen ja lannoituksen määrä sekä oikea ajoitus, lisälannoituksen tarve ja määrä sekä kasvinsuojeluruiskutuksen ajoitus ja määrä. Nämä vaativat kehitystä sekä mittauksessa, mallinnuksessa että itse prosessissa. Sekaviljelyssä ja muissa uusissa tuotantotavoissa tarvitaan systemaattisen tutkimuksen tuloksien tuloksia ja esimerkiksi laajaa datavarastoa erityyppisistä viljelytavoista usealta eri vuodelta. Digitalisaation mahdollistamassa kasvinviljelyn, eläin- ja energiantuotannon integraatiossa materiaalivirtojen ja koneiden käytön optimaalisemmassa resurssien käytössä myös itse toimintatapaa pitää kehittää. Näiden lisäksi tulevaisuudessa myös robottien käyttö muuttaa tuotantoprosesseja. Viljelyrobotit ja pienet mittausrobotit (UAV ja UGV) vaativat kuitenkin vielä perustutkimusta sekä toimivaa infrastruktuuria ympärilleen, jotta niitä voitaisiin alkaa soveltaa suuremmissa mitta-kaavassa sekä maatilalla tapahtuvassa tutkimuksessa.



Kuva 5. Aiemmin esitetty tiekartta voidaan yksinkertaistaa yläkäsitteiden avulla: nyt tuotekehityksessä olevat ja toisistaan erillään olevat koneen ohjausjärjestelmät, telematiikka ja palvelut sekä prosessit muodostavat sekoitettuna teollisen internetin, johon suuri osa tutkimusvaiheessa olevista aiheista voidaan laskea kuuluvan. Teollinen internet mahdollistaa automaation ja autonomian tason noston asteittain jolloin lopulta saavutetaan robottien autonomian taso.

6. Ehdotetut toimenpiteet

Tässä dokumentissa tiekartta on jaettu useaan teema-aluseen, jotka edelleen jaettu useampaan tutkimus- tai kehitysteemaan. Jokaiselle teemalle on listattu ehdotettuja toimenpiteitä sekä tutkimusky-symyksiä. Työkartan selvityksen perusteella ja pidemmällä tähtäimellä visioon päästäksemme, ehdotamme seuraavia toimenpiteitä:

Yritykset

- Suomen Maatalousautomaatio ry yhdistyksen toiminnan jatkaminen ja kehittäminen
 - Yritysten välisen työnjaon ja yhteistyömahdollisuuksien selvittäminen (ECU ja Palvelut)
 - ISO:n ja AEF:n toimintaan sekä työryhmien työskentelyyn aktiivinen osallistuminen
- Perustason ISOBUS ohjaimien tuotekehitys ja testaaminen. Ohjaimien ohjelmisto toteutettaisiin tulevaisuutta ja digitaalisen liiketoiminnan mahdollisuuksia tukevana.
 - Ohjelmistokehitysprosessien kehittäminen
 - Käyttöliittymien käytettävyyden kehitys

Tutkimuslaitokset ja yliopistot

- Suomen Maatalousautomaatio ry yhdistyksen toiminnan tukeminen
 - ISO:n ja AEF:n toimintaan sekä työryhmien työskentelyyn aktiivinen osallistuminen ja tiedonvälitys yrityksille
 - ISOBUS ohjaimien tuotekehityksen ja testaamisen tukeminen esimerkiksi ISOBUS-laboratorion sekä konsultoinnin avulla.
- Tiedonhallinnan kehitys osallistumalla agridatan yhteisten standardien luomiseen sekä tutkimaan ja kehittämällä taustajärjestelmien välistä vuorovaikutusta ja integraatiota
 - Vaikuttaminen valvonta- ja tukiprosesseihin pyrkien muuttamaan niitä joustavaan ja työn tekijöitä opastavaan suuntaan
- Teknologian kehitys eri osa-alueille tekemällä pilottisovelluksia vaatimusten ja mahdollisuuksien selvittämiseksi
- Tuotantoprosessien kehitys systemaattisen tutkimuksen keinoin sekä datavaraston kerääminen erilaisista viljelytavoista ja menetelmistä useammalta eri vuodelta

Visioon pääseminen edellyttää usean eri aihealueen pitkäjänteistä kehitystä ja tutkimusta, jossa eri tutkimus- ja kehittämishankkeet seuraavat sekä yhtäaikaaisesti toteutettavat tukevat toisiaan. Tämän takia hankkeiden tavoitteiden asettelu ja valmistelu pitää olla hallittua ja kaikkien osapuolten tiedossa. Tämän tiekartan on tarkoitus olla tukena tulevien hankkeiden valmistelussa sekä rahoittajien kanssa käytävissä neuvotteluissa. Ehdotetussa valmisteluprosessissa yritykset keskustelevat yhdessä akuuteista tutkimuksen tarpeista sekä yhdessä tehtävistä kehittämishankkeista. Tämän jälkeen yritykset tilaavat tutkimushankkeen valmistelun tutkimuslaitokselta tai yliopistolta asiantuntevalta henkilöltä, joka myös perehtyy tarvittavan rahoitusinstrumentin vaatimuksiin.

Tutkimus- ja kehittämishankkeiden lisäksi jatketaan hyväksi käytännöksi muodostuneita ISOBUS-koulutuspäiviä. Myös muilta tarkemmin rajatuilta aihealueilta ehdotetaan järjestettäväksi ISOBUS-koulutuspäivän kaltaisia tapahtumia, joissa on tietyn aihealueen esityksiä sekä yhdessä tehtäviä tö-pajoja. Tapahtumissa myös huolto ja myynti organisaatiot voisivat saada tietoa uusista teknologioista. Nämä tapahtumat eivät kuuluisi tutkimus tai kehittämishankkeisiin vaan olisivat itsenäisiä osallistujien maksamia tapahtumia.



luke.fi

Luonnonvarakeskus
Viikinkaari 4
00790 Helsinki
puh. 029 532 6000