

LOPPURAPORTTI

19.6.2025



Kuva: Jusa Kokko, Luke

Hankkeen nimi: Turvepeltojen vesienhallinnan toteuttaminen valuma-
aluetason tarkastelun ja pohjavedenpinnan monitoroinnin pohjalta - TurPo

Hankkeen toteuttajat: Oulun yliopisto ja Luonnonvarakeskus

Yhteyshenkilö ja yhteystiedot:

Oulun yliopisto: Toni Liedes, p. 029 448 2051, toni.liedes@oulu.fi

Luonnonvarakeskus: Maarit Liimatainen, p. 050 301 9564, maarit.liimatainen@luke.fi

Hankkeen toteutusaika: 30.11.2022–15.6.2025

Hankkeen toimenpiteiden kuvaus ja tulokset löytyvät hankkeen päättymisen jälkeen:

Hankkeen loppuraportti laitetaan avoimeen jakoon vähintään Oulun yliopiston OuluREPO-palvelun kautta, mutta mahdollisesti myös Luonnonvarakeskuksen Jukuri-palvelun kautta. Luonnonvarakeskuksen verkkosivuille on tehty hankkeelle oma nettisivu <https://www.luke.fi/fi/projektit/turpo>. Linkki loppuraporttiin sijoitetaan myös hankkeen nettisivuille. TurPo-hanke esitteli hankkeen toimintaa ja tuloksia 20.5.2025 Vesienhallinnan hankkeiden loppuseminaarissa ja Oulun yliopiston Toni Liedeksen esitys löytyy ELY-keskuksen verkkosivuilta https://www.ely-keskus.fi/documents/d/ely-keskus/turpo-hanke_2025-pdf. Tiedot hankkeen toimintaa ja tuloksia kuvaavista ammattilehtikirjoituksista (Liimatainen ym. 2024, Läpikivi ym. 2024, Liimatainen ym. 2025) sekä tieteellisestä julkaisusta (Läpikivi ym. 2025) löytyvät Jukuri-palvelusta.



Tiivistelmä

Hankkeen lähtökohtana oli tarve tehostaa turvepeltojen vesienhallintaa ilmastovaikutusten hillitsemiseksi sekä maatalouden tuottavuuden ja kestävyys turvaamiseksi. Hankkeen ensisijainen kohderyhmä olivat turvepeltojen viljelijät erityisesti Keski- ja Pohjois-Pohjanmaan alueilla.

Hanke jakautui neljään työpakettiin, joista ensimmäinen keskittyi turvepeltojen vettämiseen ja pohjaveden syvyyden säätämiseen liittyvään vesitaloudelliseen tarkasteluun. Toisessa työpaketissa mitattiin pohjaveden pinnankorkeutta jatkuvatoimisesti ja ympärivuotisesti yhteistyöviljelijöiden peltolohkoilla. Kolmannessa työpaketissa analysoitiin mittaustuloksia ja kehitettiin laskentamalli, jonka avulla pellostä mitattu pohjavesitaso voidaan estimoida säätösalojakaivon sijoitettulla mittauksella. Neljäs työpaketti keskittyi tiedon levittämiseen hankkeen toiminnasta ja tuloksista sekä viljelijätapaamisten järjestämiseen.

Hankkeen aikana saatiin laajennettua aiemmissa hankkeissa luotua yhteistyötilojen verkostoa ja pohjavesimittauksia uusille peltolohkoille. Hankkeessa syntyi yksi tieteellinen vertaisarvioitu tutkimusartikkeli sekä kolme ammattilehtikirjoitusta Vesitalous-lehteen. Hankkeen tärkein tuotos oli uusi tutkimustieto turvepeltojen vesienhallinnasta ja siitä, miten pohjavesitasoa tulisi tiloilla mitata ja kuinka peltolohkon kasteluun käytettävissä olevan veden määrää voidaan arvioida laskennallisesti. Hankkeen tuloksia on esitelty useissa eri tilaisuuksissa ja tapahtumissa, ja niitä on käyty myös läpi hankkeen yhteistyötilojen kanssa.

Hankkeen lähtökohta, tavoitteet ja kohderyhmä

Hankkeen tausta ja lähtökohdat

Turvepeltojen vesienhallinnan suunnittelu on tärkeää vesistökuormituksen ja ilmastovaikutusten hillitsemiseksi, mutta lisäksi ilmastomuutokseen varautumiseksi. Vesienhallinnalla voidaan tarkoittaa esimerkiksi pohjavedenpinnan nostamista, jolloin hillitään kasvihuonekaasupäästöjä tai sillä voidaan tarkoittaa kastelua, millä turvataan satomäärät kuivuuden haitatessa sadon muodostusta. Vesienhallinta vaikuttaa viljelyvarmuuteen erityisesti muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa, joissa sekä kuivuusjaksot että runsaat sateet lisääntyvät. Sekä kasvihuonekaasupäästöjen hillitsemiseksi että sadon turvaamiseksi kuivina kausina tarvitaan ylimääräistä vettä, minkä vuoksi valuma-alueen tarkastelu on tärkeää maatalouden onnistuneen vesienhallinnan kannalta. Lisäveden lisäksi pohjavesitason mittausta ja monitorointia ovat myös tärkeitä, sillä ne mahdollistavat säätämisen sekä vesienhallinnan optimoinnin. Hankkeen lähtökohtana oli tarve tehostaa turvepeltojen vesienhallintaa ilmastovaikutusten hillitsemiseksi sekä maatalouden tuottavuuden ja kestävyys turvaamiseksi.

Turvepeltojen kasvihuonekaasupäästöt ovat suuria ja pohjavedenpinnan nostaminen on tehokkaimpia keinoja hillitä turvepeltojen suuria kasvihuonekaasupäästöjä (Regina ym. 2014, Evans ym. 2021, Heikkinen ym. 2024). Suomen kansallisissa ilmastotavoitteissa ja -ohjelmissa pohjavedenpinnan nosto on keskeisessä roolissa kasvihuonekaasupäästöjen hillitsemiseksi. Näin on esimerkiksi Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelmassa (MISU), missä määritetään ne keinot, joihin



panostamalla vähennetään maankäyttösektorin ilmastopäästöjä sekä vahvistetaan hiilinieluja ja -varastoja.

Kasvihuonekaasupäästöjen hillitsemiseksi tehokkaimmin tulisi tavoitella pohjavedenpinnankorkeutta, joka on 30 cm maanpinnasta (esim. Lång ym. 2015). Olipa pohjavedenpinnankorkeus mikä tahansa, etäisyyden määrittely maanpinnasta ei ole yksikäsitteistä, sillä pohjaveden pinta ei ole tasomainen, vaan monimuotoinen pinta. Pellon pinta on harvoin tasainen, joskin tasaustanauksella tätä voidaan korjata. Pistemäisten mittausten sijoittelulla on tällöin oleellinen merkitys. Mittausantureiden paikkoja ei voi valita satunnaisesti, vaan sijoittelu on tehtävä suunnitelmallisesti. Antureiden sijoittelua rajoittavat esimerkiksi viljelytoimien vaatimukset, salaojituksen imuputkien sijainti ja jopa ympäröivät maastonmuodot, sillä tietoliikennesignaalit saattavat häiriintyä koholla olevista mäistä.

Satomäärien ja sadon laadun kannalta korkea pohjavedenpinta voi olla ongelma ja se soveltuu vain tietyille kasveille. Säätsalaojituksella pohjavedenpinnan korkeutta voidaan säätää, mutta alun perin ojitusratkaisut on tehty pellon kuivatuksen tarpeisiin. Olemassa olevat säätsalaojitukset eivät välttämättä kykene pitämään pohjaveden pinnankorkeutta tavanomaista korkeammalla, vaikka siihen olisi tahtoa, vaan kaivoratkaisut saattavat vaatia päivitystä tai jopa uusimista. Omanlainen haasteensa on siinä, että pohjavedenpinta pysyisi korkealla tai edes halutulla tasolla ilman, että järjestelmän valvominen vaatii kohtuuttomasti aikaa. Viljelijällä on usein satoja hehtaareja peltomaata, joten työ määrä täytyy suhteuttaa koko tilan toimintaan.

Koska valuma-alue on yhteinen, monista vesienhallintaratkaisuksista on keskusteltava muiden maanomistajien kanssa. Maatalouden harjoittajan mielipiteet voivat erota suuresti metsänomistajan näkemyksistä. Toisaalta moni vesienhallintatoimi kuten pohjavedenpinnan nostaminen vaatii ylimääräistä vettä, joten valuma-alueen tarkastelu on välttämätöntä ennen kuin kalliita investointipäätöksiä kannattaa tehdä. Viljelijän ja sadontuotannon näkökulmasta on tärkeää tietää kuinka märkä tai kuiva pelto on. Kun peltolohkoja on paljon ja ne saattavat sijaita hyvin hajanaisesti, vaatii paljon aikaa kierrellä eri lohkoja toteamassa pellon kosteustilanne ja kantavuus. Jos lohkon kosteustilanne epäilyttää, voi viljelijällä olla heikosti motivaatiota operoida säätsalaojaluukkuja esimerkiksi ilmastovaikutusten hillitsemiseksi, jos pelkona on koneiden uppoaminen pellolle tai sadon menetys liiallisen märkyyden vuoksi.

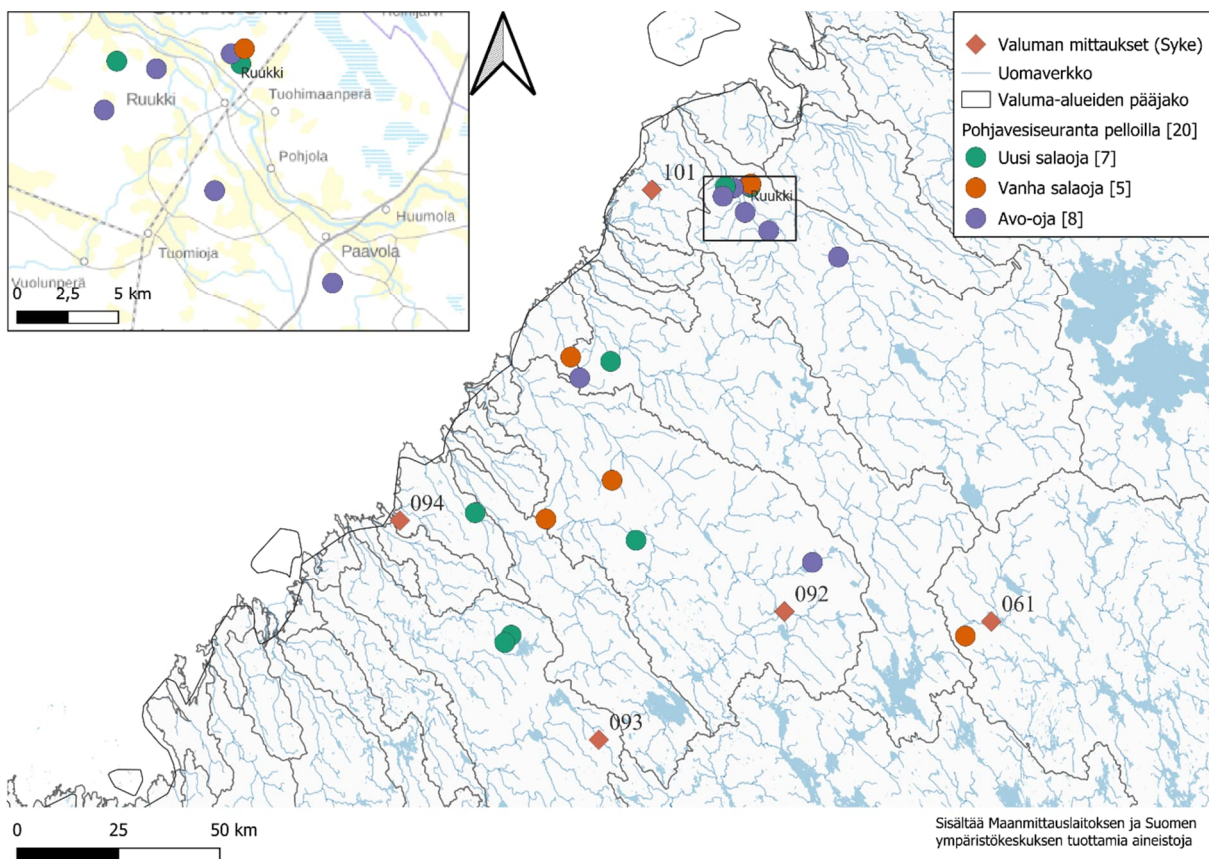
TurPo-hankkeen tavoitteena oli selvittää maatalouden vesienhallinnan toteuttamista ja toteutettavuutta aktiivisessa peltoviljelyssä turvepelloilla pohjaten vesienhallinnan valuma-alueen tarkasteluun ja monitoroituun tietoon pellon pohjavedenpinnasta. Pohjavedenpinnankorkeuden luotettava ja edustava mittaaminen on tärkeää monestakin syystä. Koska korotettu pohjavedenpinta vähentää ilmastopäästöjä, erilaiset ympäristövaikutusten laskentaohjelmat (Esim. Valion hiililaskuri) hyötyisivät, jos pohjavedenpinnantasot olisi tiedossa, mutta epäluotettava mittaustulos lisäisi laskentaohjelman tuottaman tuloksen epävarmuutta. Jos viljelijä tietäisi oman lohkonsa tai lohkojensa pohjavedenpinnantason ja vieläpä reaaliaikaisesti esimerkiksi kännykän kautta, helpottaisi se hänen päätöstään käyttää aktiivisesti säätsalaojajärjestelmää, kun toimia voisi ohjata omalta pellolta mitattuun tietoon eikä arvaukseen perustuen. Maatalouden vesienhallinnan toteuttamisella on niin monia hyötyjä, että kaikki toimet sen edistämiseksi ja maanomistajien aktivoimiseksi kuivatusratkaisujen säätämiseen perustuen luotettavaan mitattuun tietoon ovat suotavia, jotta vesienhallintaratkaisulla saadaan todellisia vaikutuksia.

Hankkeen tavoitteet

Hankkeen tavoitteena oli selvittää, miten vesienhallintaa voidaan toteuttaa ja tehostaa aktiivisesti viljellyillä turvepelloilla pohjautuen valuma-alueen tarkasteluun sekä monitoroituun tietoon pohjavedenpinnan korkeudesta viljelijöiden pelloilla. Tavoitteena oli löytää ratkaisuja, jotka tukevat sekä ilmastotavoitteita että maatalouden toimintaedellytyksiä muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa.

Hankkeen kohderyhmä ja kohdealue

Hankkeen ensisijainen kohderyhmä olivat turvepeltojen viljelijät Keski- ja Pohjois-Pohjanmaan alueilla, mutta hankkeen toimenpiteet ja tulokset hyödyttävät valtakunnallisesti laajemmin maatalousyrittäjiä, neuvontajärjestöjä, ympäristöviranomaisia sekä ojitus- ja vesitalousalan toimijoita, mukaan lukien yritykset, jotka kehittävät ja toimittavat vesienhallintaan liittyviä ratkaisuja.



Kuva 1. Hankkeen yhteistyötilat ja pohjavesiseurantojen sijainnit Keski- ja Pohjois-Pohjanmaalla. Tiloista 11 kpl on päättäneen VÄPÄ-hankkeen tiloja ja 7 kpl tiloista on päättäneen TurveSopu-hankkeen tiloja, jotka sijaitsevat Luke Ruukin koeaseman läheisyydessä. Punaisilla nelikulmioilla on merkitty Syken ylläpitämät valuman mittauspisteet, joiden perusteella arvioitiin peltojen kasteluun saatavilla olevan veden määrä hankkeen toiminta-alueella.



Hankkeen käytännön toimet, eli pohjavesimittaukset, toteutettiin Pohjois- ja Keski-Pohjanmaan alueilla sijaitsevilla yhteistyötiloilla (18 kpl), joilla on erilaisia turvepeltoja aktiivisessa viljelyssä (Kuva 1).

Hankkeen toteutus

Hanke jakautui neljään työpakettiin, joiden suunnitellut toimenpiteet olivat:

1. TP1: Turvepeltojen vesitalouden hallinta valuma-alueittakaavan tarkasteluissa. Selvitetään hankkeen yhteistyöviljelijöiden peltolohkojen mahdollisuudet hankkia kasteluvettä eri tarkoituksiin. Tehdään peltolohkokohtaisia tarkasteluita pohjaveden pinnan säätelyyn liittyvästä veden tarpeesta ja arvioidaan kullekin peltolohkolle kasteluun saatavilla olevan veden määrä.
2. TP2: Mitataan pohjaveden pinnankorkeutta eri menetelmin viljelijöiden peltolohkoilla ja pyydetään viljelijöiltä tiedot itse lohkoista sekä viljelytoimenpiteistä. Demonstroidaan yhteistyömaanomistajien kanssa pohjaveden pinnankorkeuden mittauksen teknistä toteutettavuutta ja Työpaketin 3 tuloksia heidän peltolohkoillaan. Keskustellaan yhteistyömaanomistajien kanssa peltojen vesienhallinnasta heidän omalla tilatasollaan (esim. ojitus- ja kaivoratkaisut, kaivojen säätövara, suhtautuminen vesienhallinnan edistämiseen).
3. TP3: Selvitetään TP2:n mittaustuloksia analysoimalla kuinka luotettavasti ja minkälaisilla menetelmillä pohjaveden pinnan keskimääräinen taso peltolohkolla voidaan laskea salaojakaivon vedenpinnan korkeudesta. Tutkitaan kuinka paljon eri peltojen pohjaveden pinnankorkeuden käyttäytyminen eroaa toisistaan. Edellisten lisäksi selvitetään, kuinka hyvin pohjaveden pinnankorkeutta voidaan estimoida käyttämällä pinnankorkeusantureiden sijaan edullisempia maankosteusantureita.
4. TP4: Tiedon levittäminen hankkeen toiminnasta ja tuloksista. Järjestetään viljelijöiden kanssa yhteistapaamisia, joissa he pääsevät keskustelemaan vesienhallintaan liittyvistä toimenpiteistä ja keinoista keskenään, hanketta rahoittavien yritysten edustajien sekä hanketyöntekijöiden kanssa ja lisäksi pääsevät tutustumaan muiden maanomistajien ratkaisuihin.

Hanke toteutui aikataulussa ja kaikki suunnitellut toimenpiteet toteutuivat. Hankkeessa ei toteutettu suunnittelelmattomia toimenpiteitä.

Hankkeessa käytettiin seuraavia aineistoja, menetelmiä tai työkaluja:

- Turvepeltojen vettämiseen liittyvissä tarkasteluissa (TP1) käytettiin muun muassa:
 - o Metsäkeskuksen luomaa työkalua peltojen yläpuolisten valuma-alueiden rajaamiseksi
(<https://metsakeskus.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=7780901202ba492ba347a2f8d663fe0b>)
 - o Suomen ympäristökeskuksen Pienten valuma-alueiden seuranta-aineistoa, kun arvioitiin saatavilla oleva kesän aikainen veden määrä
 - o Pohjavesiputkien asentamisen yhteydessä otetuilla maanäytteillä arvioitiin turvepeltojen pohjaveden säätämiseen tarvittava lisävesi



- o Mittaustietoa yhteistyöviljelijöiden peltojen keskimääräisestä kesän pohjavesitason syvyydestä, kun arvioitiin lisäveden tarve
- o Tietoja peltojen valuma-alueiden maankäytöstä erilaisten veden varastoimisen mahdollistavien alueiden kartoittamiseen
- Jatkuvatoimisten pohjavesitason mittausten perustaminen ja ylläpito viljelijöiden pelloilla sekä tilojen mittausten suhteuttaminen Luke Ruukin koeaseman NorPeat-tutkimusturvepellon intensiivisiin mittauksiin (TP2)
- Erilaisia data-analyysiin soveltuvia ohjelmistotyökaluja, kuten Matlab ja Python (TP3)
- Yhteydenpito viljelijöihin eri tavoin (tapaamiset, puhelut, WhatsApp-viestit, kyselyt) (TP4)

Seuraavissa kappaleissa kuvataan tarkemmin toteutetut toimenpiteet työpaketikohtaisesti.

Toimenpiteet työpaketissa 1: Peltojen kastelu osana valuma-alueen vesienhallintaa ja suunnittelua

Työpaketissa 1 kehitettiin yhteistyöviljelijöiden peltolohkoille hydrologiseen tietoon perustuvaa tarkastelumallia, jossa selvitettiin peltolohkokohtaisesti mahdollisuuksia hankkia lisävedettä pellon pohjaveden säätelyyn; joko pysyvästi peltojen vettämiseen tai lisäveden hankintaan peltojen kastelemiseen salaojien kautta. Tarkastelumallin lähtökohtana oli peltolohko ja sen lähin valuma-alue, jonka tuottama valunta voidaan ohjata pellon kasteluun. Valuma-alueen selvittämisen jälkeen valuma-alueella on myös mahdollista suunnitella toimia, jotka lisäävät kasteluveden määrää ilmastovaikutuksien kannalta kriittisten kesäkuukausien aikana.

Työpaketissa 2 yhteistyötiloja oli 18, mutta Työpaketissa 1 lisäveden saannin mahdollisuuksia tarkasteltiin 11 tilalla. Nämä tilat valikoivat tarkasteluun sen vuoksi, että niillä pohjavesitasomittaukset olivat alkaneet jo vuonna 2023. Kunkin yhteistyötilan tarkasteltava turvepeltolohko oli yhdessä viljelijän kanssa valittu. Kullekin peltolohkolle luotiin sen lähin yläpuolinen valuma-alue Metsäkeskuksen tuottamalla Valuma-alueen määrittäjä-työkalulla, joka löytyy Suometsänhoidon paikkatietoaineistoista. Valuma-alueen tärkein ominaisuus on sen pinta-ala, erityisesti valuma-alueen pinta-ala suhteessa vetettävään alueeseen. Vettämiseen saatavilla oleva vesi arvioitiin Suomen ympäristökeskuksen pienien valuma-alueiden seurantaverkon mittauksista, joista arvioitiin keskimääräinen kesän pienin valuma ja keskimäärin 10 vuoden välein toistuvan kuivan kesän valumasumma. Pohjaveden syvyyden muutoksiin liittyvä veden tarve arvioitiin maaperänäytteiden perusteella.

Työpaketissa 1 tehtyjä tarkasteltuja lisäveden saamisen mahdollisuuksista ei käyty läpi yksittäisten tilojen kanssa, kuten alun perin suunniteltiin, vaan työpaketin tuloksia käytiin läpi tilojen kanssa yhdessä yhteistapaamisissa.

Työpaketin 2 menetelmät on kuvattu myös Vesitalous-lehden kirjoituksessa (Läpikivi ym. 2024) sekä tieteellisessä vertaisarvioidussa artikkelissa (Läpikivi ym. 2025).

Toimenpiteet työpaketissa 2: Peltojen pohjavedenpinnan monitorointi eri menetelmin yhteistyössä viljelijöiden kanssa

Luke Ruukin koeasemalla on tehty vesienhallintaa NorPeat-tutkimusturvepellolla (Kuva 2) jo vuodesta 2017. Tutkimuspeltoa monitoroidaan ja seurataan intensiivisesti erilaisin menetelmin tavoitteena viljellä turvepeltoa korotetulla pohjavesitasolla. NorPeat-pellolla voidaan tutkia turvepellon vesienhallinnan potentiaalia, kun toimenpiteiden tekemiseen on riittävästi työvoimaa, teknistä osaamista ja asiat tehdään niin hyvin kuin pystytään tutkimuslaitoksen resursseilla. Jotta tutkimustulokset voidaan siirtää käytäntöön, tarvitaan intensiivitutkimusten lisäksi kokemuksia viljelijöiden omilta pelloilta ja niillä resursseilla mitä heillä on käytössä.



Kuva 2. Luke Ruukin koeaseman NorPeat-tutkimuspelto, jossa säätökastelun ja yläpuoliselta valuma-alueelta varastoidun veden avulla pyritään viljelemään turvepeltoa märempänä (Kuva: Maria Honkakoski, Luke). Veden varastoallas näkyy kuvan alaosassa.

Hankkeessa oli kaikkiaan 18 yhteistyötilaa, joista 11 oli päättäneen VÄPÄ-hankkeen (MMM, Hiilestä Kiinni) yhteistyötiloja ja 7 kpl päättäneen TurveSopu-hankkeen (Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus, vesienhallintahanke) yhteistyötiloja. Kaikki tilat sijaitsivat Keski- ja Pohjois-Pohjanmaalla ja tiloista 12 kpl oli Valion ja Osuuskunta Pohjolan maidon tuottajia. Yksi tila oli Atrian tuottaja, yksi Arlan ja loput olivat kasvinviljelytiloja. Tilat olivat hyvin erilaisia kooltaan.

TurveSopu-hankkeen kautta mukaan tulleille yhteistyötiloille pystytettiin hankkeen alussa pohjavesimittaukset. Kunkin tilan kanssa käytiin läpi heidän kaikki peltolohkonsa, katsottiin missä oli turvetta ja tarvittaessa käytiin tekemässä tarkistuskairauksia. Viljelijöiden kanssa käytiin keskustelua siitä, että mikä heidän omista peltolohkoistaan olisi sellainen missä pohjavesiputki ei haittaisi viljelytoimia, mutta minkä pellon pohjavesitason tulos heitä itseään kiinnostaisi.

Pohjavesiputkien asentaminen tehtiin Oulun yliopiston ja Luonnonvarakeskuksen yhteistyönä. Pohjavesiputki pyrittiin asentamaan kahden metrin syvyyteen ja metri putkesta jäi maanpinnan päälle (Kuva 3). Joissain tapauksissa maan kivisyys oli haasteena saada pohjavesiputki riittävän syvälle. Viljelijöille kerrottiin putken asennuksen ajankohta, jotta he halutessaan pystyivät tulemaan paikalle katsomaan millainen maaperän profiili pellolla on. Ennen pohjavesiputken asennusta viljelijöiltä pyydettiin peltujen salaojakartat, jotta pohjavesiputkea ei kairattu vahingossa salaojaputken läpi.

VÄPÄ-hankkeen kautta mukaan tulleille tiloille oli jo aiemmin pystytetty pohjavesimittaukset viljelijöiden itsensä valitsemille turvepeltolohkoille ja näitä mittauksia jatkettiin tässä hankkeessa. Näiden tilojen joukosta ne tilat, joiden mittauslohkoilla oli sääätosalaoitus, asennettiin mittausanturit myös sääotokaivoihin. Tavoitteena oli pystyä vertaamaan kuinka hyvin pelkän sääotokaivon pohjavesitason seuraaminen riittää antamaan riittävän hyvän kuvan pellon pohjavesitasosta ja voitaisiinko pärjätä ilman pohjavesiputkea, joka usein on viljelytoimien tiellä. Varsinaista datan käsittelyä tehtiin Työpaketissa 3.



Kuva 3. Yhteistyöviljelijän pellolle asennettu pohjavesiputki. Kun nurmi tai vilja kasvaa, putki jää helposti kasvuston sekaan piiloon ja siksi se on merkittävä kunnolla, jotta korjuuhetkellä se muistetaan kiertää (Kuva: Vilho Tikkanen, Oulun yliopisto).



Kullekin yhteistyötilan mittauslohkolle sijoitettiin yksi pohjavesiputki yhtä poikkeusta lukuun ottamatta. Pohjavesiputken viereen sijoitettiin Tomst-anturi, joka mittaa pintamaan kosteutta. Pohjavesianturit mittasivat jatkuvatoimisesti ja data siirtyi suoraan pilveen. Luonnonvarakeskus maksoi datasiirtomaksut ja kaikille viljelijöille jaettiin tunnukset sekä vapaa pääsy päästä katsomaan sekä omia että muiden viljelijöiden tuloksia. Tomst-anturit olivat tallentavia antureita eli niistä data käytiin tasaisin väliajoin purkamassa talteen. Niin sanotuilla VÄPÄ-tiloilla pohjavesiputkien vierestä tehtiin Oulun yliopiston toimesta kantavuusmittauksia alkukesästä ja keskellä kesää. Sellaisilla kohteilla, joissa pohjavesitaso oli hyvin alhaalla eli pelto oli hyvin kuiva, kantavuusmittauksia ei nähty tarpeelliseksi tehdä. Pohjavesiputkien ja kosteusmittausten aineistot toimitettiin Työpaketin 3 käytettäväksi. Kantavuusmittausten aineiston käsittely jää seuraavan hankkeen tehtäväksi.

Viljelijöitä pyydettiin kertomaan hanketyöntekijöille, kun pellolla tapahtuu toimenpiteitä (esim. kynnöt, lannoitukset, niitot, puinnit tms.) ja erityisesti tiloja pyydettiin kertomaan miten he tekevät satomääritykset tai arvioinnit ja jakamaan tiedon, mikäli tällaiset tiedot löytyvät. Yhteydenpitoa varten luotiin hanketyöntekijöiden ja viljelijöiden yhteinen WhatsApp-ryhmä.

Kullakin yhteistyötilalla vierailtiin useaan otteeseen hankkeen aikana. Ensimmäisellä käynnillä kartoitettiin tiloilla viljelijän kanssa yhdessä mihin lohkolle mittaus pystytetään, mikäli tilalla ei vielä ollut pohjavesitason mittausta. Osa vierailuista oli puhtaasti mittausten ylläpito- ja huoltovierailuja. Lisäksi kunkin viljelijän luona käytiin keskustelemassa viljelijän kanssa itse mittauksista, tuloksista ja laajemmin maatalouden vesienhallinnasta sekä turvepelloista.

Toimenpiteet työpaketissa 3: Mallintaminen ja pohjaveden pinnankorkeuden mittausjärjestelmän optimointi

Tässä työpaketissa keskityttiin pohjavesimittausten tulosten analysointiin sekä estimointimallin kehittämiseen. Lisäksi tarkasteltiin maankosteusmittausten tuloksia ja niiden mahdollista hyödyntämistä pohjavesitason estimoinnissa. Analyysin ensimmäisessä vaiheessa tarkasteltiin datan yleistä laatua, kuten saatavuutta, katkoksia ja häiriöpiikkejä. Tämän jälkeen data koostettiin isoksi matriisiksi, josta tehtiin erilaisia visualisointeja ja tunnuslukujen laskentaa. Analyysin tarkoituksena oli tuottaa helposti tulkittavaa tietoa pohjavesitasojen yleisestä käyttäytymisestä mittauskohteissa, luoda käsitys koko mittausketjun (pohjavesiputki->anturi->mittauselektroniikka->radioyhteyspilvipalvelu) käyttökelpoisuudesta erityisesti turvepelloilla, helpottaa tulosten merkitysten esittämistä viljelijöille ja luoda esikäsitelty datapaketti estimointimallin kehittämisen tarpeisiin.

Estimointimallin tarkoituksena on tehdä peltolohkon pohjavesitilanteen määrittämisestä teknisesti ja käytännöllisesti yksinkertaista. Sen sijaan, että pohjavesitasoa mitattaisiin perinteisellä tavalla viljelyalueelle sijoitetusta pohjavesiputkesta, käytetään säätösalaojakaivoon sijoitettua mittausta ja muista palveluista saatavia säätietoja. Näin pinnankorkeusanturi voidaan sijoitettua hyvin suojattuun ja helposti saavutettavaan paikkaan. Samalla työkoneiden törmäysriski poistuu ja mittausputki ei häiritse viljelytoimia. Myös putken asentamiseen liittyvä työ ja salaojaputkien vahingoittumisriski poistuu.



Säätösalaajakaivoon sijoitettu ja peltolohkolle sijoitettu pinnankorkeusmittaus kuvaavat lähtökohtaisesti kahta eri asiaa, mutta niiden välillä on monimutkainen riippuvuussuhde. Erityisesti muutostilanteet kuten kaivon pohjaluukun käyttö, sadekuurot tai tulviminen aiheuttavat eri mittaustapojen tuloksien välille poikkeamaa. Estimointimallin tarkoituksena on minimoida tuo poikkeama ja mahdollistaa pellon pohjavesitilanteen arviointi salaajakaivoon sijoitetun mittauksen avulla.

Tässä hankkeessa kehitettyä estimointimallia voidaan käyttää vain kohteissa, joissa on käytössä säätösalaajitus. Hankkeen kohteista sellaisia oli viisi, ja mallin kehittämisessä käytettyyn datasettiin otettiin luonnollisesti mukaan vain kyseiset kohteet.

Estimointimallin kehittäminen

Estimointimallin kehittämisen vaiheet olivat seuraavat:

- Erilaisten mallinnustapojen selvittäminen aiempaan tutkimustietoon perehtymällä.
- Tähän hankkeeseen sopivan mallinnustavan/-tapojen valinta.
- Mallin tarvitseman datan koostaminen eri lähteistä (mittaukset pilottikohteissa, Ilmatieteen laitoksen avoin data)
- Mallin implementointi ja, kalibrointi valittujen pilottikohteiden datalla.
- Mallin validointi sellaisella mittausdatalla, jota ei käytetty kalibroinnissa.
- Tulosten visualisointi ja raportointi.

Estimoinnin lähtökohdaksi valittiin yksinkertainen ja ymmärrettäviin fysikaalisiin ilmiöihin perustuva vesitasemalli:

$$C\mu \frac{\Delta h}{\Delta t} = \alpha(P[t] - \beta E[t]) - f(h[t], V)$$

missä h =estimoitu pohjavedenkorkeus [m], C =muotokerroin [-], μ =huokoisuustekijä [-], α =pohjaveteen menevän veden suhteellinen osuus [-], P =sadanta [m/h], β =kasvuston haihdutuskykyä kuvaava korjauskerroin [-], E =haihdunta [m/h], f =ulosvirtausfunktio [m/h], V =venttiilin tila [0,1].

Mallin sisäänmenoja ovat siis sadanta, haihdunta, säätösalaajakaivon pohjaventtiilin tila sekä kaivon vedenpinnan korkeus. Näistä mitään tekijää ei lähtökohtaisesti mitattu tarkastelukohteesta suoraan, vaan tiedot saatiin avoimesta säädatasta ja päättelemällä kaivoon sijoitetusta pinnankorkeusmittauksesta. Lisäksi mallissa on parametreja, joiden arvot estimointiin aiemmin kerätyn mittaustiedon avulla.

Kaivosta poistuvan vesimäärän estimoimiseksi kaivon sisäinen tila ja pohjaventtiilin tila on pääteltävä. Kaivo voi olla täysin kuiva tai siellä voi olla vettä vaihteleva määrä. Jos vettä on enemmän kuin pinnankorkeusanturin asennussyvyys on (eli kaivo ei ole kuiva), mutta vähemmän kuin ylivuotoputken asetuskorkeus, kaivon ajatellaan olevan normaalissa toimintatilassa. Jos pinnankorkeus nousee niin korkealle, että vesi pääsee virtaamaan ylivuotoputkesta poisto-ojaan, kaivo tulvii. Näin päädyttiin siis kolmeen erilaiseen toimintatilaan: "kuiva", "normaali" ja "ylivuoto". Kaikissa näissä toimintatiloissa pohjaventtiili voi olla tilassa "auki" tai "kiinni".



Kaivon ja pohjacenttiilin tilojen estimointiin kehitettiin ns. tilakonerakenne, joka päättelee tilat kaivosta mitatun pinnankorkeuden ja sadantatiedon perusteella. Tilakoneen toimintaa testattiin vertaamalla sen antamia tiloja viljelijöiltä satuihin tietoihin pohjacenttiilin todellisesta tilasta.

Kun tilakoneen oikeanlainen toiminta oli varmennettu ja kaikki mallin tarvitsema data koottu, malli kalibroitiin ja validoitiin valittujen pilottikohteiden datalla.

Toimenpiteet työpaketissa 4

Ohjausryhmä kokoontui hankkeen aikana neljä kertaa. Kokoukset toteutettiin kahden tunnin mittaisina Teams-etäkokouksina. Hankkeen taloushallinto toteutettiin organisaatioiden yhteistyönä siten, että maksatushakemukset ja niihin liittyvä dokumentaatio kulki rahoittajalle Oulun yliopiston (pää toteuttaja) kautta. Hankkeen väli- ja loppuraportointi tehtiin rahoittajan ohjeiden mukaisesti.

Työpaketissa 4 järjestettiin tapaamisia yhteistyöviljelijöiden kanssa liittyen Työpakettien 1–3 toimintaan. Tapaamisissa tavoitteena oli kertoa viljelijöille mitä hankkeessa tehdään ja millaisia tuloksia on saatu. Tärkeinä tavoitteina tapaamisissa oli keskustella viljelijöiden kanssa heidän näkemyksistään turvepeltojen viljelystä, mitä mieltä he ovat siitä että viljely märempanä onnistuisi ja miten he suhtautuvat pohjavesimittausten asentamiseen heidän omille pelloilleen. Viljelijöiden kanssa keskusteltiin myös laajemmin maatalouden vesienhallinnasta ja esimerkiksi siitä, että mitä he tekevät tiedolla oman pellon pohjavesitasosta.

Työpaketissa 4 toteutettu muu viestintä on kuvattu myöhemmin tekstissä kohdassa Viestintä ja tiedottaminen.

Yhteistyö ja sidosryhmätyöskentely

Hankkeen pää toteuttajana oli Oulun yliopisto ja osatoteuttajana Luonnonvarakeskus (Luke). Edellisten lisäksi hankkeen toteuttamiseen osallistui 18 maanviljelijää ja ohjausryhmätyössä oli mukana kolme yritystä (Valio, Uponor Infra, Maveplan) sekä edustajat ProAgria Keskusliitosta ja Maa- ja metsätalousministeriöstä. Hankkeen toteuttamisen kannalta tärkein sidosryhmä oli maanviljelijät, jotka mahdollistivat pohjavesitaso mittausten käytännön toteuttamisen ja niihin liittyvien moninaisten kokemusten jakamisen.

Hankkeessa tehtiin jatkuvaa yhteistyötä erityisesti toteuttajaorganisaatioiden ja viljelijöiden välillä. Oulun yliopiston päävastuualueena oli pohjavesimittausten teknisen toteutuksen ja ylläpidon lisäksi mittaus tulosten koostaminen, visualisointi ja analyysi sekä tuloksista johdettujen menetelmien kehittäminen. Luonnonvarakeskuksen vastuulla oli viljelijä kontaktien luominen ja ylläpito, tarvittavien tietojen kerääminen viljelijöiltä, tiedottaminen, erilaisten tilaisuuksien järjestäminen ja viljelijä haastattelut. Eri tahojen välinen yhteistyö toteutui konkreettisesti yhteisten suunnittelupalaverien, esitysten laatimisen ja artikkelien sekä ideoiden tuottamisen kautta. Ohjausryhmän kokouksissa käytiin aktiivista keskustelua ja pohdintaa hankkeen tuloksista ja toimenpiteistä.



Hankkeen aikana tehty yhteistyö toimi koko hankkeen arvonluonnin perustana. Yksikään hankeosapuoli ei olisi pystynyt yksinään toteuttamaan hanketta, vaan kokonaisuus muodostui eri osapuolten panoksista. Hankkeen tutkimusorganisaatioiden yhteistyö oli jo hankkeen alkaessa vakiintunutta ja sitä tehdään jatkuvasti monissa erilaisissa hankkeissa. Tältä osin yhteistyössä ei ole erityistä parannettavaa, vaan se on ennen kaikkea vahva pohja viedä esimerkiksi tämän hankkeen teemoja eteenpäin. Aikataulujen yhteensovittaminen ja yhteiskäyttöisten laitteiden hallinnointia voisi parantaa tulevaisuudessa, mutta niistäkään ei muodostunut hankkeessa sellaisia ongelmia, jotka olisivat vaikuttaneet hankkeen tavoitteiden saavuttamiseen.

Viestintä ja tiedottaminen

Hankkeen alussa laadittiin viestintäsuunnitelma (Kuva 4), joka toteutui varsin hyvin. Luke Ruukin Tutkimusasemapäivät elokuussa 2023 peruuntuivat tutkimusnavetassa havaitun salmonellan vuoksi, mutta tämä tilaisuus korvattiin Luke Ruukin koeaseman webinaarisarjalla marras-joulukuussa 2023. Webinaarisarjasta jäi niin hyvät kokemukset, että sitä päätettiin alkaa järjestää vuosittain samaan ajankohtaan. Hanke osallistui Luke Ruukin Tutkimusasemapäiville syksyllä 2024 ja hankkeen päätyttyä tulee osallistumaan myös vuoden 2025 Tutkimusasemapäiville.

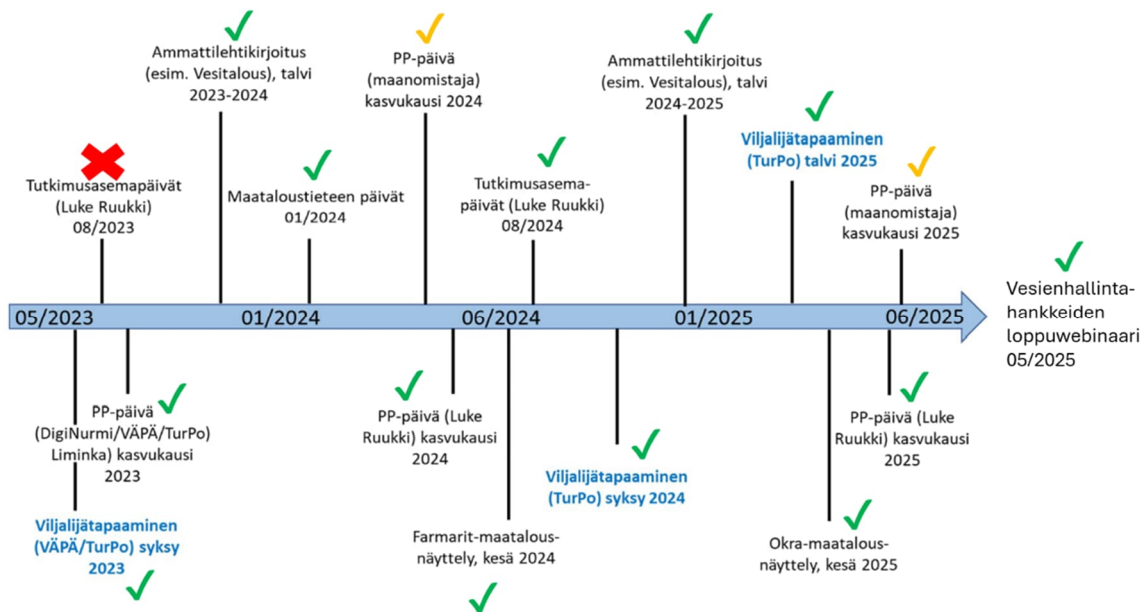
Hanke osallistui muiden hankkeiden tavoin vesienhallintahankkeiden loppuseminaariin tiistaina 20.5.2025, missä Oulun yliopiston Toni Liedes esitteli TurPo-hankkeen ja sen toiminnan. Tämän lisäksi hanke osallistui useaan muiden järjestämään webinaariin ja koulutukseen. Maarit Liimatainen piti puheen esimerkiksi Hiilijalanjäljestä kädenjälkeen – uusia tutkimustuloksia maanviljelyn ilmastovaikutuksista -seminaarissa Helsingissä 3.10.2024 sekä Orgaanisten peltomaiden kestävä vesienhallinta -seminaarissa Helsingissä 23.10.2024. Lisäksi Liimatainen oli puhumassa mm. Sedun koulutuksessa liittyen maatalouden vesitalouteen 12.12.2024 sekä esitteli MTK Kokkolan syyskokouksessa 13.12.2024 Luke Ruukin koeaseman vesienhallintatutkimuksia. Maarit Liimatainen ja Miika Läpikivi olivat ELY-keskuksen vesiosaamisen kehittämiskokonaisuuden valuma-alueelähtöinen vesienhallinta –moduulissa puhumassa turvepeltojen vesienhallinnasta 17.12.2024.

Hankkeen aikana Luke Ruukin koeasemalla kävi lukuisia vierailijaryhmiä, joille TurPo-hankkeen toimintaa sekä tähän liittyvää maatalouden vesienhallintaan liittyvää tutkimus- ja kehittämistoimintaa esiteltiin. Esimerkiksi 18.9.2024 MMM:n Luonnonvara- ja biotalouspäivien Vesi- ja kalaretki poikkesi NorPeat-tutkimuskentällä tutustumassa tutkimuksiin ja tilayhteistyöhön.

Sekä Oulun yliopiston että Luonnonvarakeskuksen verkkosivuille perustettiin hankkeelle oma nettisivu. Hankkeen viestintää tehtiin hyödyntäen Luke Ruukin koeaseman Facebook-sivuja sekä LinkedIn- ja X-alustoja.

Vesitalous-lehteen kirjoitettiin hankkeen aikana kolme juttua (Liimatainen ym. 2024, Läpikivi ym. 2024, Liimatainen ym. 2025) ja lisäksi valmistui yksi tieteellinen artikkeli (Läpikivi ym. 2025) Työpakettiin 1 liittyen. Lehtijuttuja ilmestyi esimerkiksi keväällä 2025 Maatilan Pellervossa (Salaojakastelua vesialtaan avulla, kirjoittaja Tuula Kukkola-Räinä).

Hankkeen aikana Luke Ruukin koeasema pääsi mukaan yhdeksi vesiorientoituneeksi living labiksi (<https://watereurope.eu/woll/water-management-innovation/>). Living labin nimi on Water Management Innovation ja tiivis yhteistyö viljelijöiden kanssa on yksi keskeisiä teemoja living labin toiminnassa.



Kuva 4. Hankkeen viestintäsuunnitelma. PP tarkoittaa pellonpiennarpäivää. Punaisella rastilla merkityt tilaisuudet eivät toteutuneet ja tässä tapauksessa Luke Ruukin koeaseman Tutkimuspäivät 2023 jäivät väliin tutkimusnavetan salmonellatapauksen vuoksi. Kaikki muut tilaisuudet toteutuivat (merkitty vihreällä merkillä) paitsi kaksi viljelijän pelloille suunniteltua pellonpiennarpäivää. Nämä yhdistettiin osaksi Luke Ruukin koeaseman NorPeat-pellon pellonpiennarpäiviä. NorPeat-pellon läheisyydessä sijaitsee kaksi TurPo-hankkeen yhteistyötilan mittauskohdetta ja tässä mielessä pellonpiennarpäivät yhdistyivät luontevasti ja vältettiin liiallinen tilaisuuksien järjestäminen.

Hankkeen tuotokset

Hankkeessa saatiin laajennettua yhteistyötilojen verkostoa. Pohjavesimittauksia saatiin uusille yhteistyötilojen peltolohkoille ja saatiin enemmän erilaisia mittauskohteita esimerkiksi ojitustyyppin ja viljeltävän kasvin suhteen. Näiden kokemusten pohjalta saatiin päivitettyä ohjeistusta pohjavesimittausten toteuttamisesta (Liite 1).

Hankkeessa syntyi yksi tieteellinen vertaisarvioitu tutkimusartikkeli (Läpikivi ym. 2024) sekä kolme ammattilehtikirjoitusta Vesitalous-lehteen (Liimatainen ym. 2024, Läpikivi ym. 2024, Liimatainen ym. 2025).



Hanke osallistui syksyllä -23 ja -24 Luke Ruukin koeaseman webinaarisarjaan sekä keväällä 2023–25 Luke Ruukin NorPeat-pellon pellonpiennarpäivään. Lisäksi hanke osallistui hankkeen aikana Luke Ruukin Tutkimusasemapäiville syksyllä 2023–24.

Hanke teki hyvin monipuolisesti tiedon jalkauttamista viestimällä hankkeen teemoista hyvin monenlaisissa erilaisissa tilaisuuksissa. Maarit Liimatainen ja Miika Läpikivi osallistuivat POPELY:n järjestämään maatalouden vesienhallintakoulutukseen kertomalla turvepeltojen vesienhallinnasta. Maarit Liimatainen puolestaan osallistui SEDU:n maatalouden vesitalouden koulutukseen kertomalla kurssin opiskelijoille maatalouden ja erityisesti turvepeltojen vesienhallinnasta.

Yksi hankkeen tuotos oli kysely, jota Oulun yliopisto ja Luonnonvarakeskus tekivät yhteistyössä Oamk:n kanssa. Kyselyn tavoitteena oli selvittää viljelijöiden näkemyksiä maatalouden vesienhallinnasta ja erilaisten teknisten ratkaisujen tuomia mahdollisuuksia aktiivisempaan vesienhallintaan. Kyselyä mainostettiin esim. Luke Ruukin Facebook sivulla, LinkedIn-palvelussa, ProAgria Pohjois-Suomen Maaviesti-lehdessä sekä Salaojayhdistyksen uutiskirjeessä. Oamk:n opiskelija Saija Hamara käytti kyselyn aineistoa omassa opinnäytetyössään. Kysely on edelleen auki ja siihen kerätään vastauksia mm. tulevassa Okra 2025 maatalousnäyttelyssä. Kyselyn aineistoa tullaan hyödyntämään myös Oulun yliopiston väitöskirjatutkija Pierre Jaouenin väitöstyössä.

Hankkeen tuotoksena syntyi laskentamalli, jolla voidaan arvioida, kuinka hyvin yksittäisellä pellolla on mahdollisuus saada kasteluvettä yläpuoliselta valuma-alueelta (Läpikivi ym. 2024, Läpikivi ym. 2025). Lisäksi hankkeessa tuotettiin laskentamenetelmä, jonka avulla säätösalaajakaivosta mitatun vedenkorkeuden avulla voidaan estimoida pohjavedenkorkeus peltoalueella.

Hankkeen tärkein tuotos oli hankkeessa tuotettu uusi tutkimustieto turvepeltojen vesienhallinnasta ja siitä, miten pohjavesitasoa tulisi tiloilla mitata.

Hankkeen tulokset

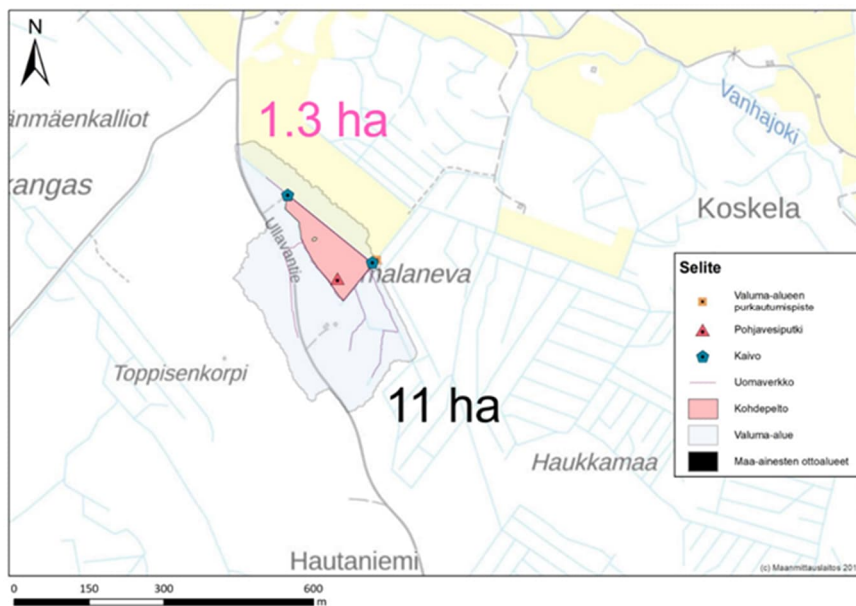
Lisäveden saaminen peltojen vesienhallintaan

Tarkastelujen tuloksena tunnistettiin turvepeltojen pohjavesitason säätelyyn liittyviä hydrologisia reunaehtoja, jotka auttavat hahmottamaan esimerkiksi turvemaiden ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi toimien kohdentamista ja laajempaa toteutettavuutta. Ilmastotavoitteiden täyttämisen lisäksi peltojen yläpuoliset pienet valuma-alueet ovat myös mahdollisia veden lähteitä maatalouden muuhun kasteluun. Tällöin kasteluvesi sadon optimoimiseksi tai kuivuuteen varautumisena tulee mahdolliseksi myös muille kuin isojen jokien varrella sijaitseville peltolohkoille. Tässä hankkeessa vedenhankintaa tarkasteltiin ensisijaisesti turvepeltojen ilmastovaikutusten lieventämiseen tähtäävästä näkökulmasta. Näiden tarkasteluiden tulokset tiivistettynä:

- Eri tiloilla ja heidän pelloillansa on suuri lohkokohtainen vaihtelu kastelun mahdollisuuksista pohjaveden pinnan nostamista varten.

- Yksityiskohtaisessa tarkastelussa 8 peltolohkoa 13:sta ei saa riittävästi vettä pysyvään vettämiseen, osittainen vettäminen kuitenkin mahdollista lähes kaikilla
- Mitoituskuva erilaisten vettämisvaihtoehtojen toteutettavuuden tarkastamiseksi (Kuva 7)
- Pelto ja sen yläpuolinen valuma-alue on sopivan kokoinen kokonaisuus, jossa maa- ja metsätalouden vesienhallinnan tavoitteita voidaan tarkastella yhdessä toimia kohdennettaessa

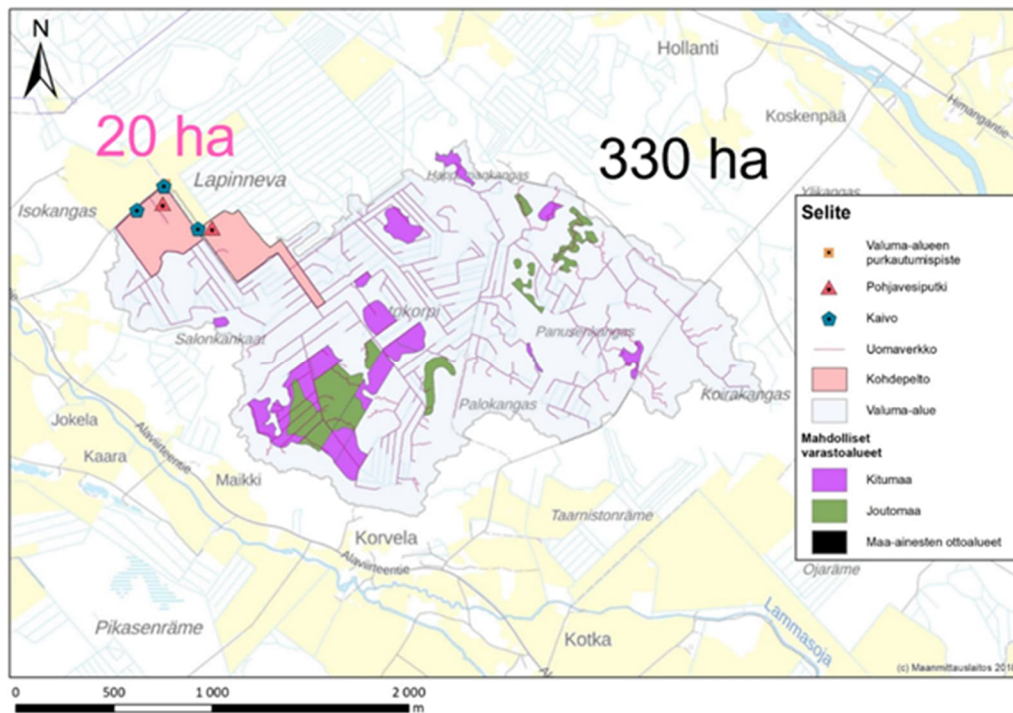
Jokaisella peltolohkolla on omat mahdollisuudet lisäveden hankinnalle pellon vesienhallintaan. Pellon valuma-alue on riittävä vedenlähde, kun siitä muodostuu enemmän vettä, kuin tavoiteltu pohjaveden korottaminen vaatii. Valuma-alueen tuottaman valunnan riittävyyden ehdoiksi asetettiin päivittäinen valunta kesän kuivimpana hetkenä ja noin kymmenen vuoden välein toistuva kuivan kesän valumasumma. Tässä hankkeessa tarkasteltiin valuma-alueiden riittävyyttä tilanteessa, jossa pellon keskimääräinen pohjaveden syvyys nostettaisiin 30 cm syvyyteen. Hankealueen (Kuva 1) peltojen veden riittävyyttä kuvaava yhteenvetokuva (Kuva 7), voi käyttää myös muiden pohjaveden korotuksien tarkasteluun.



Kuva 5. Hankkeen monitorointiin kuuluva pelto M. Kuvassa 7 pelto on merkitty samalla tunnuksella. Seurattavan lohkon pinta-ala on 1.3 ha ja sen lähin valuma-alue on 11 ha kokoinen. Pellon ja sen lähivaluma-alueen pinta-alasuhte on 8.

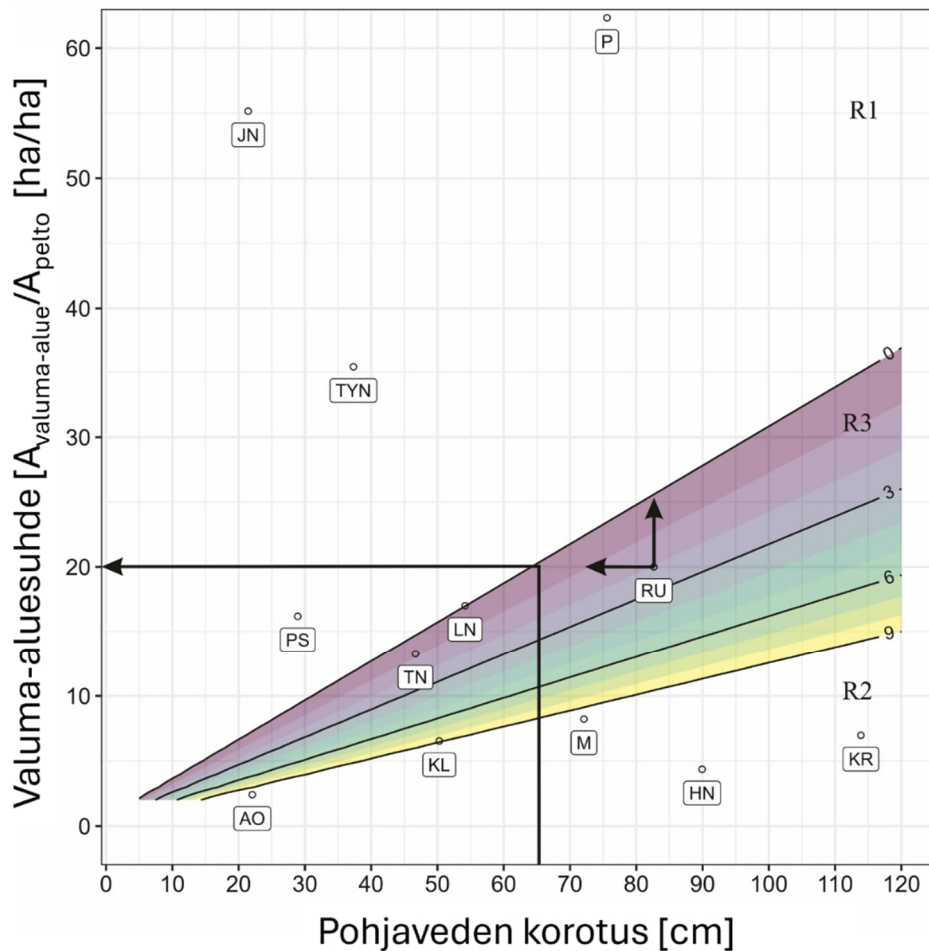
Hankkeessa tehtiin yksityiskohtainen tarkastelu valuma-alueen ja peltojen vesienhallinnan yhdistämisen mahdollisuuksista 12 yhteistyöviljelijän pellolle ja Luke Ruukin NorPeat alustalle. Kuvissa 5 ja 6 näytetään näistä tarkasteluista kaksi ääriesimerkkiä havainnollistamaan lohkokokoaisen vaihtelun suuruutta. Kuvassa 5 on pieni peltolohko, jonka valuma-alue on myös suhteellisen pieni. Pienellä peltolohkolla lisäveden tarve on pienempi, mutta pieni valuma-alue tuottaa vähemmän vettä ja antaa myös vähemmän vaihtoehtoja tehdä toimenpiteitä valuma-alueella kasteluun käytettävissä

olevan veden lisäämiseksi. Kuvassa 6 on pellon vesienhallinnan kannalta ihanteellinen tapaus. Isolla peltoalueella on suhteellisen iso valuma-alue. Valuma-alueen sisällä on myös heikkotuottoisia metsäalueita, jotka voisivat mahdollisesti palvella ylimääräisenä veden pidätysalueena ja taata veden riittävyyden peltoalueelle myös kuivana kesänä.



Kuva 6. Hankkeen monitorointiin sisältyvä isompi peltoalue LN ja sen valuma-alue. Kuvassa 7 pelto on merkitty tunnuksella LN. Seurattava peltoalue koostuu kahdesta lohkoista, joiden yhteenlaskettu pinta-ala on 20 ha. Peltolohkoilla on yhteinen 330 ha yläpuolinen valuma-alue. Pellon ja valuma-alueen pinta-alasuhte on 17. Pellon yläpuolisella valuma-alueella ei ole muuta maataloutta ja siellä on heikkotuottoisia metsätalouden kitu- ja joutomaita.

Kuvassa 7 on koostettu yhteenveto yhteistyöviljelijöiden peltöjen kastelumahdollisuuksien tarkasteluista. Vaakasuuuntaiselle akselille pelto sijoittuu pohjaveden syvyyden mittauksien perusteella. Pystysuuuntaisella akselilla pelto sijoittuu sen yläpuolisen valuma-alueen pinta-alasuhteen mukaan. Kuva jakautuu kolmeen alueeseen, jotka kuvaavat valuma-alueen riittävyyttä pohjaveden pinnan korottamiseen. Alueella R1 vettä on riittävästi saatavilla läpi kesän. Alueella R3 kesän aikainen valuntasumma on riittävä, mutta kesän kuivimpina hetkinä valunta ei riitä täyttämään päivittäistä lisäveden tarvetta. Alueella R2 kesän kuivina hetkinä vettä ei ole riittävästi ja kuivana kesänä valumasumma ei tule riittämään pohjaveden korottamiseen, vaikka kaikki valunta voitaisiin ohjata pellon pohjaveden korottamiseksi.



Kuva 7. Hankkeen toiminta-alueelle yleistetty tarkastelu turvepeltojen vettämiseen riittävän valuma-alueen määrittämiseksi. R1 = valuma-alue tuottaa riittävästi valuntaa pohjaveden korottamiseksi. R3 = kesän pienimmät virtaamat eivät riitä täyttämään pohjaveden nostamisen tarvetta lisävedelle. R2 = kuivana kesänä, koko kesän valunta ei riitä pohjaveden korottamiseksi. RU = Luke Ruukin koeaseman NorPeat-pelto. Alueelle piirretyt viivat ja niitä vastaavat numerot kuvaavat valuma-alueen varastotilavuuden lisäystä, jotta alivalunta olisi riittävä pohjaveden korottamiseksi.

Veden riittävyyden kannalta alueiden R1 ja R3 raja on tärkeä. Rajan yläpuolella vettä on riittävästi läpi kesän. 20-kertainen valuma-alue vastaa tällä rajalla 65 cm pohjaveden korotusta. Jos ei ole muuta tietoa pellon pohjaveden syvyydestä, niin tämä kuvaa vettämiseen riittävän valuma-alueen pienintä pinta-alaa, jolla vettä todennäköisesti on riittävästi pysyvää vettämistä varten. Yksityiskohtaisempaan tarkasteluun kuuluvien lohkot ovat hyvin erilaisia kastelun mahdollisuuksien näkökulmasta. Vettäminen 30 cm tavoitteeseen tarkoitti kesän keskimääräisen pohjavesitason korottamista noin 20 cm aina 110 cm asti. Saatavilla olevan kasteluveden määrää kuvaava valuma-alesuhde vaihteli noin kaksinkertaisesta aina 155 asti. Suurin osa peltolohkoista sijoittui alueille R2 ja R3, jolloin pysyvä vettäminen vaatisi kastelun lisäksi myös muita toimenpiteitä.



Kuvassa 7 on arvioitu valuma-alueen lisävedellä saavutettavissa oleva korotus kesän aikaisessa pohjaveden syvyydessä. Pellolla ja valuma-alueella tehtävät toimet vaikuttavat lisäveden tarpeeseen ja saatavilla olevan veden määrään. Luke Ruukin koeaseman pisteelle (RU Kuvassa 7) on nuolilla hahmoteltu erilaisten vesienhallintatoimien vaikutusta pisteen sijaintiin. Piste siirtyy vaakasuunnassa vasemmalle, jos padottamalla voidaan korottaa pohjaveden syvyyttä. Ruukin tapauksessa, valuma-alueen tuottama vesi riittäisi pohjaveden korottamiseksi 30 cm syvyyteen, jos padottamalla saadaan nostettua pohjaveden pintaa 20 cm. Pohjaveden korottamiseen vaadittu vesi voidaan myös hankkia ohjaamalla pellolle vettä suuremmalta valuma-alueelta, jolloin piste siirtyy pystysuorassa ylöspäin. Kolmas vaihtoehto on lisätä valuma-alueen vesivarastoa, joka liittyy kesän alivaluntaan. Varastoa ovat pienentäneet esimerkiksi soiden ojitukset. Ennallistaminen ja muut veden virtausreitit pidentävät toimenpiteet valuma-alueella voivat kasvattaa valuma-alueen vesivarastoa ja lisäävät veden määrää kesän kuivimpina päivinä. Alueelle R3 piirretyt viivat kuvaavat vaadittua valuma-alueen varaston lisäystä, jotta alivirtaama riittäisi pohjaveden korotukseen.

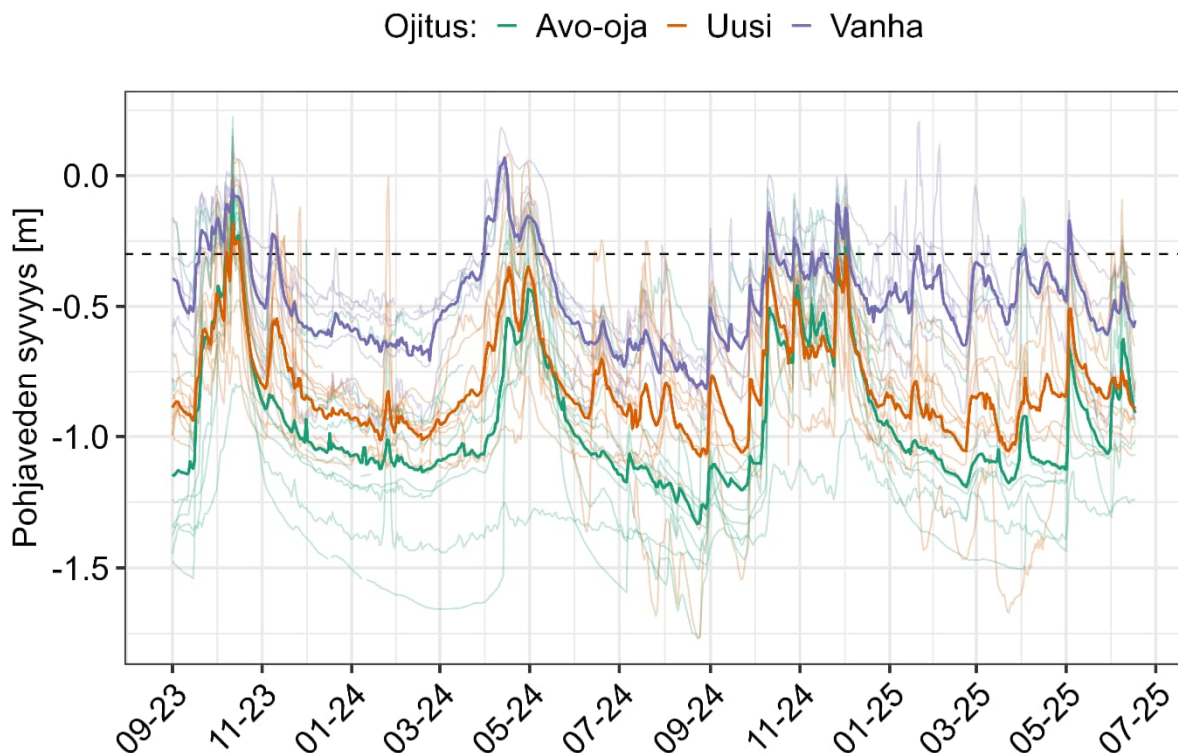
Pohjavesitason jatkuvatoiminen mittaaminen

Työpakettin 2 tuloksena syntyi kattava aineisto pohjavesitason mittauksista yhteistyöviljelijöiden pelloilla, joissa oli erilaisia ojitusratkaisuja (Kuva 8).

Pääsääntöisesti tilojen koelohkoille sijoitettiin yksi pohjavesiputki per lohko joitakin poikkeuksia lukuun ottamatta. Yhden tilan peltolohkolle sijoitettiin kaksi pohjavesiputkea, jotta nähtiin antaako toinen pohjavesiputki mitään lisäarvoa tarkemman mittaustuloksen suhteen. Kyseisessä tapauksessa kaksi pohjavesiputkea antoi hyvin samanlaisen mittaustuloksen, joten tässä tapauksessa yksikin pohjavesiputki olisi riittänyt antamaan tiedon pohjavesitason syvyydestä. Peltolohko oli kuitenkin varsin suuri (15,5 ha) ja pohjavesiputket ehkä tässä suhteessa liian lähellä toisiaan, joten paremman alueellisen tuloksen kannalta pohjavesiputket kannattaisi sijoittaa kauemmas toisistaan. Luke Ruukin koeaseman NorPeat-pellolla on kullakin reilun kolmen hehtaarin lohkolle 4 pohjavesiputkea. NorPeat-pellon lohkoilla turpeen syvyys vaihtelee lohkojen sisällä ja välillä ja siksi pohjavesiputkia on enemmän, jotta nähdään miten pohjavesitasoon vaikuttaa turpeen syvyys, pohjavesiputken sijainti suhteessa kastelujärjestelmän runkolinjaan tai avo-ojaan.

Kahdella tilalla pohjavesiputki oli viljelijän kahdella eri pellolla ja kahden vuoden keskiarvojen perusteella peltolohkojen pohjavesitasoissa ei juurikaan ollut eroja. LN1 lohkolle pohjavesitaso oli keskimäärin 0.77 m ja LN2 peltolohkolle 0.75 m. Näillä lohkoilla on suunnilleen samaan aikaan uusittu ojat, turve on samanlaista ja läheisen sijainnin takia samanlainen sää, joten samankaltaiset mittaustulokset olivat ennakoitavissa. Yhdellä tilalla pohjavesiputki oli kolmella vierekkäisellä peltolohkolle. Näillä lohkoilla oli hieman enemmän eroja pohjavesitasoissa. Lohkolle KL4 kahden vuoden keskimääräinen pohjavesitaso oli 0.69 m, lohkolle KL6 0.81 m ja lohkolle KL7 0.72 m. Näiden kolmen vierekkäisen lohkon eroja selittää mahdollisesti sijainti suhteessa pääkanavaan, kaltevuuserot sekä eri kaivot. Lohkolle KL7 oli uusittu säätökaivo ja viljelijä halusi kokeilla pitää padotuksia pääosin päällä ja kuivata ainoastaan, kun on tarpeellista. Ero viereisiin lohkoihin ei ollut kuitenkaan kovin merkittävä.

Kuvassa 8 on samassa kuvassa esitetty kaikkien 18 yhteistyötilan mittaustulokset jaoteltuna eri ojitustyyppieihin. Tulosten perusteella voidaan sanoa, että keskimäärin pohjavesitaso on alimpiana peltolohkoilla, joilla on avo-ojitus ja ylimpänä lohkoilla, joilla on vanha salaojitus ja tässä suhteessa mahdollisesti jo hieman ongelmia liian märistä olosuhteista. Peltolohkot, joilla on uusi avo-ojitus, ovat kosteusolosuhteiltaan jotain tältä väliltä. Kuvasta näkee hyvin miksi pohjavesiputki tulisi sijoittaa vähintään kahden metrin syvyyteen. Kaikkien yhteistyötilojen pohjavesitason mittaustulokset on esitetty Liitteessä 2 erikseen.



Kuva 8. Pohjavesitason mittaukset hankkeen 18 yhteistyötilan kaikilta havaintopisteiltä. Korostetut viivat kuvastavat eri ojitustapojen keskimääräistä pohjaveden syvyyttä. Sininen viiva kuvastaa vanhaa salaojitusta, punainen uutta salaojitusta ja vihreä viiva avo-ojitusta. Katkoviiva on asetettu 30 cm syvyyteen, jota pidetään turvapelolla tavoitetasona pohjaveden syvyydelle, jos halutaan optimoidusti hillitä kasvihuonekaasupäästöjä.

Pohjavesimittausten ylläpitäminen vaatii varsin paljon vaivaa, jotta mittaukset eivät keskeydy syystä tai toisesta. Hankkeen aikana ongelmia aiheuttivat erityisesti yksittäisen peltolohkon sijainti ja siihen liittyvät kuuluvuusongelmat. Kuuluvuutta pyrittiin parantamaan hankkimalla esimerkiksi lisäantenneja, mutta kaikissa paikoissa tämäkään ei auttanut. Alkuun ongelmia aiheutti myös jatkuvatoimisten vedenlaatuanturien lähettimien sisältämä paristotyyppi, joka sietä huonosti pakkasta. Heikko kuuluvuus yhdessä kylmyyden kanssa kulutti paristot nopeasti. Välimatkat Oulusta kaukaisimmille kohteille Keski-Pohjanmaalle olivat pitkiä ja siksi paristo-ongelmasta haluttiin eroon,

jotta ei tarvitse ajaa autolla montaa tuntia edestakaisin paristojen vaihtamisen vuoksi. Mittausten jatkuvuuden parantamiseksi paristosysteemi vaihdettiin kuhunkin lähettimeen kolvaamalla. Ongelmia mittausten jatkuvuudelle aiheuttivat myös eläimet (Kuva 9), jotka kiskoivat antureita pois pohjavesiputkista ja purivat johtoja poikki.



Kuva 9. Mittausten ylläpidolle haasteita tuottivat esimerkiksi eläimet, jotka kävivät välillä kiskomassa antureita pohjavesiputkista tai jyskimässä johtoja (Kuvat: Miika Läpikivi ja Vilho Tikkanen, Oulun yliopisto).

Erilaiset hajautetut jatkuvatoimiset mittaukset ovat yleistyneet voimakkaasti esineiden internetin (Internet of Things, IoT) kehityksen myötä. Tässä hankkeessa pohjavesitasojen mittaamiseen käytettiin kaupallista Caproc Aqua-26 -laitetta, jonka käytöstä saatiin runsaasti ympärivuotista kokemusta erilaisissa kohteissa Työpaketissa 2. Saadut kokemukset pohjavesitasojen mittaamisesta voidaan tiivistää seuraavasti:

- Pohjavesianturin asentaminen pellolle on melko helppo toimenpide, mutta vaatii asianmukaisen poralaitteen ja asennusputken käyttöä. Kivet, oksat yms. voivat hankaloittaa asentamista huomattavasti.
- Pohjavesiputken tyven huolellinen tiivistäminen on erittäin tärkeää. Mikäli tiivistys on huono, pintavedet pääsevät valumaan putken asennusreikään ja mittaustulos vääristyy.
- Pohjavesiputkien sijoittelussa on otettava huomioon salaojaputkien sijainti ja viljelytoimien mahdollisimman vähäinen häiriintyminen. Viljelytoimien kannalta olisi toivottavaa, että pohjavesiputki ei sijaitisi varsinaisella viljelyalueella, mutta edustavan mittaustuloksen kannalta anturi halutaan sijoittaa nimenomaan viljelyalueelle. Käytännössä jälkimmäinen tekijä on määräävä ja putket sijoitetaan yleensä viljelyalueelle.
- Jatkuvatoimisten antureiden paristo täytyy vaihtaa säännöllisesti. Sekä anturit että niiden radiokommunikaatio saavat energiansa paristosta, joka kestää normaalisti vuosia, mutta erityisesti kovat pakkaset saattavat lyhentää käyttöikää oleellisesti. Hankkeen aikana jouduttiin vaihtamaan lähettimien paristoja paremmin pakkasta sietäviin.



- Radioliikenteessä esiintyy ajoittain säästä ja sijainnista riippuvia katkoksia. Tässä hankkeessa käytetyt anturit lähettivät mittaustiedon pilvipalveluun LoRaWAN-radioverkon kautta. Kyseisen verkon peitto Suomessa on varsin hyvä, mutta silti katvealueita esiintyy ja mm. maastonmuodoilla, kasvillisuudella sekä säällä on vaikutus signaalin kulkuun. Radioliikenteen häiriöt näkyvät lähinnä puuttuvina datapisteinä. Mittaustuloksiin ei synny virhettä huonon radioyhteyden vuoksi.
- Pohjavesiputki tulee merkata hyvin, jotta se näkyy kasvuston seasta. Muuten on vaarana, että esimerkiksi niitoissa pohjavesiputki jää työkoneiden alle varsinkin, jos urakoitsijalle on unohdettu kertoa putken sijainnista.
- Nurmen uusimisen yhteydessä tai kun pellolla muutoin kynnetään, pohjavesiputki tulisi ottaa pois, jotta peltotoimenpiteet voidaan tehdä normaalisti mittauskohdassa. Jos pohjavesiputki on samalla paikalla liian kauan, pohjavesiputki ei enää paikan suhteen edusta kunnolla peltoa. Ajan kuluessa pohjavesiputken ympärille muodostuu kumpu. Jos halutaan pitkäaikaisia pohjavesitason mittauksia pellolta, tämä asia tulee miettiä etukäteen.

Yhteistyöviljelijöiden kokemukset pohjavesitason mittauksesta heidän omilla pelloillaan, mahdollinen tarve saada lisävettä kasteluun ja ajatus turvepellon viljelystä märemmänä olivat tärkeitä teemoja, joista tilojen kanssa keskusteltiin tilavierailuilla ja yhteisissä tapaamisissa. Alkuvaiheessa tilojen kanssa keskusteltiin esimerkiksi siitä, kuinka paljon heillä omasta mielestään on turvepeltoja. Oli esimerkiksi tapauksia, joissa pintamaa oli multamaata, mutta tarkastuskairauksessa alta saattoi löytyä turvetta. Paljon käytiin keskustelua myös siitä, mikä lohko ylipäänsä mielletään turvepelloksi, koska moni viljelijä koki, että lohkon yksi laita on esimerkiksi kivennäismaata ja toinen turvemaata.

Viljelijöiden kokemukset turvepeltojen viljelystä märemmänä ja pohjavesitason mittauksista voi tiivistää seuraavasti:

- Viljelijät suhtautuivat positiivisesti mittauksen perustamiseen heidän omille peltolohkoilleen
- Pohjavesiputkesta ei koettu mainittavaa haittaa viljelytoimille, varsinkin kun hankkeessa putkia asennettiin yhdelle peltolohkolle yleensä vain yksi putki ja putket merkittiin hyvin
- Viljelijöitä sinänsä kiinnosti oman lohkon pohjavesitason tulos, mutta ei niin paljoa, että he olisivat omilla tunnuksillaan menneet järjestelmään katsomaan mikä pohjavesitaso kulloinkin on.
- Viljelijöitä kiinnosti nähdä muiden tilojen tuloksia ja vertailla oman lohkon tuloksia muiden tilojen pohjavesitason tuloksiin.
- Vaikka viljelijät suhtautuivat mittauksiin myönteisesti, viljelijät kokivat, että pohjavesitason mittauksen perustaminen, ylläpito ja kustannusten maksaminen ei ole heille kuuluva asia.
- Vaikka viljelijöitä kiinnosti tietää, mikä on heidän oman peltolohkonsa pohjavesitaso, he eivät kokeneet, että tekisivät tiedolla sinänsä mitään kun suunnittelevat peltotoimenpiteitä.
- Moni viljelijä, joka koki, että omalla peltolohkolla oli ongelmia liiallisen märkyyden kanssa, oli kiinnostunut näkemään mikä on mitattu pohjavesitaso, mutta totesivat silti, että eihän se numerotieto sinänsä vaikuta mihinkään.
- Viljelijät vierastivat ajatusta turvepellon viljelystä hyvin märkänä eli suhteutettuna esimerkiksi 30 cm pohjavesitasoon, jolloin kahvihuonekaasupäästöjä hillitään tehokkaimmin. Viljelijät kokivat olevansa aktiivituottajia, joille on hyvin tärkeää tuottaa hyvää rehua tai muuta satoa

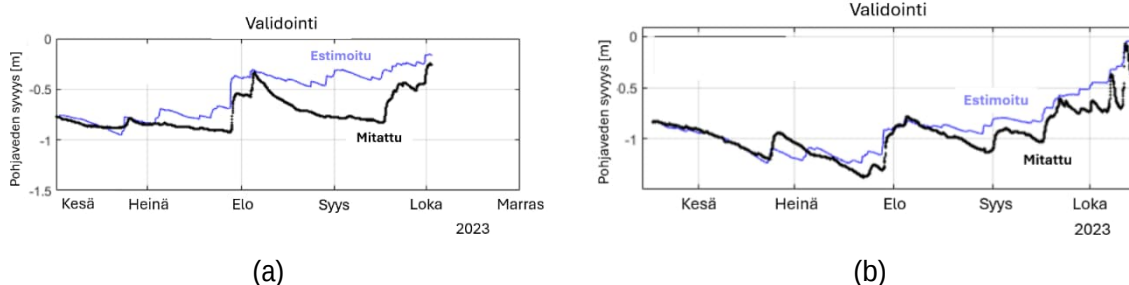
ja riittävästi huomioiden esimerkiksi oma eläinmäärä. Liian märät olosuhteet yhdistettynä vaihteleviin sääolosuhteisiin koettiin riskinä sadon onnistumiselle ja ajatus pellon vahtimisesta koettiin työläänä muutenkin kiireisen kasvukauden aikana.

- Eniten pohjavesitason tuloksesta olivat kiinnostuneita viljelijät, joiden pellot sijaitsivat happamilla sulfaattimailla, sillä heille oli tärkeä tieto, että onko pohjavesitaso salaojaputken alla vai päällä ja onko vesienhallinta tässä mielessä oikein toteutettu.

Vaikka moni viljelijä koki, että tieto pohjavesitasosta ei sinänsä vaikuta heidän toimintaansa, voi kuitenkin käytyjen keskustelujen perusteella arvioida, että pitkällä tähtäimellä sillä on merkitystä. On helpompi miettiä ja suunnitella oman pellon vesienhallintaa ja mahdollisia investointeja, kun on jonkunlainen tieto siitä kuinka kuiva tai märkä pelto on. Jos tulevaisuudessa olisi viljeltävä turvepeltoa märempanä, on huomattavan paljon helpompi hahmottaa esimerkiksi tarvittavan veden määrä, kun on arvio oman pellon pohjavesitasosta ja sen vaihtelusta eri vuoden aikoina.

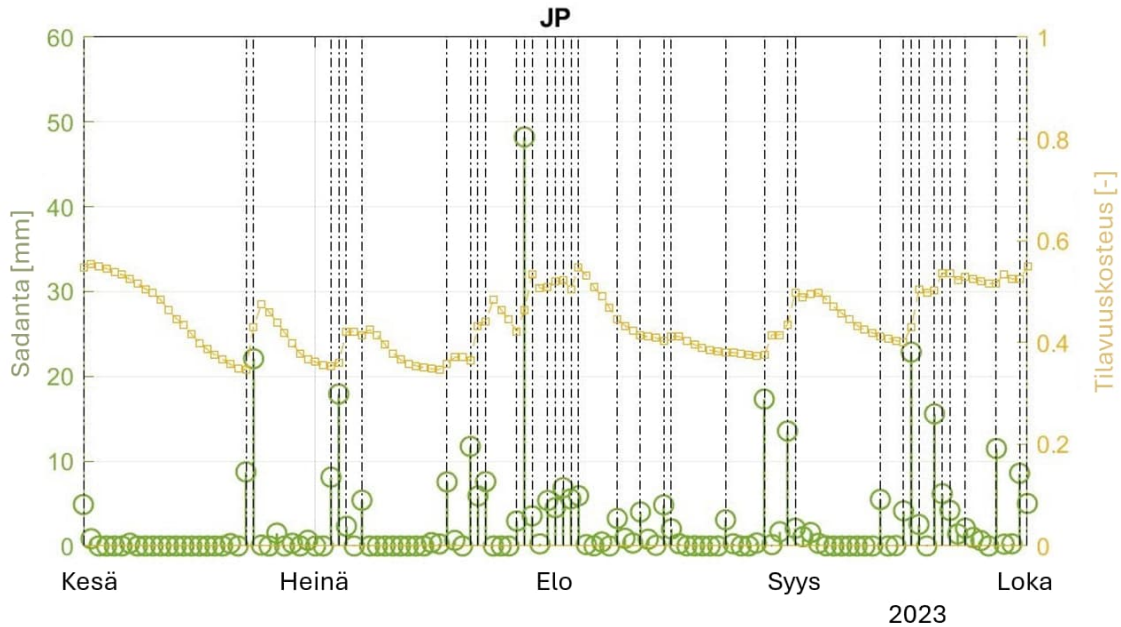
Pellon pohjavesitason mallipohjainen estimointi

Hankkeen yhtenä tavoitteena oli selvittää, voidaanko sää- ja salaojajakaivoon sijoitetun pinnankorkeusmittauksen avulla estimoida pohjavedenkorkeutta peltoalueella. Saatujen tulosten perusteella voidaan todeta, että estimointi on mahdollista, mutta estimaatin hyvyys vaihtelee ja sen laskemiseksi tarvitaan myös paikalliset sadanta- ja haihduntatiedot, jotka olivat saatavissa hankkeen toteutusaikaan esimerkiksi Ilmatieteen laitoksen palvelusta. Parhaimmillaan estimaatti on erittäin hyvä ja heikoimmillaankin käyttökelpoinen (Kuva 10). Estimointivirhettä syntyy jonkin verran erityisesti nopeissa muutostilanteissa.

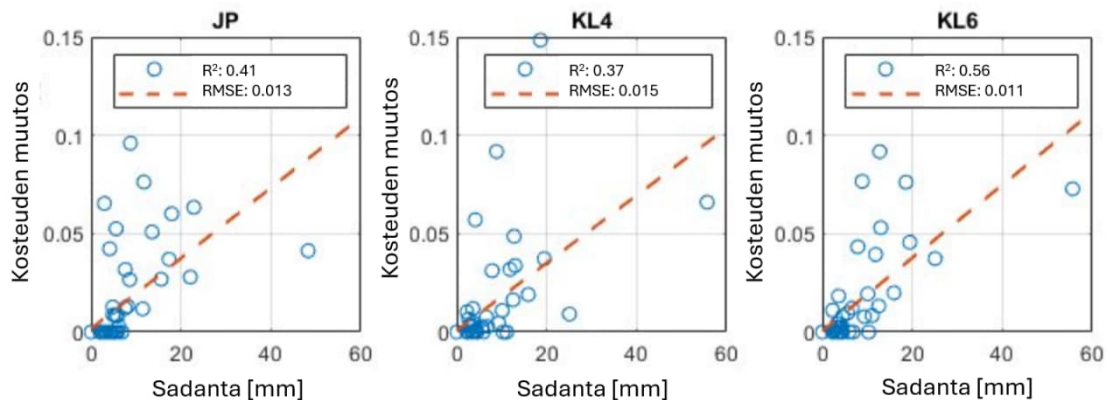


Kuva 10. Estimointimallin validointitulokset heikoimmasta (a) ja parhaasta (b) kohteesta.

Pohjavesimittausten lisäksi käytössä oli maankosteusmittauksia. Käytetyt anturit tallensivat mittaustiedot omaan muistiinsa ilman radioyhteyttä. Näin ollen niiden mittaustiedot täytyi purkaa muistista säännöllisesti ja yhdistää muun datan kanssa manuaalisesti. Analyysissä tutkittiin kuinka hyvin kosteusantureiden dataa pystyisi käyttämään sadannan estimointiin. Tulokset osoittivat, että sadannan ja kosteusmittauksen muutoksen välillä on positiivinen korrelaatio (Kuva 12), mutta se ei ole riittävän vahva käyttökelpoisen sadanta-arvion tekemiseen. Sadetapahtuma nähdään kosteusanturin lukemasta tyypillisesti melko hyvin, mikäli maa ei ole erittäin märkää (Kuva 11).



Kuva 11. Erään koekohteen sadanta-arvio (-O-) ja mitattu maan tilavuuskosteus (-o-) aikaväliltä 6/23–9/23. Käyrästä ilmenee hyvin, kuinka sadanta kasvattaa maankosteutta tiettyyn raajaan saakka. Maan ollessa riittävän kosteaa, sateita ei pysty enää erottamaan kosteusanturin datasta.



Kuva 12. Maankosteuden ja sadannan välisiä hajontakuvioita kolmesta eri kohteesta. Kuvioista nähdään, kuinka muuttujien välillä on melko heikko positiivinen korrelaatio. Sadanta selittää siis vain osan maankosteuden vaihtelusta. Kuviossa käytetyt merkinnät: R^2 =selityskerroin, RMSE = root mean squared error, eli juuri-keskineliövirhe.

Estimointiin liittyvät tulokset voidaan tiivistää seuraavasti:

- Pellon pohjavesitaso on estimoitavissa pääsääntöisesti melko hyvällä tarkkuudella käyttäen säätösalaajakaivosta mitattua vedenpintaa, sadanta- ja haihduntatietoja sekä peltokohtaisia parametriarvoja.



- Estimointimallin kalibroiminen tietylle pellolle edellyttää opetusaineistoa, jonka avulla selvitetään peltokohtaiset parametriarvot. Käytännössä tarvittava aineisto saadaan mittaamalla vedenpinnankorkeuksia pellolta ja säätösalaajakaivosta esimerkiksi yhden kesäkauden ajan.
- Maankosteusmittausta ei voida käyttää luotettavasti pellon pohjavesitason estimoinnissa, koska maankosteuden muutoksen ja sadannan välillä on epälineaarinen ja "kohinainen" riippuvuus.
- Kosteusmittauksella voidaan havaita sadetapahtuma, mutta sadannan suuruudesta saadaan vain kohtalainen estimaatti. Hyvin märissä oloissa kosteusanturin lukema saturoituu (kyllästyy) ja sen reagoitokyky häviää.

Saadut tulokset ovat hyödyllisiä kehitettäessä yksinkertaista ja tilatasolla toteuttamiskelpoista pohjaveden pinnankorkeuden seuranta, jota voidaan käyttää esimerkiksi kasvihuonekaasuinventaarion tarpeisiin, hiilijalanjäljen määrittämiseen sekä viljelyvarmuuden ja sadon parantamiseen. Hyödynsääjinä voivat siis olla sekä maataloustuottajat että viranomaiset ja yhteiskunta laajemmin. Digitalisaatio kasvattaa jatkuvasti erilaisten mittaustietojen roolia sekä yksittäisinä tekijöinä että osana erilaisia kokonaisuuksia kuten ennustemalleja. Hankkeen tulokset osaltaan edesauttavat tätä kehitystä.

Toiminnan jatkuvuus

Luonnonvarakeskus on vastuussa yhteistyötiloille pystytetyistä pohjavesiputkista ja niiden kunnossa- ja ylläpidosta. Hankkeessa muodostettu viljelijäyhteistyöverkosto pyritään ylläpitämään myös tulevaisuudessa Luonnonvarakeskuksen toimesta. Yhteistyötilojen verkosto on ollut tälle hankkeelle hyvin arvokas ja hankkeen yhteistyötilojen pohjavesimittauksille on haettu jatkorahoitusta mm. MMM:n Food 2.0 hausta. Mikäli jatkorahoitus ei löydy tätä kautta, mittausten jatkamiseen haetaan rahoitusta muuta kautta.

Jatkossa tässä hankkeessa toteutettujen pohjavesitasomittausten tuloksia pyritään linkittämään laajemmin esimerkiksi drone- ja satelliittiaineistoihin, jotta esimerkiksi märkiä peltoja voitaisiin löytää muillakin menetelmillä kuin perustamalla pohjavesitasomittaus jokaisen viljelijän pellolle. Lisäksi jatkossa on tärkeää linkittää sato- ja viljelytiedot paremmin tietoon pohjavesitasosta, jotta osataan laajemmin arvioida, miten turvepellon viljely märkänä onnistuu ja millainen vaikutus kosteustilanteella on satoon ja sen laatuun.

Yhteistyötilojen mittaustulokset ja erityisesti mittausten jatkuvuus ja pitkäaikaisen aineiston tuottaminen on erittäin arvokasta ja hankkeessa tuotetun aineiston arvo on vain kasvanut hankkeen aikana. Hankkeen tuloksista on käyty paljon keskusteluja esimerkiksi Luonnonvarakeskuksen kasvihuonekaasuinventarioryhmän kanssa pohtien mahdollisuuksia kytkeä tieto peltojen pohjavesitasosta tulevaisuudessa osaksi kasvihuonekaasuinventariota. Tätä työtä jatketaan ja edistetään hankkeen jälkeen.

Pellon pohjavesitason estimointiin kehitetty menetelmä on sinänsä toimiva, mutta jatkokehitystä vaativa, mikäli se halutaan integroida osaksi kaupallista tuotetta. Kyseessä on pohjimmiltaan laskentamenetelmä, jonka toteuttaminen on lähinnä ohjelmakoodin kirjoittamista, mutta malli on



myös kalibroitava käyttökohteeseen. Kalibroiminen on työlästä ja edellyttää joko olemassa olevaa mittausaineistoa kohteesta tai sellaisen hankkimista. Tämän työvaiheen kehittäminen helpommaksi ja nopeammaksi vaati jatkotutkimusta ja pilotointeja useammassa kohteessa.

Projektin rahoitus

Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen rahoitus hankkeelle oli 70 %. Yritysrahoitusta hanke sai Valiolta sekä Uponorilta 7,8 %. Oulun yliopiston ja Luonnonvarakeskuksen omarahoitusosuudeksi jäi 22,2 %.

Oulun yliopiston budjetti toteutui kokonaisuutena melko tarkasti suunnitellun mukaisesti (Kuva 13). Kustannuslajikohtaisia poikkeamia oli matkakulujen (-2097,51 €) ja laiteostojen (+2000 €) osalta. Hankkeen aikana sovittiin, että Luke tekee kaikki laiteostot ja näin olleen Oulun yliopiston laitebudjettia ei käytetty lainkaan. Matkojen osalta kuluja syntyi ennakoitua enemmän, koska yhteistyötilat sijaitsivat maantieteellisesti etäällä toisistaan ja laitteiden ylläpito vaati säännöllisiä käyntejä kohteissa.

Luonnonvarakeskuksen budjetti toteutui varsin lähelle suunnitelmien mukaisesti (Kuva 14). Luonnonvarakeskukselle hyväksytyt kustannukset olivat kokonaisuudessaan 67 908 €. Toteutuneet kustannukset olivat hankeajalta 68 117,90 € eli kokonaisbudjetti ylittyi 210 €, mikä jäi Luonnonvarakeskuksen maksettavaksi. Matkakulut, laiteostot ja muut kustannukset kululuokista jäi hieman rahaa käyttämättä. Nämä kohdennettiin palkkoihin sekä aineisiin ja tarvikkeisiin. Matkakuluja kertyi ennen kaikkea tilavierailuista yhteistyötiloille. Laiteostot käsittivät mm. pohjavesianturien hankinnat. Ostopalveluihin kuuluivat jatkuvatoimisten pohjavesianturien datasiirtomaksut. Aineisiin ja tarvikkeisiin sisältyi erilaisia pienhankintoja erityisesti liittyen tilojen mittausten ylläpitämiseen ja pystyttämiseen sekä pellonpiennarpäivien mainontaan liittyen.

OULUN YLIOPISTO				LUKE			
	Budjetti	Toteuma	Jäljellä		Budjetti	Toteuma	Jäljellä
Henkilöstökustannukset	90 368.00	91 240.27	-872.27	Henkilöstökustannukset	49 920.00	53 091.00	-3 171.00
Yleiskustannukset 15 %	13 555.00	13 686.08	-131.08	Yleiskustannukset 15 %	7 488.00	7 963.66	-475.66
Matkat	3 500.00	5 597.51	-2 097.51	Matkat	3 500.00	1 124.55	2 375.45
Aineet ja tarvikkeet	1 000.00	22.53	977.47	Aineet ja tarvikkeet	1 000.00	3 063.03	-2 063.03
Laiteostot	2 000.00	0.00	2 000.00	Laiteostot	4 000.00	1 153.04	2 846.96
Ostettavat palvelut	1 000.00	353.90	646.10	Ostettavat palvelut	1 000.00	1 103.60	-103.60
Muut kustannukset	500.00	0.00	500.00	Muut kustannukset	1 000.00	618.72	381.28
Yhteensä	111 923.00	110 900.29	1 022.71	Yhteensä	67 908.00	68 117.60	-209.60
ELY 70 %	78 346.10	77 630.20	715.90	ELY 70 %	47 535.60	47 535.60	0.00
Yritysrahoitus 7,8 %	8 729.99	8 720.36	9.64	Yritysrahoitus 7,8 %	5 296.82	5 296.82	0.00
Omarahoitus 22,2 %	24 846.91	24 549.73	297.18	Omarahoitus 22,2 %	15 075.58	15 285.18	-209.61
Yhteensä	111 923.00	110 900.29	1 022.71	Yhteensä	67 908.00	68 117.60	-209.60

Kuva 13. Budjettien toteumat organisaatiokohtaisesti.

Kokonaisuutena hankkeen budjetti toteutui melko tarkkaan suunnitelman mukaisesti. Kuluja syntyi hieman yli 800 € suunniteltua vähemmän (Kuva 13), joka on noin puoli prosenttia kokonaiskustannuksista. Merkittävin poikkeama oli laiteostoissa, joihin kului suunnitellun 6000 € sijaan vain reilu 1000 €.

**YHTEENSÄ**

	Budjetti	Toteuma	Jäljellä
Henkilöstökustannukset	140 288.00	144 331.27	-4 043.27
Yleiskustannukset 15 %	21 043.00	21 649.74	-606.74
Matkat	7 000.00	6 722.06	277.94
Aineet ja tarvikkeet	2 000.00	3 085.56	-1 085.56
Laitteostot	6 000.00	1 153.04	4 846.96
Ostettavat palvelut	2 000.00	1 457.50	542.50
Muut kustannukset	1 500.00	618.72	881.28
Yhteensä	179 831.00	179 017.89	813.11
 ELY 70 %	 125 881.70	 125 165.80	 715.90
Yritysrahoitus 7,8 %	14 026.82	14 017.18	9.64
Omarahoitus 22,2 %	39 922.48	39 834.91	87.57
Yhteensä	179 831.00	179 017.89	813.11

Kuva 14. Koko hankkeen budjetti ja sen toteuma sisältäen sekä Oulun yliopiston että Luonnonvarakeskuksen.



Viitteet

- Evans CD, Peacock M, Baird AJ ym. **2021**. Overriding water table control on managed peatland greenhouse gas emissions. *Nature* 593, 548–552. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03523-1>
- Heikkinen J, Lång K, Honkanen H ym. **2024**. Mitigation of Greenhouse Gas Emissions by Optimizing Groundwater Level in Boreal Cultivated Peatland. *Wetlands* 44, 78. <https://doi.org/10.1007/s13157-024-01833-4>
- Liimatainen M, Lötjönen T, Liedes T, Läpikivi M, Kinnunen J, Marttila H, **2024**. Valuma-alueen veden varastointi maatalouden kastelukäyttöön. *Vesitalous* 1/2024.
- Liimatainen M, Läpikivi M, Liedes T, Kinnunen J, Niiranen M, Lötjönen, Marttila H, Kulmala L, **2025**. Turvepeltojen ympäristövaikutusten hillintä vesienhallinnan keinoin. *Vesitalous* 1/2025.
- Läpikivi M, Liimatainen M, Marttila H, **2024**. Turvepeltojen valuma-alueilta vettä päästövähennyksiä varten. *Vesitalous* 6/2024.
- Läpikivi M, Liimatainen M, Klöve B, Marttila H, **2025**. Catchment-based approach for water table management with irrigation for cultivated peatlands. *Agricultural Water Management*, 312, 109427. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2025.109427>
- Regina K, Sheehy J, Myllys M, **2015**. Mitigating greenhouse gas fluxes from cultivated organic soils with raised water table. *Mitig Adapt Strateg Glob Change* 20, 1529–1544. <https://doi.org/10.1007/s11027-014-9559-2>



Hankkeen toteutus numeroina

KYSYMYS	lkm
Kuinka monta maanomistajaa on ollut mukana hankkeessa? Myös maanvuokraajat lasketaan.	21
Kuinka monta uutta menetelmää hankkeessa pilotoitiin?	2
Kuinka monta valuma-aluekohtaista / osa-valuma-aluekohtaista suunnitelmaa hankkeessa on laadittu?	0
Mikä on valuma-aluekohtaisten suunnitelmien laajuus (pinta-ala, ha)?	0
Kuinka monta tilaisuutta hanke on järjestänyt? Tässä huomioidaan tilaisuudet, joissa on mukana hankkeen ulkopuolisia osallistujia.	8
Kuinka monta osallistujaa on yhteensä ollut hankkeen järjestämissä tilaisuuksissa? Tässä huomioidaan tilaisuudet, joissa on mukana hankkeen ulkopuolisia osallistujia.	Arvio n. 600
Kuinka moneen muiden järjestämään tilaisuuteen hanke / hankkeen edustajat ovat osallistuneet. Tässä huomioidaan vesienhallinnan teemaan liittyvät tilaisuudet. Esim. webinaariesittelyt/ Webinaarien arvioitu kuulijamäärät.	15
Kuinka monta viestintätuotetta hankkeessa on valmistunut? Viestintätuotteita ovat esimerkiksi tiedotteet/uutiset, blogit, videot, esitteet, podcastit, some, verkkosivut, lehtijutut yms.	30
Kuinka monta asiantuntija-artikkelia hankkeessa on valmistunut?	4



Hankkeen vaikuttavuus

	<i>Erittäin paljon</i>	<i>Melko paljon</i>	<i>Jonkin verran</i>	<i>Vain vähän/ei lainkaan</i>	<i>Ei kuulunut hankkeen toimintaan</i>
<i>Tiedonvälitys ja toimijoiden aktivointi</i>	X				
<i>Uudet toimintatavat ja toimintamallit</i>	X				
<i>Valuma-alue suunnittelu, eri maankäyttömuotojen vesienhallinnan yhteensovittaminen</i>	X				
<i>Valuma-alue lähtöisen suunnittelun tunnistetut hyödyt eri intressiryhmille</i>		X			
<i>Maanomistajien kanssa tehtävä yhteistyö tai heidän saavuttamansa hyöty</i>	X				
<i>Uusi tieto vesiensuojelun ja vesienhallinnan menetelmistä</i>	X				



Toteutusvaiheen arviointi - Itsearvio

Hankkeen tavoitteet saavutettiin erittäin hyvin. Työpaketissa 1 kehitettiin tarkastelumalli, jonka avulla voidaan peltolohkokohtaisesti selvittää veden riittävyys pellon kosteana pitämiseen. Työpaketissa 2 laajennettiin aiemmissa hankkeissa luotua yhteistyöviljelijä- ja mittausverkostoa. Verkosto mahdollisti kattavan mittausaineiston hankkimisen ja tärkeiden käyttökokemusten keräämisen. Työpaketissa 3 kehitettiin menetelmä, joka helpottaa pohjaveden pinnankorkeuden jatkuva-aikaista mittaamista todellisessa peltoympäristössä. Menetelmän avulla voidaan välttää viljelytoimia haittaavien pohjavesiputkien sijoittaminen peltoalueelle.

Hankkeen toteutuksessa ei kohdattu merkittäviä yllätyksiä. Mittausverkoston ylläpito käytännön tasolla oli ennakoidusti työlästä, mikä myös kasvatti matkakuluja. Aikataulujen yhteensovittaminen, esimerkiksi tilavierailujen osalta, oli haastavaa. Työpaketissa 3 tehty data-analyysi onnistui hyvin ja syntynyt aineisto mahdollistaa vielä nykyistä laajemmankin tarkastelun.

Hankesuunnitelmassa arvioituja tai ennakoimattomia riskejä ei juurikaan toteutunut. Mittausverkoston ylläpidon aikana ei tapahtunut vahinkoja (vain kerran huoltokierrosta tehneen henkilön auto jäi jumiin viljelijän peltotielle, mutta tämäkin tilanne saatiin hoidettua Luke Ruukin infrahenkilöstön avulla), ja laiterikkoja esiintyi vain vähän. Joitakin yksittäisiä vikoja aiheuttivat eläimet, jotka purivat ja kiskoivat mittalaitteiden kaapeleita. Ympäristön pilaantumista ei tapahtunut.

Hankkeessa syntyi merkittävästi uutta osaamista valuma-alue-tarkasteluun, pohjavesimittausten käytännön toteuttamiseen ja ylläpitoon sekä tulosten analysointiin ja jatkohyödyntämiseen liittyen. Hankkeen aikana ei havaittu erityisiä osaamispuutteita.

Hankkeen valvonta ja ohjaus toimivat suunnitellulla tavalla. Ohjausryhmän kokouksia järjestettiin neljä kappaletta ja niissä käytiin aktiivista keskustelua. Hankkeen valvoja oli nopeasti tavoitettavissa ja kysymyksiin saatiin vastaukset.

Saavutettujen tulosten jalkauttaminen käynnistyi aktiivisesti jo hankkeen aikana ja se jatkuu muissa hankkeissa. Mittausverkoston ylläpitoa varten on haettu uutta rahoitusta. Tulosten analysointimenetelmien jatkokehittämiseen ja pilotointiin haetaan jatkorahoitusta myöhemmin.



LIITE 1

Jatkuvatoimisten pohjavesimittausten toteuttaminen maatalousympäristössä

Mittauspisteiden lukumäärä ja sijoittelu

Mittauspisteitä tarvitaan vähintään yksi jokaista salaojakaivoa kohden. Mittauspisteiden määrää voidaan kasvattaa, mikäli kaivon valuma-alue on suuri tai mittaustulos halutaan varmentaa useammilla mittauksilla. Mittauspisteet tulisi sijoittaa kohtiin, joissa on mahdollisimman vähän häiriötekijöitä ja toisaalta niin, että mittausputket häiritsevät viljelytoimia mahdollisimman vähän. Jatkuvatoiminen mittaus on suositeltavampi kuin manuaalimittaus, joka kertoo aina tuloksen siltä hetkeltä, kun mittaus toteutetaan. Jatkuvatoiminen mittaus antaa paremman kuvan pellon pohjavesitasen vaihtelusta kasvukauden aikana sekä erityisesti pellon käyttäytymisestä esim. rankkasateiden jälkeen.

Mittausputkien asentaminen

Mittausputki asennetaan maahan kairattavaan reikään kaksi metriä maanpinnan alapuolelle. Tällöin kolmen metrin putkea käytettäessä metri putkea jää maan pinnalle. Jos pellolla ei tehdä vesienhallintaa ja erityisesti jos kyseessä on kivennäispelto, pohjavesitaso voi olla hyvinkin alhaalla, jolloin putken on oltava riittävän syvällä. Maan pinnalle jäävä osa merkitään näkyvästi lipulla ja/tai värinauhalla. Mittausputken ympärillä käytetään suodatinkangasta, jotta hieno maa-aines ei pääse pohjavesiputken sisään.

Pohjaveden pinnan syvyys vaihtelee salaojien välillä. Kauempana salaojasta pohjavesi jää korkeammalle. Mittausputken paikka on valittava huolellisesti siten, että mittaus tapahtuu salaojien puolivälistä ja riski putkien vaurioitumiseen asennusvaiheessa minimoituu. Keskimääräinen pohjaveden pinnan taso on korkeimmillaan salaojien välissä. Salaojaputkien puolivälin määrittäminen onnistuu parhaiten salaojakarttaa hyödyntäen, kunhan putkien asennus on tehty kartan mukaisesti. Asennuksessa avuksi ovat Georeferoidut salaojasuunnitelmat, joiden perusteella voidaan valita helposti asennuspaikka. Jos näitä ei ole saatavilla, salaojien paikat on selvittävä asennuksen yhteydessä salaojien koetinkepillä.

Maahan asennettu putki tiivistetään tyvestä esimerkiksi savella, joka estää pintavesien valumisen putken asennusreikään. Mikäli tiivistys on riittämätön, pintavesiä valuu asennusreikään ja sitä kautta putkeen, jolloin mittaustuloksesta tulee virheellinen. Myös maan kuivuminen ja halkeilu tai routimis-sulamisyklit saattavat avata vedelle reitin mittaausputken asennusreikään.

Mittausputkeen sijoitettavan anturin ja maan päälle tulevan lähetinyksikön välinen kaapeli tulee sijoittaa siten, että eläimet eivät pääse kiskomaan tai muuten vaurioittamaan sitä. Kaapelin ylimääräinen osuus voi kiinnittää mittaausputken maanpäälliseen osaan tiukasti esimerkiksi nippusiteillä.

Huolto ja ylläpito

Jatkuvatoimiset pinnankorkeusanturit saavat käyttöenergiansa paristosta, joka on vaihdettava säännöllisesti. Pariston varaustason voi tarkistaa anturitoimittajan pilvipalvelusta. Jos paristo tyhjenee kokonaan, lähetin sammuu ja mittaustuloksia ei saada enää lainkaan. Pariston varaustaso kannattaa tarkistaa erityisesti talvikauden jälkeen, jotta mittaus toimii varmasti lumien sulaessa.

Mittausputken tiiviys on tarkistettava säännöllisesti. Mittaustuloksissa mahdollisesti esiintyvät piikit voivat olla merkki siitä, että pintavesiä pääsee vuotamaan mittaausputken asennusreikään. Välillä on tehtävä manuaalisia tarkistusmittauksia, joilla todennetaan jatkuvatoimisen pohjavesianturin tuloksen luotettavuus.

LIITE 2 - Pohjavesitason mittaustulokset kaikista kohteista

