

CARBON ACTION: MONIA HYÖTYJÄ UUDISTAVAN VILJELYN AVULLA



Kirjoittajat

Baltic Sea Action Group (BSAG)
Granholm Kaj, Hagelberg Eija, Höijer Laura,
Jarva Pieta, Niinivaara, Irina, Sädeharju Soja
(edustaa myös Itä-Suomen yliopistoa), Vainio Elisa

Ilmatieteen laitos
Höckerstedt Layla, Kulmala Liisa, Liski Jari,
Lohila Annalea, Stam Åsa

Helsingin yliopisto
Heinonsalo Jussi, Karhu Kristiina, Laine Anna-Liisa,
Lötjönen Sanna, Ollikainen Markku, Pihlatie Mari

Suomen ympäristökeskus
Matti Tuomas

Luonnonvarakeskus
Soinne Helena

Toimittanut BSAG Höijer Laura

Tausta

Carbon Actionin tavoitteena on systeeminen muutos kohti regeneratiivista eli uudistavaa maataloutta (1, 2). Carbon Action -alusta tuo yhteen viljelijät, neuvojat, tutkijat, yritykset ja päätöksentekijät. Vuonna 2022 Carbon Action -alustalla oli käynnissä 28 hanketta, yhteensä 35,1 miljoonan euron edestä. Suurin osa hankkeista on tutkimushankkeita maaperän hiilivaraston todentamiseksi ja uudistavan viljelyn vaikutusten tutkimiseksi. Mukana on myös muun muassa viljelijäyhteistyön kehittämistä ja kansainvälisen toiminnan skaalausta.

Carbon Action mahdollistaa eri toimijoiden ja hankkeiden välisen konkreettisen yhteistyön ja yhteiskehittämisen. Carbon Actionin kokonaisvaltainen ja käytännönläheinen lähestymistapa on herättänyt laajaa kiinnostusta paitsi kotimaassa, myös kansainvälisesti.

Viljelijät ja neuvojat

Carbon Action on viljelijälähtöinen kokonaisuus, joka muotoutuu jatkuvasti vuorovaikutuksessa viljelijöiden kanssa. Sadalla Carbon Action -hiilitilalla testataan viljelytoimenpiteitä ja jaetaan kokemuksia. Tämä maaperän hoitoon keskittyvä viljelijäverkosto on tuonut uutta motivaatiota viljelijöille maatalouden harjoittamiseen (3, 4, 5). Vertaisoppiminen hyödyttää viljelijöitä suoraan. Hiiliviljelijöistä yhteistyö tutkijoiden kanssa on ollut arvokasta, ja vastaavasti tutkijat ovat saaneet hyödyllisiä käytännön näkemyksiä viljelijöiltä (lue lisää).

Määritelmiä

Uudistava eli regeneratiivinen viljely tarkoittaa kokonaisvaltaista, koko ekosysteemiä elvyttävää viljelytapaa. Käytännössä se tarkoittaa, että hyvän sadon lisäksi tavoitellaan maaperän kasvukunnon parantamista, luonnon monimuotoisuuden ja maan hiilivaraston kasvua sekä toimivaa vesitaloutta. Uudistava viljely on enemmän kuin yksittäiset toimenpiteet. Tärkeää on paitsi se, mitä tehdään, myös se, miten tehdään. Uudistava viljely on joustava tapa käyttää hyvien viljelykäytäntöjen monipuolista kokoelmaa tilannetaajuisesti, eli kuhunkin tilanteeseen parhaiten sopivalla tavalla. Valittavat toimenpiteet voidaan yksinkertaistaa kolmeen periaatteeseen: yhteytyksen maksimointi, maan pieneliötoiminnan maksimointi sekä maaperän toiminnan häirinnän minimointi. Hiiliviljely on osa uudistavaa viljelyä, ja sen avulla maanviljelijä voi hillitä ilmastomuutosta (lue lisää).

Soja Sädeharju

Soja on tehnyt kyselyn ja haastatellut Carbon Action -hiilitilojen viljelijöitä osana väitöskirjatutkimustaan. Alustavien havaintojen mukaan siirtymään uudistavaan viljelyyn kannustavat erityisesti aineettomat hyödyt, joista tärkeimmiksi mainitaan maan kasvukunnon parantuminen, luonnon monimuotoisuuden lisääntyminen sekä positiiviset tunteet ja työn merkityksellisyys. Havaintojen mukaan Carbon Action -viljelijät myös hyödyntävät runsaasti intuitiotaan päätöksenteossa, kykenevät tarvittaessa nopeaan päätöksentekoon sekä havainnoivat tarkasti luontoa. Vaikuttaakin siltä, että luonnon havainnointi ja omiin havaintoihin luottaminen ovat keskeisiä tekijöitä menestyksessä viljelypäätöksissä. Jatkotutkimuksen tarkoituksena on tuoda näkyväksi edelläkävijäviljelijöiden päätöksenteon elementtejä.

Jotta Carbon Action -toiminnassa kertynyttä tietoa saadaan jaettua kaikille kiinnostuneille viljelijöille ja muille maatalouden asiantuntijoille, perustettiin vuonna 2020 [Carbon Action -klubi](#) uudistavan viljelyn ja hiiliviljelyn tiedonvaihtokanavaksi ja verkostoksi. Klubissa on n. 1 100 jäsentä ja määrä on kasvussa. Syksyllä 2022 käynnistettiin suosituksi osoittautunut Carbon Action -klubin etäamukahvit, missä asiantuntijat alustavat ajankohtaisista aiheista. Klubin toimintaan kuuluvat myös muun muassa tiedewebinaarit viljelijöille, uutiskirjeet ja peltopäivät. Uusia viljelijöitä on saatu mukaan myös yritys yhteistyön kautta kouluttamalla Carbon Action -yritysten sopimusviljelijöitä.

Tietoa ja oppia välitetään jatkuvasti myös vuonna 2021 avatun [Uudistavan viljelyn e-opiston](#) (UVO) kautta. UVO:ssa on n. 2200 rekisteröitynyttä kurssilaista. UVO:sta on myös tehty äänikirja, jota viljelijöiden on helppo kuunnella esimerkiksi peltotöissä ollessaan. UVO:sta on lisäksi tulossa lyhyempi versio päättäjien, yritysten ja kuluttajien käyttöön ([lue lisää](#)).

Neuvojen kouluttaminen on edellytys hiiliviljelyn ja uudistavan viljelyn laajemmalle käyttöönotolle. Osana tätä puutetta paikkaamaan Carbon Action -yhteistyössä on valmennettu 16 maan kasvukunnan huippuosaajaa (kts. tarkemmin [MAANEUVO](#) hanke). Tälle valmennukselle on jatkossakin tarvetta ja konsepti on kopioitavissa.

Carbon Action -hiilitiloja nostetaan vahvasti viestinnässä esille esimerkiksi Carbolla on asiaa! -podcastien muodossa. Lisäksi tuotetaan laadukasta käytännönläheistä materiaalia viljelijöille (tuoreimpana [Rikkakasviopas](#)).

Tutkijat

Carbon Action -alustalle on muotoutunut laaja poikkitieteellinen [tutkimusverkosto](#), tutkijoita on mukana yli 100. Tieteellistä tutkimustietoa hankitaan useilta eri tasoilta maaperän prosesseista (**6, 7, 8, 9, 10**) [vesistövaikutuksiin](#) sekä hiiliviljelyn talouteen ja ilmasto- sekä maatalouspolitiikkaan (**11**). Hiilen virtoja ja varastoitumista sekä kasvillisuuden ja maaperän monimuotoisuuden merkitystä (**12**) mitataan tutkimusaloilla maaperä- ja mikrobianalyysien, ilmakehämittauksien sekä mallinnuksien (**13, 14, 15**).



Markku Ollikainen, Sanna Lötjönen ja tutkimusryhmä

Alustavien tulosten mukaan hiiltä sitovat viljelymenetelmät voivat parantaa maanviljelyn tuottavuutta ja resilienssiä sekä näin parantaa maatalojen taloudellista kannattavuutta. Samalla viljelymenetelmän vaihdosta syntyy kustannuksia. Ratkaisevaa on, nostaako viljelykasvien mahdollinen sadon kasvu (määrä ja sadon arvo) hiiltä sitovan viljelymenetelmän kannattavammaksi verrattuna tilanteeseen, jossa menetelmää ei oteta käyttöön. Jos sadon tuoma lisätulo ei riitä, tulee viljelijää tukea hiiltä sitovien viljelymenetelmien käyttöönotossa sekä lisäisen hiilivaraston ylläpidossa.

Liisa Kulmala ja tutkimusryhmä

Peltometsäviljely voi onnistuessaan osaltaan hillitä ilmastonmuutosta ja helpottaa monimuotoisuuskriisiä, etenkin jos se yhdistetään muihin uudistavan viljelyn käytäntöihin. Tutkimuksen mukaan, kun puiden kasvu sekä kasvihuonekaasupäästöt huomioitiin, pellolle istutetulla puurivillä oli myönteinen vaikutus hiilitaseeseen. Puurivi myös monipuolisti maaperän mikrobistoa. Lue lisää [hankkeesta](#) ja julkaisusta (**16**).



Sadalla Carbon Action -hiilitilalla tutkitaan hiiliviljelyn toteuttamista käytännössä. Tilojen koe- ja verrokkilohkoista on analysoitu lähtötilanne, ja muutosten mittaamiseksi seuraavat näytteet otetaan syksyllä 2023, eli viiden vuoden kuluttua toimenpiteiden aloituksesta. 30 tilalta on otettu maanäytteet myös metrin syvyyteen saakka. 20 tilan peltolohkoille on lisäksi perustettu kokeita hiilen kulkeutumisen ja hiilivarastojen tarkempaan tutkimukseen. Viljelijät voivat näillä tiloilla itse seurata hiiliviljelytoimenpiteiden vaikuttavuutta peltotasolla, minkä lisäksi mittaustulokset julkaistaan vuosittain [Zenodo](#)-palvelimella (hakusana 'Carbon Action'). Tuloksia analysoimalla voidaan nähdä, 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.

Tuomas Mattila ja tutkimusryhmä

MULTA hankkeen alustavien tulosten mukaan joillakin hiiliviljelykäytännöillä voi olla huomattavia myönteisiä vaikutuksia maan kasvukuntoon. On tärkeä huomioida, että pelto pitää kuitenkin saada ensin peruskuntoon. Monilla suomalaisilla pelloilla esimerkiksi tiivistyminen tai heikko kuivatustilanne rajoittavat sekä ruoantuotantoa että hiilen sitomista ([lue lisää](#)). Lisää tarkentavia tuloksia saadaan kun Carbon Action -tiloilta otetaan loppunäytteet syksyllä 2023.



Pitkäaikaisilla koealoilla tutkitaan hiilivaraston muutoksia eri maakerroksissa sekä ravinteiden huuhtoutumista. Kahdella koealalla tutkitaan viljelykiertojen ja hiilen kertymisen potentiaalia laajalla toimenpidevalikoimalla.

Helena Soinne ja tutkimusryhmä

Suomen peltomaiden orgaanisen hiilen pitoisuus on keskimäärin korkeampi kuin eteläisemmässä Euroopassa. Suhteellisen korkeasta hiilipitoisuudesta ei kuitenkaan voida suoraan päätellä, että orgaanisen hiilen määrä olisi Suomessa peltomaiden kunnon kannalta hyvä tai riittävä, vaan orgaanisen hiilen määrä maassa tulisi tarkastella suhteessa maalajiin. Savimaat tarvitsevat enemmän orgaanista ainesta kestävä rakenteen ja hyvän kasvukunnon saavuttamiseksi ja ylläpitämiseksi. Tutkimuksen perusteella savimaapelot, joissa on matala saves/hiili -suhde tuottavat todennäköisemmin suurempia satoja kuin pellot, joiden saves/hiili -suhde on korkeampi (7).

Intensiivikoealoilla tutkitaan yksityiskohtaisesti hiilen kulkeutumista ja varastoitumista muun muassa ilmakehä- ja maaperämittausten sekä matemaattisten mallinnusten avulla. Carbon Action -yhteistyön avulla on voitu huomattavasti edistää intensiivikoealojen toimintaa. Olemassa olevia koealoja on kehitetty entisestään ja uusia on perustettu yhteistyössä Helsingin yliopiston kanssa. Lisäksi Viikkiin on perustettu monivuotinen **TWINWIN** kenttäkoe, jossa selvitetään, miten viljelymaiden kasvillisuuden monimuotoisuutta lisäämällä voidaan tehostaa hiilen sitoutumista maaperään. Jatkossa on tavoitteena tuoda biodiversiteettitutkimusta entistä vahvemmin mukaan alustalle.



Jussi Heinonsalo, Kristiina Karhu, Mari Pihlatie ja tutkimusryhmä

Tutkimusryhmä on selvittänyt viljelymenetelmien vaikutuksia hiilen pysyvyyteen ja kerryttämiseen maaperään. Luomuviljelyn havaittiin kasvattavan peltomaan hiilivarastoa verrattuna tavalliseen viljelyyn. Lisäksi tutkituilla mailla oli kykyä sitoa lisää hiiltä pysyvästi, mineraalien pinnoille sitoutuneeseen muotoon, etenkin muokkauskerroksen alapuolella.

Ryhmä on myös tutkinut monimuotoisen kasvilajiston vaikutuksia maaperän biologiaan ja prosesseihin, kuten fosforin liukoisuuteen ja kulkeutumiseen. Monilajinen kasvipeite lisää maaperän mikrobiston hiilenkäytön tehokkuutta, mikä puolestaan edistää hiilen kertymistä maahan. Fosforin osalta erityisen mielenkiinnon kohteena ovat talviaikaiset sulamis-jäätymistilanteet, joiden aikana reaktiivinen fosfori on vaarassa päätyä talvisateiden mukana vesistöihin. Fosforin lisäksi ryhmä on selvittänyt leutojen ja sateisten talvien vaikutuksia hiilen pysyvyyteen ja liikkeisiin.

Anna-Liisa Laine ja tutkimusryhmä

Kenttäkokeiden avulla on tutkittu, kuinka kasvidiversiteetin lisääminen pelloille esimerkiksi kerääjäkasvien avulla vaikuttaa kasvien ja mikrobien välisiin vuorovaikutuksiin ja peltoekosysteemin toimintaan kuten hiilen sidontaan. Tulosten mukaan kasvidiversiteetti vaikuttaa mikrobiyhteisöjen toimintaan ja rakenteeseen maan alla ja edistää hiilen sidontaa. Maan päällä yksittäisillä seuralaislajeilla on havaittu kasvitauteja vähentävä vaikutus ([katso lisää](#)).

Tärkeänä tavoitteena Carbon Actionin tutkimustyössä on luoda tieteellisesti hyväksytty maaperän hiilensidonnasta **todentamismenetelmä** (17, 18). Todentamisjärjestelmä käyttää laajasti kerättyä aineistoa ja sen avulla voidaan mallintaa ja ennustaa hiilensidontaa myös sellaisilla alueilla, joilta

mittausaineistoa on saatavilla vain vähän. Havaintoja hiilensidonnasta, hiilivaraston kehitymisestä ja näihin vaikuttavista eri tekijöistä jaetaan maksuttomalla [Pelto-observatorio verkkosovelluksella \(19\)](#). Tutkimuksen ja muiden kiinnostuneiden palvelemiseksi Pelto-observatorion tiedot ovat julkisesti saatavilla ja ladattavissa verkkosivustolta. Todentamisjärjestelmän tuloksia voidaan käyttää laajasti päätöksenteon ja hiilensidontamarkkinoiden palvelukehityksen perustana.

Layla Höckerstedt, Jari Liski, Åsa Stam ja tutkimusryhmä

Viljelymaiden hiilensidontaa ja siihen vaikuttavia tekijöitä voi seurata reaaliaikaisesti [Pelto-observatorio](#)-sivustolta. Sivusto havainnollistaa hiiliviljelyn vaikutuksia suomalaisilla maataloilla ja tukee hiilensidonnasta todentamisjärjestelmän kehitystyötä. Ensi kertaa maailmassa mallinnus tuottaa myös 15 päivän ennusteen hiilidioksidin sitoutumisesta peltolohkolle Qvidjan tilalla.

Dataa Pelto-observatorioon saadaan 20 Carbon Action -tilalta, neljältä intensiivikoetilalta (Qvidja, Ruukki, Viikki ja Haltiala) sekä ruotsalaisen kumppanimme Svensk Kolinlagringin tutkimuspuhloilta. Vuonna 2022 aikana Pelto-observatorioon on lisätty lisäksi neljä Valio Carbo® maatila, Lantmännen Agro koetila Hahkialassa ja Hämeen Ammattikorkeakoulun vetämän [UVIDI](#) hankkeen kolme tilaa.

Tiedon helpomman saatavuuden ja ymmärtämisen vuoksi Pelto-observatoriosta julkaistaan pian ns. kansalaisversio, jotta se palvelisi kaikkia hiilensidonnasta kiinnostuneita kansalaisia.

Yritykset

Carbon Action -[yritysalustalla](#) yritykset muuttavat ruokaketjun toimintaa uudistavan viljelyn edistämiseksi yhteistyössä tutkijoiden ja viljelijöiden kanssa. Yritykset esimerkiksi kouluttavat sopimustilojaan sekä henkilökuntaansa uudistavaan viljelyyn, luovat uusia tuotteita tai sisällyttävät uudistavan viljelyn periaatteet hankintakriteereihinsä.

Carbon Action -alustan yritykset edustavat ruokaketjun jalostavaa teollisuutta, tukku- ja vähittäiskauppaa, ravintola-alaa sekä digitaalisten palvelujen tuottajia.

Yritysten yhteinen kannanotto

Suomalaiset ruoka-alan yritykset tekevät laajasti töitä uudistavan viljelyn edistämiseksi. Carbon Action -yhteistyöyritykset laativat yhteisen kannanoton, jossa he peräänkuuluttavat päättäjiltä konkreettisia toimia uudistavan viljelyn yleistymiseksi koko ruokajärjestelmässä ([lue lisää](#)).

Päätöksentekijät

Carbon Action -työllä on aktiivisesti vaikutettu ohjauskeinoihin. BSAG on osaltaan vaikuttanut siihen, että Suomen CAP-suunnitelma vuosille 2023–2027 sisältää uusia hiiliviljelyä ja ravinteiden kierrätystä edistäviä toimia. EU-tasolla on puolestaan

vaikutettu hiilensidonnasta vapaaehtoismarkkinoinnin liittyvään lakivalmisteluun. Carbon Action -alustalla on myös EU:n toimeksiannosta pilotoitu hiilikredittien vapaaehtoisuutta, mikä palvelee EU:n hiilen poistojen sertifiointin ja hiilimarkkinoiden kehittämistä (20).

Vapaaehtoisten hiilimarkkinoiden mahdollisuudet

Kesällä 2022 toimme yhteen noin 250 asiantuntijaa ja vaikuttajaa [webinaariin](#) keskustelemaan hiiltä sitovasta maataloudesta ja vapaaehtoismarkkinoiden mahdollisuuksista tukea viljelijöitä maatalousmaiden hiilivaraston kasvattamisessa. Asiantuntijat olivat samaa mieltä siitä, että parhaimmillaan hiiliviljely, johon kuuluu mm. kerääjäkasvien tai maanparannusaineiden käyttö, parantaa peltomaan tuottavuutta, on tehokas ilmastotoimi ja vaikuttaa positiivisesti myös luonnon monimuotoisuuteen ja vesistöihin.

Kansainväliset verkostot

Maatalouden systeeminen muutos on käynnissä globaalisti. Carbon Actionissa keskeisessä roolissa on vuorovaikutus ja yhteiskehittäminen globaalien edelläkävijäverkostojen kanssa.

Toimimme aktiivisesti 4 per 1000 -verkostossa. Kesällä 2023 järjestämme Suomessa ensimmäisen Pohjois-Euroopan laajuisen 4 per 1000 -tilaisuuden: [More carbon in the soil for multiple benefits](#).

Vuonna 2021 yhteistyössä järjestämämme kansainvälinen Soil at Risk -symposio keräsi satoja toimijoita ympäri maailmaa kuulolle sekä jopa miljoona sosiaalisen median tahoa (katso [nauhoitteet](#) ja [julkaisu](#)).

Erityisen keskeistä on yhteistyö niiden maiden kanssa, joissa on samankaltaiset kasvuolosuhteet. Yhteistyötä onkin tiivistetty ruotsalaisen [Svensk kolinlagring](#) (SK) kanssa. Vuonna 2022 SK vieraili Suomessa ja ohjelmassa oli mm. [yhteinen sessio](#) Maataloustieteen päivillä. Lisäksi UVO:a ollaan viemässä Ruotsiin ([lue lisää](#)).



Muu vaikuttaminen

Carbon Action nostaa esille maaperän tärkeyttä myös laajalle yleisölle – ja tarjoilee maaperää eri aisteille. [Qvidjan tila](#) toimii kokeilutilana sekä Carbon Action -tutkimuksen majakkana, ja siellä on mahdollista esitellä sekä tutkimusta että käytäntöä. Esimerkiksi säännöllisiä [Maan Puolustuskursseja](#) järjestetään keskeisille sidosryhmille. Konsepti on herättänyt laajasti kiinnostusta, ja houkuttanut paikalle myös korkean tason päätöksentekijöitä ja mediaa.

Yhteenveto

Yhteenvetona voidaan todeta, että uudistavan viljelyn ja hiiliviljelyn toimilla on mahdollista saavuttaa monia ympäristöhyötyjä. Tämä vaatii kuitenkin tietoa, taitoa ja suunnitelmallisuutta sovittava toimet paikallisiin olosuhteisiin, ottaen huomioon alueelliset sekä kuhunkin maatalaan ja peltoon liittyvät olosuhteet. Pellon peruskunto ja toimiva vesitalous ovat toimien edellytys. Keskeistä on löytää kestävä ohjauskeinot siten, että vaikutetaan positiivisesti kaikkiin keskeisiin tavoitteisiin: ruoantuotantoon, hiilivaraston kasvattamiseen sekä ympäristön tilan ja luonnon monimuotoisuuden parantamiseen taloudellista ja sosiaalista kestävyyttä unohtamatta (21, 22).

1.6.2023

Suosituksia päätöksentekijöille:

1. Edistetään hiilen sitomista viljelysmaahan. Satsataan hiiltä sitovaan uudistavaan viljelyyn ja sen yhteiskehittämiseen viljelijöiden, tutkijoiden ja muiden sidosryhmien kesken.
2. Kehitetään edelleen viljelijöille ja maatalousneuvojille suunnattua koulutusta ja neuvontaa, joka keskittyy samanaikaisesti maan kasvukunnon ja maaperän hiilensidonnan edistämiseen.
3. Varmistetaan rahoitus hiilensidonnan ja bio-diversiteettivaikutusten todentamisyjärjestelmän kehittämiselle.
4. Pilotoidaan maataloustukien tulosperusteisuutta käytännössä, jo seuraavaan CAP-kauteen valmistautuen.

LÄHDELUETTELO

Koosteeseen on koottu tuoreimpia tutkimustuloksia. Mukana on myös alustavia tuloksia ja vasta käsi-kirjoitusvaiheessa olevia julkaisuja. Lähdeluettelossa on mukana vain jo julkaistut julkaisut, ei käsikirjoituksia.

1. Höijer, L. 2021. Carbon Action alusta – tavoitteena systeeminen muutos kohti uudistavaa maataloutta. [Vesitalous 1/2021](#), s. 28–31.
2. Mattila, T.J. et al. 2020. [Maatalousmaan hiilivaraston hoito vaatii viljelymenetelmien päivittämistä](#). STN MULTA Policy Brief 1.
3. Malin, E. 2021. Viljelijät muutoksentekijöinä – Carbon Action maatilojen tukena muutoksessa kohti uudistavaa maanviljelyä. [Vesitalous 1/2021](#), s. 32–36.
4. Karttunen, K. et al. 2021. [Maaperä osana ilmatoratkaisua – maatalouspolitiikkauudistus edistämään ilmastoviisasta maataloutta](#). LUKE Policy Brief 4/2021.
5. Mattila, T. et al. 2022. [How farmers approach soil sequestration? Lessons learned from 105 carbon-farming plans](#). Soil and Tillage Research, Vol 215.
6. Heinonsalo, J. (Toim) et al. 2020. [Hiiliopas: Katsaus maaperän hiileen ja hiiliviljelyn perusteisiin](#).
7. Soinne, H. et al. 2020. [Soil organic carbon and clay content as deciding factors for net nitrogen mineralization and cereal yields in boreal mineral soils](#). European Journal of Soil Science.
8. Heikkinen, J. et al. 2020. [Estimation of carbon stocks in boreal cropland soils: methodological considerations](#). European Journal of Soil Science.
9. Heikkinen, J. et al. 2021. [Chemical composition controls the decomposition of organic amendments and influences the microbial community structure in agricultural soils](#). Carbon Management, Vol 12.
10. Heikkinen, J. et al. 2022. [Climate change induces carbon loss of arable mineral soils in boreal conditions](#). Global Change Biology, Vol 28.
11. Ollikainen, M. et al. 2020. [Climate change mitigation and agriculture: measures, costs and policies – A literature review](#). Agricultural and Food Science, 29 (2).
12. Cappelli, S., Domeignoz-Horta, L.A., Loaiza, V., Laine, A-L. 2022. [Plant biodiversity promotes sustainable agriculture directly and via belowground effects](#). Trends in Plant Science, Issue 7.
13. Viskari, T. et al. 2020. [Improving Yasso15 soil carbon model estimates with ensemble adjustment Kalman filter state data assimilation](#). Geoscientific Model Development, 13.
14. Farina, R. et al. 2020. [Ensemble modelling, uncertainty and robust predictions of organic carbon in long term bare fallow soils](#). Global Change Biology, Vol 27.
15. Vekuri, H. et al. 2023. [A widely-used eddy covariance gap-filling method creates systematic bias in carbon balance estimates](#). Scientific Reports 13.
16. Heimsch, L. et al. 2023. [Effects of a tree row on greenhouse gas fluxes, growing conditions and soil microbial communities on an oat field in Southern Finland](#). Agriculture, Ecosystems, Environment, Vol 352.
17. Heimsch, L. et al. 2021. [Carbon dioxide fluxes and carbon balance of an agricultural grassland in southern Finland](#). Biogeosciences, 18.
18. Fer, I. et al. 2020. [Beyond Ecosystem Modeling: A Roadmap to Community Cyberinfrastructure for Ecological Data Model Integration](#). Global Change Biology, Vol 27.
19. Nevalainen, O. et al. 2022. [Towards agricultural soil carbon monitoring, reporting and verification through field observatory network \(FiON\)](#). Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems, 11 (1).
20. LIFE Carbon Farming Scheme final report 2022: [Guidance for future carbon farming schemes. Best practices for expanding carbon sequestration activities](#)
21. Summary of the literature Report from activity A4 of the LIFE CarbonFarmingScheme project 2022. [Impacts of carbon farming practices on biodiversity, nutrient leaching and climate](#).
22. Naukkarinen, V. 2022. [Hiiliviljelyn ympäristövaikutukset. Kirjallisuuskatsaus](#).

Rahoittajat

