

VÄLIRAPORTTI

1 Toteuttajan nimi

Antti-Teollisuus Oy

2 Hankkeen nimi ja hanketunnus

Viljankuivaamon kosteudenpoistoprosessin, energiankäytön ja ohjauksen kehittäminen

Hankenumero: 33934

3 Yhteenveto hankkeesta

Hankkeen tavoitteena on vähentää kuivaajan energiankulutusta, tarkentaa kuivaajan kuivausprosessia sekä parantaa sen tarkkuutta, täten mahdollistaen luotettavan automaation käytön. Tavoitteena on lisäksi parantaa kuivausprosessin seurantaa ja viljankuivaajan käytettävyyttä hyödyntämällä etäseurantatyökalua.

Hankkeessa tullaan kehittämään viljankuivaamon kosteudenpoistoprosessia, energiankäyttöä sekä siihen liittyvää ohjausta. Työ pyrkii ratkaisemaan viljankuivausprosessin tunnettuja ongelmia. Ongelmia aiheuttavat kuivattavan viljan/kasvin ja ympäristön olosuhteiden vaihtelut sekä kuivausprosessin ohjausarvoissa olevat epätarkkuudet. Hanke tuo yhteen alan toimijoita, tutkijoita ja käyttäjiä parhaimpien tulosten saavuttamiseksi. Hankkeessa seurataan muun muassa käytettävän energian määrää ja kuivaukseen kuluva aikaa. Hankkeesta julkaistaan väliraportti 2018 alussa ja loppuraportti tullaan julkaisemaan 2019 keväällä. Raportti julkaistaan myös eurooppalaisen innovaatiokumppanuuden verkoston kautta.

Kohderyhmänä hankkeelle ovat ensisijaisesti maatilat jotka voivat tulevaisuudessa hyödyntää hankkeessa kehitettyä viljankuivaamon kosteudenpoistoprosessin ohjausta. Maatilat saavuttavat paremman kosteudenpoistoprosessin avulla kustannussäästöjä sekä laadullisia hyötyjä. Muita kohderyhmiä ovat viljaa kuivaava teollisuus. Välillisenä kohderyhmänä on elintarviketeollisuus ja muu jalostava teollisuus saadessaan parempilaatuista raaka-ainetta maataloilta.

4 Raportti

4.1 Hankkeen tavoitteet

a. Ylemmän tason tavoitteet, joiden osa hanke on

Hankkeen ylemmän tason tavoitteena on lisätä alkutuotannon tuottavuutta ja tehokkuutta, sekä parantaa toiminnan kestävyyttä. Hankkeella tähdätään myös Sipilän hallituksen biotalouteen liittyvää kärkihankkeen tavoitteeseen lisätä uusiutuvan energian käyttöä ja kehittää suomalaista ruoantuotantoa kannattavamiksi. Hanke on myös osa digitalisaatiota, jolla lisätään älyä ja automaatiota ruoantuotantoketjuun.

b. Hankkeen tavoitteet

Hankkeen päätavoitteena on kehittää viljan ja muiden kuivaamossa kuivattavien kasvien kuivausprosessista nykyistä tehokkaampi. Tämä toteutetaan rakentamalla pilottikuivaajaan tarkka kosteudenmittauslaitteisto ja siihen liittyvä logiikka, joka on integroitu kuivaajan prosessinohjaukseen ja biolämpölaitokseen. Laitteistolla

on tavoitteena saavuttaa hankkeen aikana kuivausprosessiin seuraavia hyötyjä (hyödyt ja säästökohteet on ilmoitettu suluissa):

- Vähennetään kuivaajan energiankulutusta. (lämpöenergia, sähkö, raha)
- Tarkennetaan kuivattujen viljaerien loppukosteutta. Ei ylikuivausta, eikä uudelleen kuivausta. (sähkö, lämpö, raha, aika)
- Luotettavan loppukosteuden mittauksen ja ohjauksen avulla mahdollistetaan eränvaihtoautomaatiikan käyttö ilman valvontaa, koska erän loppukosteutta ei tarvitse mitata manuaalisesti. (aika, raha, työolosuhteet)
- Kuivaamon ohjaus rakennetaan tukemaan tarkennettua kuivausprosessin ohjausta. (käytön edellytys)
- Mahdollistetaan kuivauserän sisällä olevien kosteuserojen tasaaminen kuivauksen aikana esimerkiksi kiertoa hidastamalla. (laatu)
- Pilvipalvelun avulla kuivaamon seuranta saadaan kustannustehokkaasti ja käyttöliittymästä riippumatta etäseurantaan. (seuranta, käytettävyyys, aika)

4.2 Toteutus

a. Toimenpiteet

MTY Sippola on rakentanut uuden viljankuivaamon Vähäänkyröön (Vaasa). Projekti suunniteltiin alkavaksi loppuvuodesta 2016. Aikatauluun vaikuttivat kuitenkin tukihakemusten päätösten viivästymiset, minkä vuoksi rakennustyöt päästiin aloittamaan vasta tammikuussa 2017. Kuivaaja on alipainetekniikalla ja biolämmityksellä toteutettu Antti-Teollisuus Oy:n valmistama pakettikuivaamo. Kuivaajaan tulee taajuusmuuntimella säädettävät alipaineimurit ja syöttölaitteet. Jakolaitteissa käytetään sähköisiä jakajia ja kiinteitä putkivetoja, sekä siiloihin asennetaan automaation vaatimat pinta-anturit. Varastosiiilot on suunniteltu sopiviksi automaation hyödyntämiseen. Kuivaamosta, varastoista ja lämpökeskuksesta varastointeeseen tehtiin investointitukihakemus ELY-keskukselle.

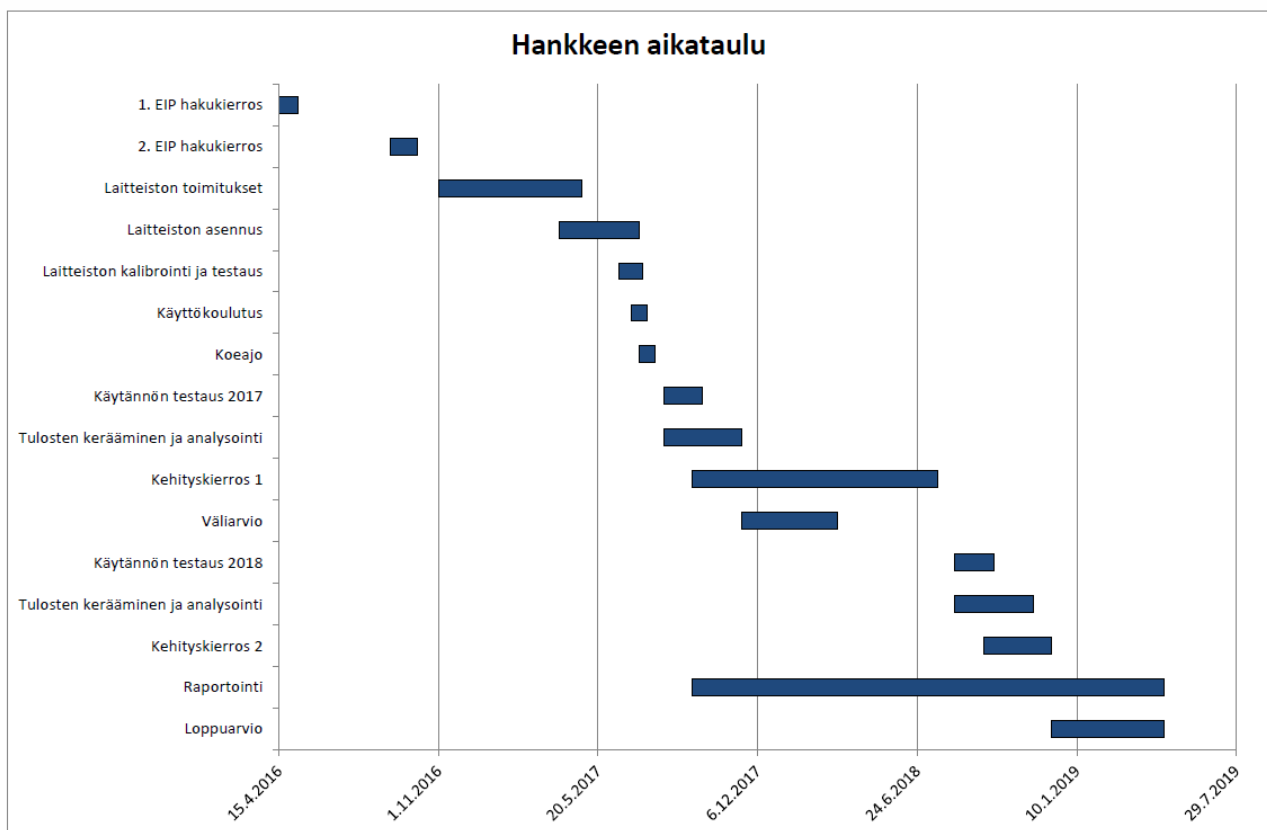
Edellä kuvatussa kuivaajassa on hankkeen aikana pilotoitu tehostettua kuivausprosessin ohjausta. Antti-Teollisuuden ja muiden yhteistyökumppaneiden kanssa kuivaajaa on asennettu uusi pilottiohjauskeskus logiikkoineen. Uuden ohjauksen avulla voidaan saavuttaa tarkempi kuivaajan ohjaus. Lisäksi varsinaiseen kuivaamokoneistoon on asennettu uudenlainen viljan kosteuden mittauslaitteisto. Kuivaamo on suunniteltu tekniikaltaan (ohjaus, lämmönlähde, toimilaitteet jne.) sellaiseksi, että siinä voidaan toteuttaa tarkka ja muuhun ohjaukseen integroitu kosteuden mittaus ja tarkennettu ohjaus. Alla on kuvattu tarkemmin hankkeessa tehty ja tulevan vuoden aikana tehtävät käytännön toimenpiteet aihealueittain:

1. Kuivausprosessin kehittäminen energiataloudellisemmaksi ja luotettavammaksi
 - Kuivausprosessin ohjaukseen käytettävään laitteistoon integroitu viljan kosteuden mittauslaitteisto on asennettu ja pilotoitu ensimmäisen sadonkorjuusesongin ajan.
 - Kosteuden mittauslaitteiston antamia tuloksia on verrattu manuaalimittauksiin kuivausprosessin eri vaiheessa.
 - Kosteuden mittauslaitteiston antamaa erän seurantatietoa (kuivauksen katkaisukosteutta) on verrattu perinteisen poistolämpötilaan perustuvaan mittaukseen erilaisilla eräkoilla, kuivauslämpötiloilla, ilmamäärillä ja viljalajeilla.
 - Eränvaihtoautomaatiikkaa on testattu simuloiden.
2. Kuivaajan ohjauksen ja käyttöliittymän kehittäminen siten että ensimmäisen kohdan tavoite on mahdollista toteuttaa.
 - Kosteudenmittauslaitteisto on integroitu kuivaajan ohjaukseen siten että mittaustietoa voidaan hyödyntää kuivausprosessin aikana prosessin ohjausarvojen säätämiseen.
 - Kuivausprosessin ohjauslogiikkaa ei ole vielä rakennettu siten että prosessia voidaan hallita tarkemmin. Kuivauksen ilmamäärää, lämpöä ja kiertoa ei vielä ohjata automaatiikalla kuivausvaiheen aikana.

- Ohjauksen uusi käyttöliittymä on työn alla Antti-Teollisuudella.
 - Biolämpölaitoksen ohjaus toimii riittävällä tarkkuustasolla
3. Pilvipalvelun hyödyntäminen kuivaajan etäseurannassa ja -hallinnassa - Biolämpölaitoksen käyttö tarkassa kuivausprosessissa
- Antti-Teollisuudella on toteutettu pilvipalvelu, jonka avulla kuivaajan toimintoja voidaan seurata etänä esimerkiksi mobiililaitteella. Pilvipalvelua ei ole testattu toistaiseksi kuivaajalla.
 - Paikallisesti kuivaajan WiFi-verkon kantaman sisällä kuivaajaa voidaan ohjata vakio-ohjauksen lisäksi millä tahansa mobiililaitteella.
 - Palvelun alustana käytetään (verkkosivua), jolloin sen ylläpitäminen on helpompaa ja laiteyhteensopivuus parempi kuin esimerkiksi mobiilisovelluksella.

b. Aikataulu

Alla on esitetty hankkeen aikataulu.



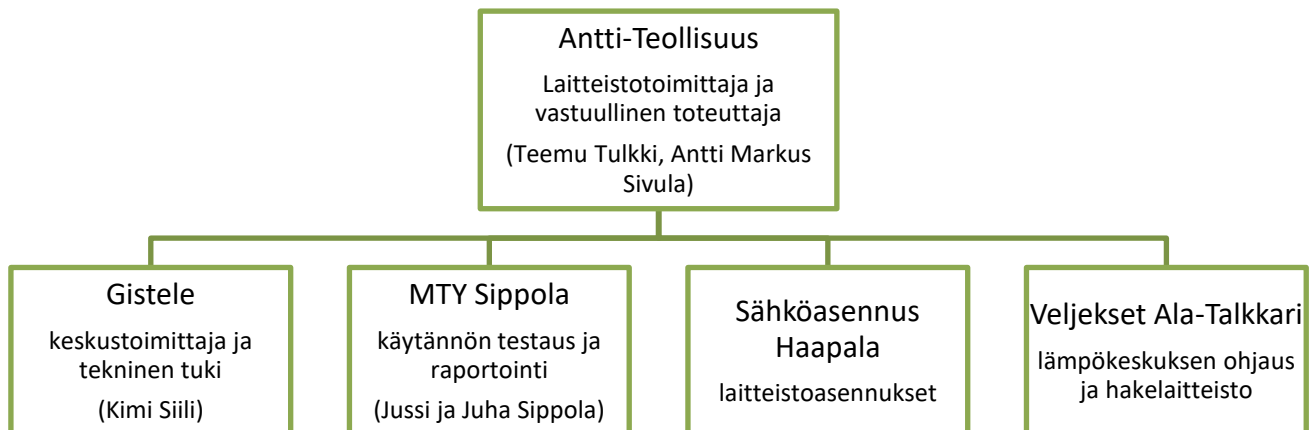
c. Resurssit

Kuivaajan teknologia- ja toimittajavalinnat on tehty sen mukaisesti, että hankkeen tavoitteet on mahdollista saavuttaa. Kuivaamon tekniikan toimittaa Antti-Teollisuus Oy, jolla on todettu olevan Suomen markkinoiden vahvin osaaminen hankkeen laitteiston toimittajana. Antti-Teollisuudella on ollut päävastuu uuden laitteiston toimittamisesta. Hankkeen sähköasennukset on tehty ostotyönä.

Kosteuden mittalaitteiston kehittämisessä on ollut mukana Antti-Teollisuuden kumppaneina muun muassa Helsingin yliopisto, tutkijoita ja eri laite- ja komponenttitoimittajia. Antti-Teollisuus vastaa hankkeeseen kuuluvan laitteiston kokonaisuudesta.

Viljelijät ja MTY Sippolan omistajat, Jussi ja Juha Sippola, ovat vastanneet käytännön testauksen järjestelyistä. He ovat antaneet palautetta ohjelmiston muutostarpeista ja tehneet kuivauskesänsä aikana seuranta.

d. Toteutuksen organisaatio



e. Kustannukset ja rahoitus

Alla on esitetty hankkeen hyväksytty kustannusarvio:

Kustannuslaji	Haettu euroa	Hyväksytty euroa
Palkat	38 780,00	10 608,00
Ostopalvelut	16 560,00	35 331,38
Muut välittömät kulut	4 700,00	2 000,00
Laskennalliset yleiskustannukset, 24 %	9 307,20	2 545,92
Kustannukset yhteensä	69 347,20	50 485,30
Kustannukset yht. vähennettynä tuloilla	69 347,20	50 485,30

Haettu yht.: 69 347,20

Hyväksytty yht.: 50 485,30

f. Raportointi ja seuranta

Raportoinnista ja seurannasta sesongin aikana vastasivat Juha ja Jussi Sippola. Seuranta suoritettiin täytön, kuivauksen ja tyhjäyksen aikana. Sen tarkoituksena oli havainnoida muun muassa kosteudenmittauslaitteiston toimintaa, käyttöliittymää, ohjelmassa olevia mahdollisia virheitä ja parannuskohteita. Seurannan aikana havainnoitiin ohjauksen herkkyyttä ajoarvojen muutoksille.

Valtaosa kuivauseristä käynnistettiin iltaisin, koska myöhäisen syksyn aamukaste tai edellisen yön sade pakotti odottamaan puinnin aloittamista myöhälle iltapäivään. Tällöin voitiin seurata järjestelmän herkkyyttä ulkolämpötilan muutoksiin.

Kuivauksen aikana kosteudenmittauslaitteiston antamaa kosteusarvoa verrattiin murskaavan Pfeuffer HE 50 kosteusmittarin antamiin tuloksiin. Tulokset kirjattiin ylös, ja niistä tehtiin vertailutaulukot. Mittaukset aloitettiin mittauslaitteen tehdaskalibrointiarvoilla. Myöhemmin lisättiin mahdollisuus asettaa kosteusarvolle kiinteä korjausluku. Korjausluvun käyttöä testattiin ja tehtiin parannusehdotuksia.

Alun perin suunnitelmissa oli, että manuaalisten mittausten lisäksi ohjauslogiikka kerää mittaustietoa syksyn 2017 aikana. Tiedon keräysjärjestelmää ei kuitenkaan saatu valmiiksi, joten kyseistä dataa ei saatu kerättyä.

Tehdyt havainnot ja saadut mittaustulokset vedettiin yhteen kevättalven 2018 aikana. Havainnoista tehtiin väliraportti, jonka perusteella tehdään vuoden 2018 kuivaussesonin toimintasuunnitelma.

g. Toteutusolehdut ja riskit

Syksyllä 2017 kuivaamo ja siihen liittövä EIP-hankkeen pilottilaitteisto saatiin käyttöön kesken sadonkorjuusesonin. Syksy oli säiden puolesta erittäin haasteellinen. Viljakasvustot olivat puitaessa poikkeuksellisen märkiä, ja osittain jopa keskeneräisiä kesän vähäisen lämpösumman vuoksi.

Kuivausajat olivat pitkiä, koska puidun viljan kosteus oli yli 30 %. Karkeasti laskettuna yhdestä kuivauserästä poistettiin vettä noin 8 tn. Myös lämmönlähteenä käytetty hake oli erittäin kostea, jolloin polttoaineesta ei saatu parasta mahdollista tehoa. Tehontarvetta lisäsivät myös myöhäisen syksyn kylmät yöt. Kuivausilmaa jouduttiin lämmittämään useana yönä alle 0-asteisesta ilmasta 75 asteeseen. Kuivaamossa ajettiin ensimmäisiä koeajoja 20.9.2017. Ensimmäisen viljaerän kuivaus käynnistettiin 23.9.

Kuivaamossa kuivattiin 2-tahoista ohraa, monitahoista ohraa, kauraa ja vehnää. Ajoittain jouduttiin kuivaamaan vajaita eriä, jolloin suljettiin lämpöisiä kennoja. Erityisesti vehnällä kuivauserät menivät kuivauksen aikana kasaan niin paljon, että automatiikka sulki lämpöisiä kennoja. Kuivaajaa ei saatu täytettyä aivan täyteen kuivaajan yläosassa oleva pinnan tasaajan asennusvirheen takia. Erityisesti märimmissä erissä kuivaajan täyttö jäi useita kuutioita vajaan. Olosuhteista riippuen kuivausilmamureiden imutehoa säädettiin useita kertoja. Vaihtelevat olosuhteet ja tehdyt säädöt olivat hyvää simulointia ja testausta, josta saatiin oppia muuttuville kuivausprosessin ajoarvoille.

Kuten jo ohjausryhmän palaverissa 7.9.2017 todettiin, sesonin 2017 ensisijaisena tavoitteena on saada järjestelmä käyttöön, että voidaan suorittaa havainnointia ja mittauksia. Saadun tiedon perusteella voidaan tarkentaa seuranta tavoitteita vuoden 2018 sesonin testauksille.

4.3 Yhteistyökumppanit

Kohdassa 4.2 d esitetyn toteutusorganisaation lisäksi hanketta tukee asiantunteva ohjausryhmä, joka koostuu alan huippuosaajista. Ohjausryhmään kuuluvat Antti-Teollisuus Oy:n ja Mty Sippolan edustajien lisäksi lehtori Timo Oksanen Aalto-Yliopiston Automaatio- ja systeemitekniikan laitokselta, Viikin opetus- ja tutkimustilan johtaja Tapani Jokiniemi Helsingin Yliopiston maataloustieteellisestä tiedekunnasta, Suunnittelupäällikkö Kimi Siili automaatiokeskuksia valmistavasta Gistele Oy:stä sekä Asiantuntija Lassi Hurskainen Hämeen ELY-keskuksesta.

4.4 Tulokset ja vaikutukset

Alle on kerätty keskeisimmät tulokset vuoden 2017 koekuivauksista.

a. Kosteudenmittauksen herkkyyden muuttuvaan ilmamäärään

Säädettäessä viljamassan läpi virtaavan kuivausilman ilmamäärää, muuttui poistokanavan lämpötila, koska ilma ei kyllästynyt yhtä kosteaksi kuin hitaampi ilmavirtaus. Täten myös lämpötila-anturiin perustuvan kuivauksen katkaisukosteus muuttui. Ilmamäärän muutos ei vaikuttanut syksyn seurannan perusteella kosteuden mittauksen antamiin arvoihin. Eli käytettäessä uutta kosteudenmittauslaitteistoa, mahdollistetaan ilmamäärän muutokset ilman että prosessin ohjaus häiriintyy.

b. Kosteudenmittauksen herkkyys muuttuvaan kuivauslämpötilaan

Muutettaessa kuivauslämpötilaa, muuttui poistokanavan lämpötila. Sen vuoksi poistolämpötilaan perustuva kuivauksen ohjaus häiriintyy kuivauslämpötilan muutoksista. Muutoksen voi aiheuttaa esimerkiksi muutokset ulkolämpötilassa tai polttoaineessa. Myös lämpölaitoksen ohjaustarkkuudella on vaikutusta lämpötilamuutosten suuruuteen. Lämpötilaa voi muuttaa myös käyttäjä esimerkiksi riippuen siitä kuivataanko viljasta eläinten rehua, vai siemen- tai mallasviljaa.

Käytettäessä suoraa viljan kosteudenmittausta kuivauksen ohjauksessa, voidaan välttää lämpötilamuutosten vaikutus kuivauksen katkaisukosteuteen.

c. Kosteudenmittauksen herkkyys lämpöisten kennojen sulkemiseen

Lämpöisten kennojen sulkeminen vaikuttaa kuivausprosessiin osittain samalla tavalla kuin kohdan a. ilmamäärän muutos. Kennojen sulkemisen jälkeen jokseenkin sama ilmamäärä kulkee pienemmän viljamassa läpi, jolloin se haihduttaa pienemmän vesimäärän. Pienemmän haihdutuksen vuoksi ilman lämpötila ei laske yhtä paljon, kuin isomman viljamassan läpi kulkiessaan.

Muuttuva poistolämpötila lisää kuivauksen ohjauksen epätarkkuutta samalla tavoin kuin kohdissa a. ja b. Tämäkään kuivausprosessin muutoksen ei todettu vaikuttavan suoraan viljan kosteudenmittaukseen. Uudella mittauksella voidaan kuivata vajaita eriä, ja hyödyntää automaattisesti sulkeutuvia lämpöisiä kennoja lisäämättä ohjauksen epätarkkuutta.

d. Kosteudenmittauksen tarkkuus

Kosteudenmittauksen vertailutulokset ovat alla olevassa taulukossa. Taulukossa kolmannessa sarakkeessa on kuivaajan mittauslaitteen antama tulos ja neljännessä sarakkeessa on murskaavan mittarin vastaavat tulokset. Sarakkeessa olevat punaiset mittaustulokset on tehty pikamittarilla, koska vilja oli niin kosteata, ettei murskaavaa mittari haluttu liata märällä näytteellä. Viimeisessä sarakkeessa on näkyvillä kuivaajan mittalaitteen virhe verrattuna murskaavaan mittariin.

Kuivaajan mittalaitteessa oli käytössä valmistajan alkuperäiset viljalajikohtaiset kalibrointiarvot. Mittaustuloksessa oli virhettä, mutta virheen suuruus pysyi erien välillä hyvin samanlaisena, kun verrattiin yhtä kosteita näytteitä. Virheen suuruus muuttui näytteen kosteuden mukaan.

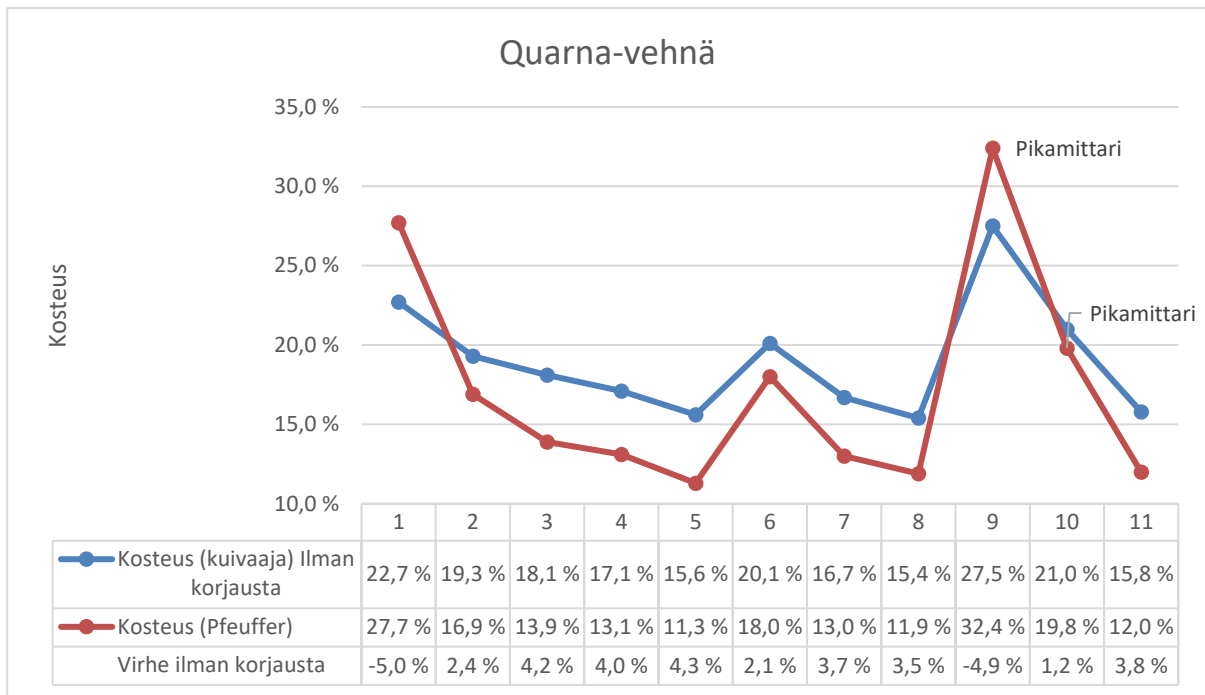
Jos tarkastellaan esimerkiksi mittauksia, jotka on tehty todelliselta kosteudeltaan noin 12 %:lle viljalle, voidaan havaita, että mittausrvirheen vaihtelu yhdellä viljalajilla on melko pientä.

	Lajike	Kosteus (kuivaaja) Ilman korjausta	Kosteus (Pfeuffer)	Virhe ilman korjausta
1	Streif-ohra	15,4 %	12,0 %	3,4 %
2	Streif-ohra	15,3 %	11,2 %	4,1 %
3	Streif-ohra	16,4 %	13,5 %	2,9 %
4	Streif-ohra	15,9 %	12,9 %	3,0 %
5	Streif-ohra	16,0 %	12,5 %	3,5 %
6	Streif-ohra	22,4 %	26,1 %	-3,7 %
7	Streif-ohra	15,9 %	11,4 %	4,5 %
8	Streif-ohra	15,8 %	12,1 %	3,7 %
9	Ragna-ohra	22,0 %	23,4 %	-1,4 %
10	Ragna-ohra	15,9 %	12,7 %	3,2 %
11	Ragna-ohra	16,4 %	11,8 %	4,6 %
12	Ragna-ohra	14,1 %	11,8 %	2,3 %
13	Ragna-ohra	15,6 %	11,1 %	4,5 %
14	Ragna-ohra	17,3 %	15,5 %	1,8 %
15	Ragna-ohra	15,6 %	11,9 %	3,7 %
16	Ragna-ohra	16,1 %	12,1 %	4,0 %
17	Ragna-ohra	15,4 %	10,6 %	4,8 %
18	Niklas-kaura	23,5 %	24,1 %	-0,6 %
19	Niklas-kaura	15,3 %	12,7 %	2,6 %
20	Niklas-kaura	14,3 %	11,8 %	2,5 %
21	Niklas-kaura	15,7 %	12,2 %	3,5 %
22	Niklas-kaura	18,0 %	14,0 %	4,0 %
23	Niklas-kaura	15,5 %	12,6 %	2,9 %
24	Quarna-vehnä	22,7 %	27,7 %	-5,0 %
25	Quarna-vehnä	19,3 %	16,9 %	2,4 %
26	Quarna-vehnä	18,1 %	13,9 %	4,2 %
27	Quarna-vehnä	17,1 %	13,1 %	4,0 %
28	Quarna-vehnä	15,6 %	11,3 %	4,3 %
29	Quarna-vehnä	20,1 %	18,0 %	2,1 %
30	Quarna-vehnä	16,7 %	13,0 %	3,7 %
31	Quarna-vehnä	15,4 %	11,9 %	3,5 %
32	Quarna-vehnä	27,5 %	32,4 %	-4,9 %
33	Quarna-vehnä	21,0 %	19,8 %	1,2 %
34	Quarna-vehnä	15,8 %	12,0 %	3,8 %

Taulukko 1 Kosteusmittaukset vs. kuivaajan mittari

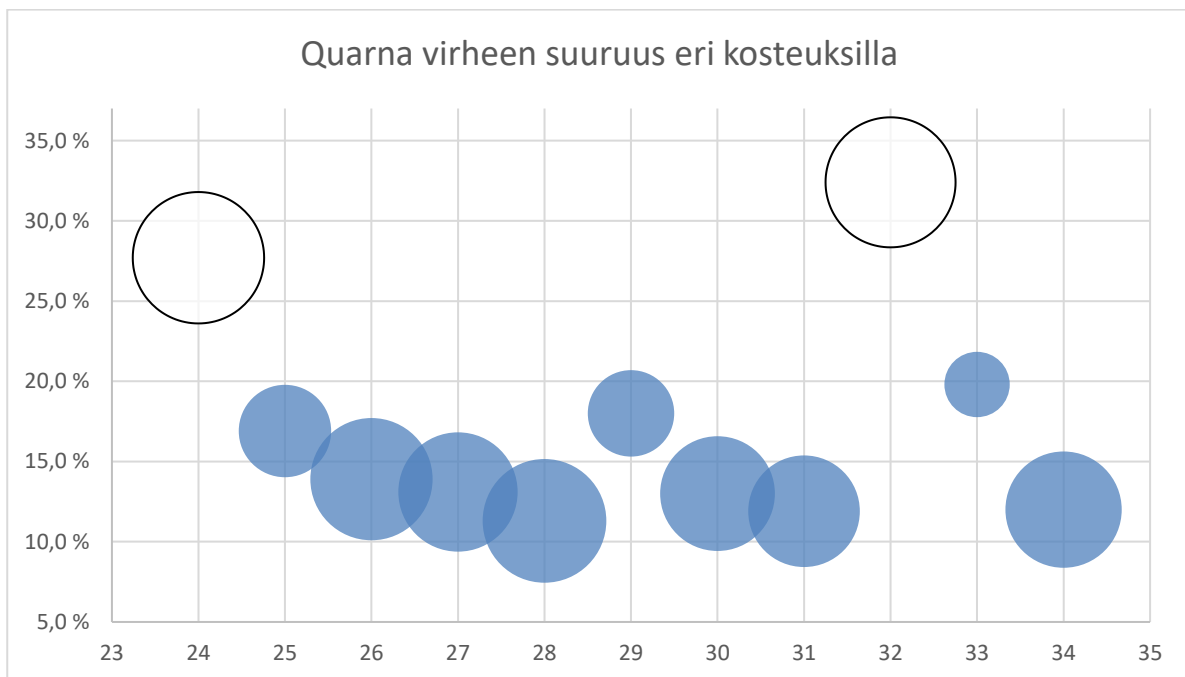
Virheen poistamiseksi ohjelmistoon lisättiin virheen korjausluku, jolla virhe voitiin periaatteessa nollata. Vakiokorjauksella ei kuitenkaan voitu poistaa virhe kuin rajatulla alueella, koska virheen suuruus vaihteli viljan kosteuden mukaan.

Alla oleva kuvaaja esittää vehnän kosteuden mittausvirhettä. Kuvaajasta on havaittavissa, että kuivaajan mittarin virheen koko ja suunta riippuu viljan kosteudesta. Kostealla viljalla kuivaajan mittari näyttää liian pientä arvoa, ja kuivalla viljalla mittari näyttää liian suurta arvoa.



Kuva 1 Vehnän kosteuden mittaustulokset

Kun samasta mittausdatasta tehdään pallokaavio, jossa pallon suuruus kuvaa virheen suuruutta ja pallon sijainti Y-akselilla kosteutta, voidaan nähdä virheen muutokset kosteuden mukaan. Valkoiset pallot kuvaavat negatiivista virhettä ja siniset pallot positiivista virhettä.



Kuva 2 Virheen suuruus vs. kosteus

Kuvaajista voidaan päätellä, että vakiokorjauksella ei mittausta saada tarkaksi koko mittausalueella. Todennäköisesti korjauskertoimena olisi hyvä käyttää esimerkiksi toisen asteen yhtälöä.

5 Esitykset jatkotoimenpiteiksi

Tulevalle syksylle 2018 esitetään seuraavia toimenpiteitä:

- Tehdään kosteudenmittauksen vertailumittauksia
- Arvioidaan ilmamäärän, tulolämmön ja poistolämmön perusteella energiamäärää, ja arvioidaan uudella järjestelmällä saavutettavissa olevaa energian säästöpotentiaalia
- Testataan etäseurantaa
- Pilotoidaan muuttuvien ajoarvojen (esim. lämpö, ilmamäärä, kierrätys) käyttöä
- Otetaan uusi käyttöliittymä käyttöön

6 Allekirjoittajat ja päiväys

Isokyrö 30.4.2018



Juha Sippola

MTY Sippola