



GreenCarbon

Esiselvitys
hiilensidontamenetelmän
standardointikelpoisuudesta
Öljyhampun viljely

Green Carbon Finland Oy

Jyväskylä:
PL 2, 40101 Jyväskylä
Kympinkatu 3 C, 40320 Jyväskylä

Helsinki:
Erottajankatu 15-17, 00130 Helsinki

+ 358 40 415 7985
vihreahiili@greencarbon.fi
www.greencarbon.fi

Sisälllys

1.	Raportin tausta	3
	Menetelmäkuvaus.....	3
2.	Hyvän kompensaaation kriteerit.....	4
3.	Kriteerien täytyminen	5
	Lisäisyys.....	5
	Pysyvyys.....	7
	Mittaus ja raportointi.....	7
	Kaksoislaskennan välttäminen.....	8
	Hiilivuodon välttäminen.....	9
	Läpinäkyvyys.....	9
	Riippumaton todentaminen.....	9
	Yhteenveto.....	10
	ISO 14064-2:2019.....	11
4.	Markkinakysyntä.....	12
5.	Kumina.....	14
6.	Kansainväliset vastineet.....	15
	Eurooppa.....	15
	Muut maat.....	16
7.	Yhteenveto	17
8.	Lähteet	18

1. RAPORTIN TAUSTA

Trans Farm on öljyhampun ja kuminan viljelysopimukseen erikoistunut kotimainen yritys. Green Carbon puolestaan yritysten päästöjenhallintaan erikoistunut, ensimmäinen ISO14064-2:2019-standardin hiilensidontamenetelmälleen saanut kotimaisen kompensaaion tarjoaja.

Green Carbon sai toimeksiannoksi toteuttaa esiselvityksen Trans Farmin mahdollisuudesta tuottaa standardoitua hiilensidontaa öljyhampun avulla. Osana selvitystä tutkittiin myös kuminan hiilensidontapotentiaalia. Tämä raportti kuvaa esiselvityksen aikana tehtyjä havaintoja sekä niiden perusteella tehtyjä johtopäätöksiä, muodostaen kokonaisarvion öljyhampun viljelyn standardointikelpoisuudesta.

Projektin aluksi pidettiin aloituspalaveri, jossa tutustuttiin Trans Farmin toimintaan, ja käytiin läpi projektin sisältö aikatauluineen. Green Carbon on esiselvityksessään luvannut valita hiilensidontaprosessin laskentamallivaihtoehdoista parhaan, selvittää laskentaan liittyvät epävarmuustekijät ja niiden vaikutuksen lopputulokseen. Esiselvityksen luvattiin lisäksi sisältävän arvion hyvän kompensaaion kriteerien täyttymisestä, riski- ja gap-analyysin, asiantuntijalausuntojen sekä mahdollisten kansainvälisten malliesimerkkien koonnin sekä markkinakysynnän varmistamisen. Näiden perusteella luvattiin tuottaa kokonaisarvio kompensaaionmenetelmän standardointikelpoisuudesta. Vastoin alkuodotuksia hiilensidontaprosessille ei ole vielä kehitetty laskentamalleja, joten esiselvityksessä keskityttiin erityisesti muihin hyvän kompensaaion kriteereihin.

Esiselvitys perustuu Trans Farmin lähettämien materiaalin lisäksi muihin tieteellisiin sekä aiheesta kirjoitettuihin populaarijulkaisuihin. Näistä kerättyjä tietoja verrattiin hyvän kompensaaion kriteereihin ja eri osa-alueiden pohjalta muodostettiin kokonaiskuva. Raportissa avataan jokainen kriteeri, sekä arvioidaan täytyminen. Kuminan osalta keskityttiin pelkkään hiilensidontapotentiaaliin.

Asiantuntijalausunnosta oltiin yhteydessä Luonnonvarakeskukseen (Luke). Asiantuntijalausuntoa ei kuitenkaan koettu lopulta tarpeellisena, sillä tarjouksen saamiseen mennessä oli muodostunut jo selkeä kuva siitä, ettei standardin edellyttämää vertaisarvioitua tutkimustietoa ole saatavilla tarpeeksi.

Esiselvitystä varten selvitettiin myös, onko kyseisellä kompensaaionmenetelmällä luoduille hiiliyksiköille kysyntää markkinoilla. Selvitys tapahtui internet-pohjaisella kyselyllä, joka lähetettiin Green Carbonin kautta päästöjäan kompensoineille yrityksille. Vastausaika annettiin kaksi kuukautta, siitä huolimatta vastauksia saatiin vain 2 kappaletta.

Lisäksi esimerkkiä haettiin kansainvälisiltä markkinoilta. Öljyhampun, tai yleisestikään tiettyyn viljelykasviin keskittyneitä hankkeita ei löytynyt. Hiilensidonta kuitenkin kiinnostaa yhtä lailla maailmalla, ja monia hiiliviljelyyn perustuvia hankkeita on jo saatavilla. Parhaimmat vastineet esitellään raportin lopussa.

Menetelmäkuvaus

Esiselvityksessä tarkasteltu kompensaaionmenetelmä perustuu öljyhampun viljelyyn. Viljelijän siirtyessä tavanomaisesta viljelykasvista öljyhampun, sitoutuu hiiltä maaperään enemmän kuin aiemmin. Hän saa korvauksen tuottamastaan lisäisestä hiilensidonnasta, ja vastaava määrä hiiliyksiköitä myydään vapaehtoisen kompensaaion markkinoilla.

2. HYVÄN KOMPENSAATION KRITTEERIT

Tässä osiossa käydään läpi kansainväliset hyvän kompensaation kriteerit. Vapaaehtoisen kompensaation sääntely on vielä kehitteillä, mutta useat eri tahot ovat painottaneet samoja asioita. Kriteeristö perustuu alalla vallitsevaan yleiseen käsitykseen hyvästä kompensaatiosta (MMM, 2021).

Lisäisyys	Pysyvyys	Mittaus ja raportointi	Laskenta- metodologia
Kaksois- laskennan välttäminen	Hiilivuodon välttäminen	Läpinäkyvyys	Riippumaton todentaminen

Ollakseen aidosti **lisäisiä**, tuotetut hiiliyksiköt eivät syntyisi ilman kompensaatiohanketta. Tämä edellyttää, että kompensaatiomenetelmän johdosta tehdään jokin toimenpide, joka esimerkiksi lisää hiilen sidontaa tai auttaa välttämään päästöjä. Toimenpiteen aikaansaamaa hiilensidonnan lisäystä verrataan perustilanteeseen, ja vain lisäinen hiilensidonta lasketaan yksiköiden muodostuksessa.

Pysyvyys edellyttää, että sitoutunut hiili ei vapaudu kompensaatiohankkeen jälkeen välittömästi takaisin ilmakehään. Hankkeiden hiiltä sitova vaikutus tulisi pysyä useita kymmeniä vuosia, mieluiten yli 100.

Mittaus ja raportointi on toteutettava huolellisesti. Hiilensidonnan/vältettyjen päästöjen määrän laskennassa käytettävien lähtötietojen on perustuttava mittauksiin ja tuoreimpiin tieteellisiin tutkimuksiin. Tulokset on myös kirjattava ylös.

Laskentametodologia on valittava niin, että sitoutuneen hiilen laskennassa sekä hiiliyksiköiden muodostuksessa käytetään tarkoituksenmukaisia, olennaiset yksityiskohdat huomioivia laskentamalleja.

Kaksoislaskentaa ei tapahdu, kun jokainen hiilensidonnan avulla luotu hiiliyksikkö käytetään kompensaationa vain kerran.

Hiilivuotoa ei tapahdu, kun kompensaatiohankkeen avulla sidottu hiili tai vältetyt päästöt eivät vapaudu toisaalla.

Läpinäkyvyys edellyttää syntyneiden yksiköiden yksilöintiä esimerkiksi numeroin niin, että myös jälkikäteen pystytään osoittamaan jokaiselle yksikölle elinkaari luomisesta loppukäyttöön.

Lisäksi tarvitaan kolmas **riippumaton taho todentamaan** hiilensidonnan ja prosessin toteutuminen luvutulla tavalla.

Edellä mainitun kriteeristön täyttymisen lisäksi on varmistettava luotujen yksiköiden markkinakysynnän olemassaolo, sekä alan sidosryhmien hyväksyntä.

3. KRITTEERIEN TÄYTTYMINEN

Tässä osiossa tarkastellaan, kuinka kyseinen kriteeristö täyttyy valitun kompensatiomenetelmän tapauksessa. Jokaisen kriteerin täytyminen arvotetaan asteikolla 1–5. Lopullinen arvosana määritetään näiden keskiarvon perusteella.

Lisäisyys

Toimenpide, joka saa aikaan lisäisen hiilensidonnin, on viljelijän siirtyminen öljyhampun viljelyyn. Öljyhampun sitomaa hiiltä verrataan vaihtoehtoisten, viljelijän aiemmin viljelemien, viljelykasvien aikaansaamaan hiilensidontaan. Öljyhamppu sopii esimerkiksi rypsin tai rapsin tilalle viljelykiertoon.

Öljyhampun, kuten yleisesti muidenkaan viljelykasvien kyvystä sitoa hiiltä, ei ole olemassa vielä tarpeeksi vertaisarvioitua tutkimusta, jotta vertailua voitaisiin toteuttaa luotettavasti. Saatavilla olevien lukujen valossa öljyhampun hiilensidontapotentiaali vaikuttaisi kuitenkin olevan hyvä, noin 1,63 tCO₂/tonnin varsisato (Aytac, 2018; Vosper). Juuriston aikaansaama osuus hiilensidonnasta saadaan hyödyntämällä öljyhampun verso-juurisuhdetta 5,43 (Amaducci ym., 2008), jolloin juuriston osuudeksi jää noin 0,30 tCO₂/tonnin varsisato. Tämä vastaa 1,9 tCO₂/ha, oletuksella, että öljyhampun varsisato on 6,3 t/ha.¹ Esimerkiksi rypsin hiilensidontapotentiaali vaikuttaisi vastaavasti olevan vain noin 0,14 tCO₂/ha (Queiros ym., 2015; Peltonen-Sainio ym., 2007). Öljyhampun hiilensidonta potentiaali vaikuttaisi siis olevan moninkertainen verrattuna rypsiin.

Kuten edellä mainittu, kyseiset luvut perustuvat teoreettisiin laskelmiin, ja esimerkiksi astiakokeisiin, joten niitä voi pitää vain suuntaa antavina. Sidotun hiilen määrästä vähennetään lisäksi viljelyn aiheuttamat päästöt, sekä hiili, joka sitoutuu vain lyhytaikaisesti. Viljelyn aiheuttamista päästöistä tehdyssä tutkimuksessa (Campiglia ym., 2020) tulokset vaihtelivat 18,7–0,16 kgCO₂e/kg siemeniä. Olettaen siemensadon olevan 750 kg/ha, olisivat päästöt 0,12–14,04 kgCO₂e eli 0,000–0,014 tCO₂e per hehtaari. Tutkimus on toteutettu Välimeren ilmastossa, eikä sisällä Trans Farmin välittämää Finola-lajiketta, joten sen vertailukelpoisuudesta Suomen oloihin ei kuitenkaan voida olla varmoja.

Kompensaatiomenetelmän standardointia varten on varmistettava myös, että kompensatiorahankkeen kautta saatu hiilitulo vaikuttaa aidosti viljelijän päätökseen ryhtyä viljelemään öljyhamppua. Toisin sanoen, jos siirtyminen öljyhampun viljelyyn on itsessään kannattava teko, voidaan viljelijän ajatella joka tapauksessa haluavan vaihtaa viljelykasvia, jolloin sidottu hiili ei ole aidosti lisäistä. Vaihtoehtoisesti, jos viljelykasvin vaihto aiheuttaa suuret tulonmenetykset, mutta saatava hiilitulo kattaa vain osan pienen osan näistä, voi ajatella kyseessä olevan ilmastoteko, jonka viljelijä olisi joka tapauksessa tehnyt.

Niin öljyhampun kuin vaihtoehtoisten viljelykasvienkin viljelyn menot sekä tulot vaihtelevat vuosittain, joten viljelykasvin vaihtamisesta syntyvä katevaikutuskin vaihtelee. Alla olevassa taulukossa on koottuna esimerkkilaskelmia öljyhampun ja vaihtoehtoisen rypsin viljelyn taloudellisen kannattavuuden vaihteluista.

¹ Johdettu Marjo Keskitalon esityksestä "Valkuaiskasvien hiilisyöte: Kuvantaminen lohko-kohtaisen juuribiomassan arvioimisessa" 4.3.2022.

Öljyhampun viljely

Menot		alaraja	keskiarvo	yläraja
Kylvösiemenet tarve	kg/ha	25	25	25
Kylvösiemenet hinta	€/kg	7,75	7,75	7,75
Lannoitus	€/ha	150	175	200
Tulot				
Myyntitulo	€/kg	1	1	1
Sato	kg/ha	600	750	900
Nettovoitto	€/ha	256,25	381,25	506,25
Rypsi	BAU	292 €	292 €	292 €
Vaikutus vaihdettaessa öljyhamppuun		-36 €	89 €	214 €
Rypsi	- 33 %	195 €	195 €	195 €
Vaikutus vaihdettaessa öljyhamppuun		62 €	187 €	312 €
Rypsi	+ 33 %	389 €	389 €	389 €
Vaikutus vaihdettaessa öljyhamppuun		-133 €	-8 €	117 €

Laskelmiin on otettu mukaan menoerinä kylvösiemenet, niiden tarve, sekä lannoitus. Tulot puolestaan kertyvät sadon ja myyntihinnan mukaan. Näiden tekijöiden vaihtelun avulla on koitettu luoda arvio siitä, kuinka paljon öljyhampun viljelystä saatava nettotulo voisi keskimäärin olla. Öljyhampun nettovoittoa verrataan tässä esimerkissä rypsin viljelystä saatavaan nettovoittoon, jonka oletetaan perustilanteessa olevan 292 €/ha Pro Agrian viljelykasvien ennakkolaskelman mukaisesti. Rypsin nettovoittoa tarkastellaan suhteessa öljyhampun tuottamaan nettovoittoon myös tilanteessa, jossa se nousisi kolmanneksen ja vastaavasti laskisi kolmanneksen perustilanteesta. Hiilituloa puolestaan verrataan katevaikutukseen, joka syntyy, kun siirrytään rypsin viljelystä öljyhampun viljelyyn.

Hiilitulo on se osuus yksiköiden myynnistä, jonka itse viljelijä saa. Tähän vaikuttaa yksikön myynnistä saadun hinnan lisäksi se minkä verran toiminnasta syntyy auditointiin sekä hallinnointiin liittyviä kuluja. Mikäli yksiköt myytäisiin tällä hetkellä realistiseksi koettuna 30 €/tCO₂ hintaan ja hiilitulon osuus olisi kolmanneksen, olisi hiilitulo 10 €/tCO₂. Sillä olisi selkeä vaikutus tilanteessa, jossa vaikutus vaihdettaessa öljyhamppuun olisi -8 €.

Todellisuudessa keskinäiset suhteet voivat vaihdella, kuten myös hiiliyksikön myymisestä kompensatioksi saatava tulo. Vapaaehtoiset kompensatiomarkkinat ovat kasvussa ja yksiköiden kysynnän on ennustettu räjähtävän lähitulevaisuudessa yritysten pyrkiessä asettamiinsa hiilineutraaliustavoitteisiin. Tämän voi olettaa johtavan hiiliyksiköiden hintojen nousuun, kuten on jo edullisimmille yksiköille käynyt. Mikäli hiilitulo olisi 30 €, sen vaikutus näkyisi myös tilanteessa, jossa vaikutus öljyhamppuun siirtymisestä olisi -36 €.

Mikäli niin öljyhampun, kuin vaihtoehtoisten viljelykasvienkin hiilen sitoutuminen pystytään todentamaan pelloilla toteutettavilla kokeilla ja se vastaa alustavia lukuja, hiilensidonta on lisäästä vaihdettaessa viljeltävää kasvia esimerkiksi rypsiä öljyhamppuun. Taloudellisissa arvoissa on ennalta arvaamatonta vuosittaista vaihtelua. Lisäisyden kriteerin arvioidaan täyttyvän 4/5, olettaen arviot todenmukaisiksi.

Pysyvyys

Öljyhamppua kasvatetaan arvokkaiden siementen vuoksi, joista saatavaa öljyä hyödynnetään elintarvikkeissa sekä kosmetiikassa. Hiilensidontan kannalta olennaisia osia puolestaan ovat varsi- sekä juuriosat. Tällä hetkellä varsiosalle ei ole olemassa käyttökohteita, joissa sen varastoima hiili pysyisi varastoituna. Jäljelle jää siis juuristo, jonka osuus öljyhampun kokonaisbiomassasta on noin viidenneksen. Juuristosta puolet on ylimmässä 20 cm maakerroksessa (Zuk-Golaszewska & Golaszewski), mikä vastaa tavanomaista kyntösyvyyttä. Näin ollen tarpeeksi syvällä olevan juuriston osuus vastaa öljyhampun pysyvää osuutta, joka on noin 10 % kokonaishiilensidonnasta. Tämä tarkoittaa puolia aiemmin lasketusta 1,90 tCO₂/ha eli noin 0,95 tCO₂e. Tästä tulisi vielä poistaa viljelyn aiheuttamat ominaispäästöt. Kuten itse hiilensidontan osalta, myös pysyvyydestä tarvitaan kuitenkin tutkimuksin todistettua tietoa.

Pysyvää osuutta, ja samalla luotujen hiiliyksiköiden määrää olisi mahdollista kasvattaa hyödyntämällä varsiosa käyttötarkoituksessa, joka toimisi pitkäaikaisena hiilivarastona. Trans Farmin välittämien siementen lajike on Finola, ainoa kansalliselta kasvilajikelistalta löytyvä öljyhamppulajike Suomessa (Ruokavirasto). Sukulaiseensa kuituhamppuun verrattuna Finolan varsi on huomattavasti lyhyempi (Laine, 2017). Kuituhamppua kasvatetaan erilaisiin käyttötarkoituksiin juuri vartensa vuoksi, mutta öljyhampun tapauksessa se voisi toimia lisätulona. Toisaalta, vaikka varrelle ei keksitä sellaista käyttökohdetta, jonka vuoksi joku olisi valmis niistä maksamaan, niiden ilmaiseksi pois antaminen vähentäisi öljyhampun viljelijän kustannuksia, sillä viljelijän on itse joka tapauksessa hävitettävä varret. Kolmannelle osapuolelle jäisi varsiosien kuivaaminen ja kuljettaminen, jotka tuottavat kuluja. Näin lopullisen käyttökohteen on tuotettava tarpeeksi kattaakseen aiheutuneet kustannukset. Suomessa on ollut erilaisia innovaatioita, kuten hampubetoni, mutta tällä hetkellä vartenotettavia vaihtoehtoja ei ole.

Öljyhampun viljelyn hiilensidontapotentialista noin 10 % tapahtuu syvällä maaperässä, josta sidottu hiili ei pääse heti karkaamaan. Juuriin sitoutuneen hiileen aikajänteen pysyvyyden määrittely vaatii kuitenkin tutkimustietoa, ennen kuin pysyvyyden voidaan todeta olevan riittävän pitkä. Maankäyttösektorin hiilensidontamenetelmillä ei yleisestikään päästä pisimpiin pysyvyyksiin. Näin pysyvyyden kriteeri arvioidaan täyttyvän arvosanalla 3/5.

Mittaus ja raportointi

Hiilensidonta on pystyttävä todentamaan. Tarkin todennuskeino on mittaaminen. Maaperän orgaanisen hiilen mittaus vaatii kuitenkin aikaa ja vaivaa, etenkin kun vaihtelut voivat pienelläkin alueella olla suuria. Tarkoitukseen luodut mallit mahdollistavat laajojen alueiden hiilipitoisuuksien tehokkaan arvioinnin. Maanpäällisen biomassan arviointi onnistuu esimerkiksi satelliitteja hyödyntävillä kuva-analyysillä. Kun tiedetään kunkin kasvilajin verso-juurisuhde, juuristobiomassan ja sen mahdollistaman hiilisyötteen arviointi onnistuu

ilman mittauksia. Mallin kehittämisen ja lähtötietojen kannalta luotettavat kenttäkokeilla tehdyt mittaukset ovat kuitenkin ensiarvoisen tärkeitä. (BSAG, 2020.)

Nappaa Hiilestä Kiinni tutkimus- ja innovaatio-ohjelman Hiiletin-hankkeen tavoitteena on luoda peltoviljelyyn kannattavia hiilensidonnan toimintatapoja. Hiiletin-hankkeessa selvitetään kivennäismaiden hiilensidontamekanismeja sekä -potentiaalia, toteutetaan käytännön tutkimuspilotteja, kohdennetaan hiilensidontapotentiaali ja toimenpiteet, sovelletaan tutkimustietoa kierrätysmaatalouden kasvattamiseksi sekä kytketään toimenpiteet talouteen.

Hämeen ammattikorkeakoulu on osana hanketta toteuttamassa kenttäkokeita. Yhdessä kolmesta kenttäkokeesta tutkitaan syväjuuristen kasvien vaikutuksia pohjamaan hiilensidontaan. Lisäksi kehitetään uusia tutkimusmenetelmiä hiilen stabiloitumisesta syvissä maakerroksissa. (Maaseutu.fi.) Myös Luonnonvarakeskus on hakenut rahoitusta hankkeelle, jonka avulla olisi tarkoitus kehittää viljelijälle työkaluja omien viljelykasviensa juuritiedon arviointiin ja seuraamiseen. Mikäli hanke toteutuu, antaa se varmasti eväitä myös kyseisen kompensatiomenetelmän kehitykseen.

Tällä hetkellä kriteerin arvioidaan täyttyvän 2/5, sillä maaperään sitoutuneen hiilen pystyy selvittämään lähinnä maasta otettavien näytteiden avulla. Niiden ottaminen ei ole kustannustehokasta, mutta mahdollista kuitenkin. Tulevaisuus näyttää kuitenkin lupaavalta mallien kehityksen kiinnostuksen pohjalta.

Laskentametodologia

Kun tutkimustieto erilaisten viljelyskasvien maanpäällisestä, sekä -alaisesta hiilensidonnasta, ja siihen liittyvistä tekijöistä lisääntyy, oletettavasti myös hiilensidonnan määrittämiseen luodut mallit lisääntyvät.

Hiilensidonta on muunnettava hiilidioksidiekvivalenteiksi tarkoituksenmukaisilla konversiokertoimilla. Epävarmuudet on huomioitava bufferein, jotka takaavat, ettei yksiköitä myydä enemmän kuin lisäästä hiilensidontaa on varmasti tapahtunut. Erillisen laskurin luominen mahdollistaa useiden eri lailla vaikuttavien tekijöiden yhtäaikaisen huomioimisen.

Laskurin luomisen edellytyksenä on niin ikään riittävä tutkimustieto sekä tähän perustuvat mallit, joilla hiilensidontaa pystytään mallintamaan erilaisten muuttuvien tekijöiden suhteen. Kriteerin arvioidaan täyttyvän 3/5, sillä edellytykset ovat hyvät, vaikka laskuria ei vielä voisikaan luoda.

Kaksoislaskennan välttäminen

Kaksoislaskentaa voi tapahtua tahallisesti, jos esimerkiksi sidotun hiilen perusteella luodaan yksiköitä usean eri ohjelman kautta, tai kun sama luotu hiiliyksikkö myydään useille eri ostajille. Tällainen kaksoislaskenta on läpinäkyvän ja tarkan raportoinnin kautta estettävissä.

Kaksoislaskentaa voi tapahtua myös tahattomasti, jos yksikkö käytetään vapaaehtoisilla markkinoilla kompensointiin sekä lasketaan oman maan ilmastotavoitteen eduksi. Kuten lukuisat muut maat, Suomi on sitoutunut Pariisin ilmastopimuksen myötä kansallisiin päästövähennystavoitteisiin ja on velvollinen raportoimaan päästönsä sekä hiilinielunsa YK:lle. Osana Euroopan Unionia Suomi raportoi tiedot myös EU:n komissiolle. Näin Suomen sisällä luodut hiilinielut lasketaan Suomen valtiolle. Viljelysmaiden maaperän hiilinielut ovat osa raportointia ja näin öljyhamppukin kohtaa kyseisen kaksoislaskennan haasteen.

Mikäli öljyhampun viljelyn avulla luotaisiin hiiliyksiköitä, olisi toiminta kuitenkin sen verran pientä, että suhteutettuna kyse ei ole isosta ongelmasta. Joka tapauksessa kaksoislaskenta heikentää kompensatiomarkkinoiden uskottavuutta. (Finnwatch, 2021.) Ratkaisuksi on esitetty yhteistä kansallista rekisteriä, joka poistaisi ongelman.

Hiilivuodon välttäminen

Viljelijöiden siirtyminen öljyhampun viljelyyn voi lisätä viljelyn päästöjä toisaalla, mikäli vaihtoehtoisten viljelykasvien kuten rypsin kysyntä säilyy ennallaan. Tällöin toinen viljelijä voi ryhtyä viljelemään enemmän rypsiä ja viljelyn yhteispäästöt kasvavat. Toisaalta, jos öljyhampusta saatavan öljyn voi todeta olevan rypsiöljyn korvike, ei hiilivuodolle ole riskiä. Vaikka tällä hetkellä rypsin ja rapsin supistuneen tuotannon vuoksi myös rypsin hinta on korkealla (Yle, 16.06.2021), on öljyhampusta saatavan öljyn markkinahinta kuitenkin huomattavasti suurempi kuin rypsiöljyn. Toki on myös huomioitava, että vaikka hiilivuotoa tapahtuisi, verrattuna esimerkiksi tuotantolaitoksen siirtämiseen, ovat viljelyn aiheuttamat päästöt kuitenkin suhteessa vähäisiä. Näin kriteerin arvioidaan täyttyvän 2/5.

Läpinäkyvyys

Syntyvät yksiköt on mahdollista eritellä sarjanumeroilla, joiden avulla pystytään pitämään kirjaa jokaisesta yksiköstä. Talletettavia tietoja voivat olla esimerkiksi kenen viljelijän pellolla yksikkö on syntynyt, pellon maantieteellinen sijainti sekä yksikön loppukäyttäjä. Tietojen järjestelmällisellä tallentamisella voidaan taata läpinäkyvä prosessi, jonka avulla yksikön elinkaari pystytään todentamaan myös jälkikäteen.

Läpinäkyvän toiminnan takaaminen vaatii suunnittelua, mutta kriteerin täyttymiselle ei ole käytännön esteitä. Kriteerin arvioidaan täyttyvän 4/5.

Riippumaton todentaminen

Mikäli yllä mainitut kriteerit täyttyvät, ulkopuolinen riippumaton taho voi myöntää menetelmälle standardin. Standardin ylläpito edellyttää vuosittaisia auditointeja standardin myöntäjän toimesta, sekä yrityksen sisäisesti.

Esittelimme kyseisen menetelmän pääpiirteissään yhteyshenkilöllemme Det Norske Veritakselle. DNV on yksi maailman johtavista sertifiointialan toimijoista. Heidän näkemyksensä oli linjassa esiselvityksen aikana tehtyjen huomioiden kanssa; menetelmä on mielenkiintoinen, mutta kaipaa lisää tutkimusta.

Yhteenveto

Öljyhampun viljelyllä ei näiden tulosten valossa ole tällä hetkellä mahdollisuutta tuottaa standardoitua hiilensidontaa, mutta kenttäkokeisiin perustuvan vertaisarvioidun tutkimustiedon lisääntyessä tilanne voi muuttua.

Kriteeri	Täytyminen	Arvosana
Lisäisyys	Öljyhampun viljelyn sitomaa hiiltä verrataan perustilantaseen, jossa viljelijä kasvattaa vaihtoehtoista, tavanomaista viljelykasvia, Yksiköiden muodostuksessa huomioidaan vain se osuus hiilensidonnasta, joka on lisäistä verrattuna perustilanteeseen. Lisäksi viljelyn aiheuttamat päästöt vähennetään. Tarvitaan kenttäkokeita varmistamaan eri viljelykasvien hiiltä sitova vaikutus.	4
Pysyvyys	Sidottu hiili ei vapaudu välittömästi syvällä sijaitsevan juuriston osalta. Tarvitaan lisää tutkimustietoa hiilensidonnan pysyvyyden aikajänteestä.	3
Mittaus ja raportointi	Hiilensidonnan määrittämisessä hyödynnettävän mallin on perustuttava luotettaviin lähtötietoihin. Ei vielä saatavilla.	2
Laskentametodologia	Hiilensidonnan arvioivan mallin pohjalta on mahdollista luoda laskuri, joka huomioi hiilensidontaan olennaisesti vaikuttavat tekijät ja kääntää sidotun hiilen hiilidioksidiekvivalenteiksi. Laskurin tulisi ottaa huomioon myös epävarmuudet.	3
Kaksoislaskenta	Kaksoislaskenta on haaste. Ratkaisua etsitään kansallisesta rekisteristä.	3
Hiilivuoto	Hiilivuodon riski on olemassa. Kokonaisvaikutukset ovat vähäiset.	2
Läpinäkyvyys	Läpinäkyvyyden takaamiseksi syntyvät yksiköt tulee yksilöidä ja niistä on pidettävä kirjaa luomisesta käyttöön asti.	4
Todentaminen	Ulkopuolinen riippumaton taho voi todentaa kompensatiomenetelmän täyttävän standardin vaatimukset.	3
Keskiarvo		3

ISO 14064-2:2019

Yleisen hyväksynnän saavuttaminen edellyttää hyvän kompensaaion kriteerien täyttymistä. Itse standardeja on kuitenkin monenlaisia, eivätkä ne huomioi kaikissa tapauksissa samoja kriteerejä.

Yksi esimerkki standardi on ISO 14064-2 *Specification with guidance at the project level quantification, monitoring and reporting of greenhouse gas emission reductions or removal enhancement*. Standardi keskittyy hiilensidontaan, eikä huomioi hiiliyksiköiden muodostukseen ja markkinoille välittämiseen liittyviä kriteerejä. Esimerkiksi kaksoislaskentaa ei kuitenkaan huomioida standardin kriteeristöissä. Sen on kuitenkin arvioitu soveltuvan suhteellisen hyvin hiilensidonnan tai päästöjen välttämisen kriteerien täyttymisen tarkasteluun.

Standardi edellyttää perusuraa, johon sidotun hiilen määrää verrataan. Laskentamenetelmä on vapaasti kehitettävissä, mutta sen on huomioitava kaikki merkittävimmät, Kioton pöytäkirjassa määritellyt kasvihuonekaasut² kaikista hankkeeseen liittyvistä päästölähteistä. Lisäksi laskennassa käytettyjen kertoimien tulee perustua luotettaviin lähteisiin sekä huomioida epävarmuudet. Niin ikään pysyvyydelle ei ole tarkkoja kriteerejä, vaan ne tulee kehittää itse. Seuranta on toteutettava tarkasti oman seurantasuunnitelman mukaisesti, jossa on määritelty esimerkiksi seurantatiheys, vastuut, seurannan kohteena olevat parametrit sekä tiedon säilytys. Raportoinnille on puolestaan kehitettävä oma sisältökriteerit täyttävä suunnitelma. Riippumaton todentaminen toteutuu samalla, kun ulkopuolinen taho myöntää sertifikaatin standardin mukaisuudesta.

Standardin mukaan on huomioitava muutokset myös hankkeen ulkopuolisissa päästöissä ja poistoissa. Käytännössä tämä tarkoittaa, ettei hiilivuotoa saa tapahtua. On myös pidettävä huolta, ettei hiilensidontahankkeesta tule muita negatiivisia ympäristövaikutuksia. (Laine ym., 2021.)

² CO₂, CH₄, N₂O, SF₆, NF₃, PFC:t, HFC:t

4. MARKKINAKYSYNTÄ

Jotta kompensatiomenetelmä voidaan sertifioida, tulee sille olla yleinen hyväksyntä. Kompensatioyksiköitä ei ole kannattavaa tuottaa, mikäli markkinoilta ei löydy ostajia juuri kyseisen kaltaisille yksiköille. Varmistaaksemme markkinakysynnän olemassaolon, toteutimme internet-pohjaisen kyselyn kompensatioyksiköitä ostaneille asiakkaillemme. Yrityksistä vain 2 vastasi kyselyyn. Vaikka vastausten määrä jäi alhaiseksi, antavat tulokset suuntaa yleisestä ilmapiiristä.

Kyselyn ensimmäisessä osiossa esiteltiin tiivistelmä uudenlaisesta kompensatiomenetelmästä, kysyttiin suoraa ensivaikutelman perusteella kiinnostusta ja verrattiin jo olemassa oleviin vaihtoehtoisin:

- Ostaisitko yllä mainitulla menetelmällä tuotettuja kompensatioyksiköitä?
- Uskotko, että yllä mainitulla kompensatiomenetelmällä voidaan varastoida hiiltä, ja siten kompensoida muualta syntyneitä päästöjä? (Miksi ei?)
- Verrattuna vaihtoehtoisin kompensatiomenetelmiin, millaisia tunteita kyseinen kompensatiomenetelmä herättää?

Menetelmä koettiin neutraalina verrattuna vaihtoehtoisin menetelmiin.

Sen uskottiin tuottavan lisäästä hiilensidontaa.

Vastaajista 50 % olisi valmis ostamaan kyseisiä yksiköitä.

Seuraavassa osiossa selvitettiin maksuvalmiutta ja sertifiointin vaikutusta:

- Kuinka paljon olisit valmis maksamaan yllä mainitulla tavalla tuotetusta kompensatioyksiköstä?
- Tiedätkö mitä tarkoittaa sertifioitu kompensatiomenetelmä?
- Vaikuttaako kompensatiomenetelmän sertifiointi päätökseesi ostaa kompensatioyksiköitä?

Vastaajille annettiin tieto tämänhetkisistä vapaaehtoisilla kompensatiomarkkinoilla myynnissä olevien yksiköiden keskihinnosta. Ulkomaisilla yksiköillä ne ovat noin 10–43 €/tCO₂e. Green Carbonin tuottamilla kotimaisilla metsän lannoitukseen perustuvilla yksiköillä 28 €/tCO₂e. Vastaavasti EU:n päästökauppaan perustuvien yksiköiden hinta on tällä hetkellä 84 €/tCO₂e. Vastaajat olivat valmiita maksamaan öljyhampun viljelyllä tuotetuista yksiköistä 10–20 €/tCO₂e.

Vastaajat olivat tietoisia sertifiointin merkityksestä, ja sen vaikutus ostopäätökseen oli positiivinen.

Kysyimme vastaajan mielipidettä myös vertailutilanteessa, jossa vaihtoehtoina olivat öljyhampun viljelyn lisäksi puuston kasvu sekä päästöjen välttäminen aurinkoenergian avulla sekä vastaajan päätöksiin vaikuttavista taustatekijöistä.

- Jos vaihtoehtona on ISO-standardin mukaan sertifioitu kompensatiomenetelmä, joka lisää puuston kasvua ja näin hiilen sidontaa, mitkä menetelmät valitsisit?
- Mikä on tärkeää, kun valitset kompensatioyksiköitä?

Vastaajille mieluisin menetelmä osoittautui olevan puuston kasvu.

Kompensaatioyksiköiden valintaan vaikuttaviksi tekijöiksi annettiin vaihtoehtoiksi; hinta, menetelmä, kotimaisuus, yksiköitä tarjoavan yrityksen luotettavuus sekä mahdollisuus oman kriteerin esittämiseksi. Vastaajien keskuudessa tärkeimmäksi kriteeriksi osoittautui yksiköitä tarjoavan yrityksen luotettavuus. Myös menetelmä, kotimaisuus sekä hinta olivat valintaan vaikuttavia tekijöitä.

5. KUMINA

Öljyhampun ohella Trans Farmin liiketoimintaan kuuluu kuminan sopimusviljely. Tästä syystä haluttiin selvittää, olisiko myös kuminan kasvatuksen avulla mahdollista luoda lisäistä hiilensidontaa.

Kuminalla on 0,2–0,3 metrin syvyyteen yltävä paalujuuri, sekä jopa 1,2 metrin syvyyteen yltäviä hiusjuuria (Myllys ym., 2014). Hakalan ym. (2009) suorittaman astiakokeen perusteella kuminan juurimassa on keskimäärin 9750 kg/ha, mikä vastaa noin 70 % koko kasvin biomassasta. Tietojen perusteella kumina vaikuttaa erityisesti hiilensidonnan pysyvyyden kannalta lupaavalta viljelykasviltä. Hiilensidonnan määrittämisessä kohdataan kuitenkin sama tiedonpuutteen ongelma kuin öljyhampunkin kohdalla, ja vaikka juuristoa on paljon, ei pysyvyyttä voida nykyisillä tiedoilla todentaa.

VTT:n Trans Farmille tuottaman Kuminapellon hiilitase -hankkeen alustavien tutkimusten mukaan pellon hiilitase kasvoi kolmen vuoden viljelyjakson aikana 1730–2160 kg C/ha, eli noin 2,2 kertaa enemmän kuin viljanviljelyssä (790–1030 kg C/ha). Yksi tonni hiiltä vastaa 3,67 hiilidioksidia, jolloin lisäisen hiilensidonnan määrä hiilidioksidiekvivalenteina olisi tällöin 3,45–4,15 tCO₂, josta juuriston osuus on 2,41–2,90 tCO₂/ha. Kumina soveltuu myös suorakylvöön, jolloin on mahdollista, ettei kyntämisen yhteydessä tapahtuvaa hiilen vapautumista tapahdu. Myös näiden lukujen valossa kumina vaikuttaa erittäin potentiaaliselta. Alkuperäiset hiilitase laskelmat perustuvat kuitenkin niin ikään kirjallisuuteen, sekä teoreettisiin kertoiimiin, ja jo hankkeen alustavien tulosten yhteydessä todettiin, että niiden oikeellisuus olisi hyvä varmistaa jatkossa pelloilta tehtävin mittauksin.

6. KANSAINVÄLISET VASTINEET

Berkley Carbon Trading Projektin tulosten mukaan maatalous tuottaa vain yhden prosentin kaikista tuotetuista hiiliyksiköistä (AgFunders, 28.9.2021). Kaikesta päätellen tilanne on kuitenkin muuttumassa, ja maatalouden osuus hiiliyksiköiden tuotannosta kasvussa.

Maatalouden ilmastovaikutusten hillitsemisen yhteydessä puhutaan paljon hiiliviljelystä. Hiiliviljelyllä viitataan moninaiisiin toimiin, joilla pyritään estämään maaperän hiilen vapautuminen ja puolestaan sitomaan lisää hiiltä. Hiiliviljely voidaan jakaa viiteen alakategoriaan, joita ovat turvemaiden ennallistaminen, agrometsätalous, karjan ja lannan hoito, viljelysmaiden ja nurmikoiden ravinteiden hallinta sekä maaperän orgaanisen hiilen lisäys kivennäismailla. Öljyhampun viljelyllä tähdätään maaperän orgaanisen hiilen lisäämiseen ja varastoitumiseen. Yhteen viljelykasviin keskittyviä hankkeita ei löydy maailmaltakaan. Tämä ei sinänsä yllätä esiselvityksen aikana todetun peltokasvien hiilensidonnan tiedonpuutteen valossa. Monet hankkeet perustuvat kuitenkin samaan ideaan, maaperän potentiaaliin toimia hiilivarastona.

Eurooppa

Euroopassa tämän kaltaisia hankkeita on esimerkiksi Tanskassa ja Itävallassa. Tanskalainen Agreea ja Cool Farm Alliance ylläpitävät yhteistyössä AgreeaCarbon ohjelmaa, joka on sertifioitu ISO 14064-2 standardilla. Ohjelmalle luodulla laskurilla (Cool Farming Tool) on mahdollista laskea eri toimintojen kasvihuonekaasu-, vesistö- sekä luonnon monimuotoisuusvaikutuksia. Hyväksytyt toimet ovat esimerkiksi peitekasvillisuuden kasvatusta, orgaanisten lannoitteiden käyttöä, tähteiden oikea käsittely, aktiivinen kiertoviljely, vähennetty polttoaineiden käyttö. Ohjelman minimivaatimuksina on, että tavanomaisista maaperän muokkaustavoista pitäydytään ja sadon tähteitä ei polteta.

Hankkeen lisäisyys perustuu ohjelman taloudelliseen ja opetukselliseen apuun, joita ilman hiiltä ei sitoutuisi. Läpinäkyvyys taataan rekisterillä, johon kerätään tieto kaikista luoduista, myydyistä sekä käytetyistä yksiköistä ja pysyvyyden nimissä kaikkien viljelijöiden on luovutettava prosentti tuottamistaan ympäristöhyödyistä AgreeaCarbon Non-Permanence Bufferiin. Viljelijälle maksettavasta tulosta ei ole saatavilla tietoa. (Agreea.)

Itävaltalaisessa jo vuonna 2007 alkaneessa Humus Projectissa mukana olevat viljelijät noudattavat suositeltuja toimenpiteitä maaperän orgaanisen aineksen lisäämiseksi sekä hiilen sitomiseksi. Viljelijöiden aikaansaama ilmastohyöty hankkeen aikana (3–7 v) mitataan ammattilaisen toimesta ja mittausten perusteella viljelijöille maksetaan 30 € jokaisesta lisäisestä CO₂-tonnista. Viljelijät ovat veloitettuja varmistamaan, että maaperän orgaanisen aineen lisäys säilyy vielä ainakin seuraavat 5 vuotta, joka varmistetaan vielä kolmannella näytteenotolla. Lisäisen hiilensidonnan pohjalta luodaan hiiliyksiköitä, jotka myydään vapaaehtoisilla kompensatiomarkkinoilla 45 €/tCO₂ hintaan yrityksille sekä yksityishenkilöille käytettäväksi. Mukana on lähes 400 viljelijää, joiden viljelysmaa kattaa yhteensä noin 5200 hehtaaria. Ei mainintaa standardista. (RBP Network.)

Myös Euroopan Unioni on Green Dealin myötä herännyt maankäyttö, maankäytön muutos ja metsätaloussektorin (LULUCF) potentiaaliin hiilensidontayksiköiden luomisessa. Tuoreimmat selvitykset ovat omalta osaltaan osoittaneet, että sektorille tarvitaan enemmän ja parempia kannustimia hiilitaseen hallintaan. Komissiolla on parhaillaan käynnissä ensi

vuonna valmistuva selvitys hiiliviljelyn valvonnan, raportoinnin ja todentamisen viitekehuksesta. (COWI, 2021.) Pohdinnassa on tulosperusteinen järjestelmä, jonka ympärille luodaan liiketoimintamalli tai vaihtoehtoisesti järjestelmän liittäminen osaksi jäsenvaltioiden toteuttamaa yhteistä maatalouspolitiikkaa. Molemmassa on haasteensa. Näiden ja jo ennalta mainittujen valvonnan, raportoinnin sekä todentamisen lisäksi hiiliviljelyn avulla saatujen hyötyjen on todettava olevan pysyviä ja lisäisiä. On pystyttävä lisäksi varmistumaan, ettei tapahdu kaksoislaskentaa tai hiilivuotoa. (McDonald ym., 2021.)

Muut maat

Vastineita löytyy myös esimerkiksi Yhdysvalloista sekä Australiasta. Yhdysvaltalainen Indigo aloitti vuonna 2019 Carbon by Indigo ohjelman. Ohjelma tukee viljelijöitä parempien viljelytapojen käyttöönotossa, ja auttaa heitä saamaan tuloa luomistaan hiiliyksiköistä. Hyväksytyihin viljelytapoihin lukeutuu niin ikään jatkuva peitteinen kasvatus sekä esimerkiksi kiertoviljely. Yksiköiden luomisessa käytetään Climate Action Reserven ja Verran hyväksymiä toimintatapoja, joihin kuuluu riippumattoman tahon todentaminen, että yksiköt ovat oikeasti syntyneet, ne ovat lisäisiä sekä pysyviä. Ohjelma tuotti ensimmäiset myytävät yksiköt tänä kesänä 2022, mutta on jo mittakaavaltaan suuri tekijä. Viljelysmaata on hankkeessa mukana lähes 1,5 miljoonaa hehtaaria. Viljelijät saavat vapaaehtoisilla markkinoilla myytyjen yksiköiden myyntihinnasta 75 %. (Carbon by Indigo.)

Australiassa on vuonna 2011 hiiliviljely aloitteesta alkunsa saanut oma järjestelmä, johon liittymällä voi luoda ACCUja (Australian Carbon Credit Units). Yksi ACCU vastaa yhtä tonnia CO₂-ekvivalenttia, ja niitä myönnetään hiilensidonnan lisäksi energiatehokkuuteen, uusiutuvan energian sekä päästöjä vähentäviin hankkeisiin. Hankkeiden täytyy olla uusia, lisäisiä sekä täyttää raportointivelvollisuudet. (ERF, 2022.)

Kiinnostus hiiliviljelyyn lisääntyy ympärimaailmaa, ja nyt myös esimerkiksi intialaisilla maanviljelijöillä on mahdollisuus tuottaa hiiliyksiköitä pelloillaan nurture.farmin kautta. Järjestelmä perustuu uudistavaan maatalouteen, mutta tarkempia tietoja ei ole saatavilla. (nurture.farm.)

7. YHTEENVETO

Öljyhamppu on alustavien tietojen mukaan erityisen tehokas hiilensitoja. Ennen kuin vapaaehtoisilta kompensatiomarkkinoilta voi saada tukea öljyhampun viljelyn lisäämiseksi ja näin hiilensidonnan edistämiseksi, tarvitaan kuitenkin todellista kenttäkokein toteutettua tutkimustietoa. Tämän lisäksi juuristoon sitoutuneen hiilen pysyvyyttä on syytä tutkia. Nämä on todennettava, ennen kuin menetelmällä on mahdollisuuksia standardointiin. Mikäli ennako-olettamukset pitävät paikkansa, on mahdollista luoda standardikelpoinen järjestelmä.

Jos haasteeksi osoittautuu korkeat operointi- ja hallintakulut suhteessa vapaaehtoisilta kompensatiomarkkinoilta saatuihin tuottoihin, voisi yksi vaihtoehto olla myös öljyhampun viljelijöiden osallistuminen suurempaan hiiliviljelyyn keskittyneeseen järjestelmään. Tällaista ei vielä ole Suomessa, mutta kuten todettu, kiinnostusta hiiliviljelyyn ja hiilensidontayksiköiden luomiseen löytyy Euroopan Unionin tasolta asti.

Menetelmän avulla tuotetun lisäisen pysyvän hiilensidonnan ja näin luotujen hiiliyksiköiden määrää voisi myös kasvattaa, mikäli varsiosalla pystyttäisiin korvaamaan pitkäikäistä materiaalia. Käyttökohteen tulee kuitenkin olla kustannustehokas suhteessa varsiosan käsittelyn aiheuttamiin kuluihin.

8. LÄHTEET

- AgFunder. 28.09.2021. *Agriculture produces just 1% of carbon credits, data suggests*. Saatavissa: <<https://agfundernews.com/carbon-credits-just-one-percent-from-agriculture>>.
- Agreena. Saatavissa: <<https://agreena.com/>>.
- Amaducci, S., Zatta, A., Raffanini, M., & Venturi, G. (2008). Characterisation of hemp (*Cannabis sativa* L.) roots under different growing conditions. *Plant and soil*, 313(1), 227-235.
- Aytac, S. (2018). An environmentally friendly plant in terms of oxygen supply: Hemp. In ICOEST 4th International Conference on Environmental Science and Technology, September (pp. 19-23).
- Campiglia, E., Gobbi, L., Marucci, A., Rapa, M., Ruggieri, R., & Vinci, G. (2020). Hemp seed production: Environmental impacts of *Cannabis sativa* L. Agronomic practices by life cycle assessment (LCA) and carbon footprint methodologies. *Sustainability*, 12(16), 6570.
- COWI, Ecologic Institute and IEEP (2021) Technical Guidance Handbook - setting up and implementing result-based carbon farming mechanisms in the EU Report to the European Commission, DG Climate Action, under Contract No. CLIMA/C.3/ETU/2018/007. COWI, Kongens Lyngby.
- ERF, Emission Reduction Fund. About the Emission Reduction Fund. 12.08.2022. Saatavissa: <<https://www.cleanenergyregulator.gov.au/ERF/About-the-Emissions-Reduction-Fund>>.
- Finnwatch, 2021. *Anekauppaa vai ilmastotekoja? Vapaaehtoisen päästökompensaation kysyntä, tarjonta ja laatu Suomessa*. Saatavissa: <<https://finnwatch.org/fi/julkaisut/anekauppaa-vai-ilmastotekoja>>.
- Hakala, K., Keskitalo, M., Eriksson, C., & Pitkänen, T. (2009). Nutrient uptake and biomass accumulation for eleven different field crops.
- Heinonsalo, J., Heimch, L., Helenius, J., Huusko, K., Höijer, L., Joonas, J., & Viskari, T. (2020). Hiiliopas. Katsaus maaperän hiilen ja hiiliviljelyn perusteisiin. Carbon Action & BSAG. Saatavissa: <https://carbonaction.org/wp-content/uploads/2020/01/BSAG-hiiliopas-1.-painos-2020.pdf>.
- Indigo. Saatavissa <<https://www.indigoag.com/carbon>>.
- Keskitalo, M. Valkuaiskasvien hiilisyöte: Kuvantaminen lohko-kohtaisen juuribiomassan arvioimisessa 4.3.2022.
- Laine, A. (2017). Öljyhamppu. FutureCrops – Uusia kasvilajeja tuotantoon, tietoa ja elämyksiä kysynnän ja liiketoiminnan tueksi. Saatavissa: <www.luke.fi/futurecrops 15.3.2017>.
- Laine, A., Airaksinen, J., Yliheljo, E., Ahonen, H. M., & Halonen, M. (2021). Vapaaehtoisten päästökompensatioiden sääntely.

Laine, A., Auer, J., Halonen, M., Horne, P., Karikallio, H., Kilpinen, S., Korhonen, O., Airaksinen, J., Valonen, M. & Saario, M. (2021). Esiselvitys maankäyttösektorin hiilikompensaatiohankkeista. Esiselvitys+ maankäyttösektorin+ hiilikompensaatiohankkeista_julkaistava+ raporttiversio_27, 1.

Maataseutu.fi. *Tutkimustietoa peltojen hiilensidonnasta*. Saatavissa: <<https://www.maataseutu.fi/vihreakasvu/tutkimustietoa-peltojen-hiilensidonnasta>>.

McDonald, H., Frelih-Larsen, A., Lóránt, A., Duin, L., Pyndt Andersen, S., Costa, G., and Bradley, H. 2021, Carbon farming – Making agriculture fit for 2030, Study for the committee on Environment, Public Health and Food Safety (ENVI), Policy Department for Economic, Scientific and Quality of Life Policies, European Parliament, Luxembourg.

Myllys, M., Gustafsson, M., Koppelmäki, K., Känkänen, H., Palojärvi, A. & Alatukku, L. Juuristotietopaketti – juuret maan rakenteen parantajina. Ravinnehuhtoumien hallinta (RaHa), 8/2014.

Pajula, T & Behm, K. Kuminapellon hiilitase – alustavat tulokset 2019, VTT.

Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L., & Hannukkala, A. (2007). Declining rapeseed yields in Finland: how, why and what next?. *The Journal of Agricultural Science*, 145(6), 587-598.

Queiros, J., Malca, J., & Freire, F. (2015). Environmental life-cycle assessment of rapeseed produced in Central Europe: addressing alternative fertilization and management practices. *Journal of Cleaner Production*, 99, 266–274.

Result Based Payments Network. Austria. Saatavissa: <<https://www.rbpnetwork.eu/country-infos/austria/humus-program-of-the-oekoregion-kaindorf-50/>>.

Ruokavirasto. Suomen Kasvilajiketiedote 2022:3. Saatavissa: <https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/julkaisut/suomen-kasvinlajiketiedote/tiedote-2022_3-kasvilajikeluettelo.pdf>.

Vosper, J. The Role of Industrial Hemp in Carbon Farming. Saatavissa: <<https://hemptoday.net/wp-content/uploads/2022/05/carbon-james-vosper.pdf>>.

Zuk-Golaszewska, K., & Golaszewski, J. (2018). Cannabis sativa L.–cultivation and quality of raw material. *Journal of Elementology*, 23(3).

Yle, 16.06.2021. Uutiset *Rypsiöljyn raakaaineesta on kova pula, ja siksi osa siemenistä joudutaan tuottamaan meille Baltiasta – yhä harvempi viljelijä uskaltaa viljellä rypsiä, vaikka siitä saisi hyvän hinnan*. Saatavissa < <https://yle.fi/uutiset/3-11977081>>.