

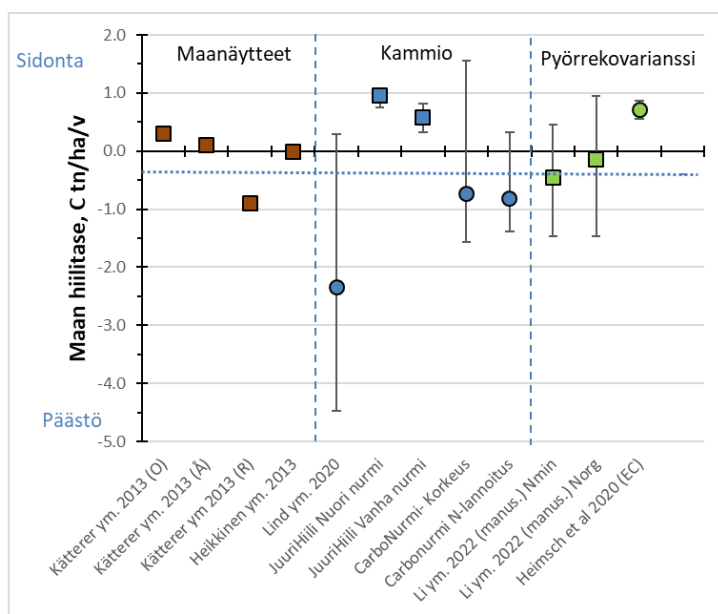
Nurmet hiilinieluna (JuuriHiili) – Toimintasuositukset

Hankkeen tiivistelmä

JuuriHiili-hankkeen tavoitteena oli selvittää, millainen on nurmen viljelyn hiiliensidontapotentiaali kivennäismailla. Tavoitteena oli myös nimetä hiilensidonnan mahdollisia indikaattoreita kuten pellon orgaanisen hiilen pitoisuus ja maalaji, sekä viljelytoimenpiteet kuten viljelykierto, kasvilaji, muokkaustapa ja -aika, karjalannan käyttö, typpilannoitus ja satotaso. Hankkeessa pyrittiin erityisesti arvioimaan, voidaanko kasvilajivalinnalla vaikuttaa peltomaahan kohdistuvan hiilisyötteen määrään ja sen pysyvyyteen maassa sekä mittaamaan, mikä on kyntöuudistamisen ja nurmikierron pituuden vaikutus kasvihuonekaasutaseeseen. Hankkeessa tuotettiin myös merkittävä määrä kvantitatiivista tietoa maaperän hiilimallinnuksessa käytettävistä parametreista nurmenviljelyn osalta.

Nurmien hiilensidontapotentiaalia selvitettiin mittaamalla eri-ikäisten nurmien ja eri pituisten nurmikiertojen kasvihuonekaasutasetta. Tämän lisäksi mitattiin nurmen viljelyssä syntyvän hiilisyötteen määrää ja sen kemiallista laatua syötteen hajotuskestävyyden näkökulmasta. Hankkeessa hyödynnettiin myös muissa hankkeissa sekä tieteellisissä tutkimuksissa tuotettua tietoa nurmen hiilensidontapotentiaalinnon tunnistamiseksi.

Hankkeessa saadut tulokset liitettiin laajempaan katsaukseen pohjoismaisista nurmitutkimuksista (Kuva 1). Kivennäismailla viljellyn nurmen kasvihuonekaasutaset (khk-taseet) vaihtelevat päästöstä nieluun. Nielu on todennäköisin silloin, kun maan orgaanisen aineen pitoisuus on alhainen (orgaaninen C < 30–40 g/kg maata). Vaihtelu eri tutkimusten ja vuosien välillä on hyvin suurta, ja yhteys maan orgaanisen aineksen ja hiilitaseen välillä on heikko, koska hiilidynamiikkaan vaikuttavia tekijöitä on paljon. Nurmilla on siis aito hiilensidontapotentiaali, mutta potentiaalinnon toteutuminen on epävarmaa. Laajemmassa tarkastelussa nurmiviljelyllä on kuitenkin systemaattisesti etua yksivuotisiin viljelykasveihin verrattuna maaperän hiilivarojen ja kasvukunnon ylläpitäjänä sekä kasvihuonekaasupäästöjen vähentäjänä. Hiilensidonnan vaikutuksen huomioon ottaminen tuotteiden hiilijalanjälkeä laskettaessa voi olla oleellista. Nurmiviljelylle voidaan määrittää joitakin yleisiä hiilen sidontaa edistäviä viljelytoimenpiteitä (Taulukko 1), mutta parhaiten hiilen kertymistä voidaan edistää maatalakohtaisilla toimenpiteillä, jotka perustuvat lohko-kohtaisiin tietoihin, kuten esimerkiksi viljelykiertoon, perustamistapaan, viljelykasvilajiin, typpilannoitustasoon, ja satotasoon, sekä tilan käytössä olevaan viljelypinta-alaan. Hiilensidonnan indikaattoreiden hyödyntämisen pohjaksi olisikin syytä kehittää toimintatapa, jolla tarvittava taustatieto selvitetään. Esimerkiksi useat oleelliset seikat kirjataan jo nyt tiloilla lohkokirjanpitoon.



Kuva 1. Kooste nurmitutkimuksista: Havaittu orgaanisen hiilen vuosittainen C/ha/vuosi (sis. CO₂-vuo tai maan C-varasto). Negatiivinen luku = päästö; positiivinen luku = sidonta. Kukaan piste on tutkimuksen käsittelyjen ja vuosien keskiarvo, janat osoittavat havaittujen vuosittaisien minimin ja maksimin. Neliöt: kynnetyt kokeen aikana, Ympyrät = vain nurmivuotia. Värikoodit viittaavat mittausten menetelmään. Karjanlanta tai orgaanisia lannoitteita on käytetty neljässä koesarjassa (Kätterer ym. 2013; Heikkinen ym. 2013; Heimsch ym. 2021 ja Li ym. 2022). Aineisto on peräisin Suomesta paitsi Kätterer ym. 2013 Ruotsista. Positiivinen luku = sidonta. JuuriHiili-hankkeen koejäsenet merkitty nuolella (vihreä=vanha nurmi; sininen=uusi nurmi). Vaakasuora pisteviiva = aineiston mediaani.

Johdanto

Biologinen hiilensidonta on nostettu merkittävään rooliin ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi. Maatalousmailla suurin potentiaali on tunnistettu olevan monivuotisilla nurmikasveilla. Nurmikasvien hiilensidontapotentiaali tunnetaan vielä huonosti ja omaleimaiset ympäristöolosuhteet (maaperä, talvikausi) sekä viljelytekniikka (lajit, uusimisväli) ovat tehneet haastavaksi ulkomaisten tutkimustulosten soveltamisen suomalaiseen tuotantoon ja siten tehneet välttämättömäksi suomalaisessa tuotantoympäristössä toteutettavat mittaukset. Maan hiilimalleista ja erilaisista kasvumalleista toivotaan merkittävää apua ilmaston muutoksen kokonaisuuden hallintaan. Niiden tavoitteena on pystyä ennustamaan erilaisten viljelytekniikoiden ja kasvuolosuhteiden vaikutusta esimerkiksi maan hiilivarojen kehittymiselle (hiilimallit) tai satoon (kasvumallit). Mallinnusta käytetään mm. kansallisen kasvihuonekaasuinventaarion pohjana ja sen oikeellisuus on ensisijaista. Mallinnus tarvitsee riittävästi mittaustuloksia ollakseen luotettava pohja toimenpidesuosituksille.

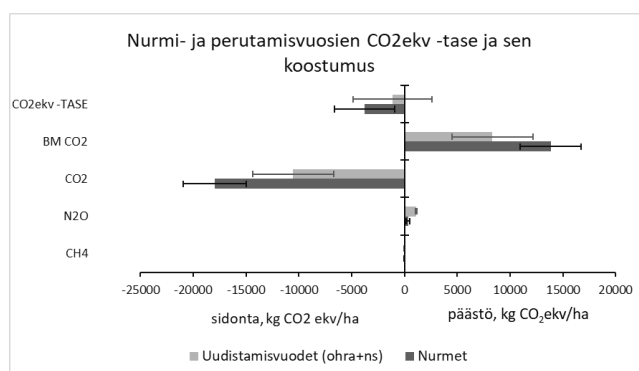
Aineisto

Hankeessa tuotettu tieto pohjautuu Luonnonvarakeskuksen Maaningan toimipaikalla vuosina 2019–2022 kerättyyn kenttäkoeaineistoon (Luke ja Itä-Suomen Yliopisto), sekä Luke Joensuun toimipaikan juuristolaboratoriossa kerättyyn aineistoon sekä Helsingin Yliopistossa suoritettuihin maaperätutkimuksiin. Nurminata-timotei-nurmen kyntöuudistamisen ja iän vaikutusta kasvihuonekaasutaseeseen tutkittiin kenttäkokeessa kolmen vuoden ajan. Uudistamisvuosina viljeltiin suojakasvina ohraa, joka korjattiin kokoviljasäilörehuksi. Kaasumittaukset (dityppioksidi- ja metaanivuot sekä hiilidioksiditase) toteutettiin kammiomenetelmällä sulan maan aikaan ja lumigradienttimenetelmällä lumipeitteisenä aikana. Mittaukset tehtiin kasvukaudella joka viikko ja talvella 2–3 kertaa kuukaudessa. Lisäksi nurmiviljelyn hiilisyytteitä tutkittiin Maaningalla kenttäkokeessa ja Joensuussa laboratoriokokeessa. Juuristohiilisyyte määritettiin juuristokuvauksen (miniritsoniteknika) avulla sekä kairanäytteistä, joista määritettiin myös syytteiden kemiallinen koostumus. Kaikki kokeet suoritettiin kivennäismaalla (multava hietamaa) ja hoidettiin yleisien viljelysuositusten mukaan.

Tulokset ja niiden vaikuttavuus

Nurmen uudistamiskokeessa kaasuvuohon perustuva nurmien kokonaishiilitase (kaikki kasvihuonekaasut ja sadon biomassa, CO₂ ekvivalentteina; kuva 2) oli keskimäärin negatiivinen eli nurmi sitoi hiiltä. Rinnakkaisten ruutujen välillä oli kuitenkin melko suurta vaihtelua. Merkittävin komponentti oli kasvuston nettohiilensidonta, ja toiseksi merkittävin oli sadon mukana poistunut hiili. Dityppioksidi muodosti päästöstä aina alle 10 % osuuden ja metaani oli käytännössä merkityksetön.

Ennen kyntöjä vanhan nurmen (perustettu 2016) hiilen sidonta oli hieman pienempää kuin nuoremman nurmen (perustettu 2018). Nurmien uusimisvuonna hiilen sidonta oli vähäisempää (keskim. -1140 kg CO₂ekv./ha/v) kuin nurmivuosina (keskim. -3790 kg CO₂ekv./ha/v). Tämän vuoksi uudistamisvälin pidentäminen voisi olla yksi keino lisätä nurmen hiilensidontaa. Kevätkyntämistä ei voida pitää väistämättä khk-tasetta heikentävänä tekijänä kivennäismailla. Keskeistä on maksimoida kasvipeitteinen aika ja yhteyttäminen.



Kuva 2. Kaasuvuomittauksiin (2019–2022) nurmi- (n=14) ja perustamisvuosien (n=4) CO₂ ekv.-tase ja sen komponentit (CH₄, N₂O, CO₂ ja biomassan C-poistuma). Huom. negatiivinen luku = sidonta.

koska vaihtelu yhteyttämisen ja sadossa poistuneen hiilen määrässä ovat merkittävimmät taseita selittävä tekijät. Talviaikaiset päästöt ovat määrällisesti tärkeitä, mutta esimerkiksi kyntämisen ajankohta ei vaikuttanut merkittävästi kivennäismaiden päästöjen vaihteluun Suomen olosuhteissa. Syyskyntö on yleisin nurmen uudistamistapa. Kevätkynnössä on riski epäonnistuneeseen perustumiseen kasvaa ja sen soveltuvuus on maalaji- ja aikataulukysymys. Viljelystä maahan kohdistuvan vuotuisen hiilisyötteen määrä vaikuttaa oleellisesti ekosysteemin hiilidioksiditaseeseen. Nurmiviljelyn hiilisyötteitä ovat juuristo, niitossa peltoon jäävä sänki, syksyn odelmakasvusto sekä mahdolliset orgaaniset lannoitteet, kuten karjanlanta. Juuristo on näistä määrällisesti merkittävin. Ruokonadan juuriston määrä ja syvyysprofiili ovat hiilensidonnan kannalta edullisempia kuin timotei- tai timotei-nurminata-seoksen. Määrällisesti ruokonatanurmen juuristohiilisyöte (0–40 cm) oli pelto-olosuhteissa noin 25 % timoteita suurempi. Ruokonadan sisällyttämistä nurmiseokseen voidaan suositella yhdeksi hiiliviljelytoimenpiteeksi. Puna-apilan viljelyn ja heinänurmien eroista kasvihuonekaasutaseen osalta on vielä vähän tietoa. Selvää on, että biologisen typensidonnan hyödyntäminen vähentää lannoitteiden valmistuksessa syntyviä päästöjä. Peltojen hiilipitoisuus lähtötilanteessa vaikuttaa potentiaalisesti vapautuvan hiilen määrään. Vähämultaisilla ja multavilla mailla voidaan nurmiviljelyllä kääntää pellot todennäköisemmin hiilinieluksi kuin runsasmultaisilla mailla. Monet hiiliviljelytoimenpiteet (kuten monivuotiset ja runsas-/syväjuuriset kasvit, yhteyttävän ajan kasvipeitteisyyden maksimointi (Taulukko 1) voivat kuitenkin ylläpitää peltojen hiilivarastoa tai hidastaa niiden vähenemistä myös runsasmultaisilla ja sitä multavammilla mailla, mikä voikin olla kokonaispäästöjen kannalta huomattavan vaikuttavaa.

Haasteet

Koska hiilenkiertoon ja kasvihuonekaasupäästöihin vaikuttavat useat tekijät maaperäominaisuuksista sääolosuhteisiin ja viljelytekniikkaan, aidosti vaikuttavien hiiliviljelytoimenpiteiden tunnistaminen on haastavaa. Haasteiden ratkaisemiseksi esitetään seuraavia toimenpiteitä:

- Riittävän kattavan tutkimustiedon kerääminen erilaisista kasvuolosuhteista ja vaihtoehtoisista viljelytekniikoista
- Hiilensidontapotentiaalin tunnistaminen maan ominaisuuksien perusteella mukaan lukien mikrobiologia
- Maaperä- ja agroekologisten kasvumallien edistäminen
- Peltojen vaihtoehtoisen viljelyn (esim. nurmi vs. vilja) ympäristö- ja tuotantovaikutusten vertaaminen
- Hiiliviljelytoimenpiteiden kohdentaminen maatila- ja lohkokokoisesti - tarvittavan taustatiedon kerääminen tiloilta
- Hiiliviljelytoimenpiteiden todentaminen tiloilla - tiedonkeräys ja kaukokartoituksen mahdollisuudet

Toimintasuositukset hiilivarastojen kasvattamiseksi tai ylläpitämiseksi

Hankkeen tulosten perusteella voidaan kivennäismaiden hiilivarastojen kasvattamiseksi tai ylläpitämiseksi suositella seuraavanlaisia toimenpiteitä:

- Nurmikierron pidentäminen viiteen vuoteen sisältäen neljä nurmivuotta ja uudistamisvuoden (suojavilja) silloin kun nurmi säilyy tuottavana
- Ruokonadan ja/tai puna-apilan sisällyttäminen nurmiseokseen
- Karjanlannan, erityisesti kuivikelannan tai biokaasulaitoksen mädätysjäännöksen käyttö
- Hiiliviljelytoimenpiteiden tulee olla tilakohtaisia ja perustua kerättyyn tausta-aineistoon tilusrakenteesta, peltojen multavuudesta, lannoituksesta ym. viljelytekniikasta
- Tilakohtaisen viljelytiedon saatavuus (esim. lohkokirjanpito) tutkimuksen käyttöön edistäisi ilmastotoimenpiteiden vaikuttavuuden arviointia

Taulukko 1. Erilaisten hiilensidontaan vaikuttavien toimenpiteiden mitattuja vaikutuksia pellon hiilisyytöteeseen tai sen khk-taseeseen. Negatiivinen luku = päästö; positiivinen luku = sidonta. Valvottavuus tarkoittaa mahdollisuutta valvoa toimenpiteen toteuttamista (muu kuin viljelijän ilmoitus) Raportointisarakeeseen on kirjattu, mihin toimenpide tällä hetkellä raportoidaan, jos se raportoidaan.

Toimenpide	KHK-tase: keskiarvo (min -max)	Indikaattori	Valvottavuus	Valvonnan taso	Raportointi
Typpilannoitus - 0 - 150 - 300	khk-tase tn C/ha/v -1,0 (-1,4 – -0,4) -0,6 (-1,1 – +0,3) -0,9 (-1,0 – -0,8)	N kg/ha	Laskennallinen	Tilakohtainen	Lohkokirjanpito
Nurmen uusiminen (kevätkyntö) - nurmivuosi - uusimisvuosi	khk-tase tn C/ha/v 1,0 (-0,1 – +2,4) 0,3 (0 – +0,6)	Nurmikierron pituus	Valvottavissa	Lohkokohtainen	Lohkokirjanpito
Uudistamistapa	Potentiaalinen vaikutus	Menetelmä	Ei valvottavissa	Lohkokohtainen	Lohkokirjanpito
Hiilisyyte*					
Kasvilaji: - Ruokonata - Timotei - Timotei/nurminata - Puna-apila	Syöte, tn C/ha (0-40 cm) +2,5 +1,8 +1,7 (+1,9)	Kylvösiemen Lajintunnistus	Kohtalaisesti	Lohkokohtainen	Lohkokirjanpito
Karjanlannan käyttö* - Liette 20–40 tn/ha - Kuivalanta - Biokaasulaitoksen käsittelyjäännös	Syöte, tn C/ha/v +0,5 – +1,0 +2,0 – +3,0 +0,3 – +0,8	Käyttömäärä (lantalaji)	Laskennallinen	Tilakohtainen	Lohkokirjanpito

* pitoisuuksien ja levitysmäärien vaihtelu suurta

Lisätietoja

Kirjoittajat:

Sanna Kykkänen, Perttu Virkajärvi, Luke ja Marja Maljanen, Itä-Suomen yliopisto.

Hankkeesta NURMI HIILINIELUNA 2019-2022 valmistunut loppuraportti on kokonaisuudessaan saatavilla kirjoittajilta.

Viitteet kuvaan 1:

- Heikkinen, J., Ketoja, E., Nuutinen V., & Regina, K. 2013. Declining trend of carbon in Finnish cropland soils in 1974–2009. *Global Change Biology* (2013) 19, 1456–1469, doi: 10.1111/gcb.12137
- Heimsch, L., Lohila, A., Tuovinen, J.-P., Vekuri, H., Heinonsalo, J., Nevalainen, O., Korkiakoski, M., Liski, J., Laurila, T., & Kulmala, L. 2021. Carbon dioxide fluxes and carbon balance of an agricultural grassland in southern Finland. *Biogeosciences*, 18, 3467–3483. <https://doi.org/10.5194/bg-18-3467-2021>
- Kätterer T., Bolinder M.A., Thorvaldsson G., & Kirchmann H. 2013. Influence of ley-arable systems on soil carbon stocks in Northern Europe and Eastern Canada. *Grassland Science in Europe*. 18:47-56.
- Li, Y., Korhonen P., Kykkänen, S., Maljanen, M., Virkajärvi P. & Shurpali N.J. 2022. Measuring ecosystem carbon balance in a boreal legume grassland using eddy covariance technique over a three-year rotation cycle: Implications for milk and beef production in Finland (Submitted to *Agriculture, Ecosystems and Environment*)
- Lind S.E., Virkajärvi P., Hyvönen N.P., Maljanen M., Kivimäenpää M., Jokinen S., Antikainen S., Latva M., Rätty M., Martikainen P.J. & Shurpali N.J. 2020. Carbon dioxide and methane exchange of a perennial grassland on a boreal mineral soil. *Boreal Env. Res.* 25: 1–17.
- Luke & UEF Julkaisematon. JuuriHiili- ja CarboNurmi-hankkeiden tuloksia.