

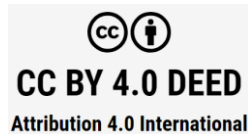
Hiiliviljelyn portaat

Hiiliporras 1

Arja Nykänen ja Anna Tall, SeAMK

Outi-Maaria Sietiö, HAMK

Vuosi 2024



Sisällys

1	Hiiliviljelyn perusteet -oppimateriaali	2
2	Fotosynteesi ja hiilen sitoutuminen maaperään.....	3
3	Oppimistehtävät.....	5
3.1	Hiiliviljelyn perusteet.....	5
3.2	Maatalousmaan maaperäeläimet	6
3.3	Maatalousmaan mikrobiologia.....	8
4	Vastaukset kysymyksiin:	10
	Lähteet.....	14

Kuviot

Kuvio 1	Hiilen kierto pellolla.....	3
Kuvio 2	Maanäytteet suppiloiden päällä siivilöissä.....	7
Kuvio 3	Mikroniveljalkaisia keräysastioissa kuivaerottelun lopussa.....	7
Kuvio 4	Mikroniveljalkaisia keräysastioissa kuivaerottelun lopussa.....	8

1 Hiiliviljelyn perusteet -oppimateriaali

Tämä oppimateriaali on Hiiliviljelyn portaat -kokonaisuuden **ensimmäinen porras**. Se perehdyttää sinut hiilensidonnan ja hiiliviljelyn perusteisiin. Perehdyttyäsi materiaaliin, ymmärrät, mihin hiiliviljely perustuu ja tiedät hiiliviljelyn keinoja. Hiiliviljelyn portaalla kaksi tutustut tarkemmin erilaisiin hiiliviljelymenetelmiin ja portaalla kolme löydät keinoja hiiliviljelyn suunnitteluun ja toteutukseen osana tilan toimintaa sekä siihen, kuinka voit mitata toimien vaikutuksia.

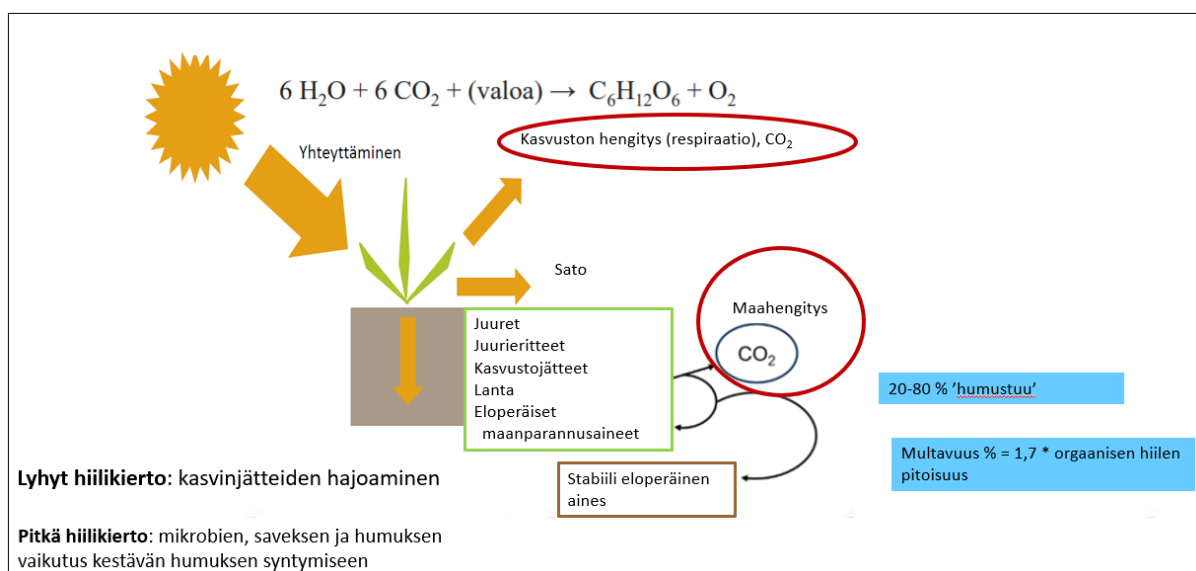
Materiaali sopii kaikille, jotka ovat kiinnostuneet siitä, mikä on hiilen ja sen sidonnan merkitys ilmastolle ja peltomaalle sekä millä keinoin siihen voidaan vaikuttaa kasvinviljelyssä. Materiaaliin tutustuminen ja oppimiskysymyksiin vastaaminen vie aikaa noin viisi tuntia.

Materiaalia ja oppimistehtäviä saa käyttää lisenssiehtojen (CC.BY 4.0) puitteissa. Materiaali koostuu webinaaritallenteista ja kirjallisuudesta sekä niihin liitetyistä oppimiskysymyksistä.

2 Fotosynteesi ja hiilen sitoutuminen maaperään

Kasvit sitovat hiilidioksidia ilmakehästä fotosynteesin eli yhteyttämisen avulla (Kuvio). Fotosynteesissä hiilidioksidista ja vedestä syntyy auringon energian avulla sokereita ja happea. Sokerit kasvit käyttävät oman kasvunsa energiana ja hapen ne vapauttavat ilmakehään. Sokerien sisältämästä hiilestä kasvit hengittävät pienen osan takaisin ilmakehään hiilidioksidina pimeähengityksessä ja juurten hengityksenä. Sadon mukana poistuu osa sidotusta hiilestä pellolta. Jos sato käytetään eläinten rehuna, palautuu siitä osa takaisin pellolle lannan mukana.

Pellolle jäävät kasvinjätteet ja juuristo kuolevat ja hajottajat (pieneliöt, bakteerit ja sienet) alkavat hajottaa kasvinjätettä omaksi energiakseen. Myös lannan ja mahdollisten muiden eloperäisten maanparannusaineiden (kuitulietteet, kompostit yms.) päätyvät tämän saman hajotusprosessin kohteeksi. Aerobiset bakteerit hengittävät tästä hiilestä taas osan ilmakehään hiilidioksidina eli maahengityksenä. Tätä hiilen kiertoa kutsutaan lyhyeksi hiilen kierroksi ja se ei kerrytä maan pitkäaikaisia hiilivarastoja eikä lisää maan multavuutta.



Kuvio 1 Hiilen kierto pellolla.

Kun orgaanista ainesta hajottavat mikrobit kuolevat, niiden biomassan hiili on hyvin kestävä hajotusta vastaan ja syntyy ns. pysyvää hiiltä, joka lisää pellon hiilivarastoa ja multavuutta. Tätä sanotaan humustumiseksi. Kasvinjätteiden ja muun orgaanisen materiaalin sisältämästä hiilestä humustuu 20 – 80 %, riippuen siitä, millaista materiaalia orgaaninen aines on. Yleisesti ottaen maanpäällisten kasvinosien hiilestä humustuu noin 20 %, juurien ja juurieritteiden hiilestä 40 %, karjanlannan hiilestä 35 % ja biohiilen hiilestä 80 % [1]. Myös hajottajamikrobisto vaikuttaa orgaanisen aineksen laatuun ja määrään. Sienet ovat bakteereja kestävämpiä hajotusta vastaan. Myös savihiukkasten muodostamien murujen sisällä orgaaninen aines on suojassa hajotusta vastaan.

Samalla, kun maaperäeläimet laiduntavat maassa kuollutta kasviainesta ja maaperän mikrobeja, ne parantavat maan rakennetta sekoittamalla maata siellä liikkuessaan. Maaperän mikrobeilla ja niiden toiminnalla on suuri merkitys myös maan alaiseen biodiversiteettiin ja sen ylläpitäminen on tärkeää. Sen lisäksi, että maaperän mikrobit osallistuvat maassa orgaanisen aineksen hajotustoimintaan, voivat ne olla kasville lajista riippuen joko hyödyllisiä, haitallisia tai neutraaleja. Ne voivat toimia myös maaperäeläinten ravinnonlähteenä ja siten myös lisätä maaperän eläinten määrää. [1].

Termistöä

Hiili on kasvien ja eliöiden tärkein rakennusaine. Sen kemiallinen merkki on C. Orgaaninen hiili tarkoittaa eloperäisen aineksen sisältämää hiiltä ja epäorgaaninen hiili on epäorgaanisissa hiiliyhdisteissä kuten hiilidioksidi, karbonaatit ja vetykarbonaatit.

Hiilensidonta tapahtuu, kun kasvit yhteyttävät ja sitovat hiiltä ilmakehästä. Hiilensidonnassa pyritään lisäämään orgaanisen aineen määrää kasvustoon sekä maaperään.

Hiilivarasto kuvaa kertynyttä hiiltä. Maaekosysteemien suurin hiilivarasto on maaperä. Hiiltä myös vapautuu hiilivarastoista.

Hiilinielu syntyy, kun hiilivarastoa kertyy enemmän kuin sitä hupenee.

Multavuus tarkoittaa peltomaan orgaanisen eli eloperäisen aineksen pitoisuutta. Sen perusteella kivennäismaat luokitellaan vähämultaisiksi (orgaanista ainesta alle 3 %), multaviksi (3-6 %), runsasmultaisiksi (6-12 %) ja erittäin runsasmultaisiksi (12-20 %). Maan orgaaninen hiilipitoisuus kerrotaan 1,7:llä, jos halutaan muuttaa se multavuuspitoisuudeksi (%).

Orgaaninen aines on kasveista, mikrobeista ja eläimistä peräisin olevaa kuollutta ainesta, jota esiintyy maaperässä eriasteisesti hajonneina yhdisteinä. Sama kuin eloperäinen aines.

3 Oppimistehtävät

3.1 Hiiliviljelyn perusteet

Katso ja kuuntele TIME -hankkeen (Tulevaisuuden ilmastoviisas maataloustuotanto Etelä-Pohjanmaalla) webinaarin video: [Ilmastoviisas maatalous -webinaari \(youtube.com\)](https://www.youtube.com/watch?v=...) [2] Video koostuu kolmesta eri puheenvuorosta:

- Yleistä Time hankkeesta, Raisa Leppänen, projektipäällikkö, SeAMK 0:00-6:49,
- Hiiliviljelyn perusteet Kristiina Lång Luke tutkimusprofessori, Luke 6:50-54:00.
- Viljelijäpuheenvuoro Matti Marttila, Jalasjärvi 54:00-1.16

Halutessasi voit testata ja syventää videon antia vastaamalla alla oleviin kysymyksiin. Oikeat vastaukset löytyvät luvusta 4.

1. Milloin maaperän hiilidioksidipäästöt nousivat esille keskusteluihin?
2. Mitä on hiiliviljely?
3. Miltä ajanjaksolta meillä on Suomessa pitkäaikaistuloksia maaperän hiilen vähenemisestä?
4. Paljonko hiilivarastot ovat vähentyneet keskimäärin kivennäismailla Suomessa tuona aikana?
5. Miksi Suomessa häviää hiiltä maasta?
6. Mitä keinoja meillä on lisätä pellon hiilivarastoja?
7. Minkä kasvin viljely on selkeästi parantanut Suomen hiilivarastoja Luken pitkäaikaisseurannassa?
8. Paljonko aluskasvien avulla sitoutuu hiiltä maahan keskimäärin/vuosi?
9. Mikä on biohiilen lisäämisen vaikutus peltomaahan?
10. Voiko oljet korjata pellolta turvallisesti vähentämättä pellon hiilivarastoja?
11. Mitkä ovat suorakylvön vaikutukset maan hiilivarastoihin?
12. Mikä on kivennäismaiden ongelma hiilensidonnassa?
13. Miksi Suomessa maan mururakenteen kasvattaminen on haasteellista?
14. Mikä on mädätetyn lannan hyöty käsittelemättömään?
15. Voiko lannan mädättämisestä olla haittaa maaperän hiilelle verrattuna raakalannan käyttöön?
16. Mistä turvepeltojen hiilipäästöt johtuvat?
17. Millä toimenpiteillä voimme vähentää turvepeltojen hiilipäästöjä?
18. Miksi turvepelloille ei suositella mitä tahansa aluskasvia?
19. Miten Suomen peltojen hiilisyöte saadaan kasvuun?

3.2 Maatalousmaan maaperäeläimet

Kuuntele [Jari Haimin \(JY\) luento ”Maaperäeläimet viljelijän tukena”](#) [3] ja vastaa sen perusteella alla oleviin kysymyksiin. Vastaukset löydät luvusta 4. Videon kesto on 25 minuuttia.

1. Mistä maaperän hajottajaeliöyhteisö saa pääosan energiastaan?
2. Mikä on maaperäeläinten toiminnallinen merkitys?
3. Mistä syntyy maan kasvukunto?
4. Mitä maaperäeläimiä maatalousmaassa on?
5. Miksi maan vesi on tärkeää maaperäeläimille?
6. Mikä on lierojen merkitys maalle?
7. Mikä on maan eliöille haitallista?
8. Mikä on hyväksi maan eliöille?

Miten maaperän mikrobeja ja maaperäeläimiä voi tutkia?

Maaperän mikrobit ja useat maaperäeläimet ovat silmälle näkymättömiä, mutta tärkeitä maaperän hyvinvoinnille. Tässä osiossa annetaan esimerkkejä, miten maatalousmaan maaperäeläinten toimintaa ja yhteisöä voi tutkia.

Sukkulamadot ovat pieniä ja kestäviä lankamaisia matoja. Näitä matoja löytyy maaperästä erittäin runsaslukuisena mistä vain. Kooltaan Suomen peltomaassa elävät sukkulamadot ovat puolesta millimetristä muutamaan millimetriin. Sukkulamadot hyödyntävät monenlaista ravintoa, ja niillä on tärkeä merkitys ekosysteemin toiminnassa.

Sukkulamatoja voi erotella maasta niin sanotulla märkäsuppilomenetelmällä, jossa maanäyte laitetaan verkkoon suppilon päälle ja suppilo täytetään vedellä (Kuva 1). Sukkulamadot kulkeutuvat suppilossa alaspäin ja lopulta suppilon alla olevaan keräysputken pohjalle (Kuva 2). Kerättyjen sukkulamatojen määrä ja lajisto voidaan määrittää mikroskopoimalla.



Kuvio 2 Maanäytteet suppiloiden päällä siivilöissä



Kuvio 3 Märkäsuppilomenetelmällä maasta erotellut sukkulamadot (ja hieno maa-aines) ovat putkien pohjalla

Mikroniveljalkaisiin kuuluvat hyppyhäntäiset, punkit, karhukaiset ja rataseläimet voidaan erotella maanäytteestä hyödyntäen kuivaerottelua, jossa maaperäeläimet ajetaan maasta lämmittämällä maanäytettä päältä päin ja samalla jäähdyttämällä alapuolta. Näin mikroniveljalkaiset kulkeutuvat maanäytteessä alaspäin ja tipahtavat lopulta alla olevaan keräysastiaan (kuva 3).



Kuvio 4 Mikroniveljalkaisia keräysastioissa kuivaerottelun lopussa

Lisää aineistoa löytyy Hiiliviljelyn portaalta 1 *Maatalousmaan maaperäeläimet* -osiosta sekä BSAG:n Uudistavan viljelyn sivustolta <https://www.bsag.fi/uudistava-viljely/tutki-maaperan-elamaa/>.

3.3 Maatalousmaan mikrobiologia

Lue [BSAG:n hiilioppaasta](#) [1] sivuilta 28-30 osiot ”Lämpötila”, ”Kosteus” ja ”Mikrobiologia” ja vastaa niiden perusteella alla oleviin kysymyksiin. Vastaukset löytyvät luvusta 4.

Kysymykset

1. Mistä organismeista maaperän mikrobisto koostuu?
2. Miksi maan mikrobitoiminta on välttämätöntä maaperässä?
3. Miten maan lämpötila vaikuttaa mikrobien toimintaan ja miksi?
4. Miksi maan optimaalinen kosteus (ei liian kuiva eikä liian märkä) on tärkeää mikrobien toiminnan kannalta?
5. Miten maan mikrobit liittyvät maan hiileen?

Maaperän hiilen sidonta ja mikrobit

Tässä videossa pohditaan ”sitooko se maa ihan oikeasti hiiltä” ja mikä on mikrobien rooli maaperän hiilenkierrossa. Lisää aineistoa löytyy Hiiliportailta I ja II *Maatalousmaan mikrobiologia* ja *Maatalousmaan sienisymbiontit* -osioista.

Aineisto: https://www.youtube.com/watch?v=TV3wWE5cp_Q

Videon liittyvät kysymykset:

1. Miten maaperän mikrobit osallistuvat maaperän hiilenkiertoon?
2. Miten maaperän mikrobien toiminta voi muuttua ilmastonmuutoksen edetessä (kasvukausien pidentyessä ja keskilämpötilojen noustessa)?
3. Minkä takia maaperän mikrobiston toimintaa ja vastetta ilmastonmuutokseen tutkitaan?

4 Vastaukset kysymyksiin:

Hiiliviljelyn perusteet

1. Vuonna 2015 ranskalaisten toimesta
2. Kaikki toimenpiteet, jotka lisäävät hiilen varastoitumista maaperään
3. 1974-2018, aluksi mukana yli 2000 mittauspistettä, nyt reilu 700
4. 200 kg/ha/vuosi
5. Suomessa on nuoret pellot, monivuotisia kasveja on viljelyssä vähemmän, lantaa vähemmän, koska eläimiä on vähemmän, jalostettu viljojen kortta lyhyemmäksi, jolloin kasvinjätettä jää maahan vähemmän, ilmastonmuutos
6. Lisäämällä hiilisyötettä peltoon esim. lisäämällä peltoon jäävää kasvitähdettä tai suojaamalla pellossa olevaa hiiltä parantamalla pellon mururakennetta tai hidastaa hiilen hajoamista. Kaikki toimenpiteet esim. lannoitus ja kasvinsuojelu, jotka lisäävät sadontuottoa. Kasvivalikoiman laajentaminen esim. kerääjäkasvit.
7. Nurmiviljely
8. 175 kg/ha
9. 284 kg/ha hiiltä
10. Joka toinen vuosi voi
11. Aluksi hiilivarastot nousevat 15 cm pintakerroksessa, mutta pidemmällä aikavälillä, kun kasvijätettä ei käännetä maahan, vaikutukset eivät enää näy
12. Hiilivarastojen lisäyspotentiaali on rajallinen
13. Maan jäätymis-sulamissyklit pilkkovat mururakennetta
14. Mädätteen hiili on pysyvämpää kuin raakalannan
15. Ei
16. Kasviaines ei hajoa, jos korkea vedenpinta estää sen. Turvepeltojen, ojitus laskee pintakerroksen veden korkeutta, jolloin hajotus siinä kiihtyy. Maan muokkaus, lannoitus ja kalkitus kiihdyttävät hiilen hajotusta. Päästöt jatkuvat niin kauan, kun turvetta hajoaa.
17. Pellonraivauksen välttäminen, huonotuottoisten peltojen poistaminen viljelyksestä, turpeen hajotusta vähentävät keinot: pohjaveden nosto, kasvipeitteisyyden lisääminen ja muokkauksen vähentäminen
18. Typensitoja-aluskasvit voivat kiihdyttää hiilen hajoamista turvepelloilla
19. Mustat pellot vihreiksi, maanparannus, aluskasvit, viljelykierrot kuntoon, toimien kohdentaminen huonotuottoisiin ja köyhiin peltoihin, turvepeltojen raivauksen vähentäminen

Maatalousmaan maaperäeläimet

1. Kuolleesta kasviperäisestä aineesta, kasveista ja eläimistä. Se on erillinen rinnakkainen ravintoverkko sille, mitä me näemme maan päällä.
2. Hajottajaeläimet pilkkovat kariketta, muokkaavat maaperää ja pitävät mikrobiston elinympäristön hyvänä. Samoin ne pitävät maan mikrobistoa aktiivisena laiduntamalla (=syömällä) niitä.
3. Maan mikrobien ja maaperäeläinten toiminnasta.
4. Rataseläimiä, sukkulamatoja, karhukaisia, änkyrimatoja, lieroja, punkkeja, hyppyhäntäisiä, hyönteisiä ja niiden toukkia sekä muita niveljalkaisia. Näistä kaikkia ei pysty havaitsemaan ihmissilmällä.
5. Useat elävät maan huokosissa olevassa vedessä.
6. Ne ovat maanmuokkaajia ja pitävät maan rakenteen hyvänä.
7. Voimakas maanmuokkaus, keinolannoitus, torjunta-aineet, maan tiivistyminen
8. Mahdollisimman vähäinen maan muokkaaminen, eloperäisten lannoitteiden käyttö keinolannoitteiden sijaan, monimuotoinen kasvillisuus, kemikaalien käytön pitäminen minimissä

Maatalousmaan mikrobiologia

1. Bakteereista, sienistä ja arkeoneista. Kaikkia näitä ryhmiä löytyy maasta vapaasti elävinä hajottajina sekä kasvin juuristosta.
2. Mikrobit ylläpitävät ravinteiden luonnollista kiertoa maaperässä hajottamalla orgaanista ainesta ja vapauttamalla samalla ravinteita myös kasvien käyttöön. Esimerkiksi kasvin kanssa symbioosissa elävät keräsienet auttavat kasvia fosforin otossa erityisesti silloin, kun fosforia on niukasti ja se on huonosti liukenevassa muodossa. Lisäksi mikrobien monimuotoisuudella on havaittu olevan positiivinen vaikutus maaperän mururakenteeseen.
3. Lämpötila säätelee mikrobien hajotusaktiivisuutta. Mikrobien erittämällä orgaanisen aineen hajotukseen liittyvillä entsyymeillä on lämpötilaoptimi eli lämpötila-alueet, joissa ne toimivat tehokkaimmin. Lämpötilan nousu voi suosia joitakin eliöitä ja tehostaa niiden ylläpitämiä toimintoja, mutta korkeista lämpötiloista voi seurata myös muita aktiivisuutta rajoittavia tekijöitä, kuten kuivuutta.
4. Mikrobit tarvitsevat kostean ympäristön toimiakseen ja kasvaakseen optimaalisesti. Hyvin kuivissa olosuhteissa mikrobien kasvu ja aktiivisuus on minimissään, jolloin myöskään hajotustoimintaa ei tapahdu. Liian märissä olosuhteissa mikrobien hajotustoiminta hidastuu.

Mikrobien erittämät hapettavat entsyymit (mm. oksidaasit, oksygenaasit ja peroksidaasit) ovat tehokkaita kasviperäistä orgaanista ainesta hajottavia entsyymejä, jotka tarvitsevat hapelliset olosuhteet toimiakseen. Nämä entsyymit eivät toimi hapettomissa olosuhteissa liian märissä maissa. Hapettomissa olosuhteissa myös maan metaani (CH₄) -päästöt saattavat lisääntyä mikrobien hajotusaktiivisuuden seurauksena.

5. Maaperän mikrobiset prosessit ovat vastuussa orgaanisen aineen, eli esimerkiksi kasvin jäänteiden, hajotuksesta maaperässä. Mikrobit ylläpitävät ravinteiden luonnollista kiertoa maaperässä hajottamalla orgaanista ainesta ja vapauttamalla samalla ravinteita myös kasvien käyttöön. Osa mikrobeista elää tiiviissä vuorovaikutuksessa kasvien kanssa ja toiset mikrobit toimivat itsenäisinä orgaanisen aineen hajottajina.

Maaperän hiilensidonta ja mikrobit

1. Kasvinosien kuollessa maan hajottajamikrobit ja maaperäeläimet alkavat pilkkoa kuollutta kasviainesta energiakseen, jolloin suuri osa kasvinosiin sitoutuneesta hiilestä palautuu maahengityksen yhteydessä hiilidioksidina takaisin ilmakehään ja osa muuntuu hitaasti hajoavaksi humusaineeksi.
2. Mikrobien orgaanisen aineen hajotustoiminta voi kiihtyä, jolloin myös maaperästä ilmakehään vapautuvan hiilen määrä voi lisääntyä. Mikrobit käyttävät helppokäyttöistä hiiltä myös kasvuunsa, joten voi olla, että maahengitys ei lisäännä samassa suhteessa kuin kasvien hiilisyöte lisääntyy, vaan maaperään varastoituneen hiilen määrä saattaisi jopa kasvaa.
3. Mikrobien vaste vaihtelee alueittain ja ilmastonmuutoksen vaikutus on riippuvainen kyseisestä ekosysteemistä ja sen mikrobiyhteisön rakenteesta

Materiaali on tuotettu KOMIO-hankkeessa, jossa koostetaan opintomateriaaleja ammattikorkeakoulujen luonnonvara-alan TKI-toiminnan, erityisesti Hiilestä kiinni -kokonaisuudesta rahoitettujen hankkeiden tuloksista. Hanke rahoitetaan Maa- ja metsätalousministeriön Hiilestä kiinni- maankäyttösektorin ilmastotoimenpidekokonaisuudesta ja sitä toteuttavat yhteistyössä Seinäjoen ammattikorkeakoulu SeAMK (projektin vetäjä), Hämeen ammattikorkeakoulu HAMK, Jyväskylän ammattikorkeakoulu Jamk, Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu Xamk, Karelia-ammattikorkeakoulu, Lapin ammattikorkeakoulu Lapin AMK, Yrkeshögskolan Novia, Oulun ammattikorkeakoulu Oamk ja Savonia-ammattikorkeakoulu.

Lähteet

[1] Heinonsalo, J. (toim). 2020. Hiiliopas, katsaus maaperän hiileen ja hiiliviljelyn perusteisiin.
<https://www.bsag.fi/wp-content/uploads/2020/01/BSAG-hiiliopas-1.-painos-2020.pdf>

[2] <https://www.youtube.com/watch?v=t0Wsggkjg3g>

[3] <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=2GQxeoGsZOg>