



Peltosäätö - Peltomaan älykkäät vesienhallinnan pilotit

LOPPURAPORTTI

2021–2023



Älykästä vesienhallintaa
PELTOSÄÄTÖ





SISÄLTÖ

SISÄLTÖ	3
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo	4
1 Hankkeen esittely	6
1.1 Perustiedot hankkeesta	6
1.2 Hankkeen tavoitteet	6
1.3 Yhteenveto hankkeesta	8
2 Hankkeen toteutus ja toteutusvaiheen arviointi	12
2.1 Menetelmät ja aineisto	12
2.2 Aikataulu ja resurssit (sis. toteutuksen organisaatio ja yhteistyökumppanit)	12
2.3 Kustannukset ja rahoitus	16
2.4 Raportointi, julkaisut ja seuranta	16
2.5 Toteutusvaiheen arviointi	17
3 Tulokset ja niiden arviointi	20
3.1 Tulosten esittely	20
3.2 Tulosten vieminen käytäntöön	31
3.3 Tulosten merkitys ja jatkotoimenpiteet	35
LIITTEET	37



Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo

Kuva 1. Tilaisuuksissa oli esillä Oulun yliopiston tutkijoiden rakentama demokaivo, jonka säätöventtiiliä pystyi ohjaamaan mobiililaitteella.	14
<i>Kuva 2. Vaisalan WX Beacon sääasema Kannuksessa.</i>	<i>18</i>
Kuva 3. Talvella 2021/2022 kehitettiin olemassa olevaan säätösaloajakaivoon aurinkopaneelilla toimiva etäohjattava yksikkö. Laitteisto on liitettävissä olemassa olevaan kaivoon.	22
Kuva 4. Kaivo jäätyni Nivalassa vähälumisella jaksolla joulukuussa. Kuva otettu 16.12.2021	23
Kuva 5. Kesällä 2023 linnut sotkivat Nivalassa Cordulus -sääasemaa. Elokuun lopulla laitteeseen saatiin karkottimet.....	28
Kuvio 1. Pohjaveden käytös Kannuksessa kausina 2022–2023. Decentlabin paineanturit on sijoitettu noin 20 m päähän säätökaivoista imuojien väliin ja ne mittaavat pohjaveden pinnankorkeutta noin 2 m syvyydestä jatkuvatoimisesti.	21
Kuvio 2. Automaattikaivon mittaustietoa aikaväliltä 1.9.-31.10.2023.	25
Kuvio 3. Hankkeessa kehitettiin animaatio, jolla pyrittiin visualisoimaan pohjaveden pinnan korkeuden muutokset eri olosuhteissa eri puolilla peltolohkoa. Karttakuvan päällä näkyvien ympyröiden koko kasvaa pohjaveden pinnan noustessa ja vastaavasti pienenee pinnan	



laskiessa. Tämä saa aikaan hyvin hahmotettavan aaltomaisen efektin. Kuvakaappaus otettu GIF-tiedostosta.27

Kuvio 4. Kaivoon asennetun laitteiston dataa ja pellon säädata Nivalan pilottilohkolta. Kasvukaudelta 2023 puuttuu säädatasta jakso 1.7.-31.8.2023. Vuonna 2023 heinäkuun puolesta välistä puuttuu myös mittausdataa kaivoyksikön lähettämistä tiedoista, koska ajanjaksolla 3G-verkko lakkautettiin alueelta.29

Kuvio 5. Kaivoon asennetun laitteiston dataa ja pellon säädata Kannuksen pilottilohkolta. Säädataa ei ole 20.8. lähtien vuodelta 2022, koska sääasemaan iski salama.30

Taulukko 1. Hankkeen hakemuksessa esitetty tavoitetaulukko.20



1 Hankkeen esittely

1.1 Perustiedot hankkeesta

Hankenumero: VN/5245/2021-MMM-2

Hankkeen nimi: Peltomaan älykkäät vesienhallinnan pilotit - PeltoSäätö

Hankkeen toteuttajat: Keski-Pohjanmaan koulutusyhtymä (Kpedu) ja Oulun yliopisto (OY)

Hankkeen toteutuksen aikaväli: 5/2021–11/2023

Kokonaisbudjetti: 300 199 euroa.

1.2 Hankkeen tavoitteet

PeltoSäätö -hankkeen päätavoitteena oli testata käytännön tuotanto-olosuhteissa sää-
tösalaajituksen etäseuranta- ja etähallintajärjestelmiä sekä levittää niihin liittyvää tietoutta
maatalousyrittäjien, opiskelijoiden ja teknologiakehittäjien käyttöön. Hankkeen tavoitteet ei-
vät muuttuneet toteutusvaiheessa.

Hankkeen päätavoitetta tukevia osatavoitteet olivat:

- erilaisten teknisten ratkaisujen kenttätestaaminen ja niihin liittyvien käyttökokemusten systemaattinen kerääminen.
- säätösalaajituksen etäseuranta- ja etähallintajärjestelmien testaaminen nurmen ja viljan viljelyn käytännön näkökulmasta.
- tulevissa hankkeissa hyödynnettävän datasetin koostaminen kenttätestien tuottamasta datasta, sääasematiedoista ja viljelypäiväkirjoista.



Hiilestä kiinni -kehittämishankkeiden hankehakukuvutuksessa esitetään, että määrärahalta rahoitettavien maankäyttösektorin ilmastotoimenpiteiden tarkoituksena on tukea Suomen 2035 hiilineutraalisuustavoitteen toteutumista edistämällä seuraavia tavoitteita:

- Ylläpitää ja vahvistaa maankäyttösektorin hiilinieluja ja –varastoja lyhyellä ja pitkällä aikavälillä.
- Vähentää kasvihuonekaasupäästöjä maankäyttösektorilla.
- Edistää maa- ja metsätalouden sopeutumista ilmastonmuutokseen.
- Tuottaa tietoa ilmastotoimien tueksi ja edistää kyseisen tiedon käyttöä.

Peltosäätö-hankkeen toiminta liittyi erityisesti kolmeen viimeiseen tavoitteeseen. Hankkeessa pilotoitiin maatalouden vesienhallintaan liittyvää uutta teknologiaa, joka tähtää sekä kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen että maa- ja metsätalouden sopeutumiskyvyn edistämiseen. Säätosalaajituksen aktiivisen hyödyntämisen myötä pelloille voidaan pidättää vettä kuivempien jakson varalle. Kivennäismailla veden pidätys kuivana kautena edesauttaa kasvuston kehitystä ja sen myötä hiilen pidättämistä kasvustoon sekä ravinteiden tehokkaampaa hyödyntämistä. Turvemailla pohjaveden pinnannostolla voidaan vähentää merkittävästi kasvihuonekaasupäästöjä, koska maaperän mikrobisto ei hajota turvemaan hiiltä kaasuiksi, jos eloperäinen maa on veden kyllästämä.

Hankkeen käytännön toimenpiteiden lisäksi tekemisiä ja tuloksia esiteltiin sosiaalisessa mediassa sekä lukuisissa maatalousalan tapahtumissa, joka lisäsi maatalousyrittäjien tietoutta säätosalaajituksen mahdollisuuksista ilmastonmuutoksen hillitsemisessä.



1.3 Yhteenveto hankkeesta

Peltomaan älykkäät vesienhallinnan pilotit -hankkeessa päätavoitteena oli testata käytännön tuotanto-olosuhteissa säätösalaajituksen etäseuranta- ja etähallintajärjestelmiä, jotka pohjautuvat Oulun yliopiston ESKE- ja TIMAKO-hankkeiden tuloksiin. Toisena tavoitteena oli levittää aiheeseen liittyvä tietoutta sidosryhmien keskuuteen. Hankkeen toteuttajina olivat Keski-Pohjanmaan koulutusyhtymä ja Oulun yliopisto. Kpedun vastuuhenkilönä toimi Koulutusyhtymän Johtaja Ari Maunuksela ja Oulun yliopiston vastuuhenkilönä Älykkäät koneet ja järjestelmät -tutkimusyksikön johtaja Toni Liedes.

Keski-Pohjanmaan koulutusyhtymä toimi hankkeen hakijana, hoiti pilotointien käytännön järjestelyjä, käyttökokemusten ja datan keräystä sekä tiedon levittämistä yrittäjille. Oulun yliopisto vastasi teknologiakehityksestä, laitteistojen asentamisesta pilottikohteisiin, niiden ylläpidosta ja pilotointien teknisestä tuesta sekä saadun datan visualisoinnista ja analysoinnista. Hankkeen kokonaisbudjetti oli 300 199 euroa. MMM:n myöntämä rahoitus oli yhteensä 240 000 euroa. Hankkeen toteutuneet kustannukset olivat yhteensä 282 243 euroa, josta MMM:n rahoitusosuus oli 226 828 euroa. Oman rahoituksen osuus Kpedun osalta oli 10 %, joka oli 14 629 euroa. Oulun yliopiston oman rahoituksen osuus oli 30 %, joka oli 40 785 euroa.

Hankkeen keskeiset tulokset liittyvät maatalouden vesienhallintateknologian käytännön testaamisesta saatuihin käyttökokemuksiin sekä käytetyn teknologian tuottamaan dataan, jota voidaan hyödyntää teknologian jatkokehityksessä ja vesienhallintaan liittyvässä muussa tutkimuksessa. Hankkeen tuloksiin kuuluu myös eri sidosryhmien lisääntynyt tietoisuus maatalouden vesienhallinnan uusista mahdollisuuksista. Tietoa levitettiin hankkeen aikana noin kahdessakymmenessä tilaisuudessa eri puolilla Suomea. Hankkeen aikana tuotettiin myös vesienhallintaan ja säätösalaajituksen automatisointiin liittyviä artikkeleita maatalousalan lehtiin, kuten



Suomalaiseen Maaseutuun ja Agrimediaan. Hankkeen tuloksia koostettiin kahteen esitelmään vuoden 2024 maataloustieteen päiville.

FieldControl – Intelligent Field Moisture Management Pilots

The main goal of the FieldControl project was to test remote monitoring and remote control of subsurface drainage systems in authentic production conditions. The test systems were based on the results of the ESKE and TIMAKO projects of the University of Oulu. Other purpose of the project was to disseminate latest information and experiences of field water management technologies to farmers, students, and stakeholders. Executors of the projects were The Federation of Education in Central Ostrobothnia (Kpedu) and The University of Oulu. The responsible director of Kpedu was Ari Maunuksela and director Toni Liedes from Intelligent Machines and Systems Research Unit of Oulu University.

Kpedu applied the project, did the practical work of the pilots, collected data and spread the learned knowledge. Oulu University was responsible of the technology development, installations of the pilots, technical support, data analyses and visualization. Total budget of the project was 300 199 €. Ministry of Agriculture and Forestry in Finland appropriated 240 000€. Realized budget was 282 243€, of which Finland's Ministry of Agriculture and Forestry financed 226 828€, Kpedu 14 629€ and University of Oulu handled 30%, which was 40 785€.

The essential purpose of the project was to test water management strategies in farming in practical environments and collect data which can be used in future technology development and water management research. Also, during project, the information of subsurface drainage systems possibilities in water management were spread to farmers and stakeholders. Knowledge was spread in 20 events around Finland. Articles of water management with



subsurface drainage systems were also written in Finnish agricultural magazines. Also, two oral presentations will be shown in Finnish Agricultural Science Days 2024.

Peltosäätö -jordmarkens pilotering av intelligent vattenstyrning

Huvudmålet för Peltosäätö -projektet var att testa system för fjärruppföljning- och fjärrstyrning av reglerbar dränering under praktiska produktionsförhållanden, baserade på resultaten av ESKE- och TIMAKO-projekten vid Uleåborgs universitet. Det andra målet var att bland intressegrupper sprida kunskap förknippad med temat. Initiativtagarna för projektet var Mellersta Österbottens utbildningskoncern (Kpedu) och Uleåborgs universitet. De ansvariga personerna vid Kpedu var direktör Ari Maunuksela och direktör Toni Liedes, ansvarig för forskningsenheten för Intelligent maskiner och system vid Uleåborgs universitet.

Mellersta Österbottens utbildningskoncern, som sökte projektet, tog hand om piloteringen i praktiken, samlade användningserfarenheter och data samt spred kunskap till företagare. Uleåborgs universitet ansvarade för teknologikutveckling, installation av anläggningar i pilotobjekt, underhåll och tekniskt stöd av desamma samt visualisering och analysering av inhämtade data. Den totala budgeten för projektet var 300 199 euro. Jord- och skogsbruksministeriet beviljade finansiering på totalt 240 000 euro. De förverkligade kostnaderna för projektet var totalt 282 243 euro, varav ministeriets finansieringsandel blev 226 828 euro. Andelen för Kpedus egen finansiering var 10 % (14 629 euro). Andelen för Uleåborgs universitets egen finansiering var 30 % (40 785 euro).

Projektets centrala resultat är användningserfarenheter från praktisk testning av jordbrukets vattenstyrningsteknologi samt data producerade av den använda teknologin, vilka kan utnyttjas i den fortsatta teknologiska utvecklingen och i annan forskning förknippad med



vattenstyrning. Till resultaten av projektet räknas även en utökad medvetenhet om nya möjligheter för jordbrukets vattenstyrning hos olika intressegrupper. Under projektets gång spreds information vid ett tjugotal evenemang på olika håll i Finland. Under projektet gång publicerades artiklar i tidskrifter inom jordbruksbranschen såsom Suomalainen Maaseutu och Agrimedia om vattenstyrning och automatisering av reglerbar dränering. Projektets resultat sammanställdes i form av två föredrag för de jordbruksvetenskapliga dagarna 2024.



2 Hankkeen toteutus ja toteutusvaiheen arviointi

2.1 Menetelmät ja aineisto

Hanke oli luonteeltaan pilotointityyppinen ja toiminta pohjautui suurelta osin käytännön toimiin sekä maataloustuotanto- että oppilaitosympäristöissä. Muissa hankkeissa kehitettyä teknologiaa sovellettiin maatalousympäristöön asentamalla etäohjattavia säätösalaajakaivoja sekä niiden toimintaa tukevia antureita (maankosteus, vedenkorkeus, lämpötila, sadanta) kahdelle koepelloille Nivalaan ja Kannukseen. Asennettujen laitteiden toiminta varmistettiin jatkuvalla seurannalla ja ylläpidolla, johon osallistui aktiivisesti hanketyöntekijöitä molemmista toteuttajaorganisaatioista.

Salaoja-automaation demonstroimista varten kehitettiin erityinen mukana kuljetettava demo-kaivo, jolla oli mahdollista havainnollistaa etäohjauksen toimintaa esimerkiksi messuilla ja muissa vastaavissa tapahtumissa, joissa liikkui runsaasti eri sidosryhmien edustajia.

Hankkeen tuottamaa tietoa jaettiin erittäin kattavasti osallistumalla erilaisiin seminaareihin, pelonpiennartapahtumiin ja messuille. Lisäksi hankkeen tuloksia integroitiin osaksi Oulun yliopiston konetekniikan opetusta sekä Kpedulla osaksi maatalouden perustutkintoa.

2.2 Aikataulu ja resurssit (sis. toteutuksen organisaatio ja yhteistyökumppanit)

Keski-Pohjanmaan koulutusyhtymä ja Oulun yliopisto toteuttivat hankkeen yhteistyössä. Keski-Pohjanmaan koulutusyhtymä toimi hankkeen päähakijana, hoiti pilotointien käytännön järjestelyjä, käyttökokemusten ja datan keräystä sekä tiedon levittämistä yrittäjille. Oulun yliopisto vastasi teknologioiden kehittämisestä, laitteistojen asentamisesta pilottikohteisiin,



etämonitoroinnista, laitteiden ylläpidosta, teknisestä tuesta, kerätyn datan analysoinnista ja visualisoinnista. Hankkeen ohjausryhmään kuului viljelijöitä sekä Luonnonvarakeskuksen ja Maveplan Oy:n edustajat.

Yhteistyötä tehtiin Luke Ruukin peltopuolen tutkijoiden kanssa ja osallistuttiin heidän järjestämiinsä tilaisuuksiin. Oulun yliopistolla oli Luken kanssa yhteisiä hankkeita ja tieto hankkeiden etenemisestä kulki monipuolisesti. PeltoSäätö -hanke teki myös yhteistyötä Salaojayhdistyksen kanssa ja tietoa Sievin altakastelukentästä saatiin ja jaettiin eteenpäin verkostoissa.

Hanketyöntekijöinä Oulun yliopistossa toimivat:

- Toni Liedes, Oulun yliopiston osahankkeen vastuullinen johtaja
- Janne Torvela, elektroniikka- ja ohjelmistosuunnittelu, laitetestaus ja ylläpito
- Sara Pelttari, mekaniikkasuunnittelu, laitetestaus ja ylläpito
- Tommi Niemi, ohjelmistosuunnittelu, laitetestaus ja ylläpito
- Jyrki Savela, mekaniikkasuunnittelu ja laitetestaus
- Minna Törmälä, mekaniikkasuunnittelu ja laitevalmistus

Hanketyöntekijöinä Kpedulla toimivat:

- Emma Erkkilä, Projektipäällikkö, Projektihallinto, Käytännön toimenpiteiden toteutus Kannuksen pilottikohteessa, tiedottaminen ja viestintä
- Essi Saarinen, projektityöntekijä, käytännön toimenpiteiden toteutus erityisesti Nivalan pilottikohteessa, agronominen osaaminen ja viestintä

Tapahtumiin osallistuminen

Hanke järjesti fyysisen seminaarin Sarka –maatalousmessujen yhteydessä talvella 2022. Tilaisuuteen pystyi osallistumaan myös etäyhteydellä. Kuulijoita oli noin 40 henkilöä. Seminaari tallennettiin ja sille on kertynyt YouTubeissa katselukertoja yli 200. Lisäksi hanke järjesti kesäkuussa 2023 pellonpiennarpäivän Kannuksen pilottilohkolla.

Loppuseminaarimateriaali päätettiin toteuttaa videoin YouTubeissa.

Materiaali löytyy Kpedu Kannus YouTube sivustolta osoitteesta: <https://www.youtube.com/playlist?list=PL24YaEW94-xpUswCReEJ6IxTe5ZncsHHD>



Kuva 1. Tilaisuuksissa oli esillä Oulun yliopiston tutkijoiden rakentama demokaivo, jonka säätöventtiiliä pystyi ohjaamaan mobiililaitteella.



Hankkeen aikana osallistuttiin 20:een eri maatalousalan tapahtumaan eri puolilla Suomea:

- Ilmastokestävä maatalous turvemailla, **MMM:n Hiilestä kiinni aamukahveilla**, lokakuu 2021
- **KoneAgria –messut**, lokakuu 2021
- **Ojat kuntoon -tapahtuma** Sievissä 20.10.2021.
- **Ratkaisuja turvemaiden kestävämpään viljelyyn –webinaari** 8.-9.2.2022.
- **Kannuksen ajo-opastinpäivä**, 22.4.2022
- **Luke Ruukin pellonpiennartapahtuma** 28.4.2022.
- **Vesihave-hanke tekijät vierailivat** Kannuksessa 20.6.2022.
- **Viisasta vesiensuojelua –hankkeen pellonpiennarpäivä** Kalajoella 28.7.2022.
- **Luke Ruukin ja Baltic Action Sea Groupin peltopäivä** 16.8.2022.
- **Nivalan maatalousmessut** 19.-20.8.2022.
- **Säätösaloituksen automaatio ja kasvihuonekaasujen mittaus -pellonpiennarpäivä** Luke Ruukissa 19.9.2022.
- **Kannuksen maitomarkkinat** 30.9.2022
- **Helsingin Maatalouskonemessut** 13.–15.10.2022.
- Peltosäätö -hanke järjesti **Seminaarin Sarka-messuilla** Seinäjoella 27.1.2023. Seminaari tallennettiin, ja se on nähtävissä YouTubessa.
- **Ryskypäivät** Ylivieska 31.3.–1.4. 2023.
- **Luke Ruukin NorPeat-tutkimuskentän pellonpiennartilaisuus** 3.5.2023.
- Peltosäätö -hanke järjesti **Pellonpiennarpäivän** Kannuksessa 14.6.2023.
- **Ollikkala messut** Kannuksessa 18.-19.8.2023, jossa kävi noin 15 000 vierailijaa.
- Hanke esitteli automaattista säätösalojakaivoa **KoneAgriassa Kpedun osastolla sekä MMM:n Innovaatiotorilla** Tampereella 12.–14.10.

Yhteistyö hanketoimijoiden välillä toimi erittäin hyvin, koska osapuolten roolit olivat hyvin selkeät ja tekemisessä oli synergiahyötyjä erityisesti tiedon jakamisen ja pilottikohteiden ylläpidon osalta. Varsinaisen yhteistyön osalta ei jäänyt erityistä parannettavaa. Hankkeen alkuvaiheessa ajatuksena oli toteuttaa teknologiapilotteja runsaasti, jopa yli kymmenellä tilalla. Käytännössä tavoitteen havaittiin olevan kuitenkin liian optimistinen, sillä suuri pilottikohteiden määrä olisi syönyt erityisesti Oulun yliopiston palkkakulubudjettia liiaksi. Laitteiden ylläpito,



joidenkin teknisten ongelmien ratkominen ja liikkuminen kohteiden välillä vaativat yllättävän paljon aikaa.

2.3 Kustannukset ja rahoitus

Maa ja Metsätalousministeriö myönsi hankkeen toteutukseen 240 000 euron erityisavustuksen. Hankkeen kokonaisbudjetti oli 300 199 euroa.

Hankkeen toteutuneet kustannukset olivat yhteensä 282 243 euroa, josta MMM:n rahoitusosuus oli 226 828 euroa. Oman rahoituksen osuus Kpedun osalta oli 10 %, joka oli 14 629 euroa. Oulun yliopiston oman rahoituksen osuus oli 30 %, joka oli 40 785 euroa.

Hankkeen budjetin toteuma oli jokseenkin suunnitelmien mukainen. Suurimmat poikkeamat olivat Oulun yliopiston palkkakustannuksissa (n. 11 500 euroa alijäämää) sekä tarvike- ja laitekustannuksissa (n. 20 000 ylijäämää). Maksatukset haettiin suunnitellun aikataulun mukaisesti.

Hankkeen toteutuneet kustannukset on eritelty liitteessä 1.

2.4 Raportointi, julkaisut ja seuranta

Hankkeesta kirjoitettiin artikkeleita ja annettiin haastatteluja maatalousalan lehtiin.

- “Tavoitteena säätösalaajituksen automatisointi” Suomalainen maaseutu 16.8.2021
- “Tavoitteena etähallittava säätösalaajitus” Maatilan Pellervo 1/2022



- “Peltosäätö -hanke testaa etähallittavaa säätösalaajärjestelmää” AGRImedia 17.1.2022
- “Peltomaan älykkään vesienhallinnan pilotit” Maaseppä 2023
- “Säätösalaajituksella hetkellinen apu alkukesän kuivuuteen” Suomalainen maaseutu Mainosliite 8/2023
- “Onnistuuko säätösalaajituksen ohjaus kännykällä” Suomalainen maaseutu 1.12.2023.

Ajankohtaisia aiheita esiteltiin lähes viikoittain myös sosiaalisessa mediassa, hankkeen Facebook- ja Instagram-sivuilla. Lisäksi hankkeen tuloksista pidetään kaksi esitelmää Maataloustieteen päivillä tammikuussa 2024.

2.5 Toteutusvaiheen arviointi

Hankkeen onnistumisiin kuului ehdottomasti laajasti toteutunut tiedonjako erilaisissa tapahtumissa sekä laitepilottien hyvin sujunut läpivienti. Hankkeen alkuvaiheessa kaavailtiin kapalemääräisesti laajempaa pilotointia, mutta perusteellisen harkinnan jälkeen päädyttiin rajaamaan pilotointikohteiden määrää ja keskittämään resurssit valittujen kohteiden aktiiviseen seurantaan ja ylläpitoon.

Haastetta hanketyölle aiheutti koko hankekauden tieteellisen tiedon vähyys säätösalaajituksen käytöstä pohjaveden pinnan nostoon suomalaisissa olosuhteissa. Olemassa olevassa viljelijöille suunnatussa materiaalissa mainitaan usein säätösalaajituksen tuomat mahdollisuudet, mutta konkreettinen ohjeistus järjestelmän käyttöstrategioista puuttuu kokonaan.



Päätökset vedenhallintatoimenpiteistä piti tehdä pilottilohkoilla oman harkintakyvyn mukaan. Hankkeen aikana huomattiin alueiden maantieteelliset erot sekä maalajien ja viljelykasvien erojen vaikutukset säätösalaajituksen käyttöön. Lisäksi peltolohkojen sisäinen monimuotoisuus ja kosteusolojen alueellinen vaihtelu jopa tilan sisällä aiheuttavat haasteita säätösalaajituksen käytössä. Lukuisien muuttujien vuoksi yleisiä ohjeita säätöventtiilien käyttöön on nykyisillä tiedoilla lähes mahdoton luoda.

Hankkeen toteutusvaiheen aikana ei ilmennyt erityisiä vaikeuksia, mutta monet käytännön tekijät vaikeuttivat testaamista tai teettivät lisätöitä. Esimerkiksi hankkeen ensimmäisellä keuhäudella havaittiin, että salaojakaivon yhteyteen sijoitetun mittalaitteen vaalea laitekotelo muistutti ilmeisesti nuolukiveä, sillä lehmät kävivät nuolemassa sitä ja samalla kääntämässä aurinkopaneelin väärään asentoon. Laitteet oli käytännössä sijoitettava aitauksen sisään, sillä lehmät myös talloivat maan alla kulkevaa anturikaapelia.

Eläimien lisäksi myös luonnonilmiöt aiheuttivat haasteita. Kannuksen pilottikohteen sääasema rikkoutui salamaniskusta kesällä -22. Rikkoutuminen tapahtui valmistajan ohjeiden mukaan tehdystä suo-
jauksesta huolimatta.



Kuva 2. Vaisalan WX Beacon sääasema Kannuksessa.



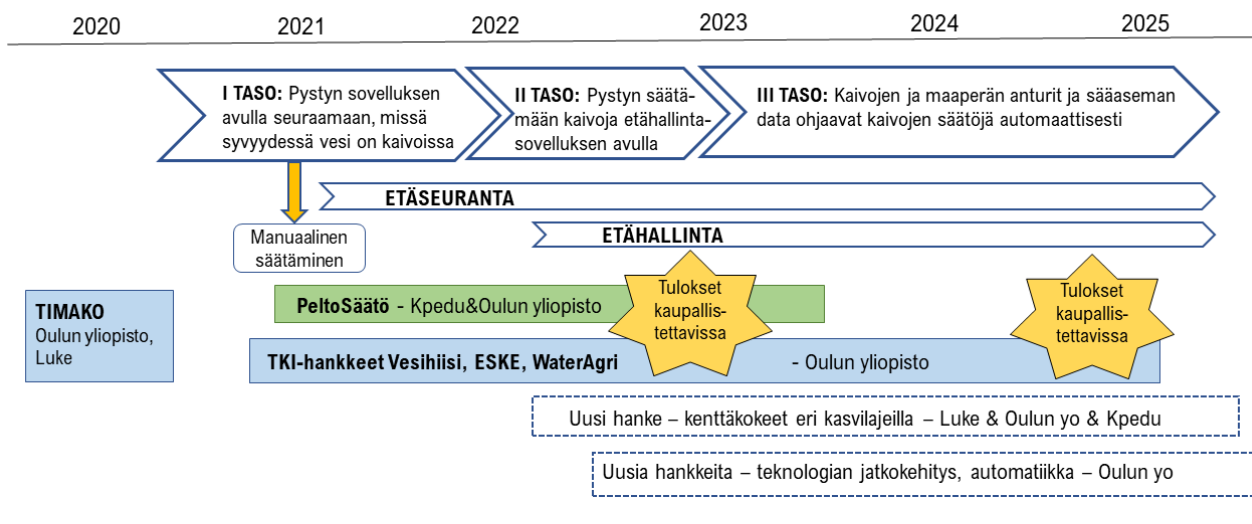
Kesällä -23 tiedonsiirto koelaitteilta pilveen katkesi yllättäen. Syyksi todettiin operaattorien toteuttama 3G-tietoliikenneverkon alasajo, jolla vapautetaan kaistaa uudempien tekniikoiden käyttöön. Tämän hankkeen osalta ongelma ratkaistiin muuttamalla tiettyjen laitteiden kommunikaatioväyläksi 2G-verkko. Myös uudempia 4G-, LTE-M- ja NB-IoT–tekniikoita olisi ollut mahdollista käyttää, mutta niiden käyttö olisi vaatinut jo asennettuihin laitteisiin isompia muutoksia, joten ajatuksesta luovuttiin. Sinänsä 2G-verkon tiedonsiirtokapasiteetti riitti laitteille mainiosti, sillä liikuteltava datamäärä oli hyvin pientä.

Hankkeessa tallennettiin mittausdataa lukuisilta antureilta. Koska käytössä oli useiden eri valmistajien laitteita, oli datan koostaminen ja yhteensovittaminen paikoitellen hyvin työlästä. Eri laitevalmistajat tarjoavat tyypillisesti oman pilvipalvelunsa, joka voi olla sinänsä yksinkertainen ja edullinen käytettävä, mutta se muodostaa tiedonhallinnan näkökulmasta yksinäisen saarekkeen. Kun jokainen laite on oma saarekkeensa, muodostuu tiedon yhteennivomisesta hidaskäyttö ja virhealtis prosessi. Esimerkiksi tässä hankkeessa oli käytössä Caprocin, DataSensen, Corduluksen, Vaisalan ja Oulun yliopiston IoT-laitteita. Niistä jokainen tallettaa datan omaan pilvipalveluunsa ja mitään automaattista tiedon yhteenliittämistä ei ole tarjolla. Tällä alueella onkin nähtävissä selkeää kehitystarvetta.

3 Tulokset ja niiden arviointi

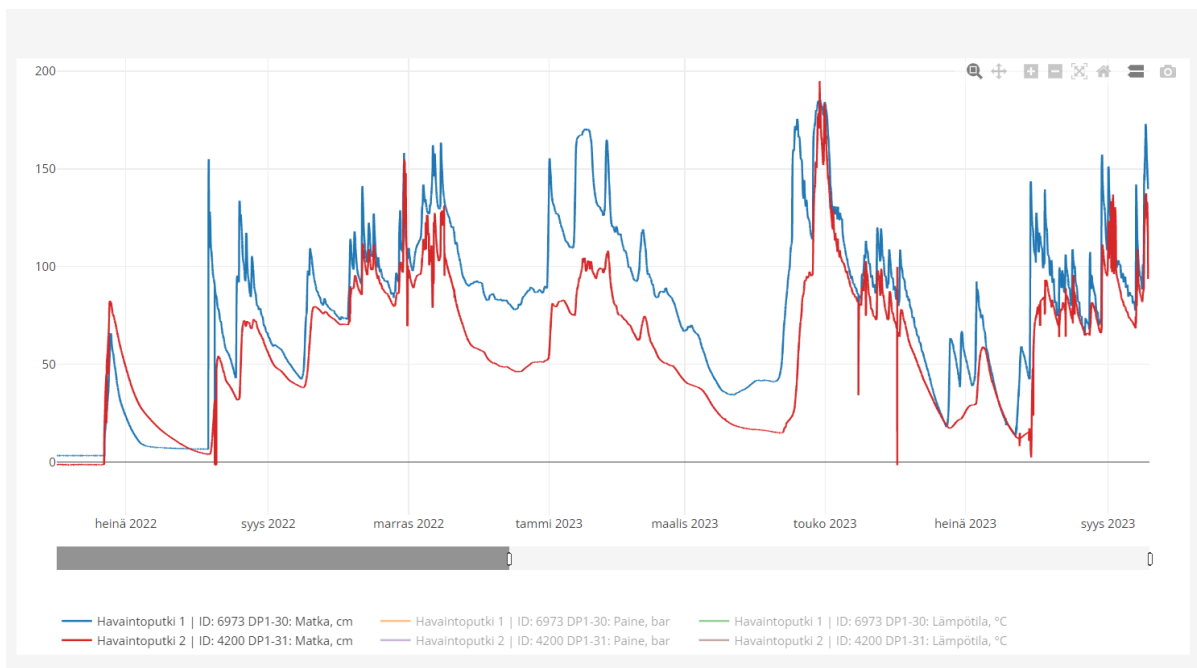
3.1 Tulosten esittely

Taulukko 1. Hankkeen hakemuksessa esitetty tavoitetaulukko.



Hanke eteni hakemuksessa esitetyn taulukon 1 mukaisesti. Vuonna 2021 pilottikohteissa Kanuksessa ja Nivalassa testattiin Oulun yliopiston kehittämää kaivoihin asennettua langatonta mittausyksikköä, jolla saatiin tietoon kaivoveden korkeuden lisäksi maaperän tilavuuskosteus kahdesta eri syvyydestä. Mittaustieto välitettiin pilvipalveluun langattomasti ja järjestelmä sai käyttöenergiansa pienen aurinkopaneelin avulla. Jo ensimmäisen vuoden aikana selvisi, että pellon pohjaveden korkeus on tärkeä mittausparametri lohkon vedenhallinnan optimoinnissa. Vuonna 2022 lisättiin pohjaveden mittauspisteet molempiin kohteisiin. Ne kytkettiin kaivon

yhteydessä olevaan yksikköön, joka lähetti mittaustiedot pilvipalvelimeen. Kannuksen pilottilohkelle hankittiin lisäksi kaksi Decentlabin DLPR-26 pohjaveden mittaustanturia, jotka toimivat langattomasti LoRaWAN-verkossa ja ne pystyttiin asentamaan keskelle pilottilohkoa. Tuloksista selvisi, että pohjaveden vaihtelu oli lohkolla suurta. Mittausjaksolle osui alueelle poikkeuksellisen lämmin tammikuu 2023, jolloin lämpötila nousi plusasteille ja lumi sulii paikoin. Jakso näkyy pohjavesimittauksissa siten, että pohjaveden pinta nousi yli metriin (Kuvio 1), vaikka se normaalisti on talven ajan, maan ollessa jäässä, lähempänä -2 metriä pellon pinnasta. Kesäkuussa 2023 oli pitkä kuiva jakso, joka näkyy kuviossa 1. laskevana käyränä molemmissa pohjavesipisteissä.



Kuvio 1. Pohjaveden käyttö Kannuksessa kausina 2022–2023. Decentlabin paineanturit on sijoitettu noin 20 m päähän säätkäivoista imuojien väliin ja ne mittaavat pohjaveden pinnankorkeutta noin 2 m syvyydestä jatkuvatoimisesti.

Pohjavesimittausten määrään kasvattamisen lisäksi kesäkaudella -22 salaojakaivojen pohjaventtiilit muutettiin etäohjatuiksi sekä Nivalan että Kannuksen pilottikohteissa. Ohjausta varten Oulun yliopisto oli kehittänyt pilvipohjaisen käyttöliittymän, joka oli käytettävissä millä tahansa päätelaitteella, josta löytyy internetselain. Laitteiden yleistä toimivuutta, akkujen varustilaa, mittaustietojen laatua ja mekaanista toimintaa seurattiin säännöllisesti sekä käyttöliittymän kautta että paikan päällä käymällä.



Kuva 3. Talvella 2021/2022 kehitettiin olemassa olevaan sääätosalaojakaivoon aurinkopaneelilla toimiva etäohjattava yksikkö. Laitteisto on liitettävissä olemassa olevaan kaivoon.

Laitteet toimivat pääsääntöisesti hyvin ja esimerkiksi ukkoset eivät aiheuttaneet laiterikkoja. Tietoliikenteessä esiintyi satunnaisia katkoksia, mutta siitä ei koitunut merkittävää haittaa. Myös tiedon tallennuksessa esiintyi jonkin verran katkoksia.



Laitteiden talvikestävyyttä testattiin Nivalan pilottilohkolla talvikaudella 2022–2023. Lisäksi seurattiin kaivoveden jäätymistä. Kaivovesi jäätty pinnasta useampaan otteeseen talven aikana, koska osa talvesta oli vähäluminen. Laitteisto kesti kuitenkin säävaihtelut ja toimi keväällä moitteettomasti. Ennalta tiedettiin, että erityisesti veden hydrostaattisen paineen mittaamiseen perustuva pinnankorkeusanturi saattaisi vaurioitua jäätyamisen seurauksena, mutta näin ei kuitenkaan tapahtunut.

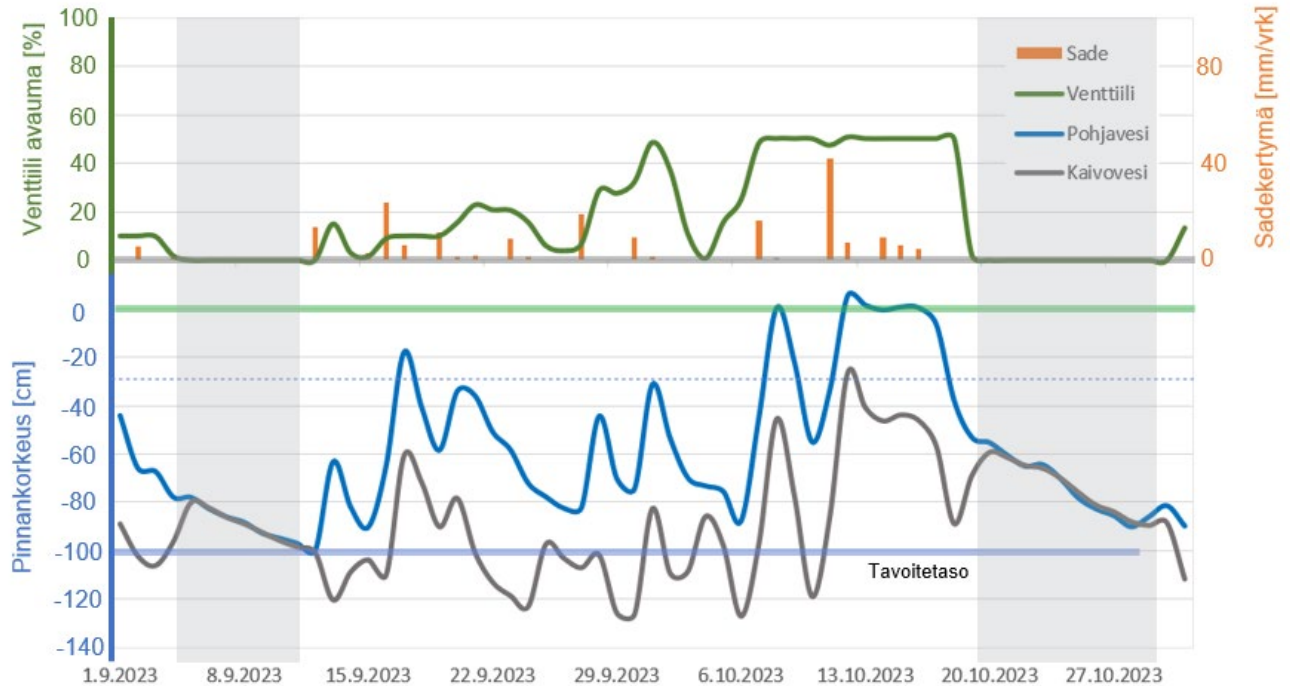


Kuva 4. Kaivo jäättyi Nivalassa vähälumisella jaksolla joulukuussa. Kuva otettu 16.12.2021



Talvikaudella 2022–23 vastaavaa laitetekniikkaa oli käytössä myös Luonnonvarakeskuksen Ruukin tutkimusasemalla. Siellä tulokset olivat samankaltaisia, eli laitteet toimivat talvikauden jälkeenkin moitteettomasti ja kaivoveden osittainen jäätyminen ei aiheuttanut laiterikkoja tai venttiilin vuotamista. Tieto oli tärkeä, sillä käytännön viljelyksillä laitteistoa ei ole järkevää kerätä aina talveksi pois. On kuitenkin huomattava, että kyseessä oli vasta kaksi koetta. Tulokset ovat rohkaiseva, mutta kokeita on jatkettava erilaisissa käyttöpaikoissa ja erilaisilla sääprofiileilla, jotta laitteiden luotettavuudesta saadaan kattava kokonaiskuva.

Kasvukaudella 2023 Kannuksessa pilotoitiin hankkeen suunnitelman mukaisesti täysin automaattisointua salaojakaivoa. Automaatiojärjestelmä ohjasi salaojakaivon pohjaventtiiliä laskentamallin, sääennusteen ja kaivo- sekä pohjaveden pinnankorkeuden perusteella. Aluksi laitteen tavoitearvoksi asetettiin säilyttää pohjaveden pinnankorkeus 30 cm syvyydessä maan pinnasta. Osoittautui, ettei järjestelmällä ollut mahdollisuuksia päästä tavoitteeseen, sillä kaupallisten kaivojen ylivuotoputki oli asennettavissa maksimissaan -50 cm syvyyteen ja vesi valui ylivuotoputkea pitkin pois ennen -30 cm tavoitearvon saavuttamista. Alkusyksystä pohjaveden pinnankorkeuden tavoitearvoa muutettiin 100 cm:iin maanpinnasta, jolloin toimintamahdollisuudet paraniivat oleelliset ja sateisen syksyn 2023 ansiosta järjestelmän toimintaa päästiin testaamaan toden teolla. Kuviossa 2. on esitetty tuloksia automaattikaivon toiminnasta.



Kuvio 2. Automaattikaivon mittaustietoa aikaväliltä 1.9.-31.10.2023.

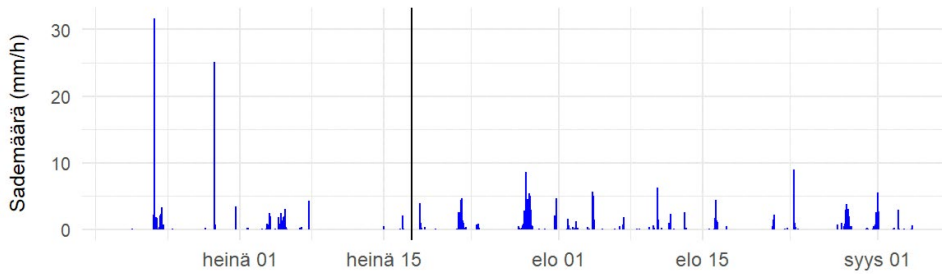
Kuvion 2. alaosassa on kaksi pinnankorkeuskäyrää. Sininen käyrä kuvaa pohjaveden pinnankorkeutta siten, että lukema 0 cm tarkoittaa maanpinnan tasoa. Harmaa käyrä kuvaa samaan tapaan kaivosta mitattua vedenpinnan korkeutta. Säätojärjestelmän tavoitearvona oli koko tarkastelujakson ajan -100 cm. Kuvasta nähdään selkeästi, että säädön absoluuttinen tulos on heikko, sillä toteutunut pohjaveden pinnankorkeus on käytännössä jatkuvasti tavoitetta korkeammalla. Yhtenä merkittävänä syynä tulokseen on se, että syksy -23 oli runsassateinen ja salaojajärjestelmän virtauskapasiteetti riittämätön. Salaojakaivon venttiilin suurin avauma koejakson aikana oli 50 %, joka vastasi käytännössä järjestelmän täyttä virtausta. Venttiilin perässä olevan putkiston virtausvastus oli rajoittavana tekijänä ja venttiiliä oli hyödytöntä avata enempää. Todennäköinen syy salaojajärjestelmän heikkoon virtauskapasiteettiin oli pilottilohkolla syksyllä



-23 tehdyn työnäytöksen yhteydessä liikkeelle lähtenyt sakka. Asiaa ei kuitenkaan pystytty varmistamaan hankkeen aikana. Salaojajärjestelmä on joka tapauksessa huuhdeltava kokonaisuudessaan ennen kesäkautta -24.

Virtausongelmista huolimatta mittaustulokset osoittavat automaattisäädön toimivan loogisesti oikealla tavalla ja se kykenee ajamaan pellon pohjaveden tasoa kohti tavoitearvoa säännönmukaisesti ja ennakoiden. Kuvioista 1. nähdään kuinka säädin ajaa venttiilin ennakoivasti täysin kiinni lokakuun 20:n päivän tienoilla, vaikka mitattu pinnankorkeus on noin 40 cm:n päässä tavoitteesta. Mittausten perusteella pohjavettä "vuotaa" pellostä noin 3 cm/vuorokausi tahdilla silloin kun venttiili on kiinni (ohjaus 0 %). Virtaus ei kulje salaojakaivon kautta, sillä venttiili on vuodoton. Pellon vuotaminen näkyy kuvion 1. pohjaveden tason tasaisena laskun kohti -100 cm tavoitearvoa. Sama ilmiö näkyy hyvin myös syyskuun alkupäivien kohdalla, jolloin venttiili on kiinni ja sadetta ei tule. Toiseen suuntaan tapahtuva ennakointi ilmenee selkeästi lokakuun alussa, jolloin säädin avaa venttiiliä reilusti ja varautuu näin tulossa olevaan (ennustettuun ja toteutuneeseen) sateeseen.

Kasvukaudella 2023 laajennettiin pohjaveden mittausta Kannuksessa. Pilottilohkolle asennettiin 7 kpl pohjaveden mittauspisteitä, joihin hankittiin LoRaWAN-verkossa toimivia Caproc Aqua-26 -antureita. Pohjaveden pinnankorkeudet mittauspisteiden välillä poikkesivat huomattavasti, vaikka peltolohkon säätökaivojen luukut olivat kiinni yhtäjaksoisesti kesäkuun alusta heinäkuun loppuun.



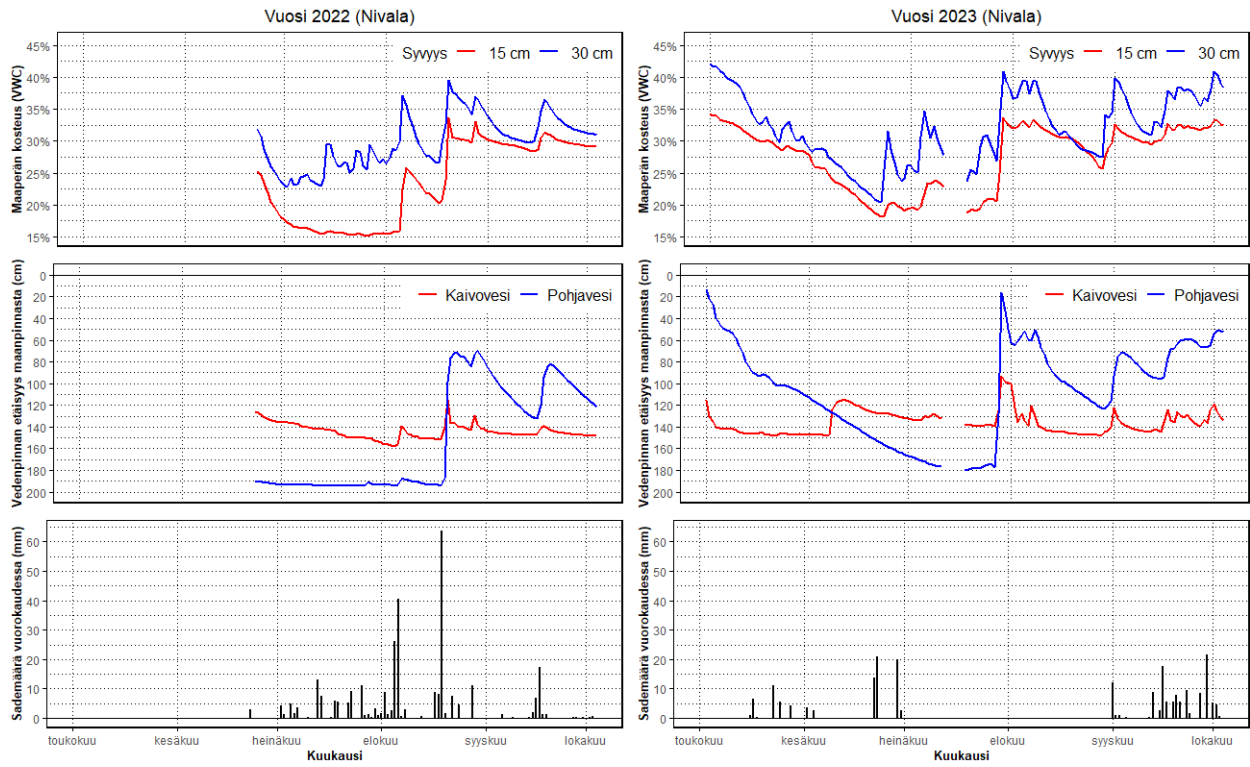
Kuvio 3. Hankkeessa kehitettiin animaatio, jolla pyrittiin visualisoimaan pohjaveden pinnankorkeuden muutokset eri olosuhteissa eri puolilla peltolohkoa. Karttakuvan päällä näkyvien ympyröiden koko kasvaa pohjaveden pinnan noustessa ja vastaavasti pienenee pinnan laskiessa. Tämä saa aikaan hyvin hahmotettavan aaltomaisen efektin. Kuvakaappaus otettu GIF-tiedostosta.



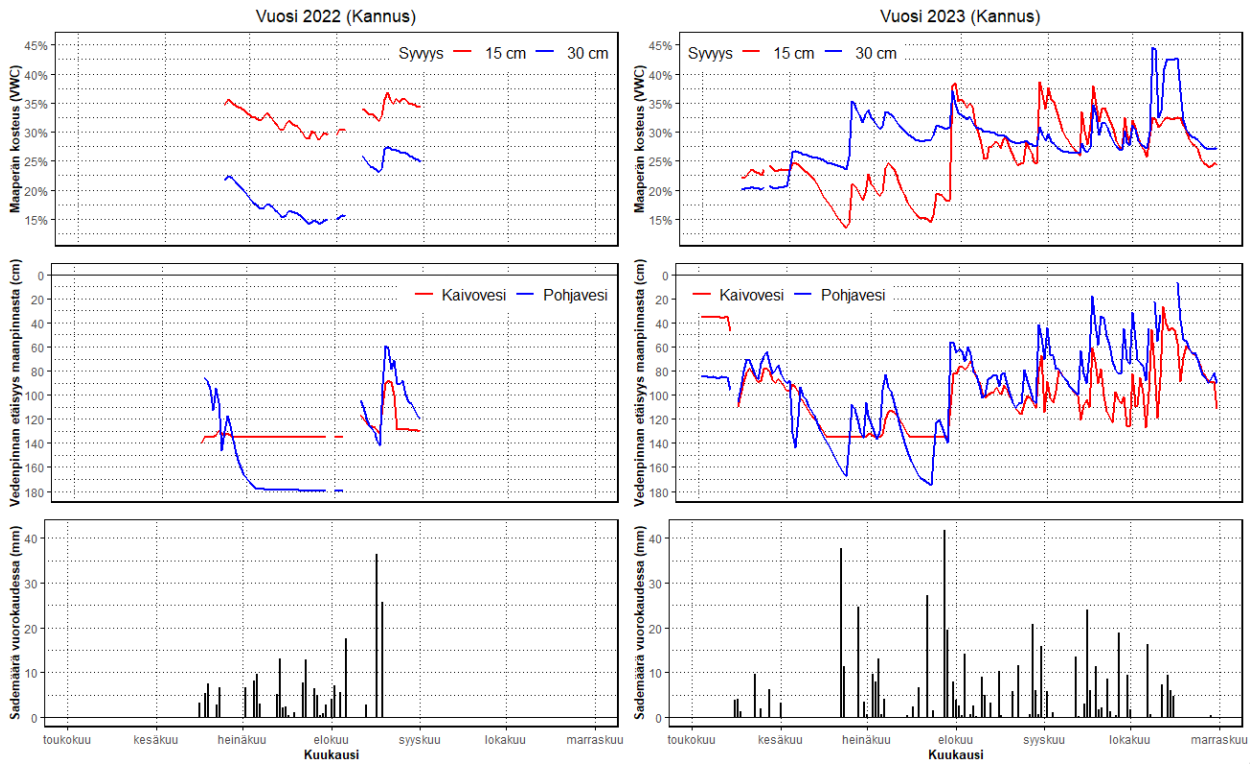
Kuva 5. Kesällä 2023 linnut sotkivat Nivalassa Cordulus-sääasemaa. Elokuun lopulla laitteeseen saatiin karkotimet.

Kasvukausina 2022 ja 2023 pilottilohkoilta kerättiin tiedot sadannasta paikallisilla mittausyksiköillä. Kannuksessa oli käytössä Vaisalan WX Beacon -sääasema. Nivalassa säätä mitattiin Cordulus -sääasemalla. Toimintavarmuus osoittautui laitteissa haastavaksi. Kannuksen sääasemaan iski salama 20.8.2022 suojaustoimenpiteistä huolimatta. Nivalassa säädataa kertyi onnistuneesti kasvukaudella 2022, mutta vuonna 2023 linnut sotkivat laitteistoa eikä sademittaus ollut luotettavaa. Karkotimet saatiin laitteen toimittajalta viiveellä.

Pilottilohkoiksi valikoitui kaksi karkeaa kivennäismaalohkoa. Nivalan lohko oli säätösalojitettu vuonna 2019 ja lohko oli puhdas viljakierto. Kannuksen lohko säätösalojitettiin vuonna 2020 ja lohko kasvoi vuonna 2021 ohra, vuonna 2022 ohra heinän suojaviljana ja vuonna 2023 lohko oli nurmikasvusto.



Kuvio 4. Kaivon asennetun laitteiston dataa ja pellon säädata Nivalan pilottilohkolta. Kasvukaudelta 2023 puuttuu säädatasta jakso 1.7.-31.8.2023. Vuonna 2023 heinäkuun puolesta välistä puuttuu myös mittausdataa kaivoyksikön lähettämistä tiedoista, koska ajanjaksolla 3G-verkko lakkautettiin alueelta.



Kuvio 5. Kaivoon asennetun laitteiston dataa ja pellon säädäta Kannuksen pilottilohkolta. Säädäta ei ole 20.8. lähtien vuodelta 2022, koska sääsemaan iski salama.

Yhdistämällä sademäärätiedot, pohjaveden ja kaivoveden määrätiedot sekä maaperän kosteustiedot saatiin kuvaajat maaperän käyttäytymisestä erilaisissa kosteusolosuhteissa (Kuvio 4 ja 5). Kuvio 4 (Nivala) erottuvat viljalohkon kuivat alkukasvukaudet, jolloin pohjaveden pinnat ovat laskeneet lähes 2 m syvyyteen. Molempina mittausvuosina vain runsaat useamman kymmenen millimetrin sateet ovat kääntäneet pohjaveden pinnan nousuun.

Kannuksen pilottilohkolta saatiin vain hajanaista tietoa kaivoyksiköstä vuodelta 2022 (Kuvio 5). Vuonna 2023 Kannuksessa oli viljelyssä nurmi, joka pystyi pidättämään vettä Nivalan viljapilottilohkoa paremmin kuivan kesäkuun ajan eikä yhtä pitkäjaksoista pohjaveden pinnanlaskua esiintynyt loholla. Lisäksi kuvio 5 on nähtävissä automaattikaivon pyrkimys pidättää vettä



lohkolla myös loppukasvukaudesta. Nivalan pilottilohkolla luukut avattiin jo elokuun alussa heti kovien rankkasateiden jälkeen, joka näkyy kuvasta 9. selvänä pohjaveden laskuna.

Kertyneellä datalla voidaan tulevaisuudessa hahmottaa maaperän käyttäytymistä säädatan mukaisissa olosuhteissa. Näiden tietojen avulla viljelijä voi hyödyntää oppia oman säätösalojastrategian kehittämiseen erilaisina kasvukausina. Käytännön havainnot pilottilohkojen vesienhallintatapahtumista on kirjattu ylös ja näitä käytännön havaintoja voidaan hyödyntää uusien tutkimustulosten rinnalla koulutusmateriaalin laadinnan yhteydessä.

Peltosäätö -hankkeen datan avulla päästään tarkentamaan automaattikaivon älyä veden pidätysosaamisessa. Ilmastonmuutoksen myötä kasvukausiin osuu nykyisin kuivia ja märkiä jaksoja. Hankkeessa kertynyt data ei vanhene ja sitä voidaan käyttää tulevaisuudessa syötteenä tekoälyn opetuksessa.

3.2 Tulosten vieminen käytäntöön

Hankkeen yhtenä päätavoitteena oli testata säätösaloituksen etäseuranta- ja etähallintajärjestelmiä käytännön tuotanto-olosuhteissa. Tavoite toteutui hankkeessa hyvin ja kokeet tuottivat sekä teknologian että maataloustuotannon kehittämisen kannalta hyödyllisiä tuloksia. Teknologiakehityksen kannalta merkittävimpiin havaintoihin kuuluu se, että monet teollisessa ympäristössä suhteellisen helposti toteutettavat asiat pitää uudelleensuunnitella ja sovittaa maatalouskäyttöön. Esimerkiksi pohjaveden pinnankorkeuden mittaaminen onnistuu tyypillisellä hydrostaattista painetta mittaavalla teollisuusanturilla, mutta anturin asentaminen käyttökohteeseen täytyy tehdä erityisen huolellisesti ja käyttöympäristön erityispiirteet huomioiden. Huomioon otettavia asioita ovat esimerkiksi:



- Anturin mittauskammio täytyy suojata huolellisesti pohjaveden mukana kulkeutuvalta hie-nojakoiselta kiintoaineelta. Huonosti suojattu anturi tukkeutuu ja alkaa näyttämään vir-heellistä lukemaa.
- Anturin tuuletusletku on sijoitettava niin, että se ei litisty esimerkiksi eläinten liikkumisen tai viljelytoimenpiteiden seurauksena. Letkun suuaukko on lisäksi suojattava hyönteisiltä, jotka voivat tukkia letkun.
- Pohjavesiputket tulee sijoittaa pellolle siten, etteivät ne häiritse viljelytoimia, mutta ne si-jaitsevat "sopivassa" kohdassa edustavan mittaamisen kannalta. Sopivan paikan määrit-tämiseen ei ole toistaiseksi olemassa selkeää proseduuria ja asiaan liittyy lisätutkimusta vaativia kysymyksiä. Epäsopivaan paikkaan sijoitettu mittauspiste tuottaa kokonaiskuvaa vääristävää mittaustietoa ja saattaa ohjata tekemään pellon vesitalouden kannalta epä-suotuisia päätöksiä.
- Pohjavesiputkien asennuskanavat täytyy tiivistää siten, että pintavettä ei pääse valumaan missään tilanteessa kanavaan. Putkien täytyy päästä myös hengittämään vapaasti, jotta pohjaveden pinnankorkeuden vaihtelu ei aiheutua putkiin paineenvaihtelua.
- Pohjavesimittausten toimintaa on seurattava säännöllisesti. Tietoliikennehäiriöt, ukkosen aiheuttamat viat, ilkivalta, eläinvahingot jne. voivat katkaista mittaustiedon kertymisen ja tietokantaan syntyy aukko, jota ei käytännössä voi paikata myöhemmin. Mitä nopeammin katkokset huomataan, sitä yhtenäisempi historiatietokannasta syntyy.

Edellä esitetyt huomiot ovat vaikuttaneet PeltoSäätö-hankkeen aikana mm. niin, että Oulun yli-opisto, Luonnonvarakeskus ja toistakymmentä maatilaa ovat käynnistäneet pohjavesimittauksiin ja valuma-alue tarkasteluun keskittyvän kehityshankkeen nimeltään "Turvepeltojen vesienhallin-nan toteuttaminen valuma-alueen tarkastelun ja pohjavedenpinnan monitoroinnin pohjalta (TurPo)". Hankkeessa pyritään löytämään ratkaisuja pohjaveden tason käytännölliseen ja luotettavaan monitorointiin. On laajalti tiedossa, että pohjaveden korkeus on eräs keskeisimmistä



turvemaiden kasvihuonekaasupäästöihin vaikuttavista tekijöistä. Kivennäismailla vaikutukset liittyvät enemmän kasvien kasvuun ja tuotannon tehokkuuteen.

Etähallittavien säätösalaojakaivojen osalta tämän hankkeen tärkeimmät tulokset liittyvät etäohjattavien säätöventtiilien käytännön toimintaan ja kehitystarpeisiin. Pilotoinnit osoittivat, että venttiilit on mahdollista saada toimimaan hankalassa toimintaympäristössä varsin pienellä energiamäärällä ja ympärivuotisesti. Energianhallinta on keskeisessä roolissa suunniteltaessa maatalousympäristöön sijoitettavia esineiden internetiä hyödyntäviä, eli IoT-laitteita, sillä verkkosähkön käyttäminen on käytännössä mahdotonta. Hankkeessa testatut laitteet käyttävät energiantuotantoon suunnilleen A5-arkin kokoista aurinkopaneelia, joka lataa neljää 18650-tyyppistä akkua. Ratkaisu on hyvin edullinen ja se osoittautui myös automaattikäyttöön riittäväksi. Automaattikäytössä säätöventtiiliä voidaan ajaa huomattavasti manuaalikäyttöä aktiivisemmin ja energianhallinta on silloin erityisen tärkeää.

Hankkeen aikana havaittiin, että käytetty venttiilirakenne toimii ruosteisessakin toimintaympäristössä luotettavasti ja venttiilit eivät ole vuotoherkkiä. Venttiileitä on kuitenkin syytä ajaa säännöllisesti, vaikka varsinaista säätötarvetta ei olisikaan. Näin vältetään venttiilin luistin takertuminen tiivistepintaan ja saadaan aikaan (ruoste)sakkaa kuljettava virtauspulssi salaojaputkistoon, mikäli se ei ole täysin kuiva. Hankkeen aikana todettiin vain yksi venttiilirikko, joka johtui todennäköisesti siitä, että venttiiliä oli käytetty liian harvoin.

Säätösalaojituksen etäseuranta- ja etähallintajärjestelmien avulla viljelijät pystyvät entistä tehokkaammin hyödyntämään säätösalaojituksen mahdollisuuksia. Ilman etähallittavuutta tarvittavat säädöt vaativat lukuisia käyntejä lohkon kaikilla kaivoilla sekä tarkkaa sää- ja kasvuolosuhteiden seurantaa. Tämä vie runsaasti työaikaa kiireisenä sesonkina.

Säätösalaojituksen yleistymisen ja säätöjen tehokkaampi hyödyntäminen lisäävät viljelyvarmuutta, tuottavat ympäristöhyötyjä, parantavat työn tehokkuutta ja satomääriä sekä maatalojen



kilpailukykyä. Salaojakaivojen säätöjen tehokkaampi hyödyntäminen vähentää myös ravinnehuhtoumia ja pintavaluntaa vesistöihin. Viljelijät pystyvät entistä paremmin varautumaan rankkasateisiin ja kuivuusjaksoihin. Mahdollisuus uusien teknologioiden käyttöön on luonut uskoa tulevaisuuteen ja työkaluja vastata hiilineutraalisuustavoitteisiin.

Maankäyttösektorin ilmastotoimenpiteiden tavoitteiden täyttymisen näkökulmasta PeltoSäätöhanke on tuottanut kokemuseräistä ja todennettua tietoa kasvihuonekaasupäästöihin keskeisesti liittyvän pohjaveden pinnankorkeuden monitoroinnista ja hallinnasta. Tiedon hyödyntäjiä ovat ainakin laitteita kehittävät ja valmistavat yritykset, maatalousyrittäjät, tutkimusyhteisö, viranomaistahot ja lainsäätäjät. Hankkeen toteuttajien näkemyksen mukaan pohjaveden tason jonkinlainen monitorointi tulee olemaan arkipäivää maataloustuotannossa keskipitkällä aikavälillä. Myös säätösalojajärjestelmien etäkäyttö ja osittainen automaatio tulevat yleistymään erityisesti erikoiskasvituotannossa. Kehitystä hidastavana tekijänä voidaan pitää Suomalaisen markkinan melko pientä kokoa ja sitä kautta yritysten haluttomuutta tehdä kehitysinvestointeja, joita automaattilaitteiden markkinoille tuominen väistämättä edellyttää.

Tämän hankkeen tulokset eivät suoraan edistä viranomaisten säädösvalmistelua, mutta ne tarjoavat tietoa realististen tavoitteiden asettamisen pohjaksi. Esimerkiksi pohjaveden jatkuvan monitoroinnin edellyttäminen maatalousyrittäjiltä ei ole perusteltua niin kauan kuin riittävän luotettavia ja yhteismitallisia mittausjärjestelmiä ei ole saatavilla. Tässä on oleellista mieltää, että kyse ei ole pelkästään laitetekniikan saatavuudesta, vaan myös sen soveltamismenetelmistä. Yksittäisillä mittauspisteillä ei toistaiseksi saada riittävän kattavaa kokonaiskuvaa pohjavesitilanteesta. Kuten aiemmin mainittua, tämän hankkeen tulosten pohjalta pohjaveden pinnankorkeuden mittaamiseen liittyvää tutkimus- ja kehitystyötä jatketaan muissa hankkeissa. Eräänä tavoitteena on, että pohjaveden tasoa pystyttäisiin estimoimaan riittävän hyvällä tarkkuudella salaojakaivoon sijoitetulla mittauksella ja pellon käytämisestä tehdyllä laskentamallilla.



3.3 Tulosten merkitys ja jatkotoimenpiteet

PeltoSäätö-hankkeen lähtökohtana on ollut olemassa olevan teknologian pilotoiminen ja siihen liittyvän tiedon levittäminen maatalousyrittäjille, teknologiakehittäjille, opiskelijoille ja muille sidosryhmille. Lähestymistapa on ollut hyvin konkreettinen ja käytännönläheinen, eli tietoa kerätty suoraan tuotantoympäristöstä ja toisaalta sitä on levitetty suoraan käytännön tasolle. Varsinaisen tieteellisen tiedon koostaminen ei ole siis ollut hankkeen tavoitteena, koska tieteellisen tiedon jalkauttaminen käytäntöön kulkee aina hitaamman prosessin läpi. Hanke on kuitenkin tuottanut myös tieteellistä tietoa, sillä erityisesti automaattikaivon testaamiseen liittyvää dataa on tarkoitettu hyödyntää kansainvälisessä vertaisarvioidussa tieteellisessä artikkelissa, jonka julkaisua tavoitellaan vuoden –24 aikana. Painopiste tulee olemaan vesienhallinnan IoT:n kuvaamisessa ja käyttötapauksen esittelyssä.

Hankkeen tuloksia jalkautetaan käytäntöön useilla tavoilla. Teknologiakehityksessä kertynyttä tietämystä on jo integroitu osaksi Oulun yliopiston tuottamaa "Mekatroniikan jatkokurssi" -nimistä opintojaksoa. Kpedulla säätösalaajituksen teoriaa käydään läpi maatalouden perusopinnoissa. Harjoittelujaksoilla koulutilalla opiskelijat pääsevät seuraamaan vedenhallintaa käytännössä Kannuksen pilottilohkolla. Lisäksi säätösalaajituksen avulla nostettavan pohjaveden pinnankorkeuden vaikutusta pellon hiilijalanjälkeen on pyritty hahmottamaan Valion hiilijalanjälkilaskurin avulla. Meijerin laskuriin on jo syötettävissä säätösalaajitus viljelytoimenpiteenä, mutta puutteellisen tutkimustiedon takia säätösalaajitustoimet eivät vaikuta vielä itse hiilijalanjälki -laskentaan. Tulevaisuudessa kaivoyksikön dataa voisi mahdollisesti hyödyntää tilakohtaisessa hiililaskennassa.

Hankkeen tuloksia on levitetty myös laajalti eri sidosryhmien keskuuteen pellonpiennarpäivällä, seminaareissa ja messuilla. Yhtenä vaikutuksena voidaan nähdä se, että myös metsätaloussektorille on suunnitteilla tutkimusta, jossa hyödynnettäisiin vesien hajautetussa



pidättämisessä samaa teknologiaa kuin tässä hankkeessa, eli etäohjattavia venttiileitä ja mal-
lipohjaista automaatiota.

Hankkeen tuloksien hyödyntäjiä jatkossa tulevat olemaan samat tahot kuin hankkeen aikana, eli laajalti sekä käytännön toimijat että tutkimusorganisaatiot. Maatalouden vesienhallinta on käytännössä vielä hyvin automatisoimatonta ja osin ohjaamatonta (passiivista) toimintaa. Syynä on osin se, että tarvittavaa tekniikkaa on tarjolla melko rajoitetusti ja käytännön hyödyistä ei ole vielä riittävästi suoraa ja “euromääräistä” näyttöä. Lisäksi ongelmia aiheuttaa markkinoilla olevien tuotteiden keskinäisen integraation puute. Esimerkiksi sääasemien, pohjavesimittausten ja vaikkapa satotietojen yhteen liittäminen edellyttää manuaalista datan haa-
limista eri pilvipalveluista, laskentataulukkojen muodostamista ja visualisointia. Tällainen toi-
minta on erittäin tehotonta ja se syö suuren osan saavutetusta nettohyödystä. Jatkossa tutki-
mus- ja kehityspanoksia olisi suunnattava sekä repaleisen tiedon yhdistämiseen tähtäävään
toimintaan että maankäyttösektorin toimijoiden “digitaalisen osaamisen” parantamiseen. Tätä
osaamista ei voida siirtää myöskään viljelijöille, vaan heille tarjottavien sovellusten tulee olla
helppokäyttöisiä ja päätöksentekoon tarvittava data on löydettävä nopeasti ja selkeästi.

Myös erilaisten pilottien pitkäjänteistä toteuttamista tulisi jatkaa sillä vuosien väliset sääolot
vaihtelevat ja tekniikkaa kehittyä jatkuvasti. Jatkuva mittausdatan kerryttäminen on myös tär-
keää, sillä monet tulevaisuuden ratkaisut tulevat pohjautumaan aiemmin kerättyyn mittaustie-
toon.



LIITTEET

Liite 1. Hankkeen talous

Liite 1. Hankkeen talous

Koko hanke ajalla 1.4.2021. - 15.11.2023.	Koko hankkeen budjetti	Koko hankkeen kustannukset
Palkat + henkilösivukulut	146 700	158 104
Palkkiot	1 800	422
Matkakulut	12 900	9 873
Ostopalvelut	18 600	4 303
Muut kust. yhteensä	112 449	106 610
<i>julkaisukust.</i>	2 988	4 058
<i>tarvikkeet ja laitteet</i>	47 850	20 416
<i>yleiskustannukset</i>	55 311	80 141
<i>muut kustannukset</i>	6 300	1 996
<i>alv</i>	7 750	2 930
Yhteensä	300 199	282 243
MMM:n rahoitusosuus		226 828,26
Oma rahoitusosuus		55 414,76

OY ajalla 1.4.2021. - 15.11.2023.	Oulun yliopiston budjetti	Oulun yliopiston kustannukset
Palkat + henkilösivukulut	56 500	68 057,72
Palkkiot	0	0,00
Matkakulut	7 000	3 265,51
Ostopalvelut	9 000	0,00
Muut kust. yhteensä	73 940	61 698,62
<i>julkaisukust.</i>	1 250	0,00
<i>tarvikkeet ja laitteet</i>	29 750	9 974,80
<i>yleiskustannukset</i>	42 940	51 723,82
<i>muut kustannukset</i>	0	0,00
<i>alv</i>	7 740	2 930,43
Yhteensä	154 180	135 952,28
MMM:n rahoitusosuus		95 166,60
Oma rahoitusosuus		40 785,68

Kpedu ajalla 1.4.2021. - 15.11.2023.	Keski-Pohjanmaan koulutusyhtymän budjetti	Keski-Pohjanmaan koulutusyhtymän kustannukset
Palkat + henkilösivukulut	92 100	90 046,76
Palkkiot	1 800	422,00
Matkakulut	5 900	6 607,88
Ostopalvelut	9 600	4 303,02
Muut kust. yhteensä	39 903	44 911,08
<i>julkaisukust.</i>	1 688	4 057,50
<i>tarvikkeet ja laitteet</i>	18 100	10 440,92
<i>yleiskustannukset</i>	13 815	28 417,00
<i>muut kustannukset</i>	6 300	1 995,66
<i>alv</i>	0	0,00
Yhteensä	149 303	146 290,74
MMM:n rahoitusosuus		131 661,66
Oma rahoitusosuus		14 629,08