

Ruoantuotanto hiilineutraaliksi hiilimarkkinoiden avulla (RUUHI)

Synteesiraportti

Maa- ja metsätalousministeriön Hiilestä kiinni -kehittämishjelman hanke 2022-2024

VN/28257/2021

Janne Rämö, Auvo Sairanen, Kirsikka Riekkinen, Seppo Ahvenjärvi, Jukka Alm, Domna Tzemi, Maiju Pesonen, Arto Huuskonen, Olga Penttilä, Juho Valtiala, Ida Rouhiainen, Heikki Lehtonen, Anne Tolvanen

21.11.2024



Maa- ja metsätalousministeriö



Tiivistelmä

RUUHI-hankkeessa suunniteltiin kansallista toimintamallia, jonka avulla ruoantuotannon arvoketju voisi vapaaehtoista hiilikrediittijärjestelmää hyödyntämällä saavuttaa hiilineutraaliuden. Hanke keskittyi maito- ja lihatiloihin, jotka muodostavat keskeisen osan ruoantuotannon kasvihuonekaasupäästöistä. Hankkeessa koostettiin tieto keskeisten päästövähennystoimien potentiaalista nautasektorin sisällä. Maankäyttöä kehittämällä pyrittiin määrittämään erityisesti turvemaille lisäisiä ilmastotoimenpiteitä (ennallistaminen ja metsitys). Kustannuksia arvioitiin tilatasolla, vertailtiin miten erilaiset tukivaihtoehdot ja -tasot sekä ulkoiset hinnat vaikuttavat näiden toimenpiteiden kannattavuuteen sekä suunniteltiin hiilimarkkinoille soveltuvia menetelmiä, joita toimijat voivat hyödyntää ruoantuotannon arvoketjun päästöjen kompensoinnissa. Hankkeen toimintaan ja rahoitukseen osallistuivat merkittävimmät maito- ja lihayritykset Suomessa sekä maataloustuottajien edunvalvonta. Tämä varmisti sen, että hankkeessa voitiin hyödyntää suoraan ruoantuotannon kentältä tulevaa tietoa.

1. Tausta ja tavoitteet

Suomi on sitoutunut paitsi kansainvälisiin hiilineutraaliustavoitteisiin, (UNFCCC 2015, EC 2019) niin myös asettanut oman kunnianhimoisen hiilineutraalisuustavoitteensa vuoteen 2035 mennessä. Tavoitteiden saavuttamiseksi tarvitaan paitsi merkittäviä päästövähennyksiä kaikilla toimialoilla myös hiilensidonnan lisäämistä erityisesti maankäyttösektorilla.

Merkittävä osa ruoantuotannon päästöistä tulee kahdesta lähteestä: turvepelloilta ja kotieläinten ruoansulatuksesta. Maataloussektorin osuus Suomen kokonaispäästöistä vuonna 2020 oli 14 % (yhteensä 6.6 Mt CO₂ekv.), josta noin kolmannes oli ruoansulatuksen päästöjä (Tilastokeskus 2021). Tämän lisäksi maatalousmaihin liittyviä päästöjä raportoitiin maankäyttösektorilla (LULUCF) miltei 9 Mt. Yli puolet maatalouden kokonaispäästöistä tulee maaperästä, ja niistä yli 70 % turvemailta (Tilastokeskus 2020).

Ruoantuotannon hiilineutraalisuus on monien yritysten tärkeä tavoite ja keskeinen imagokysymys. Pienentämällä päästöjä voidaan saavuttaa merkittävä osa hiilineutraalisuustavoitteesta, mutta jäljelle jäävä osuus jää toimijoiden kompensoitavaksi. Keskeiset kysymykset ovat, miten ja missä kompensointia tehdään, millä toimenpiteillä hyvän kompensoinnin kriteerit voidaan saavuttaa ja millaiset ohjaus- ja rahoitusmekanismit tarvitaan, jotta kompensointi voitaisiin valtavirtaistaa ja ruoantuotannon hiilineutraalisuus saavuttaa.

Hankkeessa suunniteltiin ja arvioitiin kansallinen toimintamalli ja hiilikrediittijärjestelmä päästövähennystoimen ympärille. Keskityimme maito- ja lihatiloihin, jotka muodostavat keskeisen osan ruoantuotannon kasvihuonepäästöistä ja joiden käytössä suuri osa eloperäisestä maatalousmaasta Suomessa on. Hankkeen tuottaman toimintamallin avulla nautakarjatila voi itse aktiivisesti tuottaa tehokkaita päästövähennyksiä ja saada uusia tulonlähteitä hiilikredittien muodossa. Yritykset voivat vastaavasti kompensoida omia ilmastopäästöjään kotimaisia hiilimarkkinoita hyödyntämällä.

Hankkeen päätavoitteena oli kartoittaa reittiä kohti hiilineutraalia ruoantuotantoa, jossa hiilineutraalisuus on osa taloudellista toimintaa. Tavoitteeseen pyrimme pääsemään eri osatavoitteiden kautta: 1) koostamalla tällä hetkellä olemassa oleva tieto keskeisten toimenpiteiden päästövähennyspotentiaalista ja -kustannuksista nautasektorin sisällä tilatasolla; 2) tarkastelemalla maankäytön kehittämisen mahdollisuuksia maaperäpäästöjen vähentämiseksi siirtämällä turvepeltoja nautasektorin ulkopuolelle; 3) vertailemalla miten erilaiset tukivaihtoehdot ja -tasot

sekä ulkoiset hinnat vaikuttavat ilmastoviisaiden toimien, kuten turvepeltojen ennallistamisen ja metsityksen kustannuksiin ja kannattavuuteen viljelijälle; 4) kehittämällä ja pilotoimalla hiilimarkkinoiden keinoja ja menetelmiä, joilla maanomistajat kerryttävät turvepeltojen ennallistamisen ja metsityksen avulla hiilikrediittejä ja myyvät niitä toisille toimijoille.

RUUHI-hanke toteutettiin Luonnonvarakeskuksen ja Aalto-yliopiston yhteistyönä vuosina 2022-2024. Kaikki osapuolet osallistuivat tutkimustyöhön ja toivat hankkeeseen oman asiantuntijuutensa. Lisäksi hankkeessa Valio Oyj tuotti taustadataa ja järjesti maatilakontakteja pilotointia varten.

Luonnonvarakeskus johti hanketta ja vastasi työpaketeista 1, 3 ja 4. Aalto-yliopisto vastasi työpaketista 2.

2. Työpakettien kuvaus

Kantavana ajatuksena on, että hiilineutraaliuden tavoittelemisen aloitetaan ruoantuotannon päästöjä vähentämällä ja jäljelle jäävä osa voidaan kompensoida sekä arvoketjun sisällä että sen ulkopuolella. Tässä hankkeessa kasvihuonekaasupäästöjä vähentävät toimenpiteet kerryttävät hiilikrediittejä, joita maanomistaja voi myydä hiilikrediittimarkkinoilla. Huomioimalla näistä toimenpiteistä syntyvät ilmastovaikutukset sekä vaikutukset maanomistajan tulojen nettonykyarvoon saadaan laskettua kunkin toimenpiteen kustannustehokkuus. Näiden laskelmien pohjalta pystymme määrittämään ohjauskeinojen vaikuttavuuden sekä hiilimarkkinoiden vaikutuksen toimenpiteiden kannattavuuteen, sekä sen, miten kukin toimenpide täyttää hyvän kompensaation kriteerit. Ilmastotoimien tuottamalle päästövähennykselle luodaan menetelmämalli, johon hiilikrediitit perustuvat. Kasvihuonekaasupäästöt lasketaan kansallisen kasvihuonekaasuinventaarion kertoimien ja menetelmien pohjalta. Eri toimenpiteiden kannattavuutta ja tulovaikutuksia maatilatasolla arvioidaan muissa Luonnonvarakeskuksen projekteissa jo käytössä olevilla, pääosin asiantuntijatarkastetuilla laskelmilla ja malleilla, joissa huomioidaan menojen ja tulojen ajallisuus ja dynamiikka (nettonykyarvo). Eri toimenpiteiden päästövähennyksiä ja kustannuksia arvioidessa käytetään myös Luken eläinravitsemustutkimuksen menetelmiä ja aineistoja.

Seuraavaksi kuvataan hanke työpaketeittain.

TP1: Nautasektorin sisäinen päästövähennyspotentialiaali

Työpaketissa 1 koostettiin tämänhetkinen tieto nautatilojen päästövähennyspotentialista arvoketjun sisällä. Työ auttaa hahmottamaan ketjun ulkopuolisten päästövähennysten ja hiilinielujen, eli kompensoinnin tarvetta. Hyödyntämällä aikaisempia tutkimuksia ja malleja (mm. Lypsy-LCA, kasvihuonekaasuinventaarior) selvitettiin naudanlihan- ja maidontuotannon tämänhetkinen hiilijalanjälki, resurssien käyttö maatilamittakaavassa sekä mahdollisuudet maaperäpäästöjen pienentämiseen. Tulosten pohjalta määritetään tilatason päästövähennyskeinot, niiden kustannukset ja vaikutukset tilan talouteen.

Tarkasteltavia keinoja päästöjen vähentämiseksi ovat mm. nurmirehun osuuden lisääminen ruokinnassa, rehuhyötysuhteen nosto ruokinnallisilla ja eläinjalostuksen keinoin, mahdolliset metaania alentavat rehun lisäaineet ja eläinten hyvinvoinnin sekä elinikäistuotoksen parantaminen. Viljelyyn kohdistuvia päästövähennyskeinoja ovat esimerkiksi satotasojen nosto, turvelohkojen siirtäminen pois rehuntuotannosta, rehuntuotannossa pysyvien eloperäisten peltojen päästöjä vähentävät viljelytekniikat (mm. kevennetty muokkaus, talviaikainen kasvipeitteisyys ja pohjavedenpinnan nostaminen), lannan prosessointi sekä uusiutuvan energian hyödyntäminen tilan rakennuksissa ja koneissa. Lisäksi tarkastelemme nurmen hiilensidonnan vahvistamisen potentialiaalia.

TP2: Maankäytön kehittäminen

Maankäytön kehittäminen tila- ja aluetasolla tarjoaa mahdollisuuksia vähentää nautasektorin ilmastovaikutuksia. Optimoimalla maankäyttöä esimerkiksi tilusjärjestelyiden, pellonvaihtojen tai tilojen välisen yhteistyön kautta heikkotuottoisia tai voimakaspäästöisimpiä turvepeltolohkoja on mahdollista siirtää ruoantuotannon arvoketjun ulkopuolelle. Näitä lohkoja ennallistamalla tai metsittämällä voidaan estää kasvihuonekaasujen vapautuminen ilmakehään myös pidemmällä aikavälillä. Nämä päästövähennykset muodostavat tässä hankkeessa kehitettävän uuden hiilikrediittimenetelmän.

Työpaketin 2 tavoitteena oli löytää keinoja siirtää heikkotuottoisia turvepeltoja pois viljelystä ennallistettavaksi tai metsitettäväksi. Samalla selvitetään edellytyksiä siihen, kuinka muita ilmastoviisaita keinoja, kuten turvemaiden säätösaloitusta voitaisiin toteuttaa osana tilusjärjestelyitä nykyistä enemmän. Työpaketin osiossa I) selvitetään toimijoiden näkemykset ja

haasteet muutoksen toteuttamiseen, II) tuotetaan esimerkkilaskelmia siitä, millaisia hyötyjä eri vaihtoehdot voisivat tuottaa ja millaiset kustannukset päästövähennyksistä muodostuisivat sekä III) luodaan tiekartta siihen, miten tämä muutos olisi vietävissä käytännön tilusjärjestelyiden toteutukseen. Maankäytön muutoksiin liittyvät päästövähennysmahdollisuudet on koostettu kattavasti Ilmava-raporttiin (Lehtonen ym. 2021) sekä valtakunnallisen Turvetyöryhmän raporttiin (Turvetyöryhmä 2021), joiden tuloksia hyödynnetään.

Työpaketti sisälsi kysely- ja haastattelututkimuksia, joilla kartoitetaan toimijoiden näkemyksiä tilusjärjestelyjen mahdollisuuksista ja haasteista maankäytön päästöjen vähentämiseksi. Tutkimus toteutettiin laadullisia menetelmiä hyödyntäen, joissa keskeisinä työkaluina käytettiin toimijoille suunnattua kyselyä. Kyselyn tuloksia syvennettiin teemahaastatteluin, joiden avulla syvennettiin ymmärrystä siitä, miten erityisesti esille nousseisiin haasteisiin voidaan vastata. Haastateltavat edustivat laajasti meneillään olevien tai jo toteutettujen tilusjärjestelyiden toimijoita, sekä maanomistajia että viranomaisnäkemystä. Kyselytutkimuksen toteuttamiseksi tarvittiin kuitenkin laaja kirjallinen selvitys siitä, minkälaisia keinoja päästövähennyksien saavuttamiseksi on olemassa ja esimerkkilaskelmien avulla arvioitiin, minkälaisia kustannuksia niistä syntyy. Tässä hyödynnettiin aikaisempaa tutkimusta sekä ensimmäisen työpaketin tuloksia ja synteisinä luotiin yhdessä toimijoiden kanssa työpajatyöskentelyn avulla tiekartta siihen, kuinka hiilineutraaliustoimet tuodaan osaksi tilusjärjestelyä.

TP3: Talousvaikutukset ja kannustinjärjestelmät

Tämä työpaketti tarkasteli eri kannustimien kuten eri tulonmenetys- ja kustannuskompensaatioiden, tai muiden tukivaihtoehtojen ja niiden sitoumusehtojen vaikutusta päästövähennysten ja kompensatiotoimenpiteiden kannattavuuteen. Lisäksi työpaketti tuotti uutta tietoa turvepeltojen ennallistamiseen ja metsitykseen perustuvien päästövähennystoimien kustannuksista hiili- ja päästökaupalle pilotoitavaksi työpaketissa 4. Erityisesti keskityttiin korkean päästövähennyspotentiaalin toimenpiteiden kannattavuuteen.

Työ toteutettiin tarkastelemalla, kuinka päästöjen vähentämiseen ja hiilivarastojen vahvistamiseen tähtäävät ilmastoviisaat toimenpiteet (TP1) vaikuttivat tilojen tulotasoihin ja kuinka eri tukivaihtoehdot ja -tasot vaikuttivat eri toimien kannattavuuteen. Tämä tehtiin hyödyntämällä edellisten työpakettien tietoja toimenpiteiden kustannuksista ja vertaamalla niitä olemassa oleviin

laskelmiin ja tutkimuksiin (esim. Miettinen ym. 2020, Purola & Lehtonen 2021). Toimenpidekohtaisten kustannusten ja päästövähennyskustannusten herkkyyttä ulkoisille hinnoille, jotka vaikuttavat tulonmenetyksiin ja suoriin kustannuksiin, arvioitiin ja näin muodostettiin päästövähennyskustannusten todennäköinen vaihteluväli. Ilmastovaikutuslaskelmien ja kustannusten pohjalta vertailtiin eri päästövähennys- ja kompensatiovaihtoehtojen tehokkuutta hiilineutraaliuden saavuttamiseksi. Erilaisilla maatiloilla ja alueilla on erilainen joukko toimenpiteitä käytettävissä. Tarkastelu painotettiin toimiin, joilla iso päästövähennysvaikutus ja/tai laaja sovellettavuus.

Tarkastelussa huomioitiin kertaluontoiset tuet ja soveltuvin osin vuosittain maksettavat hoitopalkkiot esim. säätösalaojitukselle ja ennallistettaville turvemaille, joilla kompensoidaan suoria ilmastoviisaiden toimenpiteiden aiheuttamia tulonmenetyksiä tiloille. Tarkasteltavia toimenpiteitä olivat esimerkiksi metsitys, säätösalaojitus, ja turvemaiden ennallistaminen.

Diskontattujen kustannustasojen ja ilmastovaikutusten pohjalta laskettiin hiilidioksidiekvivalenttitonnille toimenpidekohtainen hinta. Näin voitiin vertailla eri vaihtoehtojen kustannustehokkuuksia sekä eri tukivaihtoehtojen tehokkuutta.

Hiilimarkkinat tarjoavat maanomistajalle mahdollisuuden kerryttää oman maatilayrityksensä ilmastoviisailta toimilla hiilikredittettä ja myydä niitä toisille toimijoille. Tämä mahdollistaa sen, että nautasektorin arvoketjun ulkopuoleisia alueita – joko nautatiloilla tai muilla alueen maatiloilla – voidaan hyödyntää maidon- ja lihantuotannon päästöjen kompensoinnissa. Ilmastoviisaiden toimenpiteiden kustannusten pohjalta pyrittiin määrittämään hiilikrediteille hinta, jolla kyseinen toimenpide on maanomistajalle kannattava. Tuloksia hyödynnetään työpaketissa 4.

TP4: Hiilimarkkinoiden pilotointi

Työpaketin tavoitteena oli suunnitella ja pilotoida hiilimarkkinoiden menetelmäpaletti, jolla erityisesti turvepeltojen ennallistamisen ja metsittämisen vaikuttavuus saadaan läpinäkyvästi arvioitua ja kreditoitua. Työpaketin tarkoituksena oli siten testata, miten aikaisempien työpakettien ilmastotoimien vaikutukset saadaan kreditoitua luotettavasti ja läpinäkyvästi ja miten hiilimarkkinoiden kautta yritykset voivat ostaa näistä toimista kertyviä hiilikredittettä kattaakseen tuotteiden hiilijalanjälkeä, ja miten nämä kaikki vaikuttavat alkutuottajan tilatason kannattavuuteen.

Toimenpiteiden ilmastovaikutusten laskennassa hyödynnettiin aikaisempien työpakettien tuloksia. Käyttöön otettavien päästövähennystoimien tuottamat päästövähennykset on varmistettava verifiointijärjestelmien kehittämiä verifiointimenetelmiä käyttäen, esim. Verra (VCS) tai Gold Standard (CS). Krediittien mittaamisessa voidaan myös soveltaa muita vastaavia tieteeseen perustuvia, läpinäkyviä sääntöjä, jotka noudattavat hyvän kompensaation periaatteita (lisäisyys, pysyvyys, mitattavuus). Ilmastovaikutusten valvonnan ja varmistuksen kautta päästöjä vähentävät toimenpiteet kerryttävät hiilikrediittejä maanomistajalle. Näitä krediittejä maanomistajat voivat joko hyödyntää itse tai kaupata eteenpäin toisille toimijoille. Hiilimarkkinoiden kautta yritykset voivat ostaa hiilikrediittejä ja kompensoida omien tuotteidensa hiilijalanjälkeä. Hiilimarkkinapilotissa tavoitteena oli tehdä yhteistyötä kotimaisten (esim. Puro, Hiilipörssi) ja ulkomaisten sertifiointijärjestelmien (Verra, Gold Standard) kanssa.

Hiilikrediittimarkkinoiden perusajatuksena on, että alkutuottajat ja arvoketjun ulkopuoliset toimijat tekevät ilmastoviisaita toimenpiteitä, jotka varmistetaan ja varmennetaan. Varmistetun ilmastovaikutuksen perusteella maanomistaja kerryttää hiilikrediittejä, joita se voi tarjota myytäväksi hiilimarkkinoilla. Näiltä markkinoilta yritykset voivat ostaa hiilikrediittejä kompensoidakseen jalostetun tuotteensa hiilijalanjälkeä. Mahdolliset yhteiskunnalliset tukijärjestelmät pienentävät maanomistajaan kohdistuvaa taloudellista raskautta, pienentävät tarvittavaa tuloa hiilimarkkinoilta ja siten lisäävät hiilikrediittien tarjontaa markkinoille.

Hyödyntämällä edellisten työpakettien koosteita ja laskelmia ilmastoviisaiden toimien kustannuksista ja ilmastovaikutuksista, pystyttiin määrittämään vähimmäishinnat kertyville hiilikrediiteille, jolla toimenpiteet ovat maanomistajille kannattavia. Jos kysynnän ja tarjonnan kautta muodostuva hiilikrediittien markkinahinta on maatalan kustannusperusteista vähimmäishintaa korkeampi, osa hiilikrediittien myynti tuottaa voittoa viljelijälle. Kilpailluilla markkinoilla voitot jäävät pieniksi mutta kustannukset tulevat katetuiksi samalla kun kohtuuhintaiset päästövähennysmahdollisuudet hyödynnetään tehokkaasti.

3. Tulokset

Työpaketti 1: Nautasektorin sisäinen päästövähennyspotentiaali

Päästövähennyksiä tuottavan toimintamallin ongelma krediittijärjestelmässä on lisäisyys. Selkein lisäinen krediittitoimenpide on 3-NOP-lisäaine Bovaerin käyttö, josta ei ole muuta etua kuin pötsin metaanituotannon pieneneminen. Bovaer on maidontuottajalle pelkkä kustannuserä, sillä se ei näytä parantavan rehun hyväksikäyttöä eikä maitotuotosta tai tuovan mitään muutakaan taloudellista etua. Tuotantoa tehostavat toimenpiteet pienentävät tuoteyksikköä kohti laskettavaa hiilijalanjälkeä, mutta yleensä nämä tuottavat myös lisätuloa. Näin ollen krediittijärjestelmän kompensatio-osuus kattaa ainoastaan toimenpiteestä aiheutuneiden kustannusten ja saavutettavan lisätuoton erotuksen.

Toimenpide karkearehuosuuden lisääminen

Nurmen satopotentiaali on vähintään kaksinkertainen viljaan verrattuna. Karkearehuosuuden kasvattaminen ja viljan osuuden vastaava pienentäminen vähentävät maitolitraa kohti tarvittavan peltoalan määrää ja tätä kautta pienentävät LULUC-sektorin päästöjä. Päästövähennyksen määrä riippuu vähennyksen kohteena olevan pellon turvemaasuudesta. Toimenpiteeseen on valittu lypsävien lehmien karkearehuosuuden lisääminen 55 prosentista 65 prosenttiin.

Toimenpiteestä aiheutuva kustannus on maitotuotoksen pieneneminen 1,2 kg/lehmä/pv. Toisaalta myös ostorehujen määrä pienenee ja nettovaikutus karkearehuosuuden lisäämisellä on maidon tuotantokustannuksen nousu 1,5 snt/l. Kivennäismaalla saavutettava päästövähennys on 0.1 kg CO₂-e/maitokilo. Päästövähennyksen pienuus johtuu siitä, että hehtaaria kohti tuotetaan yli 5000 kg maitoa ja hehtaaripäästöt laimenevat vastaavalla maitomäärällä. Maitokiloa kohti saatava päästövähennys väkirehuosuuksien välillä nousee 0,6 kiloon CO₂-e, jos tilan kaikki pellot ovat turvemaita. Päästövähennyksen hinta CO₂-ekvivalenttitonnina kohti tulee sitä edullisemmaksi, mitä enemmän tilalla on turvemaata. Laskennan tulisi ottaa huomioon myös nurmen käyttöikä turvemaalla, koska kyntämällä uusiminen vapauttaa huomattavasti enemmän hiilidioksidia ilmakehään kuin nurmipeitteinen pelto.

Toimenpiteenä karkearehuosuus olisi lisäinen, koska siitä aiheutuu kustannuksia ja toimenpidettä ei toteuteta ilman kannustimia. Maksujärjestelmän rakentaminen turvemaasuuden perusteella

olisi mahdollista, mikäli käytettävissä on luotettava paikannustieto tilakohtaisesta maalajijakaumasta ja rehuntuotannosta. Jälkimmäinen vaatimus voi muodostua kuitenkin hankalaksi toteuttaa.

Rehuhyötysuhteen nosto ruokinnallisin ja eläinjalostuksen keinoin

Toimenpiteet eivät ole lisäisiä, koska keinojen käyttö vähentää maidon tuotantokustannusta. Eläinjalostus on vuosia tai vuosikymmeniä kestävä jatkumo, jonka tulos konkretisoituu tuotoksen lisääntymisenä yhtä eläinpaikkaa kohti. Jalostusindeksiin mukaan otetun rehuhyötysuhteen paraneminen vähentää hiilijalanjälkeä yhtä maitolitraa kohti laskettuna. Vuositasolla päästövähennys on pieni ja jalostuskustannusten kohdentaminen rehuhyötysuhteen edistymiseen on hankalaa.

Rehuhyötysuhteen nosto ruokinnallisin keinoin vähentää rehunkäyttöä tuotettua maitolitraa kohti ja pienentää siten kustannuksia. Toimenpiteen kustannukset ovat suunnittelutyön lisääntyminen.

Nettosato eli sato pellolla miinus varastointitappio vaikuttaa myös osaltaan rehuhyötysuhteeseen. Tappioiden mittaaminen on mahdollista, ja niiden vähentäminen vähentää myös maidon hiilijalanjälkeä. Tämä parantaa suoraan maidontuotannon kannattavuutta, joten lisäksi toimenpiteeksi varastotappion pienentämistä ei voida laskea.

Metaania alentavat rehun lisäaineet

Metaani-inhibiittoreista toistaiseksi myyntiluvan on saanut Bovaer. Bovaerin käyttöä käsitellään raportin myöhemmissä osissa. Lisäainetta joudutaan antamaan useita kertoja päivässä johtuen sen lyhyestä vaikutusajasta. Käyttö rajoittuu siten lähinnä seosrehutiloille ja eläinryhminä kohteena ovat tällä hetkellä ainoastaan lypsy- ja emolehmät sekä uudistukseen käytettävät hiehot. Bovaerin metaania alentava vaikutus on 25–30 %, joka vastaa 0,12 kg CO₂-e/tuotettu maitokilo.

Kehittämisvaiheessa on Bovaerin lisäksi myös muita metaanituotantoa vähentäviä lisäaineita. Useimpien teho on heikko ja lupaavimpien vaihtoehtojen markkinoille tulo vaatii vielä vuosia.

Elinikäistuotoksen parantaminen

Lypsylehmän eliniän pidentäminen vähentää uudiseläinten lukumäärää ja tätä kautta maidontuotannon rehunkulutusta ja kasvihuonekaasupäästöjä. Toisaalta eliniän pidentäminen valtakunnan keskiarvosta vaatii rahallista panostusta ja ammattitaitoa. Keskiarvon ylittävää käyttöikää voisi pitää lisäisenä toimenpiteenä, koska se lisää kustannuksia.

Lypsylehmän eliniän pidentäminen vähentää uudiskarjan osuutta eli uudistusprosenttia, joka tyypillisesti vaihtelee 20-40 prosentissa. Uudistuksen osuus maidon koko hiilijalanjäljestä (1 kg CO₂-e/kg EKM) on luokkaa 20 % ilman maankäyttösektoria. Yhden lisäelinpäivän hiilijalanjälkikuormitus laimenee tuotettuun maitomäärään ja on 0.005 kg CO₂-e/kg EKM. Jos käyttöikää voidaan jatkaa vuodella, maidon hiilijalanjälki pienenee 0.07 kg CO₂-e/kg EKM, kun maankäyttösektori (turvemaasuus 10 %) otetaan mukaan. Vuosi lisää käyttöikää on mahdollinen, mutta hyvin vaativa toimenpide. Käytännössä eliniän jatkamisen vaikutus maidon koko hiilijalanjälkeen jää suhteellisen pieneksi.

Apilan käytön lisääminen

Apilan käytöllä voidaan vähentää nurmien typpilannoitusta ja lannoituksen aiheuttamaa ilmastokuormitusta. Apilan osuuden nosto ei ole päästökaupassa suoraan kompensatiokelpoinen, koska se voisi kuulua hyviin viljelykäytäntöihin. Apilanviljelyn lisääminen olisi kuitenkin muutos vallitsevaan käytäntöön ja tätä kautta sen voisi perustella myös lisäiseksi toimenpiteeksi. Nurmen typpilannoitusta voisi kompensoida apilan osuuden lisäämisellä ja syntyvä päästövähennys voitaisiin kvantifioida. Apilan viljelytekniikka on nurmea vaativampi ja sen satotaso on nurmea vähän pienempi. Apilan vaatimukset suhteessa saataviin lannoitussäästöihin ovat niin suuret, että apilanviljelyn potentiaalista vain osa on käytössä. Tämä voisi olla peruste menetelmän lisäisyydelle.

Apilaa viljellään käytännössä seoksena nurmikasvien kanssa ja realistinen apilan osuus rehussa voisi olla 30 % sadosta. Apilan typensidonta olisi tässä tapauksessa 80 kg N/ha ja lisäksi nurmet saisivat 160 kg N/ha lietteen ja mineraalitypen mukana. Lannoituksen osalta apilan käyttö vähentää mineraalilannoitustarvetta 137 kg N/lehmä/v. Lannoituksen valmistuksen CO₂-e päästöt ovat 3,5 kg CO₂-e/kg N ja levityksen N₂O päästöt 4,2 kg CO₂-e/kg N. Yhteensä 7,7 kg CO₂-e/kg N. Vuositasolla yhtä ekm-litraa kohti laskettuna ilmastokuormituksen pieneminen on siten 0,11 kg CO₂-e/kg ekm, kun nurmesta 30 % korvataan apilalla.

Liharotusiemennysten käytön lisääminen lypsykarjatilloilla

Maidontuotannon kilpailukyvyyn perusedellytyksenä on korkeatasoinen eläinainees. Liharotusiemennysten käyttö on jo kymmeniä vuosia ollut lypsykarjatilloilla tilatason jalostussuunnitelman perusteena. Tavoitteena on parantaa lypsykarjan perinnöllistä edistymistä valitsemalla parhaat lehmät karjan uudistukseen ja siementämällä heikommat lehmät liharotusiemennellä. Aiemmin lähes kaikki lypsylehmien siemennykset tehtiin lypsyroduilla, ja vielä 2000-luvun alkupuolella liharotusiemennysten osuus oli vain noin 4–6 % luokkaa. Nykyisin liharotusiemennysten osuus on 31 % lypsylehmien siemennyksistä ja osuus nousee edelleen (Pirkko Tauren, Faba Osk, henkilökohtainen tiedonanto, 2024). Uudistukseen tarvittavien parhaimpien eläinten siemennykset tehdään nykyään yhä enenevässä määrin sukupuolilajitellulla lypsyrotuisella X-siemennellä. Näin voidaan varmistaa, että syntyvä jälkeläinen on lehmävasikka ja siten tuleva lypsylehmä. Sen sijaan eläimet, joista ei haluta vasikoita uudistukseen, siemennetään enenevässä määrin liharotuisella siemennellä (normaali tai sukupuolilajiteltu Y-siemen). Martikaisen (2018) arvion mukaan maksimissaan noin 66 % kaikista lypsylehmien siemennyksistä voitaisiin tehdä liharoduilla.

Liharotusiemennysten lisääntymisen myötä lypsykarjataloudesta tulevat, teuraaksi kasvatettavat eläimet ovat enenevässä määrin lypsy- ja liharotuisten eläinten risteytyksiä puhtaan lypsyrodun sijaan. Risteytyseläinten rehun hyväksikäyttökyky on puhtaita lypsyrotuisia parempi, jolloin ne voidaan kasvattaa samassa kasvatusajassa ja samalla rehumäärällä suurempiin teuraspainoihin (Huuskonen ym. 2014, Hassinen 2023). Toisin sanoen samalla rehumäärällä voidaan tuottaa enemmän naudanlihaa (sonneilla noin 40 kg ja hiehoilla noin 20 kg suurempi teurassaanto). Tämä pienentää ympäristövaikutuksia tuotettua lihakiloa kohden. Liharotusiemennysten käytön lisääminen tuottaa kuitenkin itsessään lypsykarjatilloille taloudellista hyötyä (perinnöllisen edistymisen parantuminen, risteytysvasikasta maksettava lisähinta), joten toimenpiteellä ei ole edellytyksiä lisäiseksi toimenpiteeksi.

Turvepeltojen vettäminen ja kosteikkoviljely

Turvepeltojen siirtäminen pois tuotannosta ja vettäminen vähentäisi maaperäpäästöjä merkittävästi, jopa 90%. Mikäli lohko siirretään kokonaan pois tuotannosta, täyttää se

lähtökohtaisesti lisäisyyden määritelmän. Kosteikkojen hoitosopimus kuitenkin mutkistaa tilannetta: mikäli lähtötilanteena oli kesanto, vettäminen on taloudellisesti parempi ratkaisu, joten lisäisyyden kriteerit eivät täyty. Lisäksi tämänhetkisenä tulkintana vapaaehtoisten hiilikrediittien kerryttämisestä on, että toimenpiteeseen ei saa saada mitään kansallisia tukia.

Kosteikkoviljelyn tapauksessa riippuu, miten viljelyvaihtoehtojen kannattavuudet vaihtelevat. Tällä hetkellä kosteikkoviljely ei ole kysynnän vähyyden vuoksi yhtä kannattavaa kuin viljojen viljely tai nurmen kasvatus, mikä tekee toimenpiteistä kannattavia. Ongelmaksi muodostuu tässäkin tapauksessa vaatimus, että toimenpiteeseen ei voi saada kansallisia tukia. Miten CAP-tuet istuvat tähän, on vielä avoin kysymys. Tiukan tulkinnan mukaan CAP-tukien nostaminen estäisi hiilikrediittien kerryttämisen.

Säätösalaajitus

Säätösalaajituksella pystytään nostamaan veden pintaa korkeammalle kun lohko ei ole aktiiviviljelyssä. Turvepelloilla siten pienentää maaperäpäästöjä. Viljaa viljellessä päästöt laskevat noin puoleen avo-ojitetun pellon tilanteesta. Säätösalaajitus ei lisää hehtaarikohtaista satoa, mutta viljelypinta-ala saattaa kasvaa hieman, koska tilaa ei tarvitse varata avo-ojille (Wejberg et al. 2024). Toimenpiteen kustannukset kuitenkin ylittävät hyödyt, joten toimenpide on lisäinen. Salaajituskustannuksiin voi kuitenkin hakea kansallista tukea, joka estää hiilikrediittien kerryttämisen.

Peltojen metsitys

Peltojen metsittämisen taloudellinen kannattavuus on lähtökohtaisesti maataloutta pienempi (Rämö et al. 2023). Isoimpana metsänhoidon haasteena on hiilikrediittien kertymiseen liittyvä *ex post* oletus, eli krediitit saa vasta kun päästövähennys tai hiilensidonta on tapahtunut. Metsällä kestää kuitenkin aikaa, ennen kuin alkaa sitomaan hiiltä, ja ensimmäiset 15-20 vuotta kivennäismailla nettovaikutus on lähes nolla (Rämö ym. 2023). Lisäksi turvemaiden metsän perustamisvaiheessa veden pinnan täytyy olla riittävän matalalla, jotta taimien kasvu ei häiriinny, täytyy ojien olla hyvässä kunnossa. Tästä johtuen turvemaiden maaperäpäästöt pienenevät vasta, kun metsä on saavuttanut riittävän tiheyden (100+ m³/ha (Juutinen ym. 2021)) ylläpitääkseen vesitaloutta luonnollisen haihdutuksen avulla, ja mahdollistaen ojien tukkimisen.

Työpaketti 2: Maankäytön kehittäminen

Työpaketin 2 loppuraportti on tämän raportin liitteenä. Päätulokset tiivistettynä alla.

Maaperässä on valtava potentiaali hiilineutraaliustavoitteiden saavuttamisessa. Tutkimuksen tulokset osoittavat, että tilusjärjestelyillä voidaan vaikuttaa turvepeltojen päästöihin. Isoimmat mahdollisuudet hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi tilusjärjestelyissä liittyvät turvepeltojen poistamiseen viljelystä. Optimoimalla maankäyttöä esimerkiksi tilusjärjestelyiden kautta, heikkotuottoisia ja voimakaspäästöisimpiä turvepeltolohkoja on mahdollista siirtää pois viljelykäytöstä. Näitä lohkoja ennallistamalla, vettämällä ja metsittämällä voidaan estää kasvihuonekaasujen vapautuminen ilmakehään myös pidemmällä aikavälillä.

Kirjallisuuskatsauksen perusteella turvepelloilla on valtava vaikutus maataloussektorin päästöihin. Turvepeltojen tehokkaimpia päästövähennyskeinoja ovat kosteikkoviljely, vettäminen tai metsittäminen, sekä uusien peltoalueiden raivaamisen vähentäminen tai lopettaminen.

Tilusjärjestelytoimituksen avulla voitaisiin estää uusien päästölähteiden syntymistä turvepelloilla hillitsemällä uuden pellon raivaustarvetta tai toteuttamalla tilusvaihtoja, jolloin turvemaita saataisiin siirrettyä pois viljelystä ennallistettaviksi. Tilusjärjestelyjen avulla voitaisiin myös hidastaa turvepeltojen päästöjen vapautumista toimituksen yhteydessä toteutettavilla perusparannuksilla, kuten säätösalaajituksella. Tilusjärjestelyjen avulla on myös mahdollista saada olemassa olevat hyvät pellot aktiiviseen viljelykäyttöön.

Tutkimuksen perusteella maapankkitoiminnan laajempaa käyttöönottoa osana tilusjärjestelyitä olisi hyvä pohtia. Maapankkia voitaisiin käyttää tilusjärjestelyssä muun muassa siihen, että turvepellot siirrettäisiin tilusjärjestelyssä maapankkiin ja vaihdossa luovutettaisiin maapankin vaihtomaata. Maapankki voisi tämän jälkeen toteuttaa turvemailla ennallistamistoimia tai vaihtoehtoisesti luovuttaa tai myydä maat eteenpäin maanomistajalle, joka olisi valmis toteuttamaan ennallistamistoimia.

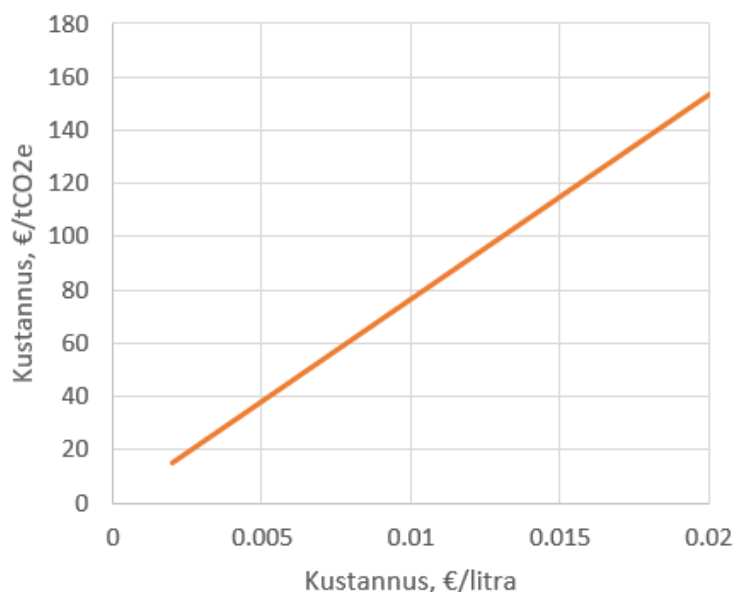
Jotta maanomistajien olisi kannattavaa lopettaa heikkotuottoisten tai voimakaspäästöisimpien turvepeltojen viljely ja luopua turvepelloistaan tilusjärjestelyn yhteydessä, tulee kehittää tehokkaita ja tarkoituksenmukaisia ohjauskeinoja. Tilusjärjestelyn hyödyistä on kerrottava maanomistajille yhä laajemmin, jotta viljelijät haluaisivat mukaan tilusjärjestelyihin ja tilusjärjestelytoimitusten määrää saadaan tulevaisuudessa kasvatettua.

Työpaketti 3

3-NOP (Bovaer-lisäaine)

3-NOP lisäaineen lisääminen rehuun pienentää nautojen metaanipäästöjä. Teho riippuu käytettävästä ruokinnasta. Oletamme tässä analyysissä metaanipäästövähennyksen olevan 25% (Miettinen ym. 2022).

Nautojen kokonaismetaanituotanto oli vuonna 2022 1.2 Mt CO₂ekv/v (Miettinen ym. 2022). 3-NOP lisäaineella vähennyspotentiaali on siten noin 0.3 Mt/CO₂e. 3-NOP lisäaineen hinnassa on vielä epävarmuutta tuotteen uutuuden vuoksi. Rehulisäaineen hinnan vaikutus päästövähennyksen hintaan on esitetty kuvassa 3.1.



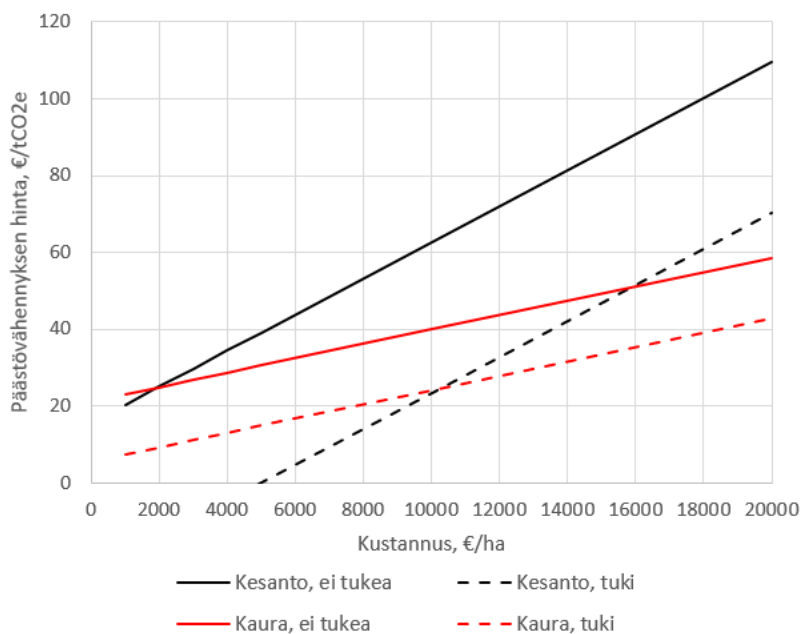
Kuva 3.1: 3-NOP rehulisäaineen päästövähennyksen hinta, kun rehulisäaineen hinta on 0.002-0.02 € per tuotettu maitolitra.

Turvepeltojen vettäminen ja kosteikkoviljely

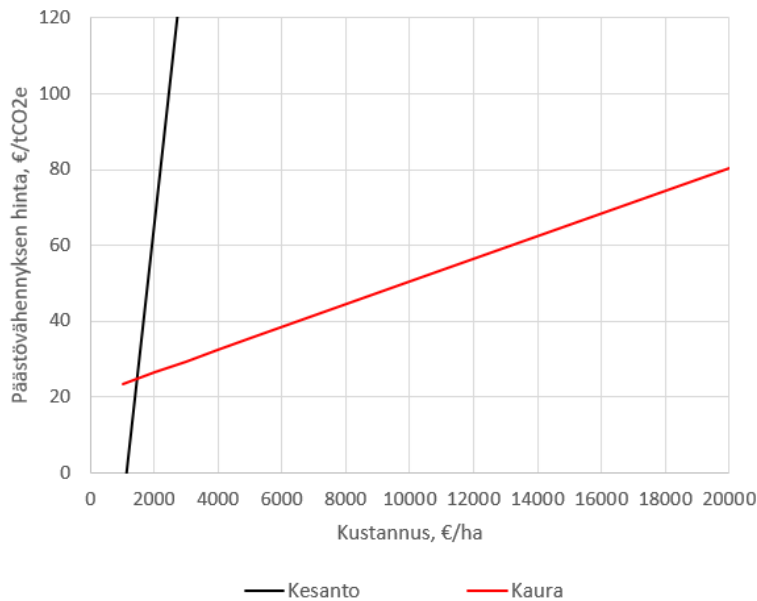
Ojitettujen turvepeltojen vuotuiset päästöt viljan viljelyssä ovat päästökertoimien mukaan 35 tCO₂e ja nurmella/kesannolla 15.8 tCO₂e. Nostamalla veden pintaa turpeen hajoaminen saadaan pysäytettyä ja päästöjä pienennettyä. Vettäminen jälkeen päästöt ovat noin 3 tCO₂e/v.

Päästövähennyksen hinta on sitä korkeampi, mitä korkeammat ovat investointikustannukset (Kuva 3.2). Kesannosta siirryttäessä tulonmenetys on pienempi, jolloin matalilla kustannuksilla vettäminen on kustannustehokkaampaa kuin siirryttäessä kaurasta. Päästövähennys on kuitenkin myös pienempi, joten päästövähennyksen hinta nousee investointikustannusten noustessa voimakkaammin kuin kaurasta siirryttäessä.

Jos peltolohkoa voi hyödyntää vettäamisen jälkeen kosteikkoviljelyssä, muuttuu päästövähennyksen hinta kuvan 3.3 mukaisesti. Ruokohelven viljelystä maanomistaja voi saada maataloustukia, mutta ei kosteikkojen hoitosopimusta. Kasvihuonekaasupäästöt ruokohelven viljelystä turvemailla on noin 15 tCO₂e/ha/v.



Kuva 3.2: Turvepeltolohkon vettämisestä syntyvän päästövähennyksen hinta, kun alkutilana on joko kesanto tai kaura. Tukivaihtoehtona kosteikkojen hoitosopimus 500€/ha/v.



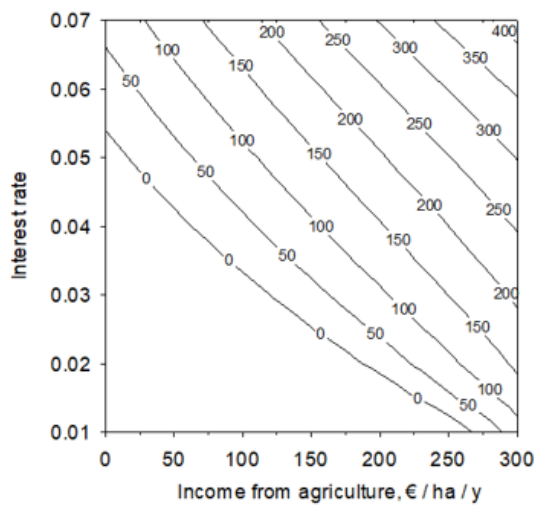
Kuva 3.3: Päästövähennyksen hinta, kun siirrytään turvepellolla kesannosta tai kaurasta kosteikkoviljelyyn ruokohelpeen. CAP-tuet on huomioitu.

Erityisesti kesannosta kosteikkoviljelyyn siirtyminen on erittäin kallista. Tässä pääasiallisena syynä on, että siirtymisen aiheuttama päästövähennys on vain pieni. Lisäksi tavanomaiset maataloustuet ovat matalammat kuin kosteikkojen hoitosopimuksen tukimäärä. Ruokohelven kannattavuuteen vaikuttaa myös kysynnän vähyys; yksikköhinta on vielä pieni. Mikäli tuotteen jalostusaste nousee, nousee myös hinta, parantaen viljelyn kannattavuutta. Kaurasta siirryttäessä päästövähennys on merkittävämpi, pienentäen myös päästövähennyksen hintaa erityisesti korkeilla investointikustannuksilla.

Peltojen metsitys

Peltojen metsityksen päästövähennyksen hinta nousee nopeasti todella korkeaksi. Myös vajaatuottoisella pellolla, jonka vuotuiset tulot kertyvät kokonaisuudessaan maataloustuista, hinta nousee 5-6% korkokannalla satoihin euroihin (Kuva 3.4). Pääasiallisena syynä tässä on metsän kasvun hitaus: metsä alkaa sitomaan hiiltä kunnolla vasta 15-20 vuoden päästä perustamisesta (Rämö ym. 2023). Diskonttauksen myötä tämän tulevan hiilensidonnan nykyarvo on pieni.

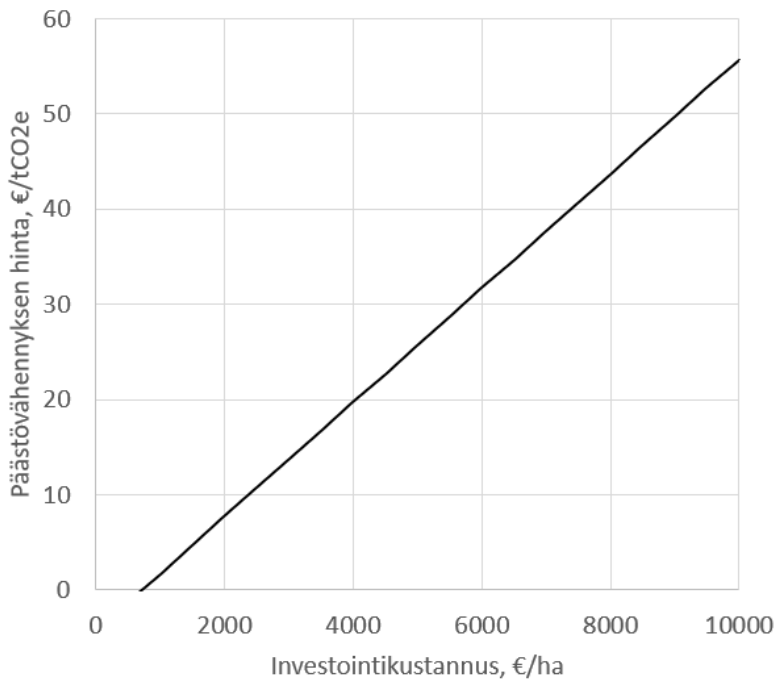
Turvemailla, missä maaperäpäästöt ovat korkeammat, menee vielä pidempään, ennen kuin metsän ja maaperän nettovaikutus kääntyy positiiviseksi.



Kuva 3.4: Päästövähennyksen hinta, kun metsän perustamiskustannukset on 1500€/ha (Rämö ym. 2023)

Säätösalaojitus

Turveltojen säätösalaojituksen nettopäästövähennys, jos oletetaan, että viljelytapaa ei muuteta (I. viljalohko pysyy viljalla, nurmi nurmella), on 10 tCO₂e/ha/v (Wejberg ym. 2024). Tällöin päästövähennyksen hinta riippuu investointikustannuksesta (Kuva 3.5). Säätösalaojituksen suurin satohyöty syntyy, kun avo-ojista voidaan luopua, jolloin viljelypinta-ala kasvaa. Se, että riittääkö tämä kattamaan ojituksesta syntyvät kustannukset riippuu mm. lohkon tuottoisuudesta. Myös säätösalaojituksen ongelma vapaaehtoisia hiilikrediittejä ajatellen on kansalliset investointituet.



Kuva 3.5: Säättösalaojituksella saavutettavan päästövähennyksen hinta

Sertifiointikustannukset

Suorien kustannusten lisäksi toimenpiteisiin kohdistuu sertifiointikustannus, jonka suurus riippuu toimijasta. Sertifiointikustannus siirtää kuvien 3.1-3.5 viivoja ylöspäin, nostaen päästövähennysten hintaa. Kustannus on kiinteä ja tilakohtainen, joten sen vaikutus päästövähennyksen hintaan riippuu tilan koosta. Esimerkiksi mitä enemmän lehmä, sitä pienempi on nauta- ja maitolitrakohtainen kustannus, kun sertifioidaan 3NOP lisäaineen käyttöä. Esimerkiksi 400 000 litran vuosituotannon maitotilalla sertifiointikustannuksen hinta per tuotettu maitolitra on 0.05snt, kun sertifiointikustannus on 200 euroa vuodessa, ja 0.15snt per tuotettu maitolitra, kun sertifiointikustannus on 600 euroa vuodessa. Vastaavasti peltolohkoja vetettäessä riippuu lohkojen pinta-alasta, mikä on hehtaarikohtainen sertifiointikustannus.

Työpaketti 4

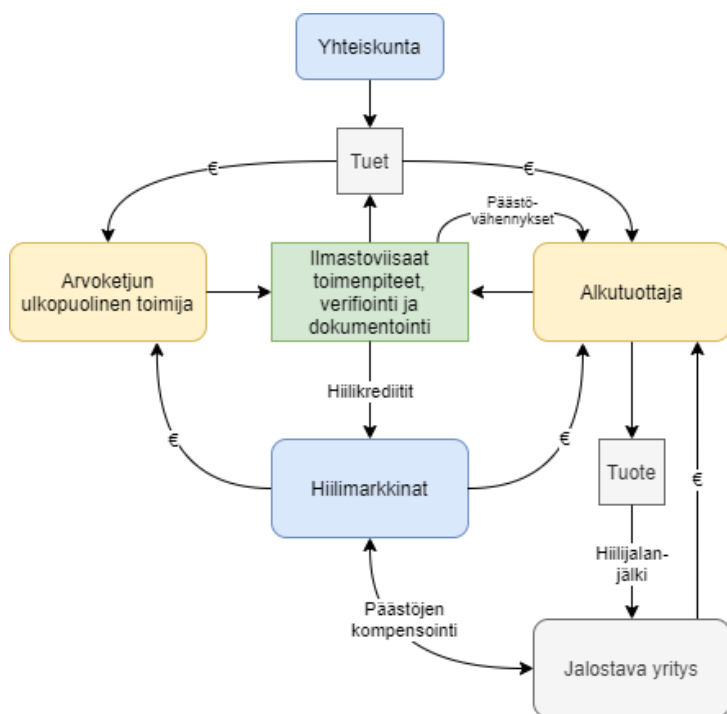
4.1. Toimien soveltuvuus hiilimarkkinoilla

EU:n vapaaehtoisten hiilimarkkinoiden toiminta on muuttumassa, kun Euroopan parlamentin hyväksymä vapaaehtoinen sertifiointikehys (CRCF-asetus) astuu voimaan vuoden 2024 loppuun mennessä. Tämä kehys alkaa lähivuosien aikana ohjata vapaaehtoisten hiilensidonta- ja päästövähennys Hankkeiden sertifiointeja ja hiilikrediittijärjestelmän toimintaa. Tällä hetkellä EU:n alueella toimii kolme kansainvälistä sertifiointijärjestelmää, jotka ovat kehittäneet omia sertifiointimenetelmiä, joissa ohjeistetaan hiilensidonta- ja päästövähennystoimien toteutusta. Nykyiset sertifiointijärjestelmät voivat jatkaa toimintaansa, kun ne toimivat CRCF-asetuksen mukaisesti ja saavat komission hyväksynnän. Yhteenvedo RUUHI-hankkeen TP1:ssä tunnistettujen päästövähennystoimien soveltuvuudesta EU:n vapaaehtoisilla hiilikrediittimarkkinoilla toteutettaviksi toimiksi on esitetty Taulukossa 4.1. Arviointikriteereinä olivat päästövähennysten todennettavuus, lisäisyys, pitkäaikaisuus, kestävyys, kustannusvaikuttavuus ja päästövähennysten potentiaali. Näiden arviointikriteerien perusteella parhaiten soveltuvia toimia ovat turvepeltojen vettäminen siten, että pohjaveden pinta nostetaan 5-30 cm pellon pintatason alapuolelle, turvepeltojen ja kivennäismaiden metsitys ja 3-NOP-lisäaine lypsylehmien metaanipäästöjen vähentämiseksi. Ansaitakseen näiden toimien avulla markkinakelpoisia hiilikrediittejä hankkeen on seurattava jonkin sertifiointijärjestelmän sääntöjä ja sertifiointimenetelmää. Seuraavissa kahdessa kappaleessa on kuvattu sertifiointijärjestelmien toiminta nykytilanteessa ja sen jälkeen, kun CRCF-asetus on astunut voimaan ja alkaa ohjata sertifiointijärjestelmien toimintaa. Vapaaehtoinen sertifiointikehys mahdollistaa hanketoimijana ryhmän viljelijöitä, jotka sitoutuvat hankesuunnitelman mukaisiin päästövähennystoimiin ja joita edustaa yksi hankkeen vastuutoimija. Tällainen ryhmätoimijuuteen perustuva hankerakenne pienentää yksittäisen viljelijän sertifiointikustannuksia ja madaltaa kynnystä osallistua päästövähennys Hankkeisiin.

Työpaketin 3 tuloksissa esitetyt päästövähennysten hinnat vastaavat hiilikrediittimarkkinoilta saatavaa vähimmäishintaa, joilla toimenpide olisi taloudellisesti kannattava. Tällöin hiilikrediittien myynnistä saatava vuotuisen tulon nettonykyarvo vastaa investointikustannusta. Mikäli hiilikrediittien markkinahinta on korkeampi kuin toimenpiteen minimihinta, ylittää krediiteistä kertyvä tulo investointikustannuksen.

Taulukko 4.1. Yhteenvedo TP1:ssä tunnistettujen toimien soveltuvuudesta hiilimarkkinatoimiksi. Arvioinnissa on otettu huomioon todennettavuus, lisäisyys, pitkäaikaisuus, kestävyys, kustannusvaikuttavuus ja potentiaalinen kokonaispäästövähennys Suomen maataloudessa.

Toimenpide	Todennettavuus, päästövähennys	Lisäisyys	Pitkä- aikaisuus	Kestävyys	Kustannus- vaikuttavuus	Potent. päästö- vähennys	Yhteensä
Turvepellon vettäminen tukkimalla/padottamalla ojat ja alapuoliset vesiväylät, vp -5-10 cm (kosteikkoviljely)	+++	++++	++++	+++	++++	++++	++++
Kosteikkoviljely, turvepelto, vedenpinta n. -30 cm, esim. säätöpadotus	+++	++	+++	+++	+++	+++	+++
Säätösalaoitus , nurmiviljely, turvepelto, vp. -30 cm	+++	+++	++	+++	++	+++	+++
Turvepeltojen nurmi yksivuotisten kasvien sijaan	++	+++	+	++	+	+++	++
Ohutturpeisten peltojen metsitys	+++	++++	++++	+++	++	++	+++
Hiiliviljely kivennäismailla	+	+	+	++	+	++++	++
Metsitys kivennäismailla	++	+++	++++	+++	?	+	+++
3-NOP lisäaine lehmien rehuihin	++++	++++	++++	+++	+	++	+++
Biokaasutuotanto	++	+++	+++	+++	+	++++	++
Typen käytön tehostaminen, jaettu lannoitus, täsmäviljely ym.	++	+	+++	+++	? Vähän tutkimuksia	?	++
Lypsylehmien elinikä	+++	+	+++	++	?	+	++



Kuva 4.1: Suunniteltu hiilikrediittimarkkina

Hankkeessa hahmoteltu hiilikrediittimarkkinan toiminta on esitetty kuvassa 4.1. Markkinoilla maanomistajia ja krediittien ostajia oletetaan olevan paljon, eikä krediittien maksimimäärää ole rajattu. Tällöin voidaan olettaa heidän toimivan lähes täydellisillä markkinoilla, jossa kukaan yksittäinen toimija ei pysty vaikuttamaan krediittien hintaan. Mihin krediittien markkinahinta asettuu vaikuttaa siihen, mikä on eri vaihtoehtojen kannattavuus. Taulukossa 4.2 ja kuvissa 4.2-4.3 on laskettu toimenpiteiden krediittien minimihinnat työpaketin 3 keskimääräisillä luvuilla, vuotuinen päästövähennyspotentiaali sekä diskontattu kokonaispotentiaali. Oletuksena on, että yksi hiilikrediitti vastaa yhtä hiilidioksidiekvivalenttitonnia. Diskontatuissa luvuissa on oletettu, että muutos on pysyvä ja ikuinen, ja vuotuiset päästövähennykset ovat nykyarvoistettu diskonttaamalla 6% korkokannalla. Tässä taulukossa ei ole huomioitu sertifiointikustannuksia eikä kosteikkojen hoitosopimustukea. Esimerkiksi jos krediittien markkinahinta on 30 euroa, kattaa hiilikrediittimarkkinoilta saatava myyntitulo säätösalaoituksen ja vettämisen kustannukset (suorat kustannukset ja menetetyt tulot) kun alkutilana on kauran viljely.

Säätösalaoituksen minimikrediittihinta on edullisin, mutta päästövähennystä ei synny kovin paljoa. Säätösalaoituksen suorat kustannukset ovat, tapauksesta riippuen, verrannolliset keskihintaiseen vettämiseen, mutta toimenpiteen jälkeen maanviljely on mahdollista. Tulonmenetystä ei tämän takia synny. Turvepeltojen vettämisen ja kaurasta kosteikkoviljelyyn siirtymisen minimihinnat

samassa luokassa, mutta suurimmat päästövähennykset syntyvät, kun kauran (tai muusta yksivuotisesta viljasta) viljelyyn käytetty turvepeltolohko vetetään.

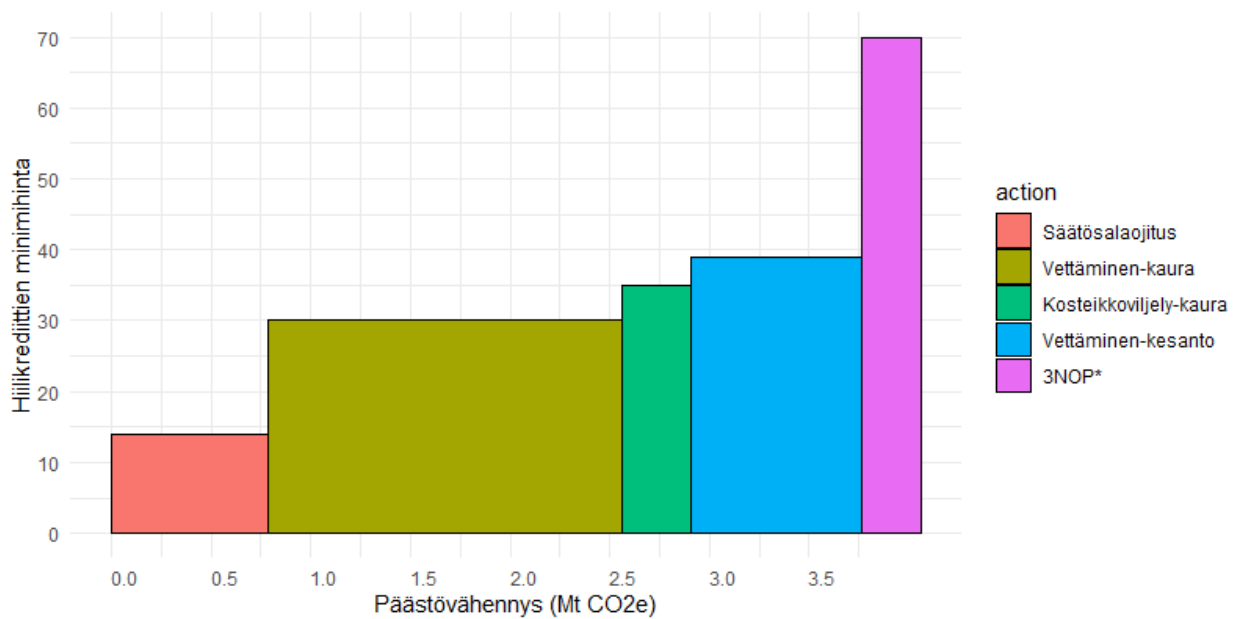
Taulukko 4.2. Toimenpiteiden kreditoinnin minimihinnat laskettuna TP3 keskimääräisillä luvuilla, vuotuinen päästövähennyspotentiaali ja diskontattu kokonaispotentiaali 6% korkokannalla.

Toimenpide	Kreditoinnin minimihinta, €/tCO₂e, 6%	Vuotuinen päästö-vähennys, t CO₂e/ha	Potentiaalinen pinta-ala (TP2), ha	Vuotuinen potentiaali, Mt CO₂e	Diskontattu päästö-vähennys, 6%, tCO₂e/ha (/lehmä)	Diskontattu kokonais-potentiaali, Mt CO₂e
Säätösalaajitus	14	10	79000	0.79	167	13.17
Vettäminen, kaura	30	27	65500 ¹	1.77	450	29.48
Kosteikkoviljely, kaura	35	15	23000	0.35	250	5.75
Vettäminen, kesanto	39	13	65500 ¹	0.85	217	14.19
3NOP	70	1.3		0.30	20	5.00
Kosteikkoviljely, kesanto	291	0.3	(23000) ²	0.01	5	0.12
Metsitys, kivennäismaa, vajaatuottoinen	300	0.09	10000 ³	0.00	15	0.15

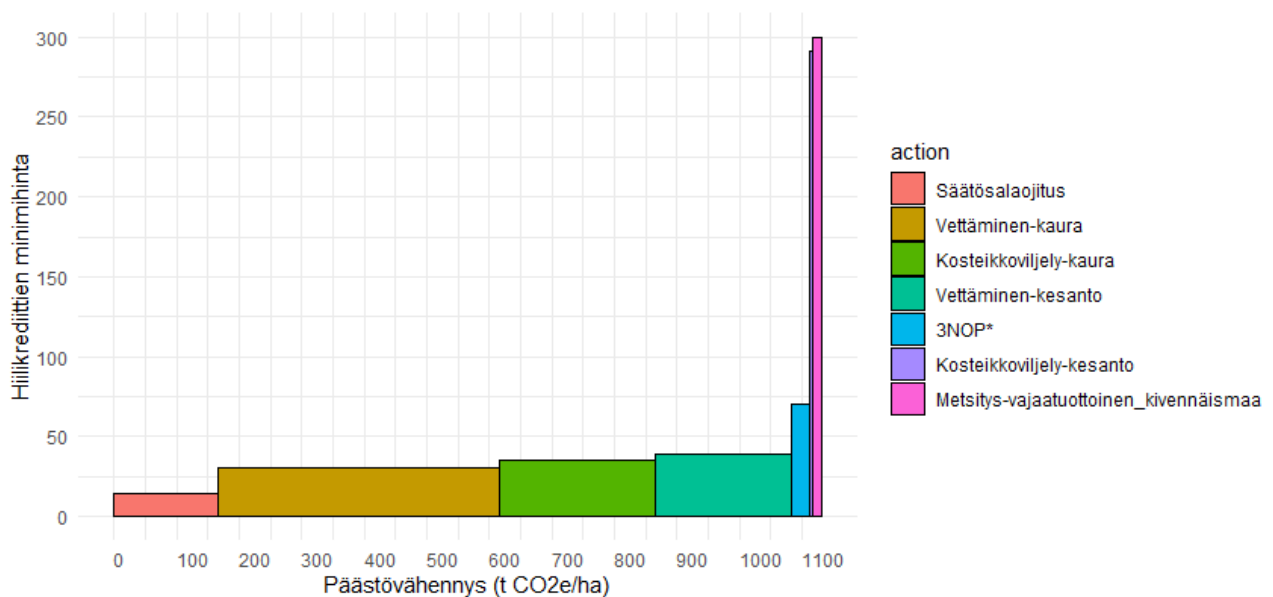
¹ Vettämisen kokonaispotentiaali 131000ha, oletettu puolet kohdistuvan viljan viljelyssä oleviin lohkoihin, puolet kesanto/nurmi.

² Kosteikkoviljelyyn siirtyminen kesannolta/nurmelta ei ole hiilikrediittimarkkinoita ajatellen tehokasta johtuen päästövähennyksen pienuudesta, oletettu potentiaalisen pinta-alan kohdistuvan täysin viljalohkoihin.

³ Metsitys ei hiilikrediittimarkkinamielessä ole tehokasta, laskentaa varten pinta-ala oletettu 10000ha.



Kuva 4.2: Toimenpiteiden krediittien minimihinta ja vuotuinen päästövähennyspotentialiaali. Kuva laskettu keskimääräisillä luvuilla TP3 tuloksista.



Kuva 4.3: Toimenpiteiden krediittien minimihinta ja hehtaarikohtaisen päästövähennyksen nykyarvo diskontattuna 6% korkokannalla. Kuva laskettu keskimääräisillä luvuilla TP3 tuloksista.
 *3NOP:n päästövähennys on muutettu hehtaarikohtaiseksi kertomalla lehmäkohtainen päästövähennys 1.3:lla rehuntuotannon ja -kulutuksen pohjalta.

4.2. Vapaaehtoisten hiilimarkkinoiden nykytilanne

Tällä hetkellä EU:n vapaaehtoisilla hiilimarkkinoilla toimii viisi sertifiointijärjestelmää (Taulukko 4.3), joista kolme on kansainvälisiä toimijoita (Verra, Gold Standard ja Puro.earth) ja kaksi kansallisia toimijoita (Label bas-carbone ja UK Peatland Code). Sertifiointijärjestelmät kehittävät ja ylläpitävät sääntöjä, vaatimuksia ja sertifiointimenetelmiä hankkeisiin, joiden tavoitteena on vähentää kasvihuonekaasupäästöjä tai sitoa ilmakehän hiilidioksidia pysyvään muotoon. Sertifiointimenetelmät ovat yksityiskohtaisia toimintaohjeita vapaaehtoisten hiilenpoisto- ja päästövähennystoimien toteuttamiseksi ja sertifioitujen hiilenpoistokrediittien ansaitsemiseksi. Sertifiointijärjestelmät todentavat hankkeissa toteutettujen hiilenpoisto- ja päästövähennystoimien vaikutukset ja myöntävät poistoihin perustuvat hiilikrediitit. UK Peatland Code -järjestelmää lukuun ottamatta sertifiointijärjestelmät myös hallinnoivat hankkeissa muodostuvien hiilikrediittien rekisteröintiä. Sertifiointijärjestelmät käyttävät päästövähennyksiä tai hiilensidontaa toteuttavien hankkeiden tarkastuksissa ja seurannassa akkreditoituja validointi- ja verifiointielimiä (Validation/Verification Bodies; VVBs). Nämä validointi- ja verifiointielimet todentavat hankkeen peruskehitysuran sekä ennakoitua ja saavutettua päästövähennykset.

Hiilensidontaa tai päästövähennyksiä toteuttava hanke käy tyypillisesti läpi neljä vaihetta hankkeen alusta hiilikrediittien myöntämiseen asti. Ensimmäisessä vaiheessa hankkeen edustaja valitsee toimenpiteisiinsä soveltuvan sertifiointimenetelmän, laatii hankekuvauksen sertifiointijärjestelmän ohjeistuksen mukaan ja lähettää sen järjestelmän käsittelyyn. Kansainvälisillä sertifiointijärjestelmillä on kokoelma valmiita sertifiointimenetelmiä, jotka järjestelmä on tarkistanut ja hyväksynyt. Jos hankkeen päästövähennys- tai hiilensidontatoimiin ei löydy valmista menetelmää, hanketoimija voi itse kehittää ja tarjota oman sertifiointimenetelmänsä sertifiointijärjestelmän hyväksyttäväksi. Uuden sertifiointimenetelmän kehittäminen voi olla usean vuoden prosessi alusta sertifiointijärjestelmän hyväksyntään asti. Toisessa vaiheessa sertifiointijärjestelmän hyväksymä validointi- ja verifiointielin (VVB) tarkastaa, että hankesuunnitelma täyttää sertifiointijärjestelmän säännöt ja vaatimukset ja vahvistaa hankkeen kelpoisuuden. Tämän jälkeen hanke voidaan rekisteröidä sertifiointijärjestelmän hankkeeksi. Kolmannessa vaiheessa hanketoimijan tehtävä on seurata ja mitata hankkeen toimien toteutumista hankesuunnitelmassa määritellyn seurantajakson ajan ja raportoida näistä validointi- ja verifiointielimelle, joka tarkistaa ja todentaa päästövähennysten ja hiilensidontan toteutumisen.

Neljännessä vaiheessa sertifiointijärjestelmä hyväksyy hankkeen saavuttamat päästövähennykset ja hiilensidonnan ja myöntää ja rekisteröi hankkeen ansaitsemat hiilikrediitit, joista tulee hankkeen omaisuutta.

Taulukko 4.3. Nykyiset vapaaehtoisilla hiilimarkkinoilla toimivat sertifiointijärjestelmät

Sertifiointijärjestelmä	Sertifiointijärjestelmän omistaja	Toiminta-alue
Verra Carbon Standard (VCS) ¹	Verra	Kansainvälinen
The Gold Standard (GS) ²	The Gold Standard Foundation	Kansainvälinen
The Puro Standard ³	Puro.earth	Kansainvälinen
Label bas-Carbone	Ministère de l'Écologie	Kansallinen
UK Peatland Code	IUCN UK Peatland Programme	Kansallinen

¹ https://verra.org/wp-content/uploads/2022/09/VCS-Standard_v4.3-watermarked.pdf

² <https://globalgoals.goldstandard.org/113-par-validation-and-verification-standard/>

³ <https://7518557.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/7518557/General%20Rules/Puro%20Standard%20General%20Rules%20v3.1.pdf>

⁴ https://www.legifrance.gouv.fr/download/pdf?id=zZ2KTMyl-HoWvJ3vWAl34jd_UBFOozErfaZVolAXJB2Q=

⁵ https://www.iucn-uk-peatlandprogramme.org/sites/default/files/2023-03/Peatland%20Code%20V2%20-%20FINAL%20-%20WEB_0.pdf

4.3. EU:n hiilenpoistoja ja hiiliviljelyä koskeva sertifiointikehys

Euroopan parlamentti hyväksyi huhtikuussa 2024 poliittisen sopimuksen asetuksesta (CRCF-asetus), jolla perustetaan ensimmäinen EU-tason vapaaehtoinen sertifiointikehys, joka koskee pysyviä hiilenpoistoja, hiiliviljelyä ja hiilen varastointia tuotteisiin. Lopullinen asetusteksti julkaistaneen vuoden 2024 loppuun mennessä. Tämän vapaaehtoisen kehysten tarkoituksena on edistää hiilenpoistoon ja maaperän päästövähennyksiin liittyviä toimia EU:ssa, luoda sertifiointijärjestelmiä ohjaava EU-tason säännöstö ja laatukriteeristö sekä laatia kokoelma EU-tason

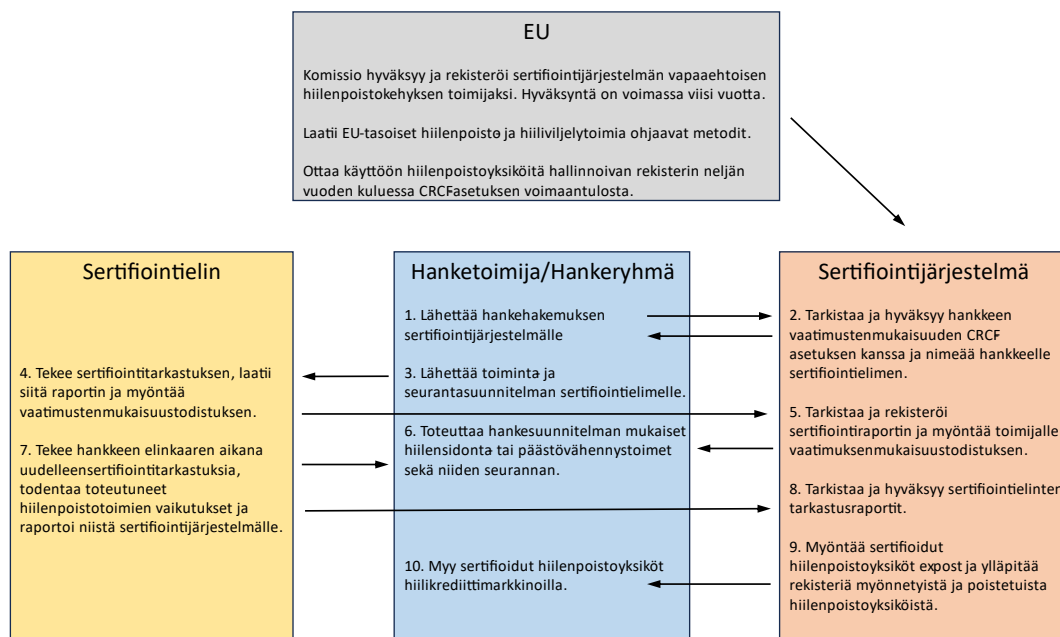
sertifiointimenetelmiä, jotka ohjaavat hiilenpoisto- ja päästövähennyshankkeiden toteuttamista. Sertifiointikehys jakaa hiilenpoisto- ja päästövähennystoimet neljään ryhmään: **1.** pysyvät hiilenpoistot, joiden avulla ilmakehän hiilidioksidi tai biogeeninen hiili varastoidaan vuosisatojen ajaksi, **2.** hiilen väliaikainen varastointi pitkäkestoihin tuotteisiin vähintään 35 vuoden ajaksi (esim. puurakenteiset rakennukset), **3.** hiilen väliaikainen varastointi hiiliviljelyn avulla vähintään 5 vuoden ajaksi (esim. metsien ja maaperän ennallistaminen ja kosteikkojen hoito), **4.** maaperän päästöjen vähentäminen (viljelytoimien avulla saavutettavat hiili- ja typpioksiduulipäästöjen vähennykset).

Tällä hetkellä vapaaehtoisilla hiilimarkkinoilla hiilensidontaa ja päästövähennyksiä ohjeistavat sertifiointimenetelmät ja verifiointisäännöt ovat sertifiointijärjestelmien itsensä kehittämiä ja asettamia. Lähivuosien aikana Euroopan komission tavoitteena on valmistella CRCF-asetusta koskevat täytäntöönpanosäädökset, jotka ohjaavat hiilenpoisto- ja hiiliviljelyhankkeita verifioivien sertifiointijärjestelmien toimintaa. Lisäksi Euroopan komission tavoitteena on kehittää, ottaa käyttöön ja julkaista delegoiduissa asetuksissa ensimmäiset EU-tasoiset sertifiointimenetelmät vuoden kuluessa sertifiointikehystä koskevan asetuksen voimaantulosta. Näiden sertifiointimenetelmien tarkoituksena on varmistaa CRCF-asetuksessa yksilöityjen **QUALITY**-laatukriteerien (**QU**antification, **A**dditionality, **L**ong-term storage and sustainability) toteutuminen määrittelemällä tekniset säännöt, jotka koskevat hiilenpoisto- ja päästövähennystoimien verifiointia, seuranta ja raportointia. Lisäksi komissio asettaa täytäntöönpanosäädöksiensä avulla tekniset säännöt ja vähimmäisvaatimukset kolmansien osapuolien toiminnalle, joka liittyy hiilen poistojen toteuttavien hankkeiden verifointiin, sertifointiin, uudelleensertifointiin, sertifointielimiin, sertifiointijärjestelmiin ja niiden rekisteröintiin. Todennäköisesti nykyiset sertifiointijärjestelmät jatkavat vapaaehtoisten hiilimarkkinoiden keskeisinä toimijoina CRCF-asetuksen voimaantulon jälkeenkin, mutta jatkossa niiden toimijuus perustuu Komission hyväksymispäätökseen. Komissio hyväksyy arvioinnin perusteella sellaiset sertifiointijärjestelmät, jotka kattavat kaikki CRCF-asetuksen vaatimukset ja asiaankuuluvat EU:n sertifiointimenetelmät.

Vapaaehtoisen sertifiointikehysten mukainen hiilenpoisto- ja hiiliviljelyhankkeen prosessi hankeideasta hiilimarkkinakelpoisiksi sertifioituiksi hiilenpoistoyksiköiksi on kuvattu kuviossa 4.4. CRCF-asetus määrittelee neljä keskeistä toimijaa ja niiden roolit hiilenpoistohankkeiden verifointiprosessin eri vaiheissa.

- **EU:** Euroopan komissio tunnistaa ja hyväksyy CRCF-asetuksen mukaan toimivat sertifiointijärjestelmät. Hyväksyminen on voimassa viisi vuotta. Komissio kehittää EU-tasoiset hiilenpoisto- ja hiiliviljelytoimia ohjaavat sertifiointimenetelmät, jotka julkaistaan delegoiduissa asetuksissa.
- **Sertifiointijärjestelmät:** Ovat kaupallisia tai valtionhallinnon organisaatioita, jotka varmentavat, että hanketoimijat täyttävät CRCF-asetuksen vaatimukset. Ne nimittävät ja valvovat sertifiointielimet ja valvovat hanketoimijoiden sertifiointia.
- **Sertifiointielimet:** Ovat kansallisten akkreditointielimien tai toimivaltaisten viranomaisten hyväksymiä kolmannen osapuolen toimijoita. Nämä elimet tekevät hankkeiden sertifiointi- ja uudelleensertifiointitarkastuksia sertifiointijärjestelmien puolesta. Ne varmistavat, että hanketoimijat noudattavat CRCF-asetuksen vaatimuksia ja asiaankuuluvia sertifiointimenetelmiä.
- **Hanketoimijat:** Ovat luonnollisia tai oikeushenkilöitä, jotka toteuttavat hiilenpoistotoimia ja saavat hankkeilleen sertifiointin sertifiointijärjestelmältä. Hanketoimijana voi olla myös yksittäisistä toimijoista koostuva ryhmä, jota edustaa yksi hankkeen vastuhenkilö.
- **CRCF-rekisteri:** On EU:n laajuinen rekisteri, joka seuraa, vaihtaa ja poistaa käytöstä sertifioituja yksiköitä. Tämä rekisteri otetaan käyttöön neljän vuoden kuluessa CRCF-asetuksen voimaantulosta.

Sertifioidut hiilenpoistoyksiköt muodostuvat hankkeen toimien toteutusajanjaksona, ja sertifiointijärjestelmä voi myöntää ne hanketoimijalle sen jälkeen, kun sertifiointielin on tehnyt uudelleensertifiointitarkastuksen ja todentanut hanketoimien tuloksena saavutetut hiilensidonta- ja päästövähennykset. Tällä hetkellä sertifiointijärjestelmät hallinnoivat itse hiilensidonta- ja päästövähennyshankkeissa myönnettyjen hiilikrediittien kertymistä ja käyttöä koskevia rekistereitä. Komission tehtävänä on valmistella ja ottaa käyttöön EU:n hallinnoima CRCF-rekisteri neljän vuoden kuluessa CRCF-asetuksen voimaantulosta. Kotieläinten ruoansulatuksesta ja lannan käsittelystä aiheutuvien päästöjen vähennystoimet eivät vielä ensimmäisessä vaiheessa sisälly sertifiointikehykseen, mutta Komission tehtävänä on laatia vuoden 2026 heinäkuuhun mennessä selvitys näihin päästölähteisiin liittyvien vähennystoimien sisällyttämisestä sertifiointikehykseen.



Kuva 4.4. Hiilenpoisto- ja hiiliviljelyhankkeen prosessikuvaus hankeideasta hiilimarkkinakelpoisiksi sertifioituksi hiilenpoistoyksiköiksi.

4.4. Hiilimarkkinoihin liittyviä avoimia kysymyksiä.

Merkittävimmät vapaaehtoiisiin hiilimarkkinoihin liittyvät avoimet kysymykset liittyvät kaksoislaskentaan ja lisäisyyteen.

Merkittävin haaste on valtion päästövähennystavoite, ja miten se vaikuttaa kaksinkertaisen hyväksiluvun kautta. Koska Suomessa tällä hetkellä kansallinen kasvihuonekaasuinventaario raportoi käytännössä kaikki maa- ja metsätalouden päästöt ja poistumat, niin päästöjen vähentäminen näkyy suoraan näissä laskelmissa. Koska päästövähennystä ei saa lukea kahteen kertaan (eli valtion ja kredittien ostajan hyväksi), tämä tulkinta käytännössä vie pohjan hiilikrediittimarkkinoilta. Kaksoislaskentakriteerin takia kredittejä ei voi käyttää *kumoamaan* päästöjä ja siten kompensoida tuotteen hiilijalanjälkeä, mutta ostaja voi hyödyntää ostettuja kredittejä *ilmastotukiväittämän*, jolla voi ”kertoa tukevansa Suomen ilmastotavoitteita ostamiansa yksiköiden määrällä” (Hiilikompensaatioinfo.fi 2024).

Toinen kysymys liittyy kansallisten tukien vaikutukseen toimenpiteiden lisäisyyteen. Tämänhetkisen tiukan tulkinnan mukaan, jos toimenpiteen suorittamiseen nostaa kansallisia tukia, ei toimenpide

ole lisäinen. Lisäkysymys kuitenkin on osittaiset tuet. Lisäisyys on määritelty Hiilikompensaatioinfo.fi-sivustolla seuraavasti:

”Hillintätoimi on lisäinen, jos sitä ei tapahtuisi normaalitilanteessa ilman ilmastoyksiköiden myynnistä saatavia tuloja.”

Toisinsanottuna, jos ilmastotoimi on taloudellisesti kannattavaa, se kannattaisi toteuttaa riippumatta hiilikrediittimarkkinoista. Jos toimenpiteeseen saa osittaista tukea (esimerkiksi säätösalaojituksen investointituki), ei toimenpide täytä lisäisyyden määritelmää, vaikka toimenpide tuen kanssakaan ei olisi kannattava.

4.5. Tapaus: Valion maitotila Pohjanmaalla

Hankkeessa haastateltiin tilallista Pohjanmaalta, jonka tilan lohko vetettiin Vedet haltuun valuma-alueilla -hankkeen yhteydessä. Haastattelun tarkoituksena oli saada tausta-aineisto talouslaskentoja varten. Haastattelu suunniteltiin yhteistyössä OFFCORR-hankkeen kanssa.

Vetetty peltolohko oli 2.4 hehtaarin järvenrantalohko. Tavoitteena oli muuttaa kohde lintukosteikoksi. Viljelijän mukaan kohde oli ollut pääasiassa ”hömppäheinällä”. Kohteen viljely ei ole ollut mielekästä, ja lähinnä vain kerryttänyt maataloustukia. Yleisesti pitää tämänkaltaisen toiminnan tukemista rahan haaskauksena, joten kun tarjottiin mahdollisuutta hankkeen puitteissa muuttaa kohde lintukosteikoksi, niin lähti mukaan.

Kohde suunniteltiin erittäin tarkasti, ja siten kustannukset olivat suhteellisen korkeat. Yhteensä kuluja syntyi koko lohkolta hieman yli 16 000 euroa (alv 0%). Tähän summaan sisältyy myös kohteen suunnittelu ja toteutussuunnitelma, joiden hehtaariohtainen jyvitys ei ole näin suoraviivaista, joten tarkastelu tehdään peltolohkotasolla.

Lohko on ollut rehuheinän viljelyssä, mutta viljelijä sai järjesteltyä toimintaansa siten, että vuotuinen tulonmenetys oli lähinnä maataloustukia, eli noin 200 euroa hehtaaria kohti. 6% diskonttokorolla tämä tarkoittaa 8000 euron nettonykyarvoa koko lohkon osalta. Yhteensä suoria kuluja ja tulonmenetyksiä syntyi siis noin 24 000 euroa.

Nurmen ja kesannon vuotuiset päästöt turvepelloilla on kansallisen kasvihuonekaasuinventaario kertomilla 15.8 t CO₂e/ha, ja vetettynä 3 t CO₂e/ha. Päästövähennystä koko lohkolta toimenpide siis tuottaa noin 30 t CO₂e vuosittain. Huomioiden kustannukset ja tulonmenetykset, täytyisi

hiilikrediitin hinnan olla 47.4 euroa hiilidioksidiekvivalenttitonnia kohti, jotta krediittien myynnistä syntyvä tulo kattaisi toimenpiteen kustannukset.

Ilman hiilikrediittimarkkinoita lohkolta voisi saada kosteikkojen hoitosopimuksen mukaista tukea 500 euroa hehtaaria kohti, eli 1200 euroa lohkolta. 6% diskonttokorolla tukien nettonykyarvoksi koko lohkon osalta tulee 20 000 euroa, eli toimenpide olisi kannattamaton.

Lähteet

van Baren, S., Arets, E., Dankers, C., Lesschen J.P., Sybenga, J., Demmendaal-Wit, F., and Karsch, P. 2023. Review of certification methodologies for carbon farming – survey results and first assessment of coverage of the QU.A.L.ITY criteria.

https://climate.ec.europa.eu/document/download/456ef0dd-5614-4643-99d6-dd531921658e_en?filename=policy_carbon_expert_carbon_farming_en.pdf

European Commission 2019. The European Green Deal.

https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/european-green-deal-communication_en.pdf

European Commission 2024. Working Paper on verification rules under the CRCF Regulation.

https://climate.ec.europa.eu/document/download/11918cd7-3199-47f5-9ab3-a4c977d27329_en?filename=event_20240923_verification_rules_en.pdf

European Commission 2024. Q&A on the provisional agreement on the Regulation establishing an EU-wide voluntary framework for certifying permanent carbon removals, carbon farming and carbon storage in products (CRCF Regulation).

https://climate.ec.europa.eu/document/download/a8abe1c4-a3c6-4c94-be0e-4b76f7fd0308_en?filename=policy_carbon_faq_crcf_regulation_en.pdf

Hassinen, S. 2023. Liharoturisteytyksissä piilee vielä potentiaalia. Nauta 2/2023: 37.

Hiilikompensaatioinfo.fi. 2024. Vapaaehtoiset hiilimarkkinat Suomessa - Tietoa päästöjen kompensoinnista ja ilmastoyksiköiden käytöstä.

Huuskonen, A., Pesonen, M., Kämäräinen, H. & Kauppinen, R. 2014. Production and carcass traits of purebred Nordic Red and Nordic Red × beef breed crossbred bulls. Journal of Agricultural Science 152, 504–517. <https://doi.org/10.1017/S0021859613000749>

Juutinen, A., Shanin, V., Ahtikoski, A., Rämö, J., Mäkipää, R., Laiho, R., ... & Saarinen, M. (2021). Profitability of continuous-cover forestry in Norway spruce dominated peatland forest and the role of water table. Canadian Journal of Forest Research, 51(6), 859-870.

Lehtonen ym. 2021. Maankäyttösektorin ilmastotoimenpiteet: Arvio päästövähennysmahdollisuuksista. Luke luobio 7/2021. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-152-3>

Martikainen, S. 2018. Kannattaako liharoturisteytys lypsykarjassa? Opinnäytetyö. Savonia ammattikorkeakoulu. 36 s.

Miettinen, A., Koikkalainen, K., Silvan, N & Lehtonen, H. 2020. Kosteikkoviljelyn päätuote turvepellolla on päästövähennys. Käytännön Maamies 10/2020: 36-38. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2020110989695>

Miettinen, A., Aakkula, J., Koikkalainen, K., Lehtonen, H., Luostarinen, S., Myllykangas, J.-P., Sairanen, A. & Silfver, T. 2022. Hiilineutraali Suomi 2035: Maatalouden lisätoimenpiteiden ja ruokavaliomuutoksen päästövähennysvaikutukset. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 73/2022. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 69 s

Purola, T. & Lehtonen, H. 2021. Farm-Level Effects of Emissions Tax and Adjustable Drainage on Peatlands. Environmental Management <https://doi.org/10.1007/s00267-021-01543-1>

Rämö, J., Tupek, B., Lehtonen, H., & Mäkipää, R. (2023). Towards climate targets with cropland afforestation—effect of subsidies on profitability. Land Use Policy, 124, 106433.

Tilastokeskus. 2020. Greenhouse gas emissions in Finland 1990 to 2018. National Inventory Report under the UNFCCC and the Kyoto Protocol 9 April 2020. Saatavilla http://www.stat.fi/static/media/uploads/tup/khkinv/fi_nir_un_2018_2020_04_09.pdf

Tilastokeskus. 2021. Suomen kasvihuonekaasupäästöt 1990-2020. https://www.stat.fi/static/media/uploads/yymp_kahup_1990-2020_2021_23462_net.pdf

Turvetyöryhmä 2021. Työpaperi. Työ- ja elinkeinoministeriö 30.3.2021. <https://tem.fi/documents/1410877/67934370/Turvety%C3%B6ryhm%C3%A4,+ty%C3%B6paperi+>

[30.03.21.pdf/e03ce6ed-5858-c9bb-962f-](https://30.03.21.pdf/e03ce6ed-5858-c9bb-962f-9c944244e146/Turvety%C3%B6ryhm%C3%A4,+ty%C3%B6paperi+30.03.21.pdf?t=1617109410705)

9c944244e146/Turvety%C3%B6ryhm%C3%A4,+ty%C3%B6paperi+30.03.21.pdf?t=1617109410705

Wejberg, H., Miettinen, A., Lehtonen, H., Mäkelä, M., Häggblom, O. & Myllys, M. 2024. Vesienhallinnan taloudelliset edellytykset turvepelloilla. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 78/2024. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 41 s.

UNFCCC, 2015. <https://cop23.unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>