

CropInfra – Tulevaisuuden kasvintuotantotilan tuotanto- ja tiedonhallintainfrastrukturi

Liisa Pesonen, Frederick Teye, Markku Koistinen, Jere Kaivosoja, Raimo Linkolehto, Pasi Suomi ja Ari Ronkainen

MTT Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus, Vakolantie 55, 03400 Vihti, etumi.sukunimi@mtt.fi

Tiivistelmä

Viljelijän toimintaympäristö muuttuu nopeasti, ja yhteiskunta asettaa viljelylle yhä enemmän ja monimutkaisempia vaatimuksia muun muassa viljelyn ympäristövaikutusten sekä tuotettujen raaka-aineiden, laadun, turvallisuuden, tuotantotavan ja jäljitettävyyden suhteen. Samaan aikaan maataloilille kohdistetaan kasvavia tuotannon tehostamisvaatimuksia tuotantopanosten jatkuvan hinnannousun ja tuotteesta saatavan hinnan erotuksen puristuksessa. Viljelijöiden kapasiteetti ja hyvinvointi kyseenalaistuvat lisääntyneen henkilökohtaisen työmäärän ja toiminnan monimutkaistumisen seurauksena. Viljelijät hyödyntävät enenevässä määrin teknologiaa avustamaan työtehtävissä, ja ongelmaksi onkin muodostunut erilaisten tuotannossa käytettävien järjestelmien yhteensopimattomuus sekä puutteellinen koordinaatio, tiedon jakaminen ja liitettävyys.

MTT:n CropInfra –hankkeessa tutkittiin ja kehitettiin edelleen aiemmissa tutkimushankkeissa tuotettuja tiedonhallinnan konsepteja uudeksi, käytäntölähtöiseksi kasvintuotannon tuotanto- ja tiedonhallintainfrastruktuuriksi. Hankkeen konkreettisena pilottina MTT Vakolan maatilalle Vihtiin rakennettiin uusi tiedonhallintainfrastrukturi instrumentoimalla maatilalla nykyiset pellot ja kalusto tarvittavilla tiedonkeruu- ja siirto- ja varastointilaitteistoilla. Infrastruktuurin yksityiskohtien määrittelyssä ja käytettävien teknologioiden valinnassa on käytetty hyväksi muun muassa muiden MTT:n tutkimusten ja tutkimusryhmien tutkimustapauksia.

CropInfra:n ytimessä on Internet-palvelin, tietovarasto sensoriverkoilta ja työkoneilta saapuvalla paikkatiedolle, tietokanta aggregoidulle tilatiedolle sekä sovelluksia datan jalostamiseksi automaattisesti tiedoksi myös tosiaikaisesti. CropInfra noudattaa SOA (Service Oriented Architecture) periaatteita, ja sen palvelin on linkittynyt ulkopuolisten, maatilalla tiedonhallintaa avustavien sovellusten palvelimiin standardoitujen tiedonsiirto-rajapintojen kautta, niin pitkälti kuin sellaisia on määritelty. Tiedonhallintajärjestelmän avusteiset ominaisuudet, kuten tiedon analysointi, aggregointi, järjestely ja laskenta päätöksentekoa varten on toteutettu ns. pilvipalveluina. Maatilan olosuhteista mitataan ja dokumentoidaan tietoja ympäristöön sijoitetuilla kiinteillä anturiverkoilla, kuten MAASÄÄ-verkosto, joista data siirretään langattomasti palvelimille. Liikkuvat työkoneet on varustettu mittausantureilla ja tiedonkeruuyksiköillä pelto- ja vaiheiden ja tehtävän työn paikkakohtaista dokumentointia ja tosiaikaisesti monitorointia varten. Tiedonsiirto työkoneista palvelimelle ja vastaavasti ohjeiden siirto takaisin työkoneille tapahtuu liikkuvan laajakaistan avulla. Näin alustasta muodostuu standardeja ja automaattisesti hyödyntävä älykäs toimintaympäristö kasvinviljelytyöihin sekä maatalokohtaiseen ympäristötiedon hallintaan. Rakennettu infrastrukturi on alati päivittyvä, ja palvelee erilaisia projekteja tarjoten olosuhteet tulevaisuuden älykkään tuotannon tutkimiseksi ja kehittämiseksi.

Asiasanat: maatala, tiedonhallinta, infrastrukturi, internet

Johdanto

Maatilat ovat jatkuvan kannattavuushaasteen edessä, ja samalla tuotannolle asetetaan yhä tiukempia ympäristö- ja eettisyysvaatimuksia. Maataloustuotannossa kannattavuutta on pyritty parantamaan tilakokoa kasvattamalla. Samalla on usein investoitu rohkeasti rakentamiseen ja koneisiin. Samaan aikaan maatalouden piirissä työskentelevien henkilöiden määrä vähenee, ja automaatiota on pyritty hyödyntämään, jotta selvittäisiin kasvaneesta työtaakasta. Suomalaisilta raaka-aineilta on määrällisten tavoitteiden lisäksi perinteisesti vaadittu myös korkeaa laatua. Jo lähitulevaisuuden raaka-ainekaupassa on tärkeää, että tuottaja pystyy osoittamaan ostajalle ja lopputuotteen kuluttajalle raaka-aineiden alkuperän ja tuotantotavan ainakin tilan, mutta jopa pellon tai eläimen tarkkuudella. Tuotantoprosessin osalta myös viljelijöillä itsellään on tarve saada parempi käsitys maatalan potentiaalista ja nykyisestä tilanteesta mahdollisuuksiin nähden (Pesonen ym. 2007). Myös pelto- ja eläinlaitoksen palautteen saaminen tehdyistä panostuksista on tärkeää. Tällaisessa tilanteessa maatilayrityksen henkinen pääoma ja pidentynyt viljelijän päivittäinen työaika ovat muodostuvat tuotannon tekijöistä kriittisiksi maatalan menestystä uhkaaviksi tekijöiksi. Tiedon- ja asianhallinnan automatisointi ja osittainen ulkoistaminenkin on välttämätöntä viljelijän henkisen kuormittumisen vähentämiseksi (Suutarinen 2003).

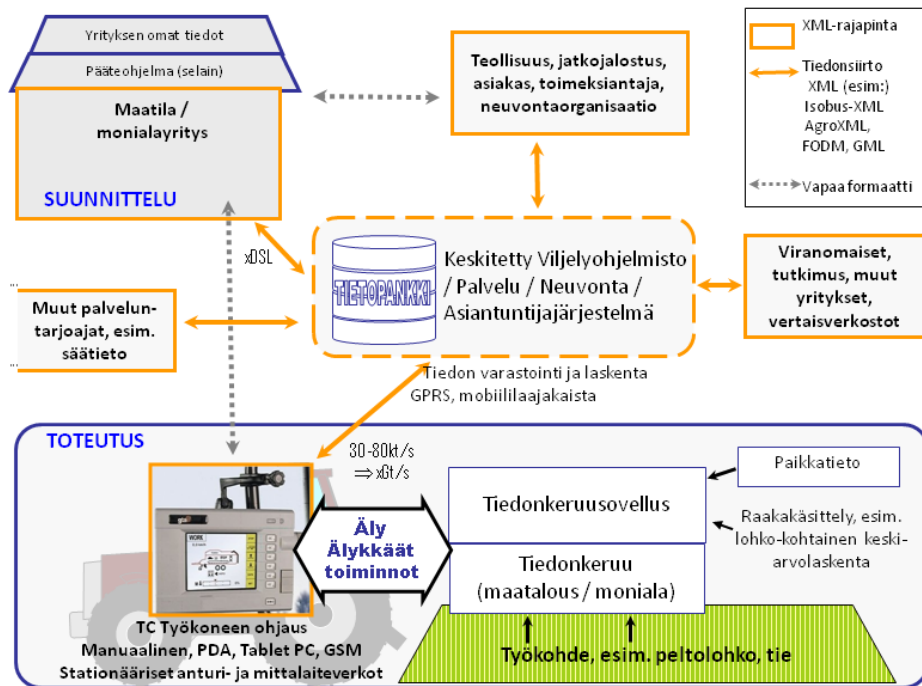
Lisääntynyt koneautomaatio ja tietotekniikan käyttö muun muassa kirjanpidossa ovat tuoneet haasteen maatalan koneiden ja laitteiden väliselle tiedonsiirrolle. Järjestelmien yhteensopivuusongelmat katsotaankin yhdeksi esimerkiksi täsmäviljelyn yleistymistä hidastavaksi tekijäksi (Fountas ym. 2004, Pesonen ym. 2008, Lawson ym. 2011). Yksi tiedonhallinnalle asetetuista vaatimuksista on ajasta ja paikasta riippumaton pääsy tuotantoprosessin ohjaukseen. Viljelijän työ on pääosin liikkuvaa, ja monet päätökset tehdään tilan toimiston ulkopuolella pelto- tai kotieläintöiden lomassa. Tiedonhallintajärjestelmän täytyy laitteineen ja käyttöliittymineen olla asia- ja työyhteyteen sopiva ja ottaa huomioon käyttötilanne. Havainnot täytyy pystyä kirjaamaan muistiin nopeasti ja helposti, ja tilan tietojen kokoamisen ja raportoinnin eri tahoille tulee sujua vaivattomasti. (Pesonen ym. 2007).

Menetelmät

MTT:n CropInfra –hankkeessa tutkittiin ja kehitettiin edelleen aiemmissä tutkimushankkeissa tuotettuja tiedonhallinnan konsepteja uudeksi, käytäntölähtöiseksi kasvintuotannon tuotanto- ja tiedonhallintainfrastruktuuriksi systeemijärjestelyyn perustuen ja hyödyntäen systeemianalyysia kehittämisen eri osa-alueilla. Hankkeen konkreettisena pilottina ja kehitetyn järjestelmäkonseptin validointina MTT Vakolan maatilalle Vihtiin rakennettiin uusi tiedonhallintainfrastruktuuri instrumentoimalla maatalan nykyiset pellot ja kalusto tarvittavilla tiedonkeruu- ja siirto- ja varastointilaitteistoilla. Infrastruktuurin yksityiskohtien määrittelyissä ja käytettävien teknologioiden valinnassa on käytetty hyväksi muun muassa muiden MTT:n tutkimusten ja tutkimusryhmien tutkimustapauksia, kuten hiilijalanjäljen tai ympäristövaikutusten laskentaa maataloustuotteille tai tuotantotavalle. Tutkimustapausten avulla on määritetty todellisia tulevaisuuden maatalan kannalta tärkeitä toiminnallisia tarpeita ja demonstroitu vastaavia ratkaisuja.

Maatalan tuotanto- ja tiedonhallinta infrastruktuurin uudet osat

Uudet Internet-tekniikan, paikkatietotekniikoiden, mobiiliautomaation, langattomien mitta- ja tiedonsiirtoverkkojen sekä mobiiliviestinnän ratkaisut tarjoavat lupaavia mahdollisuuksia tuotannon tehostamiseen. Yhteispuhjoismaisessa InfoXT –hankkeessa kehitettiin konsepti maatalan tiedonhallinnan järjestelmäksi (Kuva 1), jossa järjestelmän ytimessä on Internet-palvelin, joka mahdollistaa sujuvan tietovirran maatalan toimintaverkostossa käsittäen tuotantoprosessin, ympäristöhavainnot, maatalan suunnittelun ja johtamisen, linkittymisen elintarvikeketjuun, maataloushallintoon, tutkimustietoon, neuvontapalveluihin ja vertaisverkostoihin (Nikkilä ym. 2010, Pesonen ym. 2008). Konseptia kehitettiin edelleen FutureFarm EU-hankkeessa (2008-2011, Sørensen ym. 2010a). Ehdotettu maatalan tiedonhallintajärjestelmä on palveluperustainen (SOA, Service Oriented Architecture) järjestelmä. Järjestelmä käsittää Internet-palvelimen lisäksi paikkatietokannan, tietokannan muille tilatiedoille, liikkuvan laajakaistan modeemeineen, sekä liikkuvat ja stationääriset tiedonkeruuyksiköt mittaustantureineen muokkaukseen, kylvöön, lannoitukseen, kasvinsuojeluun, sadonkorjuuseen ja maatalakohtaista ympäristötiedon hallintaan.



Kuva 1. Maatilan SOA-perustaisen tiedonhallinnan toiminnallinen arkkitehtuuri (Lähde: Pesonen ym. 2008).

Konseptin mukaisessa CropInfra infrastruktuurissa viljelykalustoon liitetään Internet-pohjainen avustava tiedonhallinnan palvelukerros. Palvelukerroksen tehtävänä on yksinkertaistaa viljelykaluston käyttöä ja huoltoa sekä tuoda reaaliaikaista avusteisuutta viljelijän päätöksentekoon riippumatta siitä, työskennelläänkö toimistossa, pellolla, varastossa, tai etätyönä tilan ulkopuolelta. CropInfra:n tiedonhallinnan palvelukerros jakaantuu useaan eri osaan (Kuva 2), joista ensimmäinen koostuu tyypillisesti viljelykaluston kuten traktorin ja työkoneen sisältämistä mittausantureista. Standardoiduilla väyläratkaisuilla ja rajapinnoilla, kuten ISOBUS (ISO 11783 standardi) pyritään luomaan yhteensopivuus eri työkoneiden ja traktoreiden välille (Suomi ym. 2006) sekä hyödyntää niiden sisältämien antureiden tuottamaa tietoa tehokkaasti. Mittaustietoa tuottavat tässä palvelukerroksessa esimerkiksi GPS sekä työkoneen asentoa, työkoneeseen kohdistuvia voimia, akseleiden pyörimistä ja polttoaineenkulutusta mittaavat anturit.

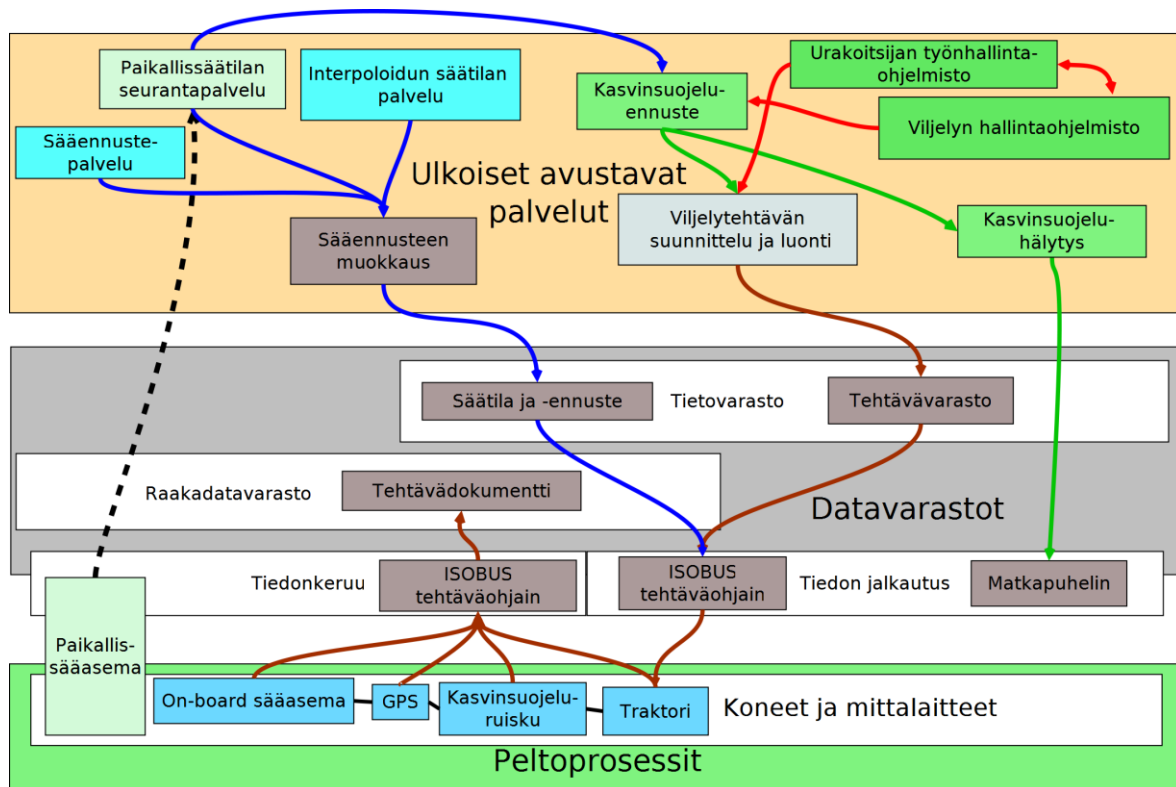
Lisäksi tähän palvelukerrokseen kuuluvat mahdolliset kiinteät mittalaitteet kuten sääasemat ja maaperän ominaisuuksia ja valumavesien laatua mittaavat anturit (Kotamäki ym. 2009, Thessler ym. 2011). Kaluston automaation taso on maatilan tarpeiden mukainen. Väyläratkaisu traktorin ja työkoneen välillä luo aivan uuden mahdollisuuden toteuttaa toimintoja työkoneyhdistelmiin. Työkoneen on mahdollista käskyttää traktoria; pyytää tarvittaessa hydraulikkaa tai jopa ohjata traktorin nopeutta työn aikana. Näitä ominaisuuksia voidaan hyödyntää uusissa automaattisissa toiminnoissa kuten päis-teautomatiikassa ja työsyvyyden säädössä (Suomi ym. 2009). Tämän lisäksi työkoneyksikössä voi olla työympäristötietoa hyödyntäviä, kuljettajaa avustavia ominaisuuksia. Traktorin ohjaamosta on mahdollista tehdä älykäs työympäristö, jossa järjestelmä esimerkiksi varoittaa kuljettajaa vaaratilanteista. Työkoneyksikön on mahdollista kommunikoida ulkopuolisten tietojärjestelmien kanssa langattomasti, joten älykäs työympäristö ulottuu työkonetta laajemmalle.

Kaluston anturikerroksen päällä on tiedonkeruukerros, joka kokoaa antureiden mittaustiedot ja välittää ne edelleen raakadatatavarastoon Internet -palvelimelle. Tämän kerroksen laitteet voidaan myös valjastaa toimimaan ohjeiden välittäjänä takaisin päin kalustolle. Tästä on esimerkkinä ISOBUS -tehtävöhojain. Viljelyn prosessidatan keruu ja tallentaminen datavarastoon tulevia käyttötarpeita var-

ten käy automaattisesti työn ohessa. Viljelyn prosessidata käsittää muun muassa laitteita kuvaavaa dataa, paikkakohtaista mittausdataa sekä laitteiden asetusarvokäskyjä.

Kerättyä raakadataa jatkojalostetaan useiden erilaisten viljelijää avustavien Internet -palvelujen tarpeisiin. Viljelijää avustavat palvelut perustuvat erilaisiin tieto- ja tietämismalleihin, jotka yhdistelevät maatilakohtaista ja maatalan ulkopuolista tietoa, kuten toimialan sääntöjä, alueellista ympäristödataa, tutkimustietoa ja markkinatilannetietoja. Jotta palvelujen tuottaminen täysin automaattisesti olisi mahdollista, tulisi kaikki niiden tarvitsema tietämys olla konekielistä. Esimerkkeinä viljelijää avustavista jopa reaaliaikaisista palveluista ovat esimerkiksi ennustepalvelut ja hälytykset vaikkapa säätilaa, kasvitautiluiskun tankkausohjeita, logistiikkaa ja varastoja koskien.

Raaka-datasta edelleen jalostettu sekä palveluiden tuottama tieto, kuten työohjeet kalustolle sekä erilaiset ennusteet tallennetaan palvelukerroksen tietovarastoon, käytettäväksi edelleen eri sovelluksissa ja eri työtilanteissa. Kerätyt tiedot hyödyttävät sekä viljelyn suunnittelua että raportointia hallinnolle tai tuotteiden ostajalle. Tarvittaessa tiedot palvelevat myös tuotteen jäljitettävyyttä esimerkiksi ruokakriisitilanteissa. Palvelukerroksen eri osat vaihtavat dataa keskenään avointen tiedonsiirtorajapintojen kautta, ja kukin osapalvelu voi olla eri toimittajan tarjoamaa. Näin CropInfra tukee elintarviketietojen ja niiden arvoketjujen muuntumista tasa-arvoisiksi, kaikkien osapuolien liiketoimintaa tukeviksi verkostoiksi. Kuvassa 2 EnviSense -hankkeen (20010-2012) kasvitautiennustepalvelu on toteutettu uuden infrastruktuurin mukaisesti.

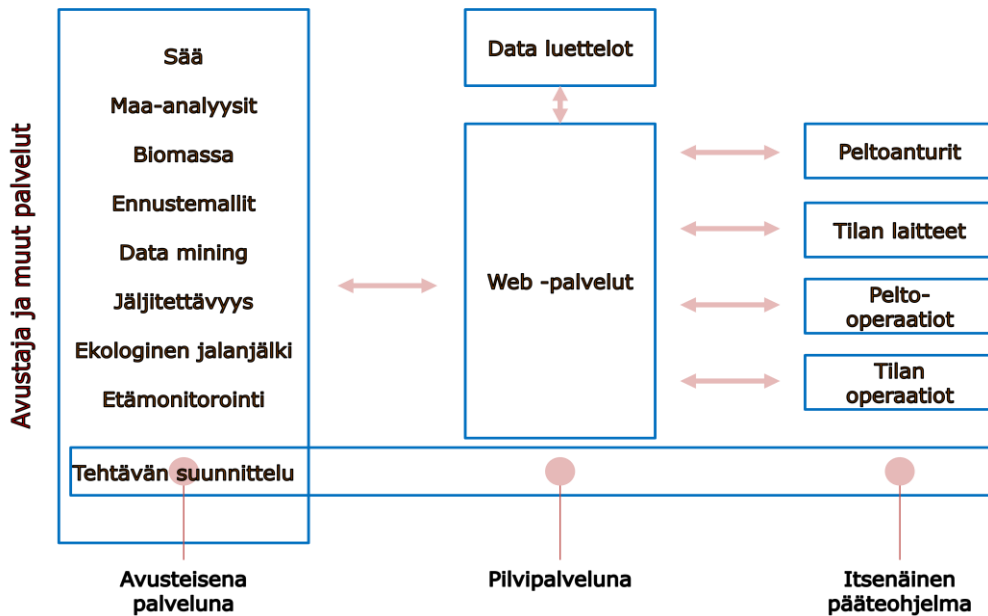


Kuva 2. CropInfra palvelukerroksen osat, johon on sijoitettu EnviSense hankkeessa kehitetyn kasvitautiennustepalvelun osat.

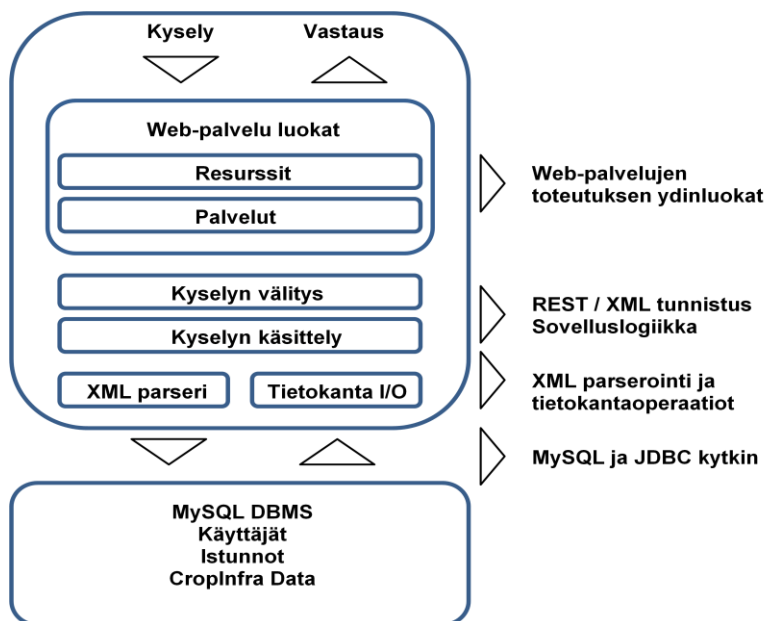
CropInfra pilvipalvelu

Edellä kuvatun mukainen infrastruktuuri rakennettiin MTT Vakolan maatilalle Vihtiin vuosina 2009-2011). Vähitellen maatalan nykyiset pellot ja kalusto instrumentoitiin tarvittavilla tiedonkeruu- ja siirto- ja varastointilaitteistoilla, ja CropInfra palvelukerrosten toiminnot linkitettiin keskenään SOA-perustaisena ns. pilvipalveluna (Kuva 3). Palvelukokonaisuus muuntuu maatalan tarpeiden mukaan, esimerkiksi töiden ulkoistamisen, kausisesonkien, tuotantos suunnan vaihtamisen tai asiakkaiden vaatimusten mukaan. Toteutus MTT:llä perustuu REST ohjelmistoarkkitehtuuriin, jossa sovelletaan myös joitain SOAP-ominaisuuksia (Simple Object Access Protocol) (Kuva 4). Arkkitehtuuri mahdollistaa

avointen REST (Representational State Transfer) web-palvelujen toteutuksen, samoin kuin monimutkaisempien XML-perustaisten sovellusten toteutuksen palvelujen väliseen tiedonsiirtoon ja vuorovaihtukseen. Viljelyprosessien monitorointiin esimerkiksi ISOBUS tehtävöohjaimen ja CropInfra web-palvelimen välillä käytetään UDP (User Datagram Protocol) rajapintaa. Tehtävien lataaminen tehtävöohjaimelle tapahtuu web-palvelurajapinnan kautta. CropInfra -hankkeessa rakennettu infrastruktuuri on luonteeltaan alati päivittyvä, ja se palvelee tutkimus- ja pilotointialustana erilaisissa kansallisissa ja kansainvälisissä yhteistyöprojekteissa useiden tutkimusryhmien ja yritysten kanssa.



Kuva 3. CropInfra palvelujen keskinäinen linkittyminen. Tarvittavat palvelut muuntuvat maatalan tarpeiden mukaan.



Kuva 4. MTT:n CropInfra-alustan pilvipalvelujen toteutus perustuu REST ohjelmistoarkkitehtuuriin.

Jatkuva kehittäminen käyttäjälähtöisesti

FutureFarm projektissa laadittiin tietovirtamallit eri koneautomaatiota hyödyntäville täsmäviljelyn peltotöille viljelijän näkökulmasta (Sørensen ym. 2010). Malleista voitiin tunnistaa käyttäjälähtöisen maatalan tiedonhallintajärjestelmän keskeiset komponentit ja toiminnot. Keskeisiä toiminnallisia vaatimuksia, jotka myös CropInfra kehittämisessä otetaan huomioon ovat: 1) yksinkertaiset käyttöliittymät, 2) automatisoitu ja helppokäyttöinen tiedonkäsittely, 3) järjestelmän täysin käyttäjän hallinnassa, 4) sääntöperustaisen tietämyksen liittäminen järjestelmään, 5) paikallisiin olosuhteisiin sopeutuva, 6) saumaton liittyminen ja yhteensopivuus muiden ohjelmistojen kanssa käyttäen avoimia standardeja, rajapintoja ja protokollia, 7) skaalautuvuus, 8) meta-tietoon perustuva datanvaihto 9) hinnaltaan edulliset toteutukset (Sørensen ym. 2011). Ehdotettu maatalan tiedonhallintajärjestelmä on useista eri järjestelmistä koostuva SOA-perustainen järjestelmä, ja sen rakenteen tulee kyetä mukautumaan viljelijän käyttötapausten tarpeisiin. Tällöin rakennetta määräävinä tekijöinä ovat tapauskohtaiset tietotarpeet, saatavilla olevat tietolähteet, saatavilla olevat soveltuvat palvelut, sovellusten ja palvelujen väliset rajapintakuvaukset sekä sovellusten, palvelujen ja niiden rajapintojen taustalla olevat liiketoimintamallit. Hajautetun arkkitehtuurin kustannustehokas toteutus edellyttää tehokasta datansiirtoa järjestelmien välillä sekä sovitun yhteisen sanaston.

Johtopäätökset

Uusi konsepti kasvinviljelytilan tuotanto- ja tiedonhallinnan infrastruktuuriksi palvelee nykyistä paremmin viljelijän arkea ja kestävästi tehostetun ruoantuotannon tarpeita. Uuteen teknologiaan nojautuvat sovellukset voivat tarjota tulevaisuudessa viljelijälle monenlaisia avustavia toimintoja. Järjestelmän ytimenä on Internet -palvelin, jonka kautta toimitetaan tietoa keskitettyyn maatalan tietokantaan ja haetaan sitä sieltä. Tietokantaan voidaan olla yhteydessä sekä kiinteän että langattoman teknologian avulla. Viljelijän liikkuvaa työtä palvelevat hyvin erityisesti liikkuvat langattomat tietoliikenneyhteydet. Näiden teknologioiden avulla järjestelmän voidaan rakentaa sellaisia toiminnallisia ominaisuuksia, että esimerkiksi traktori-kylvölannoitinyhdistelmä kerää työn aikana automaattisesti tietoa lannoituksen ja kylvön paikkakohtaisesta toteutumisesta ja lähettää sen reaaliaikaisesti suoraan pellolta maatalan tietokantaan. Kun viljelijä myöhemmin työstää toimistopöytänsä ääressä raporttia suoritetuista kylvöistä, järjestelmän lohkokirjanpitosovellus hakee kylvön suoritustiedot maatalan tietokannasta. Järjestelmästä viljelijällä on vaivaton kommunikointi- ja tiedonsiirtovalmius panos- ja jalostusteollisuuteen, markkinoihin, kuluttajiin, tutkimukseen, valtion- ja aluehallintoon, viljelyneuvontaan ja muihin viljelijöihin. Tulevaisuuden maatala voi olla älykäs toimintaympäristö, kun uudet tieto- ja viestintäteknologiat valjastetaan tehostamaan muiden tuotannon tekijöiden käyttöä.

Kuvatun konseptin mukainen pilotti-infrastruktuuri CropInfra rakennettiin MTT Vakolan maatalalle Vihtiin vuosina (2009-2011), konseptin validointia ja jatkokehittelyä varten. Maatalan nykyiset pellot ja kalusto instrumentoitiin vähitellen tarvittavilla tiedonkeruu- ja siirto- ja varastointilaitteistoilla, ja CropInfra palvelukerrosten toiminnot linkitettiin keskenään SOA-perustaisena ns. pilvipalveluna. Kokemusten mukaan konseptin kehittämisen maatalousteknologisena haasteena on kehittää hyödylliset ratkaisut sekä ihmisen ja teknologian ja että biologian ja teknologian rajapintoihin. Ensin mainitussa korostuvat kehitettävien konseptien systeemikäytettävyys ja sovellusten käyttöliittymien käytettävyys. Toisessa haasteena on mittalaiteteknologian kehittäminen tuotantoprosessien ja ympäristön monitorointiin. On myös tarpeen hankkia syvempää tietämystä biologisista prosesseista, jotta kasvien, maaperän ja eläinten hyvinvointia osataan paremmin vaalia. Järjestelmien tulee lisäksi olla luotettavia ja kustannustehokkaita saavuttaakseen laajan hyväksynnän käyttäjien keskuudessa.

Pilvipalveluihin perustuvaan maatalan tiedonhallintajärjestelmään sisältyy myös muun muassa seuraavia riskejä:

- 1) Suorituskykyyn ja saatavuuteen liittyvät riskit, erityisesti riittävän tehokkaat Internet -yhteydet.
- 2) Yhteensopivuuden riskit, erityisesti varajärjestelmien suhteen, mikäli maatalalle tärkeä palvelu muuttuu.
- 3) Sopimusriskit esimerkiksi siitä, kuka omistaa tiedot, tai mitä tapahtuu jos yksittäinen palveluntarjoaja poistuu markkinoilta.

Tulevaisuuden Internetin tutkimuksessa pyritään löytämään standardoituja ratkaisuja muun muassa näihin ongelmiin.

Kirjallisuus

- Fountas, S., Ess, D., Sorensen, C.G., Hawkins, S., Pedersen, H.H., Blackmore, S. & Lowenberg-Deboer, J.** 2004. Farmer experience with precision agriculture in Denmark and US Eastern Corn Belt. *Precision Agriculture* 5, 1–21.
- Kotamäki, N., Thessler, S., Koskiahio, J., Hannukkala, A.O., Huitu, H., Huttula, T., Havento, J. & Järvenpää, M.** 2009. Wireless in-situ sensor network for agriculture and water monitoring on a river basin scale in Southern Finland: evaluation from a data user's perspective. *Sensors* 9, 4: 2862-2883. doi:10.3390/s90402862
- Lawson, L. G., Pedersen, S. M., Sørensen, C. G., Pesonen, L., Fountas, S., Werner, A., Oudshoorn, F. W., Herold, L., Chatzinikos, T., Kirketerp, I. M. & Blackmore, S.** 2011. A four nation survey of farm information management and advanced farming systems: A descriptive analysis of survey responses. *Computers and Electronics in Agriculture* 77, 1: 7-20. doi: 10.1016/j.compag.2011.03.002
- Nikkilä, R., Seilonen, I. & Koskinen, K.** 2010. Software Architecture for Farm Management Information Systems in Precision Agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*. Volume 70 (2), 328-336.
- Pesonen, L., Nurkka, P., Norros, L., Taulavuori, T., Virolainen, V., Kaivosoja, J., Mattila, T. & Suutarinen, J.** 2007. Kasvinviljelyn asianhallintajärjestelmän käyttäjäkeskeinen kehittäminen. *Maa- ja elintarviketalous* 97: 103 p.
- Pesonen, L., Koskinen, H. & Rydberg, A. (toim.)** 2008. InfoXT - User-centric mobile information management in automated plant production: recommendations and guidelines for a novel, intelligent, integrated information and decision support framework for planning and control of mobile working units. 105 p. (Nordic Innovation Centre). (Final Report).
- Sørensen, C.G., Pesonen, L., Bochtis, D.D., Vougioukas, S.G. & Suomi, P.** 2011. Functional requirements for a future farm management information system. *Computers and Electronics in Agriculture* 76, 2: 266-276. doi:10.1016/j.compag.2011.02.005
- Sørensen, C.G., Fountas, S., Nash, E., Pesonen, L., Bochtis, D., Pedersen, S.M., Basso, B. & Blackmore, S.B.** 2010a. Conceptual model of a future farm management information system. *Computers and electronics in agriculture* 72, 1: 37-47. doi:10.1016/j.compag.2010.02.003
- Sørensen, C. G., Pesonen, L., Fountas, S., Suomi, P., Bochtis, D., Bildsøe, P. & Pedersen, S. M.** 2010b. A user-centric approach for information modelling in arable farming. *Computers and electronics in agriculture* 73, 1: 44-55. doi:10.1016/j.compag.2010.04.003
- Suomi, P., Pesonen, L., Kaivosoja, J., Haapala, H., Oksanen, T., Öhman, M., Miettinen, M. & Visala, A.** 2006. AGRIX-järjestelmä : älyä, automaatiota ja tehokkuutta kasvintuotantoon. In: Toim. Anneli Hopponen. *Maataloustieteen Päivät 2006, 11.-12.1.2006 Viikki, Helsinki* : [esitelmä ja posterilyhennelmät]. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote 21: 7 p.
- Suomi, P., Oksanen, T., Ojanen, A., Kalmari, J., Linkolehto, R. & Teye, F.** 2009. Automatic working depth control for seed drill using ISO 11783 compatible tractor. In: Edited by E.J. van Henten, D. Goense and C. Lokhorst. *Precision agriculture '09*. Wageningen: Wageningen Academic Publishers. p. 683-690.
- Suutarinen, J.** 2003. Occupational Accidents in Finnish Agriculture - Causality and Managerial Aspects for Prevention. *Agrifood Research Reports* 39: 75 s.+ liitteet. (Doctoral Dissertation). <http://www.mtt.fi/met/pdf/met39.pdf> Verkkojulkaisu päivitetty 28.11.2003
- Thessler, S., Kooistra, L., Teye, F., Huitu, H. & Bregt, A. K.** 2011. Geosensors support crop production : current applications and users requirements. *Sensors* 11, 7: 6656-6684. doi: 10.3390/s110706656