

## Todentaminen vaikuttavuuden keskiössä

STN -konsortion vaikuttavuuden seuranta tehdään vaikuttavuuskertomusten avulla.

**Hankkeen nimi ja lyhenne:** Maanviljelyn monihyötyiset ratkaisut ilmastokestävään ruokajärjestelmään, MULTA

**Konsortiojohtaja:** Jari Liski, Ilmatieteen laitos

### 1. Vaikuttavuustavoite

*Onko kyseessä a) konsortion kokonaisvaikuttavuutta vai b) rajatumpaa vaikuttavuutta kuvaava kertomus? Mikäli kyse on vaihtoehdosta b), esitä ja perustele sen asema konsortion työn ja tavoitteiden kokonaisuudessa ja esitä lyhyt kuvaus tavoitteen tutkimuksellisesta ja yhteiskunnallisesta taustasta.*

**b)** Vaikuttavuuskertomus käsittelee konsortion tavoitetta maaperän hiilensidonnan todentamismenetelmän kehittämisestä. Tämä tavoite on erittäin keskeinen. Hiilen sitoutuminen maaperään, lisäisyyden, pysyvyyden ja hiilivuotojen määrittäminen tulee tehdä tieteellisesti hyväksytyin keinoin. Hankkeen tuloksena syntyvät ratkaisut eivät kuitenkaan perustu pelkästään konkreettiseen mittaamiseen ja tulosten analysointiin, vaan tavoitteena on luoda validi **todentamisjärjestelmä**, jota hyödyntäen kerätyn aineiston perusteella voidaan mallintaa ja ennustaa hiilensidontaa myös sellaisilla alueilla, joilta konkreettista mittausaineistoa on vain vähän saatavilla. Koska tavoitteena on luoda ja pilotoida yleisesti päteviä ja valideja käytäntöjä ensin Suomen mittakaavassa ja sen jälkeen skaalata käytännöt kansainvälisesti toimiviksi, tulee laskelmien ja mallinnuksen perustua kansainvälisesti hyväksytyyn ja validoituun tutkimustietoon. Maaperän hiilensidontaa on aikaisemmin tutkittu toisistaan erillisten simulaatioiden ja mittausten avulla, mutta **MULTA-hankkeen tavoitteena on luoda todentamisjärjestelmä, joka hyödyntää mittausaineistoja, mallinnusta ja tietojärjestelmiä tehokkaasti ja toimii luotettavasti erilaisissa olosuhteissa eri maissa.**

### 2. Mitä ohjelman tavoitetta vaikuttavuuskertomus käsittelee?

Vaikuttavuuskertomus käsittelee seuraavia ohjelman tavoitteita:

- kuinka luoda tieteellisesti hyväksytyjä ja validoituja käytäntöjä maaperän hiilen sidonnan todentamiseksi
- kuinka hyödyntää ko. menetelmiä alueilla, joilta on kerätty aineistoa (esim. maaperän hiilen ja hiilidioksidin mittauksia) vain rajallisesti tai ei ollenkaan
- kuinka määrittää hyödyt, mahdolliset riskit ja arvioida ja ennustaa tuloksia pitkällä aikavälillä
- kuinka viestiä tuloksista suoraan viljelijöille ja kannustaa hiilineutraaliin viljelyyn
- kuinka määrittää hiiliyksiköt ja saada ne mukaan yhteiskunnalliseen päätöksentekoon
- kuinka hyvittää toimijoille hankkeen myötä syntyneet hiilinielut (hiilikrediitti ja kompensatio)

### 3. Keinot

*Kerro toimenpiteistä, joita kyseisen vaikuttavuustavoitteen saavuttamiseksi on toteutettu. Keinoja voivat olla esimerkiksi vuorovaikutustyö, yhteistyökumppaneita osallistavat työskentelytavat, tapahtumat, esiintymiset, opetus, asiantuntijatehtävät, kansainvälinen yhteistyö, yrityspilotit jne.*

Carbon Action-alustalla toimivaa MULTA-hanketta toteutetaan läheisessä yhteistyössä kansainvälisen tutkimusyhteisön kanssa. Hankkeessa edelleen kehitettävät mittaus- ja mallinnusmenetelmät ovat laajasti käytössä ilmastotyötä johtavissa yliopistoissa ja

tutkimuslaitoksissa. Erityisesti maaperän hiilensidontaa todentamaan on Ilmatieteen laitoksella kehitetty laskenta- ja mallinnusmenetelmää yhteistyössä johtavien kansainvälisten huippuasiantuntijoiden kanssa.

### **Hiilensidonnan todentamisjärjestelmä**

Työn tavoitteena on luoda tieteellisesti hyväksytty, kansainväliset standardit täyttävä [hiilensidonnan todentamisjärjestelmä](#), jossa voidaan yhdistää useita käytössä olevia mallitusmenetelmiä reaaliaikaisesti päivittyvään monitorointisysteemiin Näin tuotettavat tulokset voidaan arvioida usean mallin avulla, eikä syöttöaineistoa tarvitse erikseen räätälöidä kaikille malleille sopivaksi.

Ilmatieteen laitoksen kehittämä hiilensidonnan todentamisjärjestelmä on kehitetty avoimen tieteen periaatteita noudattavalle, kansainväliselle Predictive Ecosystem Analyzer (PEcAn) -alustalle (<https://pecanproject.github.io/>). Alustalla voidaan yhdistää 1) hiilenkierron laskentamallit, 2) erilaiset mittaukset mallien käyttämistä ja tulosten analysointia varten, sekä 3) matemaattiset menetelmät. Todentamisjärjestelmän käyttöä varten perustettiin PEcAn-palvelin Ilmatieteen laitoksen tietoverkkoon. Palvelimelle yhdistettiin mallien käyttöön ja tulosten analysointiin tarvittavat, reaaliaikaisesti päivittyvät tietovirrat ( [Fer et al. 2020](#)). Laskentakapasiteetin lisäämiseksi Ilmatieteen laitokselle on myös perustettu uusi Openshift -serveri, jonne PEcAn -laskenta on siirretty vuoden 2023 aikana.

### **Todentamisjärjestelmän mallit**

Hiilensidonnan todentamiseen hyödynnetään peltojen hiilensidonnan laskemiseen soveltuvia prosessipohjaisia malleja. Mallitustyö on keskittynyt erityisesti kivennäismaiden nurmipeltojen BASGRA\_N, turvemaiden nurmipeltojen BASGRA-BGC, viljakasveille soveltuvan STICS , ja Landscape DNDC-, sekä Simple Vegetation - mallien kalibroimiseen ja validoimiseen. Vuonna 2023 prosessimalleja on verifioitu kerättyjä aineistoja vasten, ja erilaisia menetelmiä peltolohkojen biomassan arviointiin on vertailtu keskenään. Lisäksi olemme verranneet Sentinel-2 -satelliittidatan perusteella laskettua bruttofotosynteesituotetta prosessimallituksen tuloksiin, samalla arvioiden tulosten luotettavuutta. Hankkeessa kehitettyjä malleja ja menetelmiä voidaan käyttää myös kansallisen kasvihuonekaasujen inventaariojärjestelmän parantamiseksi ja muissa hiilijalanjälkilaskennan käyttökohteissa.

Jo ennen MULTA-hanketta Ilmatieteen laitoksen kehittämällä Yasso-mallilla on voitu analysoida viljelymaiden ja metsien maaperän hiilivarastoa ja sen muutoksia. Tässä hankkeessa Yassoon on lisätty hiiliviljelyn vaikutusten laskemisen erityispiirteitä. Yassoon on onnistuttu menestyksekkäästi lisäämään typenkierto ja satelliittiaineistoa hyödyntävä pintakasvillisuuden määritysparametri. Yassoa voi myös käyttää maaperän keräsieniaineiston analysoimiseen, sillä hankkeessa tapahtuneen kehitystyön ansiosta malli ymmärtää nyt myös maaperän lämpö ja -kosteusmittauksia ([Huang et al. 2022](#) ja [Huang et al. 2022](#)). Kehitystyö jatkuu edelleen ja Yassolla voidaan jo melko tarkasti analysoida mm. maahengityksen ja typen vaikutuksia ja linkkejä hiilensidontaan paikallisesti, sekä ennustaa tuloksia yli eripituisten ajanjaksojen.

Julkaisimme uuden matemaattisesti perusteellisen Yasso20-hiilimalliversion, ja lisäsimme Yassoon typen kierron kuvauksen ([Viskari et al. 2022](#)). Julkaistut laajennukset parantavat

tulosten luotettavuutta mallin sovelluskohteissa ja laventavat mallin käyttömahdollisuuksia tieteellisessä tutkimustyössä. Uudet laajennukset ovat: parannettu Yasso20-malliversio, graafinen käyttöliittymä Yasso07-, Yasso15- ja Yasso20-malleille, hiili-13-isotoopin kierron kuvaus ([Mäkelä et al. 2022](#)) ja sienijuurten vaikutus maaperän hiilenkiertoon. Laajennusten kaikki materiaali on vapaasti saatavissa Ilmatieteen laitoksen [verkkosivustolla](#) (englanniksi).

## Pelto-Observatorio

Hankkeessa kehitettävien menetelmien ja niistä saatavien tulosten viestinnän tehostamiseen olemme kehitettäneet **Pelto-observatorio -palvelun** (PO, <https://www.fieldobservatory.org/>) yhdessä Hämeen Ammattikorkeakoulun (HAMK), Suomen ympäristökeskuksen (SYKE), Baltic Sea Action Group:n (BSAG) ja Helsingin Yliopiston (HY) kanssa. PO on verkossa vapaasti käytettävissä oleva alusta, jolla havainnollistamme maaperän ja kasvillisuuden prosesseista kerättyä tietoa, sekä laskemme hiilivirtoja ja maaperän hiilivarastoja lähes reaaliajassa. PO:n avulla voidaan arvioida viljelykäytäntöjen vaikutuksia satoon, biomassaan ja maaperän hiilensidontaan. Yhdelle pellolle Qvidjan tutkimustilalla Paraisilla esitetään automaattisesti päivittyvä 15 vuorokauden nurmisato- ja hiilitase-ennuste, joka on yksi ensimmäisistä hiilensidontaennusteista maailmanlaajuisesti. PO:n ydin onkin tekijöiden kehittämä menetelmä seurata ja ennustaa peltoekosysteemin toimintaa ja hiilitasetta. Menetelmä yhdistää kenttämittauksia, automaattisia mittausteknologioita, säätietoja, satelliittimittauksia ja mallinnusta PEcAn laskentajärjestelmässä.

Pelto-observatoriossa on tällä hetkellä neljä intensiivisesti mitattua tutkimuspeltoa: Ilmatieteen laitoksen Qvida ja Ruukki, sekä Helsingin yliopiston Haltiala ja Viikki. Lisäksi siellä on 20 Carbon Action pilottitilaa, neljä Valio Carbo® maatilaa, yhteistyökumppaneiden tutkimustiloja, sekä yksi hiiliviljelyn pilottitila Ruotsista. Yhteistyökumppaneiden kanssa toteutettavien tutkimusprojektien edistymistä havainnollistetaan esimerkiksi Lantmännenin koetilalla Hahkialassa, jossa keskitytään erityisesti viljakasveihin. Tämän yhteistyön seurauksena mallitustyöhön saadaan arvokasta dataa liittyen erilaisiin viljakasvien ilmastoviisaisiin viljelytoimiin, kun aikaisemmat mittaukset on tehty lähinnä nurmipelloilla. Lantmännenin sopimusviljelijän pellolla Perniössä on myös testattu aurinkovoimalla toimivaa pyörrekovarianssi -mittausasemaa kasvukaudella 2023. Uuden siirrettävän mittausaseman etuna on sen vapaa sijoitettavuus, kun ulkopuolista virtalähdettä ei tarvita. Vuonna 2023 PO:oon lisättiin myös neljä uutta yksityisten viljelijöiden peltoa. Näillä pelloilla tutkitaan "vihreiden viikkojen maksimoimisen" vaikutusta maaperän kasvukuntoon yhdessä HAMK:in kanssa.

Pelto-Observatoriota kehitetään jatkuvasti, ja lähitulevaisuudessa sinne tullaan lisäämään myös koealoja metsäekosysteemeistä, arktisilta alueilta, sekä sisällytetään uusia kasvihuonekaasumittauksia, esimerkiksi mittaustietoa peltojen ja metsien ilokaasu- ja metaanipäästöistä.

Carbon Action intensiivitulojen pelloille on asennettu keväällä 2020 noin 80 reaaliaikaista lämpötila- ja kosteusmittaria, jotka lähettävät puolen tunnin välein tietoa maaperän olosuhteista. SYKE:n anturiparvi on kytketty rajapinnoilla Ilmatieteen-laitoksen serverille, jossa aineisto on mallinnuksen käytettävissä. Tämä on viljelijöille arvokasta tietoa ([lue lisää](#)), sillä. PO:n tutkimustilojen viljelijät voivat itse seurata hiiliviljelytoimenpiteiden vaikuttavuutta

lohkotasolla, ja lisäksi kerätyt aineistot ja tulokset julkaistaan vuosittain Zenodo-palvelimella (<https://zenodo.org/>, hakusana 'Carbon Action'). Tulosten avulla nähdään, miten eri lohkot käyttäytyvät kuivuuden ja rankkasateiden aikana, miten kasvit kasvavat eri lohkoilla ja miten viljelijä voi kehittää kasvien ja maaperän kykyä sopeutua muuttuvaan ilmastoon. Tulevaisuudessa tällainen palvelu voi toimia viljelijöiden päätöksenteon tukena, sillä sen avulla voidaan seurata viljelytoimien välittömiä vaikutuksia pelloilla. Käytännössä PO havainnollistaa tulevaisuuden hiililaskennan ja kasvihuonekaasuinventaarioiden menetelmiä.

Pelto-observatorion toimintaperiaate on vertaisarvioitu ja julkaistu avoimesti: [Nevalainen et al. 2022](#). Vuonna 2023 PO päivitettiin selkeämmäksi ja sinne lisättiin tarkemmat kuvaukset Qvidjan, Ruukin ja Haltialan intensiivisistä tutkimustiloista. Uusi englanninkielinen versio käännettiin myös suomeksi ja ruotsiksi. Kansalaisten tavoittamiseksi vilkkaalle Haltialan koetilalle on myös suunniteltu ja pystytetty kyltti, joka kertoo koemenetelmistä, uudistavasta viljelystä ja Pelto-Observatorion käytöstä.

#### 4. Havainnot konkreettiset vaikutuksista

*Kuvaa ja reflektoi niitä muutoksia yhteiskunnassa, joiden aikaansaamiseen hanke on myötävaikuttanut tai jotka hanke on saanut aikaan edellä esitetyillä toimillaan. Niitä voivat olla esimerkiksi vaikuttavuuden aikaansaamiseksi keskeisten henkilöiden tai instituutioiden omaksumat uudet näkemykset, julkisen tai rajatun keskustelun pohjalta syntyneet muutokset toiminnassa, muutokset toiminnassa, käyttäytymisessä tai intresseissä, vaikutukset lainvalmisteluun tai strategioihin, uudet opetussisällöt, liiketoimintamallit, tuotteet, jne.*

Hiilensidonnin todentamisjärjestelmän kehityksestä seuranneita konkreettisia vaikutuksia on avattu edellisessä kohdassa keinojen yhteydessä. Hankkeen tieteelliset vaikutukset ovat olleet yllättävän nopeasti havaittavissa ja hiilensidonta konseptina on valtavan kiinnostuksen alla koko yhteiskunnan tasolla, myös erilaisissa kansainvälisissä verkostoissa.

Hankkeessa mukana olevat viljelijät hyötyvät todentamisjärjestelmästä suoraan ja välillisesti: tutkimuksen tuloksia pääsee tarkastelemaan reaaliaikaisesti Pelto-observatorion kautta, ja tulevaisuudessa oman pellon hiilensidontaa ja hiiliviljelytoimenpiteiden vaikutuksia voi konkreettisesti havaita. Todentamismenetelmän avulla on myös mahdollista määrittää todellinen sitoutunut hiilen määrä ja hyödyntää tätä tietoa hiilikrediittien laskentaan. Hankkeen vuorovaikutusta koordinoiva BSAG huolehtii tulosten ilmiöittämisestä ja yhteiskunnalliseen päätöksentekoon mukaan saamisesta (lue lisää: vaikuttavuuskertomus ohjauskeinoista, VK3).

Yritysalustalla mukana olevat yritykset hyötyvät laskennan ja mallinnuksen kehityksestä omassa liiketoiminnassaan, esimerkiksi elintarvikkeiden hiilijalanjäljen laskeminen tulee olemaan tarkempaa ja varmempaa. Yritysyhteistyön konkreettista vaikuttavuutta kuvataan omassa vaikuttavuuskertomuksessa (lue lisää: vaikuttavuuskertomus yritysyhteistyöstä).

Carbon Actionin tekemän viestintätöiden ansiosta viljelijät, kansalaiset ja yhä useammat poliittiset päätöksentekijät ovat hyvin perillä hankkeen tavoitteista ja jo syntyneistä tuloksista. Useat eri sidosryhmät, mm. yritykset ja päästökompensaatioihin kytkeytyvät säätiöt ovat olleet aktiivisesti yhteydessä hankkeen tiimoilta ja useat yritykset ovat mukana kehitystyössä (lue lisää: vaikuttavuuskertomus yritysyhteistyöstä, VK4).

Hankkeeseen osallistuu 100 Carbon Action hiiliviljelytilaa, jotka pilotoivat kehitettäviä hiiliviljelykäytäntöjä ja tarjoavat tutkimusaineistoa. Hiiliviljely konseptina on levinnyt nopeasti, ja uusia tiloja ilmoittautuu mukaan Carbon Action -klubiin jatkuvasti. MULTA hankkeen tutkijat ovat myös olleet tiiviisti mukana kehittämässä kaikille avointa ja maksutonta [Uudistavan viljelyn e-opistoa](#), joka tarjoaa viljelijöille ajankohtaista ja tieteeseen pohjautuvaa tietoa maaperää, satoja ja ympäristön tilaa parantavista käytännöistä (lue lisää: vaikuttavuuskertomus viljelijäyhteistyöstä, VK1).

### **Vuosien 2022-2023 tapahtumia:**

Todentamisjärjestelmän ja erityisesti hiililaskennan kehitystyötä linjattiin IL:n sisäisesti tutkijoiden kesken järjestetyssä työpajassa Espoon Nuuksiossa 1-2.12.2022. Lisäksi toukokuussa 2023 järjestimme työpajan jatkokeskustelut ja varmistimme mallitustyöhön liittyvien virstanpylväiden täyttymisen ajallaan.

Mallitustyön tuloksista ja todentamistyön etenemisestä viestittiin laajemmalle yleisölle 29.11.2022 pidetyssä Geotieteiden [Hiiliviljely ja ilmastonmuutos](#) -päivässä (yhteenvedo: <https://www.icos-cp.eu/event/1246>), Luonnonvarakeskuksen 14.12.2022 järjestämässä [Hiiliviljelyn koetoiminta Suomessa](#) -webinaarissa, sekä 4per1000 -maaperäaloitteen pohjoisen Euroopan konferenssissa Helsingissä kesäkuussa 2023. [4per1000 -tapahtumassa](#) tutkijat Istem Fer, Olli Nevalainen ja Hui Tang esittelivät työn edistymistä puheissaan ja postereissaan. Pelto-Observatorion integrointi laajempaan Carbon Action työhön ja uudistavan viljelyn moniin hyötyihin tiivistettiin Carbon Action [tietoiskuun](#). Marraskuussa 2023 järjestettiin MULTA-hankkeen sisäinen työpaja, jossa linjattiin hankkeessa kerättyjen aineistojen tarkempaa koostamista ja hyödyntämistä, sekä sovittiin eri työpakettien tutkimustuloksista viestimistä kolmen eri teeman kautta. Teemat ovat: uudistavan viljelyn monihyötyisyys, ilmastovaikutukset, sekä taloudelliset- ja poliittiset linjaukset (lue lisää teemoista kohdassa 5: Tavoiteltu vaikuttavuus).

Ilmatieteen laitoksen tutkijat osallistuivat myös Suomi Areenaan 28.6.2023, Maan puolustuskurssille Qvidjassa elokuussa 2023, sekä EU komissiossa järjestettyyn [Hiilinielu-seminaariin](#) 21.9.2023. Todentamisjärjestelmän ja muun MULTA-työn edistymistä esiteltiin yhdessä muiden FOOD-ohjelmien hankkeiden kanssa työpajassa 11.11.2023.

Taiteilija Teemu Lehmusruusu inspiroitui Pelto-Observatoriosta ja rakensi Porin Kirjurinluotoon upean [tilataideteoksen](#), joka oli esillä kesän 2023 ajan.

### **Kohokohtia vuosilta 2020-2022:**

Todentamisjärjestelmää on aiemmin esitetty yhteistyössä keskeisten MEP:ien kanssa järjestetyssä, kansainvälisessä webinaarissa 29.10.2020. Tutkimus kiinnostaa myös kansainvälisesti, ja MULTA tutkijat ovat esittäneet tutkimuksia sekä kansallisesti että kansainvälisesti eri webinaareissa, mm. [Soil as a Carbon Sink](#) -webinaarissa 4.5.2021 ja 11.5.2021, [4p1000 Fair EU Green Week 2021](#) -virtuaali standissa 5.5.2021, kansainvälisessä [Soil at Risk](#) -symposiumissa 30.6.2021, Biogeomon Science Conference Tartussa 26.6.2022, ICOS Science Conference 13.9.2022, Utrechtissa (Alankomaat) ja Tanskan Aarhusissa järjestetyssä seminaarissa 4.-5.10.2022 "Peatlands for climate change mitigation in agriculture".

Hanke oli myös mukana usean hankkeen yhteistyönä järjestettyä kansainvälistä hybridiseminaaria hiilimarkkinoista 3.6.2022, Carbon markets meet carbon farming in practice. Tilaisuus oli osa EU:n Green Week -ohjelmaa. Tilaisuudessa oli puhujina mm. MULTA-tutkijoita. Seminaarista kirjoitettiin [kooste](#).

Tutkimusta on esitetty laajasti myös viljelijöille ja yrityksille esimerkiksi teemaan liittyvissä seminaareissa tai webinaareissa (mm. Carbon action webinaareissa suomeksi ja ruotsiksi 16.2 ja 18.2.2022, Ruukin Peltopäivät 16.8.2022, Pelto-Observatorion tiedewebinaari 8.4.2022, ProAgrian podcast “Ympäristöviisas viljelijä 25.8.2022).

### **MULTA-yhteistyön pohjalta syntyneitä jatkohankkeita:**

Hiilensidontaan liittyviä yhteistyöprojekteja ja uusia rahoitushakemuksia on syntynyt lukuisia MULTA-hankkeen myötä (katso Carbon Action alustalla olevat hankkeet:

<https://carbonaction.org/hankkeet/>). MULTA-projektin tieteellinen työ ja sidosryhmien kanssa saavutetut yhteistyötulokset ovat myös osana ja perustana Suomen Akatemian rahoittamalle [Lippulaiva-hankkeelle](#): Atmosphere and Climate Competence Center (ACCC).

MULTA-hankkeessa on julkaistu useita tieteellisiä artikkeleita, ja lähes kaikista on kirjoitettu kansantajuiset tiivistelmät suomeksi ja englanniksi: <https://www.bsag.fi/materiaalit/>. Uusia julkaisuja valmistellaan jatkuvasti.

Tutkimustyön ja sidosryhmien kanssa tehdyn yhteistyön jatkumon takaamiseksi IL, BSAG, HY, HAMK, Tampereen yliopisto (TAU), sekä 17 kansainvälistä tutkimuslaitosta, yliopistoa ja järjestöä valmistelivat IL:n johdolla hakemuksen EU Horizon Soil Mission, Carbon farming in Living Labs (SOIL-01-09) -hakuun. Hankkeen toteutuessa MULTA ja Carbon Action -työn pohjalta rakennettaisiin vastaavia “Eläviä laboratorioita” kuuteen eurooppalaiseen maahan tiiviissä yhteistyössä paikallisten sidosryhmien (esim. maanomistajien, tuottajien, yritysten, neuvojien ja tutkimuslaitosten) kanssa. Suomen malli toimisi esimerkkinä kehittyneestä Living Labista ja hankkeessa jatkettaisiin MULTA -kehitys- ja tutkimusyhteistyötä, vahvistettaisiin maanomistajien mahdollisuuksia luoda vihreitä liiketoimintamalleja, sekä tehostettaisiin hiilen sitoutumista maaperään ja vähennettäisiin maankäytön ilmastovaikutuksia. Uudenmaan liitto tuki hakemuksen valmistelua myöntämällä työhön 15 000 euron avustuksen.

Vuonna 2023 Ilmatieteen laitos valmisteli hakemuksen myös Suomen Akatemian Ideat ratkaisuksi -hakuun ACCC-Lippulaivahankkeen alla yhdessä HY:n kanssa. Tässä haussa tarkoituksena on perusteellisesti kartoittaa ruoka-alan yritysten ja muiden sidosryhmien tarpeita ja kehittää tarpeisiin sopivia digitaalisia ratkaisuja ja palveluja hiilensidonnan laskentaan ja tulosten hyödyntämiseen sidosryhmien arvoketjuissa.

MULTA-yhteistyön pohjalta alkunsa ovat saaneet myös useat hankkeet (esim. [TWINWIN](#)), joissa yhtenä tavoitteena on rakentaa uusi, luonnon monimuotoisuuden ja maaperän hiilensidonnan yhdistävä taso Carbon Action:n ajaman uudistavan viljelyn rinnalle, sekä löytää ja synnyttää synergiaa hiilensidonnan ja monimuotoisuuden välillä.

## 5. Tavoiteltu vaikuttavuus ja konsortion saavutukset tällä hetkellä

*Pohdi nykytilannetta suhteessa hankkeen käsitykseen tarvittavasta yhteiskunnallisesta muutoksesta. Mitä on jo saavutettu? Miten tästä eteenpäin?*

MULTA hankkeen tavoitteena on saada aikaan systeeminen muutos ruokajärjestelmässä. Tämä pohjautuu vahvasti tutkittuun tietoon. Keskeistä on saada ohjaukset paremmin tukemaan muutosta kohti ilmastoviisasta maataloutta. Nyt hankkeessa kehitettävää todentamisjärjestelmää voidaan käyttää valtioiden kasvihuonekaasujen inventaariojärjestelmissä, tuotteiden ja palvelujen hiilijalanjälkilaskureissa sekä hiilikompensaatiomarkkinoiden laskennassa sekä maatalous- että ilmastopolitiikan päätöksenteossa. Järjestelmä on jo käytössä tutkimuskohteissa ja sitä päivitetään koko ajan. Todentamismenetelmän kehitys on tapahtunut aikataulun mukaan. Jotta tulevaisuudessa voitaisiin maksaa viljelijälle sidotusta hiilestä, tarvitsee menetelmää vielä tarkentaa, jotta se toimii kattavasti myös alueilla, joista dataa on vain vähän. Viljelijän talouteen ja hiilikompensaatiomarkkinoihin liittyvää tutkimusta edistetään hankkeessa jatkuvasti (mm. [Lankoski et al. 2020](#)) ja useita käsikirjoituksia valmistellaan parhaillaan.

Yksi MULTA-hankkeen toisen kauden tärkeimmistä tavoitteista on tieteellisten artikkeleiden edistäminen ja julkaiseminen. Tutkimustyön yhteensaattamisen avuksi hankkeessa on nimetty kolme keskeistä teemaa, joita työistetään toisella kaudella. Teemat ovat:

- 1) Multiple environmental impacts of regenerative agriculture benefits
- 2) How effective is regenerative farming in means as of a method in mitigating climate change
- 3) Economics and policies of regenerative farming

Uusien teemojen avulla pyritään rakentamaan koko konsortion läpileikkaavia ja yhdistäviä vastauksia, ratkaisuja ja suosituksia hankkeen tutkimuskysymyksiin, sidosryhmäyhteistyöhön, sekä vaikuttavuuteen. Teemojen pohjalta suunnitellaan myös vuoden 2024 vaikuttamiskeinoja ja tulokulmia tutkimuksesta viestimiseen.

## 6. Tahattomat vaikutukset ja muutokset konsortion toimintatavoissa

*Kuvaile muita havaittuja vaikutuksia ja yllättäviä seurauksia, joita*

*hanke on kohdannut. Kerro niin saavutuksista, esteistä, epäonnistumisistakin, sekä tarpeista suunnata vuorovaikutustoimia uudella tavalla. Mitä korjausliikkeitä on tehty? Mitä on opittu?*

Hankkeessa tehtäväksi suunnitellut tieteelliset kokeet ja niistä saatavien tulosten analysointi on edistynyt tavoitteiden mukaan. Hiiliviljelytoimenpiteiden hyödyt maan kasvukuntoon ovat olleet yllättävän nopeasti nähtävillä, sillä jo hankkeen ensimmäisellä puoliskolla havaittiin, että vasta vuoden hiiliviljelyssä olleiden peltojen maan kasvukunto oli parantunut silminnähten (Juuso Joonas YLE:n haastattelussa: <https://yle.fi/uutiset/3-11305258>) ja toisen kasvukauden jälkeen tulokset olivat edelleen hyvin lupaavia syksyllä 2020 ([Heimsch et al. 2021](#)).

Hankkeen aikana on havaittu, että erilaiset ravinnepuutokset pelloilla ja maan rakenneongelmat ovat hyvin yleisiä, mutta tästä huolimatta viljelijöiden suunnitellut hiilen lisäykset ovat merkittäviä. Myös peltolohkoilla tehdyt hiilimittaukset ovat onnistuneet ja hankkeessa on kyetty tunnistamaan menetelmiä, jotka vaikuttavat hiilen sitoutumiseen maaperään. Viljelijöiden kokemuksia uudistavan viljelyn periaatteista on myös tutkittu, sillä on ensisijaisen tärkeää, että viljelijät kokevat toimenpiteiden olevan hyödyllisiä ja käytännöllisiä ([Mattila et al. 2022](#)). Hiiliviljelytoimenpiteiden vaikutuksista saadaan lisää konkreettista tietoa, kun kesällä 2023

kerätyt maanäytteet saadaan analysoitua, ja tuloksia voidaan verrata hankkeen alussa (vuonna 2019) kerättyihin maanäytteisiin. Analyysien odotetaan valmistuvan alkuvuodesta 2024. Maanäytteiden avulla voidaan myös verifioida hankkeessa kehitettyjä malleja ja jo luotuja hiilensidontaennusteita.

Mittauslaitteet ovat toimineet suunnitellun mukaan, ja uusia tutkimuskeltoja on saatu instrumentoitua ja lisättyä Peltto-Observatorioon. Kerättyjen aineistojen perusteella kehittävien mallien evoluutio on ollut nopeaa, ja samalla on onnistuttu tunnistamaan pullonkauloja ja ongelmakohtia hiilensidonnan todentamisjärjestelmän kehityksessä. Useita prosessimalleja samanaikaisesti kehitettäessä olemme myös voineet arvioida eri mallien soveltuvuutta maaperän hiilensidonnan arvioimiseen erilaisissa ympäristöissä.

Suurin yksittäinen hidaste mallitustyössä on ollut luotettavan tiedon kerääminen erilaisista järjestelmistä ja rekistereistä. Erityisen haastavaa on ollut hankkia yhdenmukaisesti raportoitua tietoa viljelytoimenpiteistä ja pelloilta kerätyistä sadoista. Jatkossa tavoitteena onkin etsiä ratkaisuja erilaisten digitaalisten sovellusten ja tietokantojen yhdistämisestä todentamisjärjestelmään, sekä kehittää rajapintoja erilaisten systeemien keskusteluyhteyden tehostamiseksi.

Tutkimuksessa syntynyt data on siirretty uudelle, tehokkaammalle serverille Ilmatieteen laitoksen alaisuuteen. Kasvanut tiedonvaihtokapasiteetti mahdollistaa tuhansien peltojen hiilitaseen laskemisen ja edesauttaa laskennan skaalaamista tulevaisuudessa. Hankkeen viljelijöille on myös kehitetty applikaatio (R Shiny app), jonka avulla viljelijät voivat helposti ja nopeasti raportoida käyttämänsä toimenpiteet suoraan tutkijoiden käyttämään tietokantaan.

Maailmanlaajuinen koronaviruspandemia muutti työskentelytapoja, mutta työ MULTA I ja MULTA II -kausilla on siitä huolimatta edistynyt alkuperäisen suunnitelmien mukaan. Suuri osa mallintamiseen ja todentamiseen liittyvästä tutkimustyöstä voitiin pandemian aikana tehdä etänä, ja toisaalta pelloilla tapahtuvat mittaukset on voitu pitkälti automatisoida (Esim. Eddy Covariance –mittauslaitteisto). *In situ* – mittaukset taas voitiin suorittaa turvallisesti huolehtimalla ohjeiden mukaisista turvajärjestelyistä. Hankkeen alkuvuosien aikana vaikuttanut pandemia ja liikkumisrajoitukset eivät rajoittaneet maastossa tehtävää tutkimustyötä, mutta rajoitukset Helsingin yliopiston laboratorioden käytössä ja tutkijoiden rekrytoinnissa hidastivat tutkimusta jonkin verran keväällä ja kesällä 2020 (MULTA I). Tämän jälkeen rekrytoinnit on kuitenkin saatu toteutettua suunnitelman mukaan ja hankkeeseen on saatu rekrytoitua tarpeeksi uusia väitöskirjan tekijöitä ja tutkijatohtoreita.

## 7. Vaikuttavuuden saavuttamiseksi tehty tutkimustyö

*Luettelo vaikuttavuustavoitteen toteutumista tukevat keskeiset tutkimustulokset ja julkaisut. Voit kertoa lyhyesti, millä tavoin konsortio on uudistanut tutkimustyön tekemistä tulosten saavuttamiseksi (esim. monitieteisyys, metodologia, tutkimuksen toteutustavat)?*

Todentamisjärjestelmän tutkimus on edennyt vauhdilla. Lukuisia todentamisjärjestelmän kehitykseen liittyviä tieteellisiä artikkeleita on jo julkaistu, näistä keskeisimmät ovat Fer et al. 2020, Nevalainen et al. 2022, ja Viskari et al. 2022 ([Carbon Action -materiaalit](#)). Todentamisjärjestelmää ja sen ympärillä tehtävää tutkimusta on esitelty laajasti niin muille



tutkijoille, viljelijöille, yrityksille, kuin päätöksentekijöillekin (kts. vaikuttavuuskertomus ohjauskeinoista, VK3). Hankkeen aikana on perustettu useita uusia mittausasemia yhteistyössä muiden hankkeiden kanssa edistäen todentamisjärjestelmän kehitystä: Haltialan mittausasema on perustettu toukokuussa 2021 Pohjois-Helsinkiin, ja Viikin kampuksen mittausasema on perustettu syksyllä 2021.

Viikin ja Haltialan uudet SMEAR-Agri-mittausasemat kuuluvat ilmakehän ja ekosysteemin välisiä vuorovaikutuksia tutkivien SMEAR-asemien verkostoon. Asemien tuottaman uuden tutkimustiedon avulla pyritään ymmärtämään paremmin muuttuvien sääolojen vaikutuksia ruoantuotantoon sekä kehittämään viljelykäytäntöjä ilmastovaikutukset huomioiden. SMEAR-Agri-mittausasemat ovat avoinna vieraileville tutkijoille, ja niiden toivotaan toimivan perustana lukuisille tutkimushankkeille. Asemilla mitattava kasvihuonekaasujen data on reaaliaikaisesti kaikkien nähtävillä Pelto-observatoriossa. Asemat ovat ns. intensiivisiä tutkimuspeltoja Carbon Action -alustalla. Asemien keräävän datan avulla pyritään tarkentamaan kasvihuonekaasujen vuositaseita, sekä ilmastomalleja ja voidaan päästään kiinni siihen, kuinka ilmastonmuutos ja mahdollisten sään ääri-ilmiöiden lisääntyminen vaikuttavat peltomaan hiilensidontaan ja kasvihuonekaasupäästöihin pohjoisissa oloissa, sekä kuinka viljelytoimia on mukautettava muuttuviin ilmasto-oloihin. Tietoa voidaan hyödyntää edelleen poliittisessa päätöksenteossa mm. suuntaamalla maatalouden tukitoimia oikein kohdistettuihin viljelytoimenpiteisiin, jotka tukevat ilmastovaikutukset huomioivaa maataloustuotantoa.

Monitieteisyys on keskeinen osa todentamisjärjestelmän kehitystä ja siitä saavutettavaa vaikuttavuutta. MULTA hankkeessa olennaisinta on tutkimusyhteistyö ei vain konsortion kesken, vaan yhteistyö myös muiden hankkeiden, tutkimuslaitosten, yritysten ja viljelijöiden kanssa. Koska MULTA hanke liittyy myös moneen muuhun meneillään olevaan hankkeeseen, on synergioiden löytäminen ja yhteistyö tutkijoiden ja sidosryhmien kanssa keskeistä ja onnistunut hyvin.