

eTrial – Viljelijöiden täsmäviljelytekniikat koeruutututkimuksessa

Liisa Pesonen¹⁾, Jussi Knaapi²⁾ ja Jussi Tuomisto³⁾

¹⁾ Luke, Vakolantie 55, 03400 Vihti, liisa.pesonen@luke.fi

²⁾ Jussi Knaapi, Pohjankyröntie 123, 61500 Isokyrö, knaapijussi@gmail.com

³⁾ Petla, Alapääntie 104, 61400 Ylistaro, jussi.tuomisto@petla.fi

Tiivistelmä

Erilaisissa viljelyolosuhteissa tapahtuva kasvinviljelyn kenttäkoetoiminta on tärkeä osatekijä ruokajärjestelmissä vietäessä kasvinviljelytutkimuksen teorian ja laboratoriokoetulokset käytännön viljelyyn. Kenttäkoetoiminta ja sen tuottaman tiedon tehokas prosessointi sekä jakelu kohderyhmille ja työn tilaajille on tutkimuslaitosten vaativimpia työvaiheita. Nykyisin vallitsevana käytössä oleva kenttäkoetekniikka vaatii paljon työtä ja pääomia. Lisähaasteena on, että uuden teknologian, tuotantotapojen ja monien uusien menetelmien testaus asettaa tutkimukselle yhä enemmän vaateita. Muun muassa käytännön maatilatasolla koneiden tosiasiallinen toimintatapa, paino ja tärinä vaikuttavat viljelyn lopputulokseen eri tavalla kuin koeruutukoneet. Tämä saattaa aiheuttaa eroja koetulosten ja käytännön viljelyn välillä. Kenttäkoetoiminnan digitalisoiminen sekä automaatio-, paikannus- ja pilvipalveluteknologioiden, ns. älykkäiden täsmäviljelyteknologioiden nykyistä parempi hyödyntäminen avaavat mahdollisuuden tehostaa tutkimuslähtöisen innovaatiotoiminnan ketteryyttä ruokajärjestelmiä ja niiden kilpailukykyä parannettaessa.

Tutkimus, viljelijät ja teknologiayritykset ovat alkaneet kehittää yhteistyössä ns. eTrial – konseptia, jossa normaaliin viljelytyöhön tarkoitettulla täsmäviljelytekniikalla varustetulla kalustolla ja sovelluksilla suunnitellaan ja perustetaan koeruutumenetelmään perustuva kenttäkoe, sekä monitoroidaan ja hoidetaan sitä kasvukauden aikana. Korjatusta sadosta mitataan määrä ja laatu jo sadonkoruun yhteydessä. Työvaiheet dokumentoidaan automaattisen (prosessi)tiedonkeruun avulla. Konsepti hyödyntää eri toimittajien tarjoamia teknologioita muodostaen niistä integroidun järjestelmän tavoitteen saavuttamiseksi. Uutta konseptia tullaan vertaamaan vanhaan, mm. kokeen tulosten tarkkuuden ja käyttökelpoisuuden, työnkäytön, analyysikustannusten ja tulosten hyödynnettävyyden ja jaettavuuden suhteen. Tavoitteena onkin kehittää kenttäkokeista saatavan tutkimustiedon tehokasta jakamista tiedon hyödyntäjille. Lisäksi tavoitteena on tuottaa tietoa kotimaisten teknologiavalmistajien tuotteiden suorituskyvystä ja skaalautuvuudesta (tutkimus, maatilakoe, täsmäviljely) tarkkuutta ja luotettavuutta vaativissa kasvinviljelytyöissä.

Tutkimuskysymykset ovat:

1. Millaista konseptia tavoitellaan (teknisesti, taloudellisesti, eri hyödynsaajien kannalta)?
2. Kuinka tarkkaa kerättävän tiedon pitää olla (koordinaatti, tietosisältö)?
3. Pystyvätkö käytettävissä olevat tekniikat siihen?
4. Mitä ratkaisusta vielä puuttuu?
5. Onko automatisoitu kenttäkoe toteutettavissa (teknisesti, taloudellisesti, eri hyödynsaajien kannalta)?
6. Millaisia sadon jatkokäsittelyn ja analysoinnin mahdollisuuksia on olemassa?

Työ on aloitettu esikokein viljelijöiden ja teknologiayritysten yhteistyönä Etelä-Pohjanmaalla kasvukaudella 2015. Kohteina olivat ohran (4 ha), kevätvehnän (10 ha) ja perunan (5ha) lannoituskokeet saatavilla olevia täsmäviljelykoneita-, sovelluksia ja -palveluja käyttäen. Tuloksena eri osallistujatahot saivat käsityksen konkreettisista haasteista suhteessa omaan rooliinsa eTrial -konseptissa. Näitä tulevaisuuden projekteissa kehitettäviä kohteita ovat mm.:

1. Eri teknisten ratkaisujen saumaton integraatio
2. Kokonaisuuden käytettävyys
3. Tilannetietoisuuden muodostuminen käyttäjälle
4. Erinäisistä käytännön tilanteissa eteen tulevista häiriötilanteista toipuminen; vikaantunut lenkki pysäyttää koko teknologiaketjun
5. Teknisen tuen järjestäminen eri toimittajien ratkaisuisista koostuvalle kokonaisjärjestelmälle

Asiasanat: kenttäkoe, täsmäviljely, automaatio, ICT, tiedonhallinta

Johdanto

Erilaisissa viljelyolosuhteissa tapahtuva kasvinviljelyn kenttäkoetoiminta on tärkeä osatekijä ruokajärjestelmissä vietäessä kasvinviljelytutkimuksen teorian ja laboratoriokoetulokset käytännön viljelyyn. Kenttäkoetoiminta ja sen tuottaman tiedon tehokas prosessointi sekä jakelu kohderyhmille ja työn tilaajille on tutkimuslaitosten vaativimpia työvaiheita. Erilaisia kenttäkokeita tehdään Luken, Petlan, Sokerijuurikkaan tutkimuskeskuksen, Helsingin yliopiston, ja joidenkin maatalousoppilaitosten, paikallisten perunakerhojen, Boreal kasvinjalostuslaitoksen, sekä kaupallisten toimijoiden (Yara Berner, Syngenta, Basf jne.) toimesta. Osa kokeista on jo nyt sijoitettu viljelijöiden pelloille yhteistyössä eri laitosten tai kaupallisten tahojen kanssa. Vihannespuolen kokeita suoritetaan lisäksi ainakin Räpin (Apetit) koetilalla ja Pyhäjärvi Instituutissa Kokemäellä. Marja- ja puutarha-alan koetoimintaa harjoitetaan sekä Luken alaisuudessa, että alalla toimivien yritysten toimesta.

Kokeet ovat sekä jalostuksessa tarvittavia linjakokeita, sekä tuotannossa olevien lajikkeiden ns. virallisia lajikekokeita. Lisäksi tutkimuslaitokset tekevät tilaustutkimusta. Usein samaa koetta koetetaan toistua erilaisissa olosuhteissa, mutta nykyisellä tutkimusteknologialla kustannukset nousevat korkeiksi rajoittaen toimintaa. Tarve alueelliselle koetoiminnalle on suuri. Tarvetta olisi tehostaa sekä perustutkimuksen tasoista toimintaa, että myös viljelyneuvontaa suoraan tukevaa tutkimusta.

Perinteisessä kenttäkoetutkimuksessa tutkimuksen suunnittelu tehdään toimistolla: ensin suunnitellaan toteutettavat koejäsenet ja piirretään peltolohkot kartalle. Koekentällä koeruudut merkitään merkkikepein pellolle kartan mukaisesti. Kaikki toimenpiteet, muokkaukset, kylvöt, istutukset, kasvinsuojelutoimenpiteet ja sadonkorjuu tehdään koeruutuviljelyyn soveltuvilla laitteilla. Käytössä oleva kenttäkoetekniikka vaatii paljon työtä ja pääomia. Kenttäkoetoiminnan digitalisoiminen sekä automaatio-, paikannus- ja pilvipalveluteknologioiden, ns. älykkäiden täsmäviljelyteknologioiden nykyistä parempi hyödyntäminen avaavat mahdollisuuden tehostaa tutkimuslähtöisen innovaatiotoiminnan ketteryyttä ruokajärjestelmiä ja niiden kilpailukykyä parannettaessa.

Tanskassa on tutkittu täsmäviljelyteknologioiden käyttöä kenttäkokeiden suorituksessa ja laadun parantamisessa (Jørgensen, ym., 2007, Kristensen, 2010). Kehitystyössä on keskitytty automatisoimaan ja sensoroimaan kenttäkoekalustoa käsityötä vaativien työosuuksien karsimiseksi. Esimerkiksi koneiden navigointitekniikoiden avulla maastomerkintöjä ei tarvita, koneet säätävät eri panosten annosmääriä koejäsenien kohdalla automaattisesti, ja myös sadonmäärän mittaaminen tapahtuu jatkuvana paikkakohtaisena mittauksena läpi koejäsenrivistön automaattisesti, satonäyte laadun määrittämiseen voidaan ottaa samoin automaattisesti kustakin koejäsenestä.

Kun kenttäkokeiden tarkoituksena on tuottaa tietoa käytännön viljelyn päätöksenteon tueksi, ongelmana on myös se, että koeruutukoneet eivät kaikilta teknisiltä osiltaan vastaa täysin nykyaikaisia ammattimaisia viljelykoneita. Käytännön maatilatasolla koneiden tosiasiallinen toimintatapa, paino ja tärinä tiivistävät maata eri tavalla kuin koeruutukoneet. Se saattaa aiheuttaa eroja koetulosten ja käytännön viljelyn välillä. Lisähaasteen asettavat viljelijöiden käyttöön tulevien uusien viljelyteknologioiden, tuotantotapojen ja menetelmien kirjo. Tämän vuoksi osa kokeista joudutaan testaamaan joka tapauksessa myös käytännön viljelyksillä. Maatiloilla tulee vastaan kuitenkin suuria haasteita. Koeruutujen täytyy olla verraten suuria, toimitaanhan suurilla koneilla. Peräkkäisten, eri vuosina samoilla ruuduilla tehtävien tutkimusten toteuttaminen oikeaan paikkaan on vaikeaa. Koeruutujen merkintä maatilojen pelloille on hankalaa ja viljelijöiden on oltava tarkkana, etteivät he häiritse koetta omilla toiminnoillaan. Soveltamalla ajanmukaista täsmäviljelytekniikkaa (Oksanen, ym., 2011, Backman, ym., 2013, Honkavaara, ym., 2013, Backman, ym., 2014, Kaivosoja, ym., 2014) viljelijöiden on kuitenkin mahdollista perustaa ja hoitaa koeruutuja pelloillaan ilman, että kokeen onnistuminen vaarantuu ja että koejärjestelyillä vaikeutetaan tilan peltotöiden hoitoa.

Tutkimus, viljelijät ja teknologiayritykset ovat alkaneet kehittää yhteistyössä eTrial-konseptia, jossa kenttäkokeet suoritetaan maatiloilla normaaliin viljelytyöhön tarkoitettulla täsmäviljelytekniikalla varustetulla kalustolla ja sovelluksilla. Tavoitteena on myös kehittää kenttäkokeista saatavan tutkimustiedon tehokasta jakamista tiedon hyödyntäjille. Lisäksi tavoitteena on tuottaa tietoa kotimaisten teknologiavalmistajien tuotteiden suorituskyvystä ja skaalautuvuudesta (tutkimus, maatilakoe, täsmäviljely) tarkkuutta ja luotettavuutta vaativissa kasvinviljelytyöissä.

Tutkimuskysymykset ovat:

1. Millaista konseptia tavoitellaan teknisesti, taloudellisesti, eri hyödynsaajien kannalta?
2. Kuinka tarkkaa kerättävän tiedon pitää olla paikan ja tietosisällön suhteen?
3. Pystyvätkö käytettävissä olevat tekniikat siihen?
4. Mitä ratkaisusta vielä puuttuu?
5. Onko automatisoitu kenttäkoe toteutettavissa teknisesti, taloudellisesti, eri hyödynsaajien kannalta?
6. Millaisia sadon jatkokäsittelyn ja analysoinnin mahdollisuuksia on olemassa?

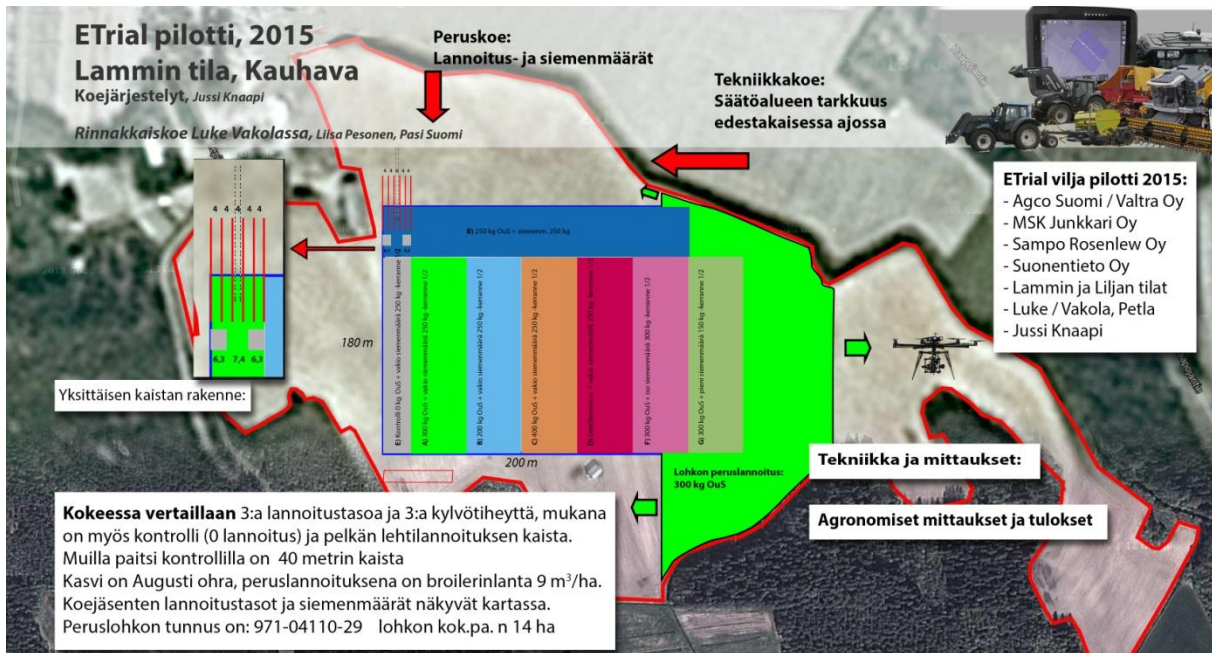
Uutta konseptia tullaan vertaamaan vanhaan, mm. kokeen tulosten tarkkuuden ja käyttökelpoisuuden, työnkäytön, analyysikustannusten ja tulosten hyödynnettävyyden ja jaettavuuden suhteen. Tässä artikkelissa kerrotaan konseptin kehittämisen esitutkimusvaiheen tuloksista ja kokemuksista liittyen konseptin teknisen toteuttamisen mahdollisuuksiin ja haasteisiin.

Menetelmä

Lähtökohtana konseptin suunnittelussa on ollut maataloilta saatavilla olevat viljan- ja perunanviljelyn avoimiin tiedonsiirtostandardeihin perustuvat täsmäviljely- ja tiedonhallinnan teknologiat ja –palvelut ja niiden integrointi toimivaksi kenttäkoetoiminnan mahdollistavaksi tekniseksi kokonaisuudeksi. Esikoevaiheessa konseptin kehittämiseen vuonna 2015 osallistui kaksi maatilaa Etelä-Pohjanmaalla – Lilja Farms sekä MTY Lammi. Kohteina olivat ohran (4 ha), kevätvehnän (10 ha) ja perunan (5ha) lannoituskokeet satovasteineen. Kokeet suunniteltiin peltolohkoille käyttäen hyväksi aiempien vuosien sato-, maaperä- ja ilmakuvakarttoja mahdollisimman homogeenisten koealueiden määrittämiseksi. Automatisoidussa täsmäviljelyssä kylvö- ja lannoitussuunnitelma muunnetaan konekieliseksi automaation käskytystä varten. Koeruutusuunnitelma sijoitettiin erityistä suunnittelusovellusta käyttäen (viljakokeissa Suonentiedon Agrineuvos ja perunakokeissa AgLeader SMS) kylvettävän peltolohkon täsmäkylvösuunnitelmaan siten, että kenttäkokeen eri koejäsenet muodostivat kukin oman täsmäkylvölannoittimen tunnistaman käsittelyvyöhykkeen (kuva 1). Traktori-täsmäkylvölannoitinyksikön (Valtra T 214 + Junkkari Maestro) automaatiotoiminnot perustuvat ISOBUS-standardiin, joten kylvösuunnitelma siirrettiin työkoneyksikköön ISOBUS XML-muotoisena. Kokeet perustettiin normaalin maatilan kylvötyön yhteydessä, koneautomaatiikan säätäessä eri koejäsenten vaatimat annosmäärät automaattisesti ajon aikana. Työkoneet tallensivat toteutuneen työn paikkaan sidottuna prosessidatana. Toteutustiedot siirrettiin datavarastoon pilvipalveluun (Valtra Smartista Suonentiedon AgriSmartiin).

Kokeen perustamisen onnistumista ja kasvustojen kuntoa havainnoitiin ilmakuvauksin droneista käsin muun muassa näkyvän valon ja lähi-infrapunan aallonpituusalueen kameroilla, sekä myös hyperspektrikameralla. Kuvia verrattiin maanpinnalta kasvustosta tehtyihin havaintoihin. Perunakokeessa oli käytössä AgLeader OpTrx kasvustosensori. Ohra- ja myös vehnäkokeessa kasvustot mitattiin heinäkuun alussa (lippulehtivaiheessa) kasvustosensorein (Yara N-Sensor, Trimble Greenseeker ja AgLeader OptRx). Kasvukauden säätietodot haettiin lähimmän Ilmatieteenlaitoksen asemalta Petla Ylistarosta (Seinäjoki).

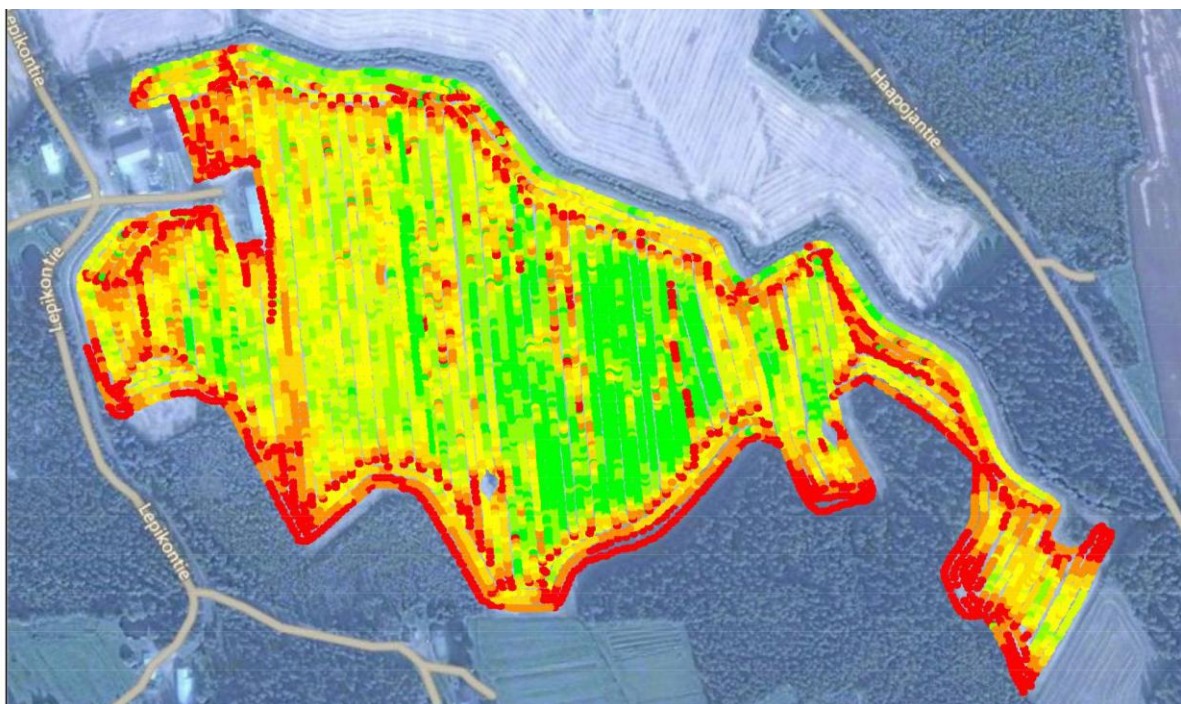
Sato korjattiin satokartoituslaitteistolla varustetuilla puimurilla (Sampo Optima + RDS Ceres satokartoitin) ja perunaruuduilta Grimme korjuukoneella, jonka käsivalintatasolle oli rakennettu kamerakuvantamiseen perustuva satomittauspilotti. Sekä ohra-, että perunakokeesta otettiin sadon laatu näytteet. Osa kasvustohavainnista sekä satotulokset siirrettiin datavarastoon pilvipalveluun (AgriSmart), josta ne ovat saatavissa jatkoanalyysiin. Kenttäkokeiden tulosten analyysi voi jatkossa alkaa välittömästi viimeisen tarvittavan datasetin saapuessa datavarastoon. Pilvipalvelun kautta kenttäkokeen aikana kertyvä data voidaan jakaa halutuille tahoille nopeasti ja vaivattomasti.



Kuva 1. Koeruutumutuotoinen kenttäkoesuunnitelma sijoitettuna viljelylohkolle. Erilaiset koejäsenet on merkitty kuvaan värikoodein. Konsepti hyödyntää eri toimittajien tarjoamia teknologioita muodostaen niistä integroidun järjestelmän tavoitteen saavuttamiseksi. (Kuva: Jussi Knaapi)

Tulokset

Koelohkolta saatiin tallennettua toteutusdatana kylvösuunnitelma, lohko-kohtaiset viljelymuistiinpanot ja alkuvaiheessa satokartta (kuva 2). Järjestelmällä on jo nyt mahdollista kerätä tutkimuksen kannalta valdia tietoa. Data tallennettiin pilvipalveluun jatkohyödyntämistä varten. Toiminnot eivät vielä olleet käytettävyydeltään täysin valmiita, mutta periaatteessa järjestelmän potentiaali todennettiin ja havaittiin kehityskelpoiseksi.



Kuva 2. Puimurin satokartoitusjärjestelmällä mitattu satokartta. (Kuva: Jussi Knaapi)

Koetoiminnan vaatimuksia ajatellen esikokeet antoivat näyttöä siitä, että koelohkoja voidaan suunnitella etukäteen (kuva 1) ja toteuttaa koesuunnitelman siemen- ja lannoitesäätöjä halutulla

tavalla. Vaikka koesuunnitelma olisi sisältänyt esimerkiksi erilaisia työsyvyyskäsikkeitä, lajikkeita, lannoitelajeja yms., olisi kenttätyö edelleenkin voitu tehdä kuin talouskylvö, sillä täsmäviljelytekniikan toimivuudessa tai tarkkuudessa ei esiintynyt periaatteellisia tai muuten merkittävästi tarkkuutta heikentäviä häiriöitä. Tiedonsiirto työtilanteessa toimi pääosin hyvin, joitain ongelmia esiintyi. Ne olivat pilotin luonteeseen kuuluvia uuden oppimisesta aiheutuneita tilanteita.

Koeruudukko (kuva 1) pysyi säädettyssä paikassa ja tarkkuudeltaan hyvänä. Työn suorittamisen kannalta hienosäätöä tarvitaan, muun muassa näyttöjen piirtoresoluution ja todellisen tilanteen saamiseksi vielä luontevammaksi. Koeruutujen löytyminen suunnitelluista koordinaateista kylvön jälkeen varmistettiin Trimblen +/- 10 cm:n tarkkuudella RTK-GPS-käsi päätteellä.

Kerranteiden määrää tai datan keruun taajuutta voitiin säätää halutuksi. Esimerkiksi sadonmittauksen arvoja tallennettiin noin 10 sekunnin välein. Tilastollisesti sadonmittauksen tarkkuus verrattuna perinteiseen 4:n kerranteen koejärjestelmään voidaan nostaa huomattavasti luotettavammaksi. Esimerkiksi sadonmittauksen jatkuva kalibrointi on mahdollista, kun käytössä on myös punnitusmahdollisuus koko raakaerällä (koelohkolta) ja kun jokaisesta koeruudusta otetaan erillisnäyte reaaliaika- ja jälkitarkasteluun. Arviomme mukaan satomittauksen tarkkuus poikkeaa alle 2 % todellisesta sadon määrästä. Lisäksi on huomioitava, että lohkolta voidaan kerätä paikkatietona hyvin erilaisia asioita (konedata, ilmakuvat, maastohavainnot, sää), jolloin paikkakohtaista vaihtelua ja syitä voidaan hallita uudella tavalla.

Kertyvän data siirtyminen pilvipalvelimelle sujui alkuhankaluuksien jälkeen hyvin niiltä osin, kuin mitä pilotissa oli mahdollista kokeilla. Kokonaisuudessaan, toimivan pilvipalvelun kehittäminen vaatii edelleen työtä, vaikka jo valmiiksi saaduilla osin Valtra Smart / AgriSmart pilvipalvelin oli toimiva. Käytännön neuvontaan ja tuotantotekniikan kehittämiseen tarjoutuu tätä kautta uusia mahdollisuuksia. Maatalouden ja tutkimustoiminnan kokonaisvalmius pilvipalvelujen omaksumiseen ja käyttöön vaatii vielä runsaasti työtä. Uuden oppiminen ja soveltaminen tulee vaatimaan runsaasti koulutusta ja myös asennemuokkausta. Pilottiviljelijämme ovat jo rutinoituneita täsmäviljelyn soveltajia, joten heidän toiveet menivät osin jo ylikin pilotin tarjoamista mahdollisuuksista. Laittevalmistajien ja ohjelmatalojen on vielä jatkettava kehitystyötä ja ratkaisujen hiomiseksi vaativan käytön tarpeisiin.

Johtopäätökset

Järjestelmiä oli mahdollista muokata jo kesällä 2015 eteenpäin käyttäjäkokemusten kautta. Kehitystyö jatkuu ja tulee olemaan haasteellista muun muassa järjestelmien vaatimien tuote- ja käyttäjätuen osalta. Tuloksena eri osallistujatahot saivat käsityksen konkreettisista haasteista suhteessa omaan rooliinsa eTrial -konseptissa. Näitä tulevaisuuden projekteissa kehitettäviä kohteita ovat mm.:

1. Eri teknisten ratkaisujen saumaton integraatio
2. Kokonaisuuden käytettävyys
3. Tilannetietoisuuden muodostuminen käyttäjälle
4. Erinäisistä käytännön tilanteissa eteen tulevista häiriötilanteista toipuminen; vikaantunut lenkki pysäyttää koko teknologiaketjun
5. Teknisen tuen järjestäminen eri toimittajien ratkaisuista koostuvalle kokonaisjärjestelmälle

Kenttäkoetoiminta sijoittuu ruokajärjestelmien alkupäähän, ruoan raaka-aineiden sekä niiden tuotantoprosessien optimointiin. Täsmäviljelytekniikkaa hyödyntävä kenttäkoetoiminta tarjoaa luotettavuuden, monipuolisuuden, kustannustehokkuuden ja informaation prosessoinnin osalta suuria kehittymismahdollisuuksia. Kenttäkoetoiminnan digitalisoiminen sekä automaatio- ja paikannusteknologian, ns. täsmäviljelyteknologioiden nykyistä parempi hyödyntäminen avaavat mahdollisuuden tehostaa tutkimuslähtöisen innovaatiotoiminnan ketteryyttä ruokajärjestelmiä ja niiden kilpailukykyä parannettaessa.

Kirjallisuus

- Backman, J., Oksanen, T., Visala, A.** 2013. Applicability of the ISO 11783 network in a distributed combined guidance system for agricultural machines, Biosystems engineering, Vol. 114, no. 3, pp. 306-317, 2013.
- Backman, J., Oksanen, T., Visala, A., Kunnas, A., Matikainen, V., Alaiso, S., Suokannas, A., Ronkainen, A., Kaivosoja, J., Linkolehto, R., Pesonen, L., Väättäinen, H., Leminen, M., Ahokas, J.** 2014. Avustava ja mukautuva maataloustyökone – AGROMASSI, Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote no 31, 2014, s. 290.

- Jørgensen, R.N., Sørensen, C.G., Søgaard, H.T., Kristensen, K. & Christensen, S.** 2007. Methodology for a Labor Extensive and Semi-Automated Field Trial Design Using Autoguidance and Conventional Machinery, Precision Agriculture, Skiathos, Greece. 3. - 06. June.
- Kaivosoja, J., Jackenroll, M., Linkolehto, R., Weis, M. & Gerhards, R.** 2014. Automatic control of farming operations based on spatial web services. Computers and Electronics in Agriculture, 100: 110-115. doi:10.1016/j.compag.2013.11.003
- Kristensen, K.** 2010. The use of spatial and randomisation-based methods for analysis of trials with treatments randomised into rows and columns. Journal of Statistical Planning and Inference, Vol. 140, Nr. 6, 2010, s. 1542-1549.
- Oksanen, T., Öhman, M., Visala, A., Kalmari, J., Backman, J., Pesonen, L., Suomi, P., Linkolehto, R. & Ahokas, J.** 2011. Traktorin ja työkoneen integroitu automaatio, in Proc. Automation XIX Seminar, Helsinki 15-16.3.2011, Helsinki: 2011, 7 p.
- Honkavaara, E., Saari, H., Kaivosoja, J., Pölönen, I., Hakala, T., Litkey, P., Mäkynen, J., Pesonen, L.** 2013. Processing and assessment of spectrometric, stereoscopic imagery collected using a lightweight UAV spectral camera for precision agriculture. Remote Sensing 5: p. 5006-5039.