

LOPPURAPORTTI

1 Toteuttajan nimi

Antti-Teollisuus Oy

2 Hankkeen nimi ja hanketunnus

Viljankuivaamon kosteudenpoistoprosessin, energiankäytön ja ohjauksen kehittäminen

Hankenumero: 33934

3 Yhteenveto hankkeesta

Hankkeen tavoitteena oli tehostaa kuivaajan energiankulutusta ja tarkentaa kuivaajan kuivausprosessia täten mahdollistaen luotettavan automaation käytön. Tavoitteena oli lisäksi parantaa kuivausprosessin seurantaa ja viljankuivaajan käytettävyyttä hyödyntämällä etäseurantatyökalua.

Hankkeessa pilotoitiin viljankuivaamon kosteudenpoistoprosessia, energiankäyttöä sekä siihen liittyvää ohjausta. Työ pyrki ratkaisemaan viljankuivausprosessin tunnettuja ongelmia. Ongelmia aiheuttavat kuivattavan viljan/kasvin ja ympäristön olosuhteiden vaihtelut sekä kuivausprosessin ohjausarvoissa olevat epätarkkuudet. Hanke toi yhteen alan toimijoita, tutkijoita ja käyttäjiä parhaimpien tulosten saavuttamiseksi. Hankkeessa seurattiin muun muassa käytettävän energian määrää ja kuivaukseen kuluva aikaa. Hankkeesta julkaistiin väliraportti 2018 keväällä ja loppuraportti julkaistiin kesällä 2019. Loppuraportti julkaistiin myös eurooppalaisen innovaatiokumppanuuden verkoston kautta.

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

4 Raportti

4.1 Hankkeen tavoitteet

4.1.1 Ylemmän tason tavoitteet

Hankkeen ylemmän tason tavoitteena oli lisätä alkutuotannon tuottavuutta ja tehokkuutta, sekä parantaa toiminnan kestävyyttä. Hankkeella halutaan helpottaa uusiutuvan energian käyttöä ja kehittää suomalaista ruoantuotantoa kannattavammaksi. Hanke on osa maatalouden käynnissä olevaa digitalisaatiota, jolla lisätään älyä ja automaatiota ruoantuotantoketjuun.

4.1.2 Hankkeen tavoitteet

Hankkeen päätavoitteena oli kehittää viljan ja muiden maatilakuivaamoissa kuivattavien kasvien kuivausprosessista nykyistä tehokkaampi. Tämä toteutettiin rakentamalla pilottikuivaajaan tarkka kosteudenmittauslaitteisto ja siihen liittyvä logiikka, joka on integroitu kuivaajan prosessinohjaukseen ja

biolämpölaitokseen. Laitteistolla oli 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 luotettavammin ilman valvontaa, koska erän loppukosteutta ei tarvitse mitata manuaalisesti. (aika, raha, työolosuhteet)
- Kuivaamon ohjaus rakennetaan tukemaan tarkennettua kuivausprosessin ohjausta. (käytön edellytys)
- Uudella ohjauksella mahdollistetaan kuivauserän sisällä olevien kosteuserojen tasaaminen kuivauksen aikana esimerkiksi kiertoa hidastamalla. (laatu)
- Pilvipalvelun avulla kuivaamon seuranta saadaan kustannustehokkaasti ja käyttöliittymästä riippumatta etäseurantaan. (seuranta, käytettävyys, aika)

4.2 Toteutus

4.2.1 Toimenpiteet

MTY Sippola rakensi uuden viljankuivaamon Vähäänkyröön (Vaasa) vuoden 2017 aikana. Projekti suunniteltiin alkavaksi loppuvuodesta 2016. Aikatauluun vaikuttivat kuitenkin tukihakemusten päätösten viivästymiset, minkä vuoksi rakennustyöt päästiin aloittamaan vasta tammikuussa 2017. Kuivaamo on alipainetekniikalla ja biolämmityksellä toteutettu Antti-Teollisuus Oy:n valmistama pakettikuivaamo. Kuivaajassa on taajuusmuuntimella säädettävät alipaineimurit sekä syöttölaitteet. Jakolaitteissa käytetään sähköisiä jakajia ja kiinteitä putkivetoja, sekä siloihin asennetaan automaation vaatimat pinta-anturit. Varastosiilot on suunniteltu sopiviksi automaation hyödyntämiseen tyhjyksessä.

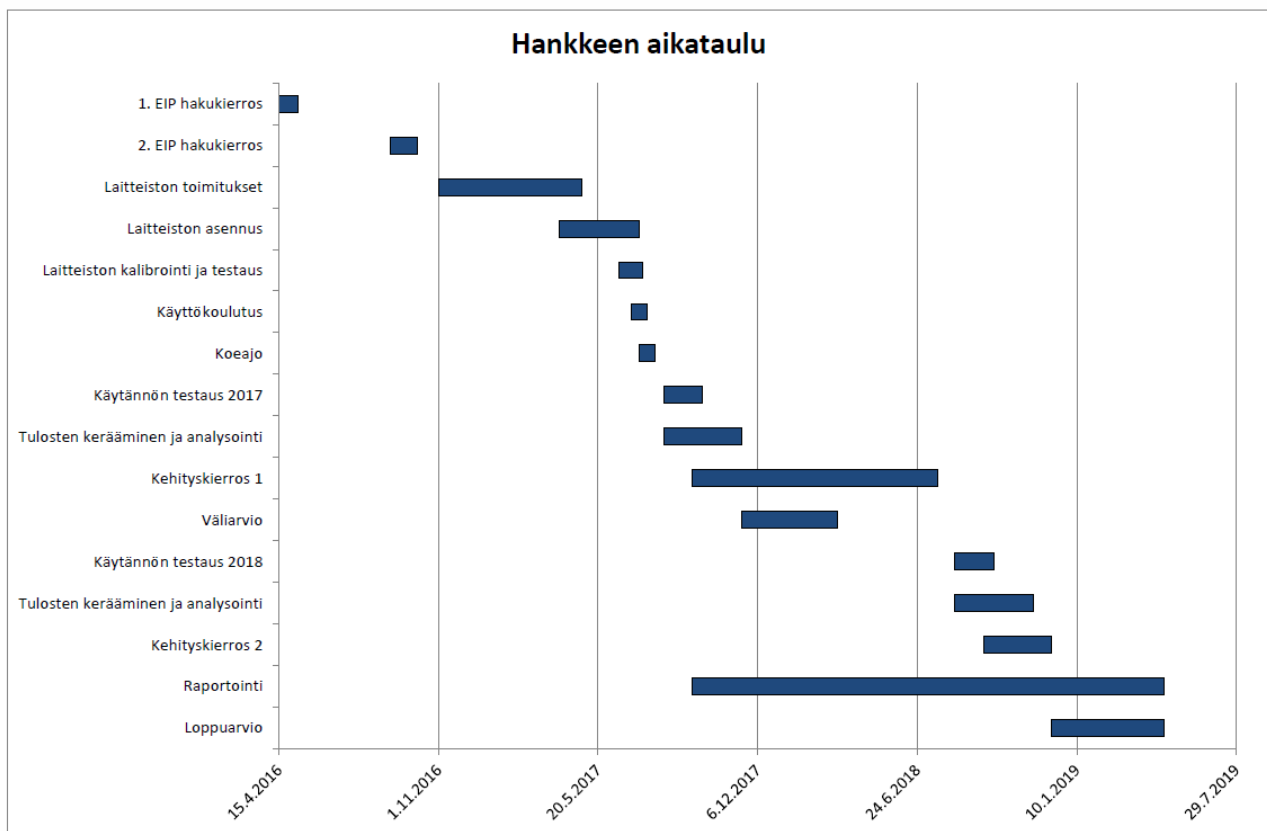
Edellä kuvatussa kuivaajassa pilotoitiin hankkeen aikana tehostettua kuivausprosessin ohjausta. Antti-Teollisuuden ja muiden yhteistyökumppaneiden kanssa kuivaajaan asennettiin uusi pilottiohjauskeskus logiikkoineen. Uusi ohjaus ja säädettävät toimilaitteet antavat mahdollisuuden ohjata kuivaamon kuivausparametrejä kuivauksen aikana. Lisäksi varsinaiseen kuivaamokoneistoon asennettiin uudenlainen viljankosteuden mittauslaitteisto. Kuivaamo suunniteltiin tekniikaltaan (ohjaus, lämmönlähde, toimilaitteet jne.) sellaiseksi, että siinä voidaan toteuttaa tarkka ja muuhun ohjaukseen integroitu kosteuden mittaus ja kuivausprosessin tarkennettu ohjaus. Alla on kuvattu tarkemmin hankkeessa tehdyt käytännön toimenpiteet aihealueittain:

1. Kuivausprosessin kehittäminen energiataloudellisemmaksi ja luotettavammaksi
 - Kuivausprosessin ohjaukseen integroitiin jatkuvatoiminen viljan kosteuden mittauslaitteisto.
 - Laitteistoa pilotoitiin hankkeessa kahden sadonkorjuusesongin ajan.
 - Kosteuden mittauslaitteiston antamia tuloksia verrattiin manuaalimittauksiin kuivausprosessin eri vaiheissa (2017 & 2018).
 - Kosteuden mittauslaitteiston antamaa erän seurantatietoa (kuivauksen katkaisukosteutta) verrattiin perinteisen poistolämpötilaan perustuvaan mittaukseen erilaisilla eräkoilla, kuivauslämpötiloilla, ilmamäärillä ja viljalajeilla (2017 & 2018).
 - Eränvaihtoautomaatiikkaa on testattu
 - Kolmen eri viljalajin kuivauseristä on kerätty dataa, jonka avulla voitiin arvioida laitteiston säästöpotentiaalia ja toimintaa (Mittauskohteet: kuivausilman menolämpötila, kuivausilman poistolämpötila, poistoilman kosteus, kuivausilman ilmamäärä, viljan kosteus kuivaamon omalla anturilla, viljan kosteus käsimitauksella, syöttölaitteen nopeus, kuivausaika, imureiden nopeus, sähkönkulutus)
 - Syksyn 2017 mittautiedon perusteella tehtiin tarkennukset syksyn 2018 mittaussuunnitelmaan.

- Syksyllä 2018 kerätty mittaustiedot analysointiin keuhun 2019 aikana.
2. Kuivaajan ohjauksen ja käyttöliittymän kehittäminen siten että ensimmäisen kohdan tavoite on mahdollista toteuttaa.
- Viljan jatkuvatoiminen kosteudenmittauslaitteisto integroitiin kuivaajan ohjaukseen kuivaussesonjille 2017
 - Kuivausprosessin ohjauslogiikan ominaisuudet riittävät, että kuivausprosessin parametrejä voidaan säätää kuivausprosessin aikana. Pilotointiajokien yhteydessä ei parametrejä muutettu, koska se olisi häirinyt koemittauksia.
 - Ohjauksen uusi päivitetty käyttöliittymä asennettiin loppukesästä 2018.
3. Pilvipalvelun hyödyntäminen kuivaajan etäseurannassa ja -hallinnassa - Biolämpölaitoksen käyttö tarkassa kuivausprosessissa
- Antti-Teollisuudella on toteutettu pilvipalvelu, jonka avulla kuivaajan toimintoja voitiin seurata etänä esimerkiksi mobiililaitteella.
 - Pilvipalvelua pilotoitiin vuoden 2018 sesonjin aikana.
 - Paikallisesti kuivaajan WiFi-verkon kantaman sisällä kuivaajaa voidaan ohjata vakio-ohjauksen lisäksi millä tahansa mobiililaitteella.
 - Palvelun alustana käytettiin verkkosivua, jolloin sen ylläpitäminen on helpompaa ja laiteyhteensopivuus parempi kuin esimerkiksi mobiilisovelluksella.
 - Biolämpölaitoksen ohjauksen todettiin toimivan laadukkaalla polttoaineella riittävällä tarkkuustasolla, että sitä voidaan säätää kuivausprosessin aikana.

4.2.2 Aikataulu

Alla on esitetty hankkeen aikataulu.



Kuva 1 Hankkeen aikataulu

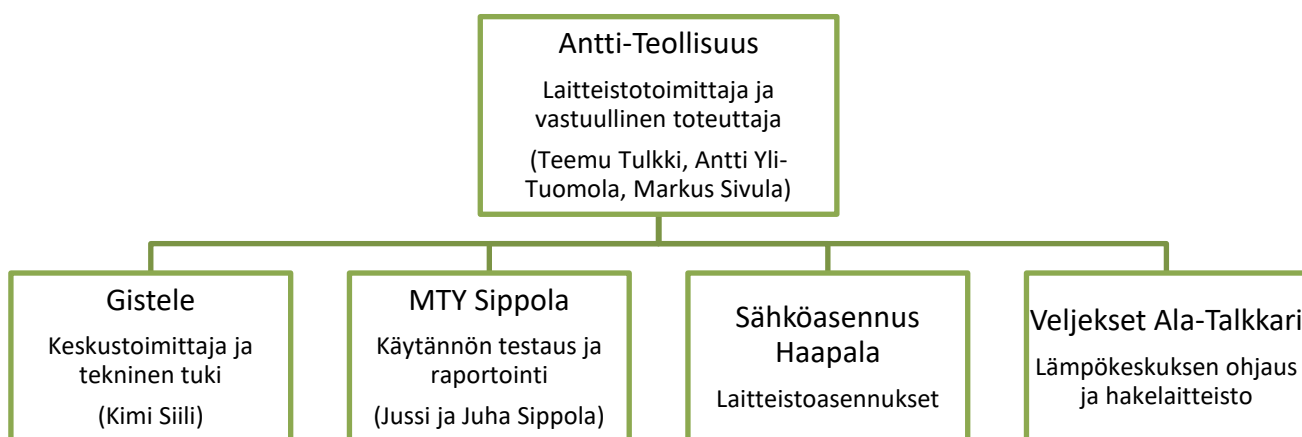
4.2.3 Resurssit

Kuivaajan teknologia- ja toimittajavalinnat tehtiin sen mukaisesti, että hankkeen tavoitteet oli mahdollista saavuttaa. Kuivaamon laitteiston ja tekniikan toimitti Antti-Teollisuus Oy, jolla on todettu olevan Suomen markkinoiden vahvin osaaminen hankkeen laitteiston toimittajana. Hankkeen pilottilaitteiston 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 vastasi hankkeeseen kuuluvan laitteiston kokonaisuudesta.

Viljelijät ja MTY Sippolan omistajat, Jussi ja Juha Sippola, vastasivat käytännön testauksen järjestelyistä. He antoivat palautetta ohjelmiston muutostarpeista ja suorittivat kuivauskeson aikaiset mittaukset ja seurannan.

4.2.4 Toteutuksen organisaatio



4.2.5 Kustannukset ja rahoitus

Hanke rahoitettiin Manner-Suomen maaseudun kehittämisohjelmasta 2014-2020. Alla on esitetty hyväksytyt kustannukset ja toteutuneet kustannukset.

4.2.5.1 Hyväksytyt kustannukset

Alla on esitetty hankkeen hyväksytyt kustannusarvio:

Kustannuslaji	Haettu euroa	Hyväksytyt 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

Hyväksytyt yht.: 50 485,30

4.2.5.2 Toteutuneet kustannukset

	Tukipäätöksessä hyväksytyt kustannukset	Hankkeessa syntyneet kustannukset
Palkat	10 608,00	12 881,28
Ostopalvelut	35 331,38	36 350,31
Laskennalliset yleiskustannukset 24%	2 545,92	3 091,51
Muut välittömät kulut	2 000,00	2 370,00
Kustannukset yhteensä	50 485,30	54 693,10

Taulukko 1 Hankkeen kustannukset

4.2.6 Raportointi ja seuranta

Hankkeen etenemisestä raportoitii hankkeen ohjausryhmälle, joka vastasi hankkeen etenemisen seurannasta. Ohjausryhmä kokoontui seurantakokouksiin hankkeen aikana 7.9.2017, 2.5.2018, 27.11.2018 ja 3.7.2019.

Hankkeen etenemistä arvioitiin ja ohjattiin ohjausryhmän lisäksi hankeryhmän suoralla yhteydenpidolla, jolla lähinnä puututtiin ilmenneisiin käytännön haasteisiin ja korjaustarpeisiin.

Hankkeesta tehtiin väliraportti huhtikuussa 2018, sekä tilanneraportti helmikuussa 2019. Hankkeen loppuraportti julkaistiin elokuussa 2019.

Käytännön raportoinnista ja seurannasta sesongin aikana vastasivat Juha ja Jussi Sippola. Seuranta suoritettiin täytön, kuivauksen ja tyhjäyksen aikana kuivaussesonkeina 2017 ja 2018.

4.2.6.1 Käytännön toteutus 2017

Tarkoituksena oli havainnoida muun muassa kosteudenmittauslaitteiston toimintaa, käyttöliittymää, ohjelmassa olevia mahdollisia virheitä ja parannuskohteita. Seurannan aikana havainnoitiin myös ohjauksen herkkyyttä ajoarvojen muutoksille.

Sesongin 2017 kuivauseristä valtaosa käynnistettiin iltaisin, koska myöhäisen syksyn aamukaste tai edellisen yön sade pakotti odottamaan puinnin aloittamista myöhälle iltapäivään. Tällöin voitiin hyvin 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 tehdaskalibrointi-arvoilla. Myöhemmin lisättiin mahdollisuus asettaa kosteusarvolle kiinteä korjausluku. Korjausluvun käyttöä testattiin ja tehtiin parannusehdotuksia.

Alun perin suunnitelmissa oli, että manuaalisten mittausten lisäksi ohjauslogiikka kerää mittausdataa 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. Saatujen tulosten perusteella tehtiin alkukesän 2018 aikana toimintasuunnitelma kuivaussesonkille 2018.

4.2.6.2 Käytännön toteutus 2018

Kuivauskeson 2018 aikana tehtiin suunnitelman mukaiset edellistä vuotta kattavammat mittaukset ja datan keruut kolmesta eri kuivauserästä. Jokaisessa kuivauserässä kuivattiin eri viljalajeja. Kuivatut viljat olivat ohra, kaura ja vehnä. Mittausdatan keräämisessä hyödynnettiin päivitettyä ohjauksen käyttöliittymää, pilvipalvelun keräämään dataa kuivauksesta, erillistä poistoilman kosteuden dataloggeria, murskaavaa manuaalisesti käytettävää kosteusmittaria sekä Vaasan Sähkö Oy:n tarjoamaan sähkönkulutuksen seurantapalvelua. Kerätyn datan analysointi ja energiankulutuksen simulointi tehtiin kevään 2019 aikana.

4.2.7 Toteutusolelutukset ja riskit

Hankkeen riskeiksi arvioitiin etukäteen toimittaja-, aikataulu-, kilpailijariski sekä taloudellinen että tekninen riski. Alla on arvioitu toteutuksen onnistumista ja realisoituneita riskejä.

Toimittaja- ja kilpailijariski sekä taloudellinen riski eivät realisoituneet hankkeen aikana. Sen sijaan aikatauluriskissä ennakoitu rakennusprojektin tiukka aikataulu toi haasteita hankkeen toteutukseen. Kuivaamo ja siihen liittyvä EIP-hankkeen pilottilaitteisto saatiin käyttöön syksyllä 2017 vasta kesken sadonkorjuuskeson. Kuivaamossa ajettiin ensimmäisiä koeajoja 20.9.2017. Ensimmäisen viljaerän kuivaus käynnistettiin 23.9. Käyttöönotto oli tärkeätä saada onnistumaan, koska muuten ensimmäisen vuoden mittaukset olisivat jääneet toteutumatta.

Syksy 2017 oli säiden puolesta erittäin haasteellinen. Viljakasvustot olivat puitaessa poikkeuksellisen märkiä, ja osittain jopa keskeneräisiä kesän vähäisen lämpösunnan 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 kosteata, 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.

Seson 2017 aikana 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 olevan viljanlevittimen asennusvirheen takia. Erityisesti märimmissä erissä kuivaajan täyttö jäi useita kuutioita vajaan. Olosuhteiden mukaan kuivausilmamureiden imutehoa säädettiin useita kertoja. Vaihtelevat ja erittäin haastavatkin olosuhteet olivat hyvää simulointia ja testausta, josta saatiin kokemuksia muuttuville kuivausprosessin ajoarvoille.

Kuten jo ohjausryhmän palaverissa 7.9.2017 todettiin, keson 2017 ensisijaisena tavoitteena on saada järjestelmä käyttöön, että voidaan suorittaa havainnointia ja mittauksia. Olosuhteet huomioon ottaen tavoitteeseen päästiin. Saadun tiedon perusteella voitiin tarkentaa seuranta tavoitteita keson 2018 keson testauksille.

Aikatauluriskin lisäksi hankkeessa realisoitui muutamaan kertaan tekninen riski. Keson 2017 aikana ei saatu kerättyä mittausdataa pilveen teknisten ongelmien vuoksi. Seuraavalle kuivauskesonille ongelmat saatiin ratkaistua.

Syksyn 2018 sadonkorjuuskesonki oli täysi vastakohta edeltäneelle vuodelle. Viljojen kosteudet olivat joissakin tapauksissa jo alle tavoitellun 14%. Tästäkin huolimatta varmistaaksemme tasaisen kosteuden ja erien tasalaatuisuuden kaikki erät kuivattiin. Edellisestä vuodesta poiketen kuivauserät olivat pääosin täysiä. Tämän mahdollisti osaltaan myös korjattu viljanlevittimen asennus. Tarve säätöjen korjaamiseen

kuivauserien välillä oli hyvin vähäistä. Pieniä muutoksia tehtiin imurien pyörimisnopeuteen ja syöttölaitteen nopeuteen eri viljalajien välillä.

Syksyn 2018 olosuhteista ja matalasta puintikosteudesta johtuen kuivauserät olivat mittausdatan keräämiseen lyhytkestoisia. Siitä huolimatta koe-eristä saatiin kerättyä riittävä ja laadukas mittausdata laskelmien tekemiseksi.

4.3 Yhteistyökumppanit

Kohdassa 4.2.4 esitetyn toteutusorganisaation lisäksi hanketta tuki asiantunteva ohjausryhmä, joka koostui alan huippuosaaajista. Ohjausryhmään kuuluivat 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.

4.3.1 Julkisuus

Hanke on ollut esillä useissa eri medioissa ja tilaisuuksissa:

- 24.4.2017 Pohjankyrö-lehti kirjoitti kuivaajan rakennusprojektista ja siihen liittyvästä hankkeesta.
- 9.11.2019 Hanketta esiteltiin Pietarsaareissa Digi-Botnia-hankkeessa. Esitys videoitiin ja on katsottavissa Youtubessa.
- 21.11.2017 Pilottikuivaajalla järjestettiin Antti-Teollisuuden Kuivuripäivät, joka antoi ihmisille mahdollisuuden tulla katsomaan ja keskustelemaan kuvaajasta, sen toteutuksesta ja siinä käytetystä teknologiasta.
- 30.11.2017 Koneviesti-lehti kirjoitti kuivaajassa käytetystä teknologiasta.
- 10-11.1.2018 Juha Sippola esitteli hanketta Maataloustieteen päivillä Helsingin Viikissä posterilla.
- 26.1.2018 Ilkka Sarka-liitteessä julkaistiin artikkeli pilottikuivaajasta ja hankkeesta.
- 21.2.2018 Maaseudun Tulevaisuus julkaisi lehdessä, sekä verkkosivuillaan artikkelin kuivaajasta ja hankkeesta.
- 10-12.7.2018 Hanke esiteltiin Nordic Heritage -konferenssissa Mustialassa.
- 22.10.2018 Hanke esiteltiin Agrifood-koulutuspäivillä Seinäjoella
- 20.11.2018 Jussi Sippola oli kutsuttuna esittelemässä Irlannin Galwayssä CERERE-projektin tilaisuudessa kuivurihanketta, sen etenemistä ja tuloksia.
- 7.1.2019 EIP-webinaari ja yhteistyötapaaminen Ruotsin ja Viron hanke-edustajien kanssa Helsingissä Messukeskuksessa.

EIP hankkeesta on lisäksi kirjoitettu Maaseutu.fi- sekä EIP-Agri-sivustoilla. Hankkeen tietoja ja etenemistä on voinut seurata MTY Sippolan kotisivuilla. Hankkeen loppuraportti julkaistiin MTY Sippolan kotisivuilla ja EIP-Agrin verkkosivuilla.

4.4 Tulokset ja vaikutukset

Hankkeen tavoitteina oli pilotoida kuivaamon kosteudenmittauslaitteistoa ja siihen liittyvää logiikkaa, joka on integroitu kuivaajan prosessinohjaukseen ja biolämpölaitokseen. Pilotoinnin tarkoituksena oli saavuttaa kuivausprosessissa seuraavia hyötyjä:

1. Energiansäästö (4.4.1 ja 4.4.4)
 - a. tarkentamalla kuivauksen loppukosteutta, jolloin säästetään lämpöenergiaa ja kuivaamon käyttämää sähköenergiaa
 - b. toteuttamalla kuivausprosessin mittaus siten, että prosessimuutokset eivät vaikuta loppukosteuteen
2. Aikasäästö (4.4.2 ja 4.4.4)
 - a. vähemmällä ylikuivauksella kuivauskapasiteettia vapautuu
 - b. nykyistä luotettavamman loppukosteuden mittauksen avulla mahdollistetaan eränavaihtoautomaatiikan käyttö luotettavammin ilman valvontaa
3. Uuden ohjauksen pilotointi (4.4.3, 4.4.4 ja 5)
 - a. käyttöliittymästä riippumaton kuivaamon etäseuranta
 - b. ohjauksen uusien käyttömahdollisuuksien arvioiti

Alle on kerätty keskeisimmät tulokset vuoden 2017 ja 2018 kokeista ja mittauksista. Vuoden 2018 mittaustuloksista on tehnyt laskelmat Emeritus Professori Jukka Ahokas Helsingin Yliopistosta. Laskelmia on käytetty energian ja ajan säästöpotentiaalin arvioihin.

4.4.1 Kuivausenergian säästöpotentiaali

Syksyn 2018 kuivauskesäsongin aikana tehtyjen mittausten perusteella laskettiin, miten paljon energiaa voidaan säästää, jos viljaa ei ylikuivata. Alla on Jukka Ahokkaan tekemä energian säästölaskelmataulukko, josta selviää vehnän ja ohran energian säästöpotentiaali kuivattaessa vehnä 27 %:n tai 17 %:n alkukosteudesta ja kuivattaessa ohra 17 %:n alkukosteudesta. Vertailukosteutena on käytetty 14 %:n loppukosteutta.

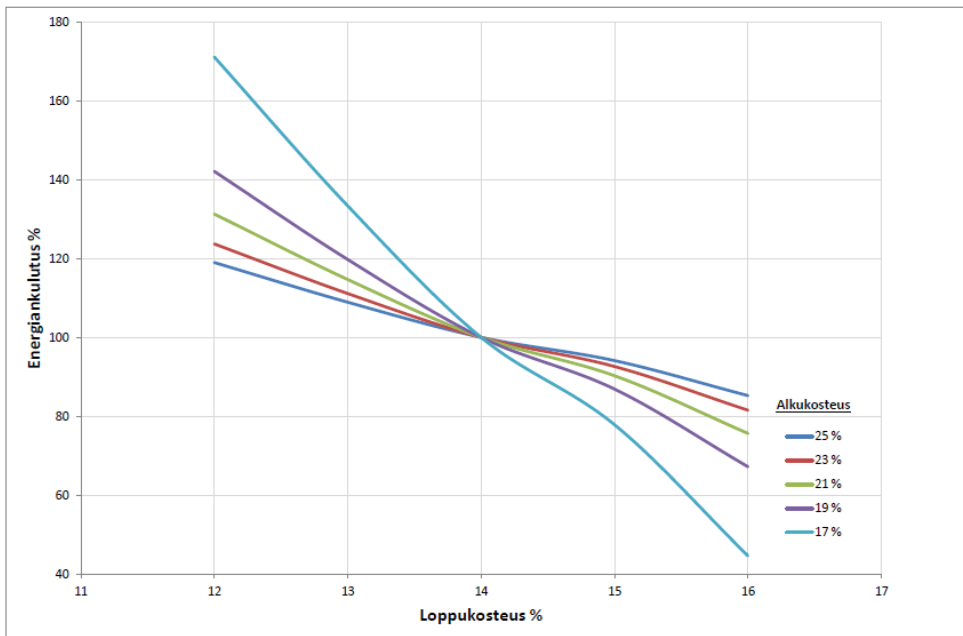
Taulukosta voidaan havaita, että kuivattaessa vehnää 27 %:n puintikosteudesta 14 %:n loppukosteuteen 12 %:n sijasta, voidaan säästää 900 kWh energiaa, mikä vastaa 16 % koko kuivauserän energiankäytöstä. Jos vastaava vehnä olisi ollut puintikosteudeltaan 17 %, ja kuivaus olisi suoritettu 14 %:iin sen sijaan että kuivataan 12 %:iin, olisi energiansäästö ollut 64 % kuivauserän energiankulutuksesta.

Ohran energian kulutuksessa voidaan saavuttaa kokeiden tulosten perusteella 70 % (1400 kWh) energian säästö, jos viljamassa kuivataan 17 %:n puintikosteudesta 14 %:n loppukosteuteen 12 %:n sijasta.

Viljan kosteus %	Vehnä, energiankulutuksen muutos 27 % alkukosteudesta	Vehnä, energiankulutuksen muutos 17 % kosteudesta	Ohra, energiankulutuksen muutos 17 % alkukosteudesta
16	-800 kWh/- 14 %	-800 kWh/- 57 %	-1100 kWh/ - 55 %
15	-300 kWh/- 5 %	-300 kWh/- 21 %	-500 kWh/- 25%
14	0	0	0
13	+400 kWh/+ 7 %	+400 kWh/+ 29 %	+700 kWh/+ 35 %
12	+900 kWh/+ 16 %	+900 kWh/+ 64 %	+1400 kWh/+ 70 %

Taulukko 2 Kuivauksen energian säästöpotentiaali

Kuten laskelmista voidaan todeta, tarkentamalla kuivauksen lopetuskosteuden mittausta, voidaan saavuttaa erittäin merkittäviä säästöjä energian kulutuksessa. Kuten Ahokas muistuttaa, prosentuaaliset säästöt riippuvat alkukosteudesta. Eli, jos kuivauserä on erittäin märkä, suhteellinen säästö on pienempi, vaikka säästetty energiamäärä on sama. Alla olevassa kuvaajassa on muutama esimerkki prosentuaalisesta energian säästöstä erilaisilla alkukosteuksilla. Vertailukosteutena käytetään 14 % loppukosteutta.



Kuva 2 Energian suhteellinen säästöpotentiaali eri alkukosteuksilla

4.4.2 Kuivausajan säästöpotentiaali

Jos viljan loppukosteus voidaan kuivattaessa jättää kosteammaksi, säästyy energian lisäksi sekä viljelijän aikaa, että kuivaajan kapasiteettia. Ahokas laski, miten paljon kuivaajan aikaa käytetään enemmän tai vähemmän, jos kokeissa käytetyllä pilottikuivaajalla kuivataan ohraa tai vehnää eri loppukosteuksiin.

Kokeiden mukaan vehnän kuivausajassa säästetään 1,8 tuntia, jos voidaan kuivata 12 %:n sijasta 14 %:n loppukosteuteen. Vastaavasti ohran kuivausajassa säästetään 1,5 tuntia, jos kuivataan 14 %:n loppukosteuteen 12 %:n sijasta.

Viljan kosteus %	Vehnä, kuivausaika ja kuivausajan muutos 27 % alkukosteudesta	Ohra, kuivausaika ja kuivausajan muutos 17 % alkukosteudesta
16	7,5 h (- 1,5 h)	1,5 (- 1,8 h)
15	8,3 h (- 0,7 h)	2,3 (- 0,8 h)
14	9,0 h	3,3 h
13	9,8 h (+ 0,8 h)	4,0 (+ 0,7 h)
12	10,8 h (+ 1,8 h)	4,8 (+1,5 h)

Taulukko 3 Kuivaamon ajansäästöpotentiaali eri loppukosteuksilla

Tuloksista voidaan todeta, että kuivauksen ajansäästö vehnällä on noin 15 % kuivaamon kuivausajasta, kun huomioidaan myös erän jäähdytys. Jos arvioidaan kuivaamon täyttöö ja tyhjäksi kuluva yhteensä

noin 1 tunti, ajansäästö yhtä erää kohti on edelleen yli 14 %. Ajansäästö vastaa 100 hehtaarin vehnätilalla noin yhden vuorokauden ajansäästöä, mikä on merkittävä säästö lyhyenä korjausseasona.

Kuten energian säästöpotentiaali, myös ajankäytön säästöpotentiaali on saavutettavissa tarkentamalla kuivurin loppukosteutta, jolloin ylikuivaus voidaan minimoida. Se miten kosteaksi kuivattava vilja voidaan jättää, riippuu viljan käyttökohteesta. Eläinten rehuvilja voidaan varastoida pienemmällä riskillä kosteampanakin kuin 14 %, mutta elintarviketiljoissa on suurempi laaturiski kosteutta optimoitaessa.

4.4.3 Kosteudenmittauksen herkkyyden kuivausprosessin arvojen muutokseen

2017 ja 2018 koeajojen aikana tehtiin havaintoja siitä, miten eri kuivausprosessin arvojen muutokset vaikuttavat viljankosteuden mittaukseen ja poistoilman lämpötilaan perustuvaan kuivauksen katkaisuun.

1. Suurennettaessa 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 seurantojen perusteella viljan kosteuden mittauksen antamiin arvoihin. Eli käytettäessä uutta kosteudenmittauslaitteistoa, mahdollistetaan ilmamäärän muutokset ilman että prosessin ohjaus häiriintyy.
2. Muutettaessa kuivauslämpötilaa, muuttui poistokanavan lämpötila. Sen vuoksi poistolämpötilaan perustuva kuivauksen ohjaus häiriintyy kuivauslämpötilan muutoksista. Muutoksen voi aiheuttaa suunnitellun muutoksen lisäksi 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.

3. Lämpöisten kennojen sulkeminen vaikuttaa kuivausprosessiin osittain samalla tavalla kuin kohdan 1. 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 paljoa, kuin isomman viljamassan läpi kulkiessaan.

Muuttuva poistolämpötila lisää kuivauksen ohjauksen epätarkkuutta samalla tavoin kuin kohdissa 1. ja 2. Tämäkään kuivausprosessin muutoksen ei todettu vaikuttavan suoraan viljan kosteudenmittaukseen. Näiden havaintojen perusteella todetaan, että uudella mittauksella voidaan kuivata vajaita eriä, ja hyödyntää automaattisesti sulkeutuvia lämpöisiä kennoja lisäämättä ohjauksen epätarkkuutta.

4.4.4 Tulosten vaikutukset

Saatujen tulosten perusteella voidaan todeta, että integroimalla kuivaamon ohjaukseen katkaisukosteuden mittaus suoraan viljamassasta tapahtuvaksi, saavutetaan useita hyötyjä:

1. Kuivauksen lopetusajankohta ei ole riippuvainen kuivausprosessin parametreista (lämpötila, ilmavirtaus, kierrätysnopeus, lämpöisten kennojen sulkeminen), jolloin prosessia on mahdollista ajaa viljan kosteuden mukaan optimaalisilla arvoilla häiritsemättä kuivauksen mittauksia ja ohjausta.

2. Jos kyetään käyttämään tarkempaa ja riippumattomampaa mittausta, voidaan ylikuivauksen välttämällä säästää kuivauserän kestosta riippuen jopa yli 50 % kuivausenergiasta. Tyypillisesti ylikuivauksen välttämällä voidaan säästää energiaa noin 30 %, kun puintikosteus on 20-22%.
3. Tarkemmalla kosteusmittauksella voidaan säästää aikaa. Tehtyjen mittausten mukaan aikasäästö on 1-2 tuntia kuivauserää kohti. Keskimääräisessä 10 tunnin kuivauskierrossa (täyttö – kuivaus – jäähdytys – tyhjäys) aikasäästö tarkoittaa noin 15 %:n aikasäästöä. Lisäksi kuivaamon automatiikkaa, kuten tyhjäysautomatiikka, voidaan käyttää luotettavammin ja pienemmällä laaturiskillä.

Kun kuivausprosessin mobiili etäseuranta toteutetaan verkkoselainpohjaisena:

1. Järjestelmä on vähemmän laiteriippuvainen ja valmistajan ei tarvitse tehdä eri laitteisiin sopivia rinnakkaisia sovelluksia.
2. Uuden ohjauksen ansiosta kuivaajan langattoman verkon kantaman sisällä laitteistoa voi ohjata millä tahansa verkkopäätteellä.

5 Esitykset jatkotoimenpiteiksi

Hankkeen aikana suoritettujen mittausten perusteella todettiin, että pilotoidussa menetelmässä on saavutettavissa selkeitä hyötyjä. Hankkeen jälkeen tehtävillä jatkotoimenpiteillä voidaan laitteistosta kehittää menestyvä kaupallinen tuote. Keskeistä tulevaisuuden kannalta on, että kosteudenmittausmenetelmän tarkkuus saadaan kehitettyä riittävän paljon perinteistä menetelmää tarkemmaksi. Mitä tarkemmaksi laitteisto saadaan kehitettyä, sitä kannattavammin investointi tarkempaan tekniikkaan muodostuu asiakkaalle.

Kosteusmittauksen tarkkuus riippuu mittalaitteen käytössä olevista kalibrointiarvoista. Kun laitteistolle saadaan muodostettua mahdollisimman tarkat ja toistovarmat kalibrointiarvot eri viljalajikkeille, tarkempi mittaus mahdollistaa hankkeessa mitattujen säästöjen saavuttamisen mahdollisimman täysimääräisenä. Koska hankkeen tarkoituksena ei ole tukea tuotekehitystä, kalibrointiarvojen kehitystyötä ei ole sisällytetty hankkeeseen.

Uuden ohjauslogiikan ja kosteusmittauksen ansiosta kuivausprosessiin on mahdollista kehittää viljan kosteuteen perustuvaa dynaamista ohjausta. Kuten jo aiemmin raportissa on todettu, kuivauksen dynaaminen ohjaus mahdollistaa kuivauksen optimaalisilla parametreilla. Tällöin voidaan saavuttaa lisää energian ja ajan säästöä. Hankkeen kannalta keskeistä oli todeta, että uusi mittaus ei ole herkkä prosessin muutoksille, jolloin dynaamisen ohjauksen kehittämiseksi on edellytykset.

Dynaamista ohjausta voidaan hyödyntää myös kuivauserän sisäisten kosteusvaiheluiden tasaamiseen esimerkiksi syöttölaitteen syöttönopeutta säätämällä. Laitteistoa voidaan ohjelmistoa kehittämällä hyödyntää myös kuivauserän tyhjennyksen yhteydessä varmistamaan, ettei varastoon menevän viljan kosteus ylitä asetettua rajaa.

Hankkeen loppuraportti on julkaistu MTY Sippolan verkkosivuilla <http://www.netikka.net/mtysippola/EIP.php> ja EIP-Agri verkkosivuilla.

6 Allekirjoittajat ja päiväys

Isokyrö 07.08.2019

A handwritten signature in blue ink that reads "Juha Sippola". The signature is written in a cursive style with a large initial 'J'.

Juha Sippola

MTY Sippola