

Ilmastopaneeli

YMPÄRISTÖLLISESTI JA SOSIAALISESTI
KESTÄVÄ ILMASTOPOLITIIKKA
MAATALOUDESSA

MARKKU OLLIKAINEN, MARJA JÄRVELÄ, PIRJO PELTONEN-SAINIO,
JUHA GRÖNROOS, SANNA LÖTJÖNEN, TEEA KORTETMÄKI, KRISTIINA
REGINA, KAIJA HAKALA, TARU PALOSUO

Suomen ilmastopaneeli
Raportti 1/2014

Markku Ollikainen¹, Marja Järvelä², Pirjo Peltonen-Sainio³, Juha Grönroos⁴, Sanna Lötjönen¹, Teea Kortetmäki², Kristiina Regina³, Kaija Hakala³ ja Taru Palosuo³

¹Helsingin yliopisto HY

²Jyväskylän yliopisto JY

³Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT

⁴Suomen ympäristökeskus SYKE

TIIVISTELMÄ

Raportissa *hahmotetaan saatavilla olevaan tutkimukseen nojaten millaiselta sosiaalisesti hyväksyttävä ja samalla taloudellisesti ja ympäristöllisesti kestävä ilmestopolitiikka maataloudessa voisi näyttää.* Lähtökohtana on, että maataloudessa tehtävien toimien tulisi olla tehokkaita taloudellisesti ja ilmaston kannalta. Samalla tulisi suosia toimia, joita viljelijät pitävät hyväksyttävimpinä.

Maatalouden kasviuonekaasupäästöt ovat noin 20 % (hiilidioksidiekvivalentteina noin 14,3 miljoonaa tonnia) Suomen kokonaispäästöistä. Maataloudelle kansallisesti asetettu kasviuonekaasujen vähentämisvelvoite on 13 % ja se kohdistuu vain ns. maataloussektoriin, jonka suurimmat päästöt ovat eloperäisten maiden viljelystä aiheutuvat dityppioksidipäästöt ja märehitijöiden metaanipäästöt. Asetetun vähennystavoitteen piiriin eivät kuulu maaperän CO₂-päästöt ja maatilojen energiankulutuksen päästöt.

Päästöjen vähennystavoitteen saavuttaminen pelkästään laskemalla lannoitekäyttöä ja sopeuttamalla märehitijöiden määrää on hankalaa ja kallista. Maatalouteen kohdistettavan ilmestopolitiikan *näkökulmaa tulisikin laajentaa kattamaan erityisesti maankäyttöön liittyvät ratkaisut*, koska maaperän CO₂-päästöjen vähentäminen on suhteellisen edullista. Olisi myös harkittava, voidaanko maatalouden energiankäytön tehostuminen ja uusiutuvien energiamuotojen lisääminen lukea maatalouden hyväksi energiasektorin sijaan. Raportoinnin muutos tekisi viljelijöiden ponnistuksista läpinäkyvämpiä ja kasvattaisi motivaatiota kasviuonekaasupäästöjen vähentämiseen.

Kustannusvaikuttavimpia kasviuonekaasupäästöjen *vähentämistoimia ovat eloperäisiin maihin kohdistuvan pellonraivaustarpeen vähentäminen erityisesti lannan separoinnin edistämisen avulla, eloperäisten maiden pitkäaikainen viherkesannointi tai nurmiviljely, sekä tuotannossa tarpeettomaksi käyvien, ruokaturvan kannalta merkityksettömien peltojen metsittäminen.* Biokaasun tuottaminen voi tulla kannattavaksi, mikäli tilakohtaiset tekijät sopivat pienimuotoiseen tuotantoon tai tilan lähiympäristö tarjoaa riittävästi kysyntää suuremmassa mittakaavassa tuotettavalle lämmölle.

Viljelijät ovat valmiit *sisäistämään ilmestopolitiikan tavoitteet edellyttäen, että ne eivät lisää byrokratiaa, rajoita tuotantomahdollisuuksia, monimutkaista ohjausjärjestelmää ja luovat toiminnalle positiivisia kannustimia.* Tästä näkökulmasta katsottuna investointituet (lannan separointi, biokaasu) tai pitkäaikaisen viherkesannoinnin tai nurmiviljelyn tuki toiminevat parhaiten. On samalla tarpeen tarkistaa, että kaikki maatalouspolitiikan osat, CAP-tilatuki, kansallisten tukien kautta tehtävä ohjaus sekä maaseutuohjelman kautta tapahtuva ympäristöohjaus toimivat samaan suuntaan, ilmastollisesti kestäväällä tavalla.

Lämpenevä ilmasto muuttaa maatalouden tuotannon ehtoja. Kasvintuotannossa sopeutumisen ja hillinnän synergiaedut luodaan toimenpiteillä, jotka kasvattavat kasvustomassan tuotantoa pinta-alaa kohti tai vähentävät typpilannoitusta satotasojä laskematta. *Sopeutumistoimien vaikutukset päästöihin näyttävät jäävän useimmiten pieniksi, joten mitään sopeutumistoimenpidettä ei ole syytä hylätä päästövaikutusten perusteella.*

1. JOHDANTO

Maataloutta voidaan tarkastella ilmastokeskustelussa yhtä aikaa joko syyllisenä tai uhrina tai jopa ilmaston pelastajana. Maatalous aiheuttaa kasvihuonekaasupäästöjä voimistaen ilmastonmuutosta, mutta bioenergian tuottamisen ja hiilen sidonnan avulla se auttaa korvaamaan fossiilisia päästöjä. Ilmastolle erittäin alttiina toimialana maatalous kohtaa muuttuvan ilmaston aiheuttamat paineet, esimerkiksi äärevöityvät sääolot tai lisääntyvät tauti- ja tuholaispaineet, mutta myös uusia mahdollisuuksia, kuten pidentyvän kasvukauden, ja joutuu sopeutumaan uusiin toimintaolosuhteisiin.

Maatalouden kasvihuonekaasupäästöt aiheutuvat monenlaisista lähteistä: maaperästä, maankäytön muutoksista, tuotantoeläimistä, lannasta sekä energiankäytöstä. Kaikkiaan maatalouden osuus on noin 20 % Suomen kokonaispäästöistä. YK:n Ilmastopoliittisen osapuolikokouksissa sovitun käytännön mukaan maatalouden päästöt raportoidaan kolmeen kohteeseen: varsinaiseen maataloussektoriin, maankäyttösektoriin ja energiasektoriin. Maataloudelle on Suomessa asetettu tavoitteeksi 13 % vähennys päästöissä vuoteen 2020 mennessä, kun vertailuvuotena on vuosi 2005 (TEM 2008). Tämä vähennysvelvoite koskee vain varsinaista maataloussektoria, joka kattaa lähinnä päästöt maaperästä, kotieläinten ruoansulatuksesta sekä lannankäsittelystä. Karkeistaen politiikan kohteena on metaani- ja dityppioksidipäästöjen rajoittaminen hiilidioksidipäästöjen jäädessä sivummalle. Syynä tähän on ollut se, että maankäyttösektorin päästöjen mittaamiseen liittyvät isot epävarmuudet hankaloittavat sitovista velvoitteista sopimista.

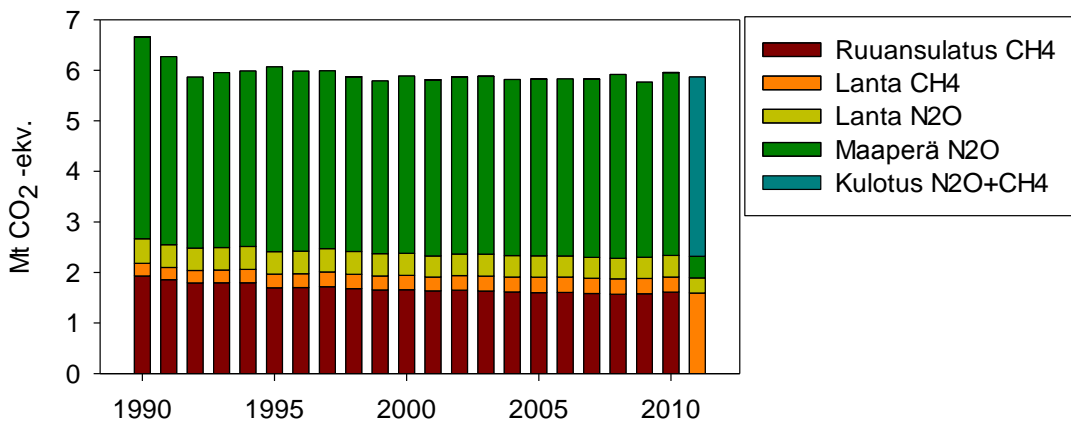
Vuosina 2005–2009 maatalouden päästövähennys oli vain prosenttien luokkaa, joten maatalouden päästövähennyksen saavuttaminen vaatii selkeitä poliittisia toimia ja ohjausta, maatalouteen kehitettyä ilmastopoliittikkaa. Sen hahmottelu on haastava tehtävä, koska maatalouden ilmastollinen rooli on moninainen, kasvihuonekaasupäästöjen mittaustulokset epävarmoja ja sopeutumisen haasteet ovat läsnä koko ajan. Tehtävää monimutkaistaa myös se, että maatalous on EU-säädöksillä tiukasti säädelty ja tuettu toimiala ja sillä on tärkeä merkitys maaseudun elinvoimaisuudelle. Suomen maataloustukijärjestelmä on osa Euroopan unionin yhteistä maatalouspolitiikkaa. Kyse on jäsenvaltion ja unionin kesken jaetusta toimivallasta, josta jäsenvaltiot voivat kuitenkin antaa säädöksiä vain, jos EU ei ole käyttänyt toimivaltaansa tai on päättänyt lakata käyttämästä sitä. Lisäksi Suomen maataloutta luonnehtii Keski-Euroopasta poiketen orgaanisten maiden suuri osuus, maaperän korkea hiilimäärä ja pohjoisen maataloustuotannon erityisongelmat.

Tavoitteemme on *hahmottaa millaiselta sosiaalisesti hyväksyttävä ja samalla taloudellisesti ja ympäristöllisesti kestävä ilmastopoliittikka maataloudessa voisi näyttää Suomessa tähän saakka tehdyn tutkimuksen valossa*. Maatalouden kasvihuonekaasupäästöihin vaikuttavien toimien vaikuttavuuden ja kustannusten pohjalta arvioimme millaiset toimenpiteet edistävät parhaiten päästöjen vähentämistä, kun kriteerinä on kustannusvaikuttavuus. Tutkimme erikseen, kuinka muuttuvaan ilmastoon voidaan sopeutua hillintää tukien sekä raportoimme millaisia toimia viljelijät ja kansalaiset pitävät hyväksyttävänä. Näiden aineiden pohjalta luonnostelemme maatalouden ilmastopoliittikkaa kestävyuden ja sosiaalisen hyväksyttävyyden kriteereiden valossa. Emme rajoita tarkasteluamme ilmastopoliitikassa sovitun raportoinnin kapean näkökulman mukaisesti pelkästään varsinaiseen maataloussektoriin, vaan tarkastelemme maatalouselinkeinoja kokonaisuutena pohtien myös maaperän hiilidioksidipäästöjen ja maatalouden energiankäytön roolia.

2. MAATALOUDEN KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖT JA VÄHENNYPOTENTIALI

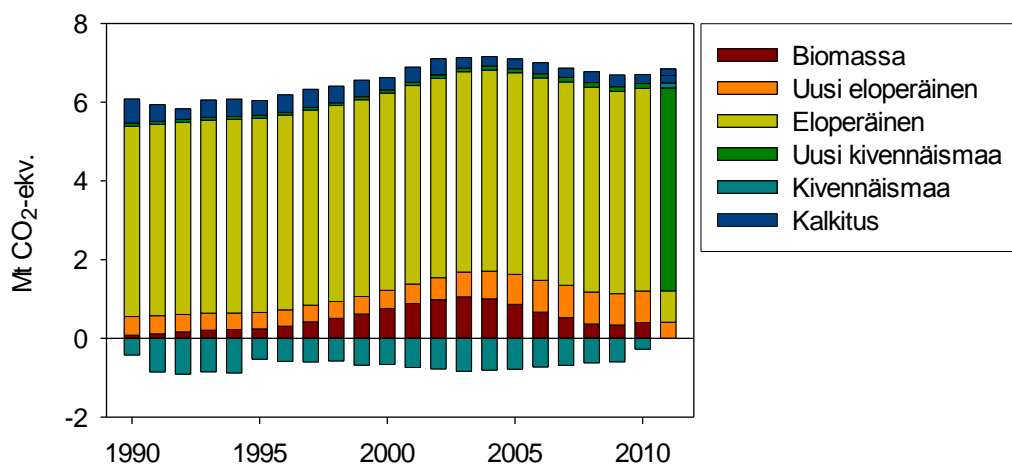
Maatalouteen liittyvät kasvihuonekaasupäästöt ovat noin 20 % Ilmastopoliittiselle raportoiduista Suomen kokonaispäästöistä, jos mukaan luetaan sekä varsinainen maataloussektori että maankäyttösektorin (LULUCF) ja energiasektorin maatalousperäiset päästöt (Tilastokeskus, 2013a, s. 31). Hiilidioksidiekvivalentteina (CO₂-ekv.) tämä tarkoittaa noin 14,3 miljoonaa tonnia (Mt). **Maataloussektorin**

päästöt tulevat maaperästä (N₂O eli dityppioksidi), kotieläinten ruoansulatuksesta (CH₄ eli metaani) sekä lannankäsittelystä ja oljen kulutuksesta (N₂O, CH₄) (Kuva 1). Maataloussektorin suurimmat päästölähteet ovat maaperä ja märehitijät maaperän päästöjen lähteiden ollessa orgaaniset ja epäorgaaniset lannoitteet sekä biologisesti sidottu typpi (n. 43 %), eloperäiset maat (n. 40 %) ja vesiin huuhtoutuvasta ja ilmaan haihtuvasta typestä aiheutuvat epäsuorat kasvihuonekaasupäästöt (17 %). Maaperän CO₂-päästöt raportoidaan ns. **LULUCF-sektorilla** (maankäyttö, maankäytön muutos ja metsätalous), jossa maatalouden päästöiksi luetaan viljelysmaiden, ruohikkoalueiden ja kalkituksen CO₂-päästöt sekä peltojen raivauksesta syntyvät N₂O-päästöt (Kuva 2). Maatalousrakennusten, viljankuivauksen ja maatalouskoneiden energiankulutuksen päästöt raportoidaan **energiasektorilla**.



Kuva 1. Maataloussektorilla raportoidut päästöt 1990–2011 (Statistics Finland 2013)

Maataloussektorin eläinperäiset ja väkilannoitteisiin liittyvät päästöt ovat laskeneet vuoden 1990 jälkeen, mutta maaperän päästöt kokonaisuudessaan ovat kasvaneet. Maaperä, ja etenkin eloperäiset maat (turve- ja multamaat), kuuluvat sekä maatalous- että maankäyttösektorilla suurimpiin päästölähteisiin (Regina ym. 2014). Eloperäisiin maihin on varastoitunut runsaasti hiiltä, joka viljelyn vaikutuksesta vapautuu takaisin ilmakehään (Maljanen ym. 2007, s. 138). Viimeisen 20 vuoden aikana uusia peltoja on raivattu eloperäisille maille noin 30 000 ha, mikä on lisännyt päästöjä. Kivennäismailla suurimmat muutokset maaperän hiilivarastoissa tapahtuvat raivattaessa peltoa metsästä, jolloin menetetään sekä osa maaperän hiilestä että metsäkasvillisuuden biomassasta.



Kuva 2. Viljelysmaan päästöt 1990–2011. Uusi eloperäinen ja uusi kivennäismaa on alle 20 v sitten käyttöönotettua peltoa, eloperäinen tai kivennäismaa yli 20 v viljeltyä maata. Lähde: Tilastokeskus 2013b.

Maatalouden keskimääräinen vuosittainen energiankulutus on noin 12 TWh. Tästä noin kolmannes on peräisin työkoneista. (TEM 2008, s. 96.) Vuonna 2011 maatalouden energian käytön kasvihuonepäästöjen arvioidaan olleen noin 1,3 Mt CO₂-ekvivalenttia (Tilastokeskus 2013a, s. 31), mikä vastaa noin 9,1 % maatalouden kokonaispäästöistä (laskelma perustuu julkaisuun Tilastokeskus 2013a, ss. 31-32). Merkittävimmät säästöpotentiaalit löytyvät työkoneiden polttoaineiden lisäksi karjasuojien, kasvihuoneiden ja asuinrakennusten lämmityksestä sekä viljan kuivaamisesta. Fossiilisia polttoaineita olisi esimerkiksi mahdollista korvata biopolttoaineilla. (TEM 2008, s. 96.)

Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategiassa on asetettu päästövähennystavoite, jonka mukaan maataloussektorin kasvihuonekaasupäästöjen tulisi vähentyä 13 % vuosien 2005–2020 välisenä aikana (TEM 2008, s. 103, Taulukko 8). CO₂-ekvivalentteina tämä vastaa noin 0,76 Mt vähennystä (Regina ym. 2014, s. 33). Maataloussektorin tekninen päästövähennyspotentiaali on arvioitu maksimissaan 1,05 Mt CO₂-ekvivalentiksi, mistä N₂O kattaa 0,98 Mt (Regina ym. 2014, s. 36). Päästöjen vähennyspotentiaali on ainoastaan hieman suurempi kuin asetettu päästövähennystavoite (päästöt ja niiden vähennyspotentiaali on esitetty yksityiskohtaisemmin Liitteen 1 Taulukossa 1). Tavoitteeseen pääseminen olisi mahdollista toteuttamalla useita toimia orgaanisilla viljelymailla, sillä suurimmat vähennyspotentiaalit löytyvät orgaanisten maiden päästöistä (Regina ym. 2014). Maankäyttösektorille ei ole toistaiseksi asetettu päästövähennystavoitetta EU:n ilmastopolitiikassa. Maankäyttöön voi kuitenkin kohdistua vaatimuksia vuoden 2012 jälkeen voimaan tulevassa ilmastopoliittisjärjestelmässä. EU:n komissio teki tammikuussa 2014 ehdotuksen EU:n päästöjen vähentämisestä 40 prosentilla vuoteen 2030 mennessä vuoden 1990 tasosta. Ehdotuksen tausta-asiakirjoissa viitataan LULUCF-sektorin päästöjen huomioonottamisen tarpeeseen tulevassa ilmastopolitiikassa.

Taulukko 1 esittää tässä raportissa lähempään tarkasteluun poimittavia maatalouden päästövähennystoimia (Regina ym. 2014 sisältää laajemman ja yksityiskohtaisemman toimenpidevalikoiman).

Taulukko 1. Maatalouden kasvihuonekaasupäästöjen keskeiset vähentämiskeinot

Vähentämiskeino	Vaikutus	Vaikutuksen luonne
Pellon raivauksen rajoittaminen	Merkittävä	CO ₂ päästöt
Eloperäisten maiden viljelytavat	Pieni	N ₂ O päästöt
Väkilannoituksen rajoittaminen	Pieni	N ₂ O päästöt
Kotieläinten dieetti ja lanta	Pieni	CH ₄ päästöt
Eloperäisten maiden metsittäminen	Merkittävä	CO ₂ päästöt
Biokaasu	Pieni	CO ₂ päästöt

Taulukon 1 sisältämistä perustoimista ilmastopolitiikan avulla helpohkosti ohjattavissa ovat väkilannoituksen vähentäminen, peltojen pitkäaikainen viherkesannointi, eloperäisten peltojen metsitys sekä biokaasun tuottaminen nurmen ja lannan sekoituksesta. Karjatalouden ilmastomyönteisen dieetin valvonta sen sijaan olisi hankala järjestää.¹ Maatalouden ympäristöpolitiikan monimutkaisempi teema on pellonraivaus ja sen rajoittaminen sekä orgaanisten maiden laajamittainen viljely, mikä on kasvattanut maatalouden hiilidioksidipäästöjä maaperästä, kun muut maatalouden päästöt ovat laskeneet. Tästä lisää alaluvussa 3.2.

Arvioimme seuraavaksi millaiselta näiden toimien vaikutukset päästöihin ja kustannuksiin ovat. Näin saamme käsityksen lyhyen aikavälin ilmastotoimien kustannusvaikuttavuudesta. Emme käsittele erikseen maatalouden epäsuoria N₂O-päästöjä, jotka aiheutuvat vesiin huuhtoutuvasta typestä ja ilmaan lähinnä ammoniakkinä haihtuvasta typestä. Esimerkiksi eloperäisten maiden viljelytavat vaikuttavat suorien

¹ Säättösalaajitus ja typensitojakasveja hyödyntävä kasvinviljelykierto ja biohiilen lisääminen maahan ovat esimerkkejä muista mahdollisista maatalouden ilmastotoimista. Veden pinnan nosto säättösalaajitetuilla turvemilla hidastaa hiilen vapautumista ja esimerkiksi apilanurmia voidaan käyttää typensitojana väkilannoitteiden sijaan kotieläintiloilla, joilla nurmelle on käyttöä tuorehuna.

kasvihuonekaasupäästöjen lisäksi typpihuuhtoumaan. Riippuen lannan prosessointitavasta ja lantatuotteiden käsittelytavoista voidaan ammoniakkipäästöjä lisätä tai vähentää käsittelemättömän lannan käsittelyyn verrattuna.

3. KANNUSTAVIMMAT HILLINTÄTOIMET

Tämän luvun näkökulma on kustannusvaikuttavuus: arvioimme mitkä yllä esitetyistä toimista tuottavat suurimmat päästövähennykset annetulla taloudellisella uhrauksella. Kustannusvaikuttavimmat toimet ovat ne, joilla kustannukset vähennettyä päästöyksikköä kohden ovat alhaisimmat. Kohdistamme tarkastelumme erityisesti eloperäisiin maihin, joilla suurten päästöjänsä vuoksi on erityisasema maatalouden ilmastokysymyksissä. Osa kustannustiedoista on poimittu kirjallisuudesta. Niiltä osin kuin tähän raporttiin on erikseen tuotettu arvioita kustannuksista, niiden yksityiskohtia on esitetty Liitteissä 2–6. Tässä raportissa keskitytään toimien kustannusvaikuttavuuden vertailuun ja mahdollisen toimeenpanon haasteisiin. Kustannusten laskennassa on käytetty nykyhintoja. Metsitystä lukuun ottamatta maataloustuet eivät vaikuta toimenpiteiden vertailuun, sillä maa säilyy tukikelpoisena, tekeepä viljelijä pelloillaan ilmastotoimia tai ei. Niiltä osin kuin on kyse yli ajan ulottuvista investoinneista, laskennan reaalkorkokantana käytetään 3 prosenttia, mutta korkotasoa vaihdellaan herkkyysohjauksissa. Kustannukset taulukossa 2 kuvaavat keskimääräisiä vaikutuksia erikseen viljelijälle ja yhteiskunnalle.

3.1. PÄÄSTÖJÄ VÄHENTÄVÄT PERUSTOIMENPITEET

Märittelemme päästöjä vähentävät toimenpiteet seuraavasti.

Väkilannoituksen vähentäminen viittaa hehtaarikohtaiseen typen väkilannoituksen vähentämiseen nykytasolta (eloperäisillä mailla noin 60 kg/ha ja kivennäismailla 100 kg/ha). Tarkastelemme, kuinka 15% vähennys väkilannoitustasossa vaikuttaa päästöihin ja kustannuksiin..

Pitkäaikainen nurmipeitteinen viherkesannointi kasvinviljelyn sijaan tarjoaa mahdollisuuden vähentää viljelystä syntyviä päästöjä ja samalla pitää pellot kasvukunnossa. Jos rehuviljalla olevaa orgaanista maata ohjataan pitkäaikaiseen viherkesannointiin, niin tutkimusten mukaan päästöt laskevat miltei 40 % (Ervola ym 2014). Oletamme laskelmissa, että ohran viljelyyn käytettävä pelto ohjataan pitkäaikaiseen viherkesannointiin

Biokaasua voidaan tuottaa lannasta yksinään tai yhdessä esimerkiksi nurmibiomassan kanssa joko tilatason tai useampia tiloja koskevana ratkaisuna. Päähyöty biokaasun tuotannosta saadaan, kun sillä korvataan fossiilisia polttoaineita ja niistä koituvia päästöjä.. Lisähyöty lannan biokaasutuksen yleistymisestä olisi sen pellonraivauksen tarvetta vähentävä vaikutus, mikäli mädätysjäännöksen ravinteet prosessoidaan pidemmälle kuljetettavaan muotoon (Regina ym. 2014, s. 21.). Biokaasun tuotannon kannattavuus riippuu monista seikoista: suunnitellusta tuotantokapasiteetista, korkokannasta, mahdollisuuksista löytää kysyntää mädätysjäännökselle, tuotetulle sähkölle ja lämmölle sekä luonnollisesti investointikustannuksesta, sähköstä ja lämmöstä saatavista tuloista ja kuljetuskustannuksista. Otamme tarkasteluun pienimuotoisen kotieläintilalle soveltuvan biokaasuratkaisun

Eloperäisten maiden metsitys on keino vähentää merkittävästi maaperän orgaanisesta aineksesta ilmakehään vapautuvaa hiiltä. Istuttamisen myötä maan muokkaaminen loppuu, hiilen vapautuminen maaperästä vähenee 1–2 t/ha/vuosi ja kasvava uusi puusukupolvi sitoo itseensä hiiltä.

Taulukkoon 2 on raportoitu päästöjen määrä lähtötilanteessa ennen yllämainittujen toimien toteuttamista eloperäisillä ja kivennäismailla, arvioidut päästövähennykset ilmastotoimien seurauksena verrattuna lähtötilanteeseen, päästöistä koitua euromääräinen ilmastohaitta ja sen lasku, kun päästöjä vähennetään, viljelijän kustannukset päästöjen vähentämisestä sekä yksikkökustannukset vähennettyä CO₂-ekvivalenttitonnia kohden. CO₂-ekvivalenttipäästöjen aiheuttaman ilmastohaitan arvona käytämme kansainvälisessä kirjallisuudessa johdettua arviota, 35 €/tonni CO₂-ekvivalenttia (Tol 2011). Raportoimme

myös erikseen millaiselta kustannukset näyttävät, kun tarkastelu rajoitetaan ainoastaan nykyisen ilmastopolitiikan mukaisiin N₂O-päästöihin. Viljelijän kustannus politiikasta on se tulon menetys, joka viljelijälle koituu ilmastotoimien toteuttamisesta, määriteltynä alkuperäisen voiton ja toimenpiteen toteuttamisesta koituvan uuden voiton erotuksena. Jakamalla tämä kustannus saavutetulla kasvihuonekaasujen päästövähennyksellä saadaan päästöjen vähentämisen yksikkökustannus, €/hiilidioksidiekvivalenttonni. Ilmastohaitan lasku päästöjen vähentyessä ei vaikuta yksikkökustannukseen.

Väkilannoituksen vähentämisessä taulukkoon 2 on raportoitu kustannus, kun lannoituksesta aiheutuvia kasvihuonekaasupäästöjä vähennetään 15 % keskimääräisellä maan laadulla kyntömuokkauksella eloperäisellä tai kivennäismaalla (kustannuksen nousu päästövähennyksen funktiona esitetään Liitteessä 2). Kasvihuonekaasupäästöt laskevat kahta kautta: lannoitteen valmistuksen päästöt laskevat ja typpilannoituksen määrästä riippuvat pellon N₂O-päästöt vähenevät. Vaikka viljelijä säästää väkilannoitteiden ostokustannuksissa, sadon määrä laskee aiheuttaen säästöjä suuremmat tulonmenetykset, jotka ovat suuremmat hyvillä viljelysmailla kuin huonompilaatuisilla mailla. Kustannus CO₂-ekvivalenttitonin vähentämisestä on eloperäisillä mailla keskimäärin 318 euroa, eli merkittävästi suurempi kuin kumpikaan arvio ilmastohaitasta (tai korkein päästöoikeuden hinnan noteeraus, 32 €/t). Jos päästövähennyksenä huomioidaan ainoastaan pellon N₂O-päästöt, nousisi kustannus lähes 500 euroon CO₂-ekvivalenttitonnia kohden.

Viherkesannoinnin kustannus ilman tähän kohdistettua erityistukea olisi viljelijälle menetetty voitto ohran viljelyksestä, noin 220 €/ha. Tällöin kustannus vähennettyä CO₂-ekvivalenttitonnia kohden olisi noin 28 euroa, mikä on merkittävästi vähemmän kuin lannoitteiden vähentämisestä koitua kustannus. Pelkät N₂O-päästöt huomioiden kustannus olisi 94 euroa. Kivennäismailla viherkesannointi nostaa N₂O-päästöjä.

Taulukko 2. Päästöjä vähentävien toimenpiteiden vaikutukset päästöihin ja ilmastohaitan arvoon sekä vaikutukset viljelijän kustannuksiin sekä päästöjen vähennyskustannus/CO₂-ekvivalenttitonni eloperäisillä ja kivennäismailla (N₂O-päästöt ilmoitetaan CO₂-ekvivalenteina)

	Päästöjen ja haitan lähtötila (kg/ha, €/ha)			Päästöjen ja haitan vähennys (kg/ha, €/ha)			Yksityiset ja yhteiskunnalliset kustannukset		
	kg/ha	€/ha	kg/ha	kg/ha	€/ha	kg/ha	viljelijä	yhteiskunta	
	CO ₂ -ekv.	haitta	N ₂ O	CO ₂ -ekv.	haitan lasku	N ₂ O	€/ha	€/CO ₂ -ekv. t	€/N ₂ O t
Väkilannoitus / vähennys 15 % (eloperäinen)	715	25	456	107	4	68	34	318	489
Väkilannoitus / vähennys 15 % (kivennäismaa)	1192	42	780	179	6	114	19	106	166
Viherkesanto / ohran viljelyn sijaan (eloper.)	13 270	465	4780	7600	266	2330	220	29	94
Viherkesanto / ohran viljelyn sijaan (kivennäis)	2649	93	384	2907	89	-554	220	76	-
Biokaasu / lanta ja nurmi (korko 3 %)	13 326	466	5996	14 391	504	51	121	8,5	2373
Biokaasu / lanta ja nurmi (korko 5 %)	13 326	466	5996	14 391	504	51	329	23	6451
Metsitys / ohran viljelyn sijaan (eloperäinen)	13 270	465	4780	9966	349	1949	172	17	88
Metsitys / ohran viljelyn sijaan (kivennäismaa)	2649	93	384	7734	271	-554	172	22	-

Biokaasun osalta Taulukkoon 2 raportoidaan keskipokoinen, yhden kotieläintilan tarpeisiin soveltuva reaktori (300 m³), joka käyttää noin 3500 tonnia naudan lietelantaa ja 290 tonnia (tuorepaino) energianurmea (vaatii 14 ha nurmen viljelyalaa) (lähtötiedot Taavitsainen (2011) ja yksityiskohdat Liite 3). Biokaasun oletetaan korvaavan lämmityksessä kevyttä polttoöljyä ja sähköntuotannossa kivishiiltä. Oletuksena on, että tila harjoittaa jo nurmiviljelyä, mutta nyt nurmi ohjataan biokaasun tuotantoon. Nurmiviljelyn päästöt 14 ha eloperäiseltä viljelyalalta ennen biokaasulaitosta ovat 187 t CO₂-ekv., eli hieman alhaisemmat kuin biokaasulla korvattavista fossiilisista polttoaineista tulevat päästöt 201 t CO₂-ekv. Siirrettäessä nurmi biokaasun tuotantoon sen ympäristörasite kuitenkin laskee merkittävästi fossiilisten polttoaineiden korvaamisen kautta.

Jos biokaasulaitoksen tuottovaatimukseksi asetetaan 5 %, on biokaasutuksen vuotuinen nykyarvoinen kustannus noin 465 €/ha (kustannus jaettu nurmen 14 ha viljelyalalle). Kun tämä vähennetään nurmiviljelyn tuotosta ilman tukea, joka on tappiolla noin 136 €/ha, saadaan viljelijälle vuotuinen nykyarvoinen kustannus 329 €/ha. Kasvihuonekaasupäästöjen (CO₂ ja N₂O) vähentäminen maksaa 23 €/CO₂-ekvivalenttitonni. Jos päästövähennyksenä huomioidaan kuitenkin ainoastaan biokaasulaitoksen korvaama fossiilisten lähteiden N₂O-päästö, noin 51 kg ilmaistuna CO₂-ekvivalenttia/ha (kirjautuu energiasektorille), tulee päästövähennyksen kustannukseksi valtaisa, noin 6451 €/CO₂-ekvivalenttitonni. Tuottovaatimuksen lasku 3 prosenttiin ei muuta tulosten negatiivisuutta.

Peltojen metsittäminen tuottaa kirjallisuuden mukaan ensimmäisen kiertoajan kuluessa metsätuloa, jonka keskimääräinen vuotuinen nykyarvo on 48 €/ha (Ervola ym. 2012). Kun tämä summa vähennetään ohran viljelyn tuotosta, saadaan viljelijän kustannukseksi 172 €/ha ja saavutettujen kasvihuonekaasupäästöjen vähennysten hinnaksi 17 €/CO₂-ekvivalenttitonni. Ainoastaan N₂O-päästöt huomioiden metsityksen päästövähennyskustannus olisi 88 €/CO₂-ekvivalenttitonni. Kun pelto metsitetään, se katoaa hiilipäästölähteenä maataloudesta ja hiilen sitoutumisen hyöty luetaan metsäsektorin hyväksi. Kivennäismailla metsitys nostaa N₂O-päästöjä.

Taulukon 2 mukaan metsitys, viherkesannointi ja (tilakohtainen) biokaasutus ovat kustannusvaikuttavimmat ilmastotoimet. Tuloksista huomataan, ettei päästövähennystoimien kohdistaminen pelkästään maataloussektorilla laskettavaan päästöihin ole tehokasta – ei päästöjen eikä kustannusten suhteen.

Tarkastellut ilmastotoimenpiteet tuottavat myös vesistövaikutuksia. Niistä ei keskustella tässä tarkemmin, mutta toimien vaikutus ravinnehuuhtouman määrään typpiekvivalentteina ja maksuhalukkuuden avulla arvioitu hyöty huuhtoumahaitan laskusta esitetään Liitteessä 4.

Taulukon 2 lukuarvoja voidaan käyttää arvioimaan varsinaiseen maataloussektoriin kohdennettua 13 prosentin, eli 0,76 Mt:n vähennystavoitetta. Mikäli tavoitteeseen pyritään vähentämällä lannoitusta nurmien ja viljakasvien viljelyaloilla (0,3 milj. ha nurmen alasta eloperäisellä maalla, loput nurmesta, 0,35 milj. ha, ja viljakasvit, 1,18 milj. ha kivennäismailla), tulisi päästöjen vähentyä 415 kg CO₂-ekv./ha. Jos päästövähennyksenä huomioidaan CO₂-ekvivalentit, tarkoittaisi tämä viljakasveilla keskimäärin 35 kg:n (eli 35 %) vähennystä hehtaarikohtaiseen keskimääräiseen lannoitukseen (100 kg N/ha). Nurmilla lannoitusta tulisi vähentää keskimäärin 34 kg N/ha (eli 22 %) (lannoituksen lähtötaso 158 kg/ha) sekä eloperäisillä että kivennäismailla. Kustannus lannoitustasojen laskusta olisi viljakasveilla noin 66 euroa/ha ja nurmilla noin 8 €/ha. Kokonaiskustannus pinta-alalta olisi 82,6 miljoonaa euroa.

Mikäli päästövähennyksinä huomioidaan ainoastaan N₂O-päästöt, tulisi viljakasveilla lannoitusta laskea keskimäärin 55 kg N/ha (eli 55 %) ja nurmilla 55 kg N/ha (eli 35 %). Kustannus lannoituksen vähentämisestä oli viljakasveille noin 146 €/ha ja nurmille noin 19 €/ha. Kokonaiskustannus pinta-alalta olisi 185,4 miljoonaa euroa.

Vähennystavoitteen saavuttaminen tuotantoeläinten lukumäärää laskemalla on edellisiä monin verroin kalliimpaa johtuen suurista kotieläintalouden investoinneista. Vertailun vuoksi, päästöoikeuksien nykyisillä hinnoilla 0,76 Mt:n vähentäminen päästökaupparektorissa maksaa 4,9 miljoonaa euroa (helmikuun 2014 hinnalla 6,5 €/t CO₂) ja EU:n laskentaan suositamalla hinnalla, 20 €/t CO₂ summa olisi 15,2 miljoonaa euroa.

3.2 ELOPERÄISTEN PELTOJEN ERITYISHAASTEET: RAIVAUKSEN VÄLTÄMINEN

Kotieläintuotantoa laajentavan viljelijän motiivina metsän pelloksi raivaamiselle on usein tarve levittää lantaa nykyistä peltopinta-alaa laajemmalle alueelle. Lannan levitykseen tarvitaan lisää peltoa, sillä ympäristösuojelulaki (ympäristölupa), maatalouden nitraattiasetus ja ympäristötukijärjestelmä rajoittavat hehtaarille levitettävien ravinteiden määrää. Lannan levitystä säätelevät etenkin fosforilannoitukselle ympäristötukiehdossa asetetut ylärajat. Raivaamista voi voimistaa myös odotus viljelymaasta saatavista tuista. Viljelijä raivaa peltoa vain, jos se lisää tilan voittoja, mutta peltoa voidaan raivata ”tappiollakin”, jotta tila saavuttaa pakollisen lannanlevitysalan.

Pellon raivaus metsästä viljelykäyttöön aiheuttaa raivauksesta *välittömästi syntyvän päästöpulssin*. Tämä raivauksen erityisvaikutus tasaantuu asteittain vuosien kuluessa, minkä jälkeen pelloilta syntyy *tavallisen peltoviljelyn mukaiset päästöt*. Kumpikin päästövaikutus tulee ottaa huomioon, kun arvioidaan raivauksen päästöjä, haittoja ja kustannuksia. Sivuumme aluksi raivatun alan viljelyksestä saatavan tulon ja tarkastelemme ainoastaan eloperäisten maiden raivaamisesta välittömästi aiheutuvia päästöjä, niiden haittaa, sekä viljelijälle koituvaa hyötyä. Oletamme, että raivaus tehdään lannanlevitysalan kasvattamiseksi ja näin tila välttää lannan kuljetuksen 10 kilometrin etäisyydelle (Taulukko 3).

Viljelijän kustannus raivauksen lopettamisesta on se vuotuinen nykyarvoinen nettotulo 30 vuoden ajalta, jonka hän saisi pellon raivauksen ansiosta lannan kuljetuskustannuksen säästönä, josta on vähennetty levityskustannuksen muutos ja raivauskustannus, kun raivatun pellon viljelyn tuottoa ei oteta huomioon (yksityiskohdat Liite 5). CO₂-ekvivalenttitonnin vähennyskustannus eloperäisellä maalla tällä tulolla on 4,7 euroa, eli selvästi alhaisempi kuin edelliset estimaatit. Tilanne on toinen kivennäismailla, joilla päästöt jäävät alle puoleen eloperäisten maiden päästöistä, minkä vuoksi raivauksesta luopumisen kustannus on lähes kymmenkertainen (41 €/CO₂ t) eloperäisten maiden kustannuksiin verrattuna. Luvut eivät kuitenkaan ole täysin vertailukelpoinen edellisiin arvioihin, koska kyseessä on vain yhtenä periodina syntyvien päästöjen kustannus, joka vähenee muutaman vuoden kuluessa viljelyn normaalien päästöjen tasolle.

Taulukko 3. Pellonraivauksen välittömät päästöt, ilmastohaitta, viljelijän kustannukset raivauksesta luopumisesta sekä päästöjen vähennyskustannus/CO₂-ekvivalenttitonni

	Raivauksen päästöt ja haitta		Raivauksesta luopumisen päästöjen ja haitan lasku		Raivauksesta luopumisen kustannukset	
	päästöt kg/ha	haitta €	päästöt kg/ha	haitta €	viljelijä €/ha	yhteiskunta €/CO ₂ t
eloperäinen maa	19 995	700	19 995	700	94	4,7
kivennäismaa	8 795	308	8 795	308	360	41

Pellonraivauksen vuotuinen tarve johdettuna vuosien 2000–2011 toteutuneesta eloperäisten maiden raivauksesta on arviolta 2000–8 000 ha (Statistics Finland 2013). Kokonaisuudessaan pellonraivaustarpeen on vuonna 2009 tehdyn arvion mukaan laskettu olevan välillä 42 000–84 000 ha vuoteen 2020 mennessä (Pyykkönen ym. 2010 teoksessa MMM 2011, s. 56). Arvio sisältää sekä kivennäis- että eloperäiset maat. Jos oletetaan, että kaksi kolmasosaa tästä tarpeesta kohdistuu kivennäismaalle ja kolmasosa eloperäisille maille, olisivat raivauksesta aiheutuvat välittömät päästöt ja päästöjen ilmastohaitta Taulukon 4 mukaisia.

Taulukko 4. Pellonraivauksen odotetut päästöt ja haitta vuoteen 2020 mennessä, kun puolet raivattavasta pinta-alasta oletetaan olevan eloperäisiä maita ja puolet kivennäismaita

Raivaus- tarve (ha)	Odotetut päästöt		Haitta odotetuista päästöistä		
	CO ₂ -ekv.- päästöt (t)	Typpipäästöt (t)	Ilmastohaitta (milj. €)	Huuhtouma- haitta (milj. €)	Kokonaishaitta (milj. €)
42 000	791 728	1 166	27,71	10,49	38,20
84 000	1 583 456	2 331	55,42	20,98	76,40

Taulukko 4 osoittaa, että jos eloperäisten peltojen raivaus lopetettaisiin, voitaisiin välttää 0,9-1,8 milj. tonnia CO₂-ekv.-päästöjä ja säästää tämän päästö määrän ja ravinnehuuhtouman aiheuttamassa odotetussa yhteiskunnallisessa haitassa 38,20–76,40 miljoonaa euroa.

3.3 VAIHTOEHTOJA PELLONRAIVAUKSELLE: LANNAN SEPAROINTI

Lannan levitysalan tarpeen aiheuttamalle pellonraivaukselle on vaihtoehtoja. Niihin kuuluvat edellä käsitelty biokaasutus ja tässä jaksossa tarkasteltava lannan separointi, jossa lanta erotetaan neste- ja kuivajakeeksi. Separointi kasvattaa tilan levitysalan omavaraisuutta, koska ravinnejakeet saadaan agronomisesti toimivampaan muotoon eli tyypeä voidaan levittää peltolohkoille jakeen mukana aiempaa enemmän, koska jakeen fosforipitoisuus on laskenut. Lannan separointi voidaan toteuttaa esimerkiksi joko dekanterilingolla tai ruuvi kuivaimella. Käytettäessä edellistä separoidun lannan nestejä sisältää suurimman osan lannan tyypeä, ja se sopii käytettäväksi eläintilan pelloille, joilla ei useissa tapauksissa tarvita fosforia. Fosfori taas päätyy kuivaosaan, jonka kuljettaminen tilalta ulos on halvempaa kuin paljon vettä sisältävän raakalietteen. Jälkimmäisellä tekniikalla taas nestejä sisältää suhteessa enemmän fosforia kuin kuivajae, mutta vaikutus

levitysalaan on samaan tapaan omavaraisuutta kasvattava. Dekanterilinko on ruuvikuivainta tehokkaampi mutta myös merkittävästi kalliimpi separointilaitte.

Separointia tarkastellaan joko tilan itse tekemänä perustuen Larvuksen (2012) tutkimukseen tai urakoitsijan tekemänä palveluna. Urakoinnin kustannukset on laskettu Reiskone Oy:n (2013) separointisivuston hintatietojen perusteella. Laskelman yksityiskohtat ovat Liitteessä 6. Oletamme, että tilalla on omaa peltoa 40 ha, fosforin lannoitusraja on 20 kg/ha ja typen 160 kg/ha ja separointilaitteiston investointikausi on 10 vuotta. Tarve kuljettaa lantaa ulos tilalta (10 km etäisyydelle) ja siten separoinnin hyöty riippuu karjan lukumäärästä, joten Taulukkoon 5 on raportoitu kustannukset määrälle 40–100 tuotantoeläintä. Jos lanta käsitellään dekanterilingolla, voidaan prosessissa muodostuneet jakeet levittää kokonaisuudessaan viljelijän 40 hehtaarin peltoalalle aina 100 tuotantoeläimeen saakka. Jos lanta separoidaan ruuvikuivaimella, täytyy tilojen, joilla eläimiä on 80 tai enemmän, kuljettaa osa separoidusta lannasta ulos tilalta. Ellei lantaa separoida lainkaan, tulee jo 60 eläimen tilan alkaa kuljettaa tilan peltojen ulkopuolelle.

Taulukkoon 5 on raportoitu viljelijän separoinnista saama nettohyöty, joka tilan itse tekemänä (rivit dekanterilinko ja ruuvikuivain) muodostuu lannan kuljetuskustannuksen laskusta saatavan säästön ja investointikustannuksen vuotuisesta erotuksesta. Taulukko osoittaa, että investointi dekanterilinkoon ei ole kannattava edes 100 eläimen tilalla. Separointi tulee viljelijälle kannattavaksi ruuvikuivaimella, kun eläimiä on vähintään 90. Separointitekniikka on siis erittäin kallis vaihtoehto pellonraivaukselle silloin, kun tuotantoeläinten määrä on selvästi alle sadan. Vertailun vuoksi, Suomessa oli vuonna 2011 yli sadan tuotantoeläimen kotieläintiloja noin 170 (Tike 2012, s. 61).

Urakoinnissa separointi toteutetaan ruuvikuivaimella ja viljelijän nettohyöty on lannan kuljetuskustannuksen vuotuisen nykyarvon lasku vähennettynä urakoinnin vuotuisella nykyarvoisella kustannuksella. Jos separointi tehdään urakointina, on se joissain tilanteissa edullisempi, mutta ei kannattava, vaihtoehto verrattuna tilan omaan ruuvikuivaimeseen. Pienimmillä tiloilla (40 tai 50 eläintä) urakointi olisi edullisempaa kuin omaan laitteistoon investointi, mutta silti tappiollista. Suurimmilla tiloilla (enemmän kuin 80 eläintä) taas tilan kannattaa investoida omaan separaattoriin. Urakoinnin nettokustannus kääntyy 100 eläimen kohdalla nousuun, sillä lantamäärän kasvun myötä kustannukset kasvavat lannan kuljetuskustannuksen laskua enemmän. Dekanterilinkoon verrattuna urakointi on edullisempaa kaikilla eläinmäärillä. Taulukon 5 tulosten valossa urakointi ei poista separoinnin kannattavuusongelmaa ja lannan kuljetus ulos tilalta on viljelijälle separointia edullisempaa.

Taulukko 5. Lannan separoinnin nettotulo viljelijälle itse tehtynä ja urakointina sekä lannan kuljetuksen ilmastohaitan lasku lannan separoinnin seurauksena eloperäisillä mailla vuotuisina nykyarvoina (€)

		Eläimiä (kpl)							
		Teknologia	40	50	60	70	80	90	100
Viljelijän hyöty	Dekanterilinko	-10 551	-10 551	-10 200	-8 469	-6 739	-5 008	-3 278	
	Ruuvikuivain	-4 492	-4 492	-4 141	-2 411	-680	149	294	
	Urakointi	-2 483	-3 076	-3 318	-2 181	-1 044	-807	-1 256	
Ilmasto-hyöty	Dekanterilinko	0	0	3	20	37	54	71	
	Ruuvikuivain	0	0	3	20	37	49	57	

Jotta dekanterilinkoon tehdyn investoinnin seurauksena saatavat hyödyt lannan kuljetuskustannuksen alentumisena kattaisivat investoinnin kustannukset, tulisi investointituen 60 eläimen tilalla olla 96,7 % investoinnin arvosta. Vastaavasti ruuvikuivaimella investointituen tulisi olla 92,2 %. Jotta investointi olisi kannattava 80 eläimen tilalla, tuli investointituen dekanterilingolle olla 63,9 % ja ruuvikuivaimelle 15,2 % investoinnin arvosta. Investointitukitarve on siten merkittävän suuri, mutta pienenee nopeasti tuotantoeläinten lukumäärän noustessa.

Pidemmillä aikavälillä maatalouden ilmastopoliitikassa tulee ottaa huomioon asteittaisen sopeutumisen paineet ja mahdollisuudet sekä niiden yhteys ilmaston muutoksen hillintään. Laajennamme seuraavassa näkökulmaa tähän pidempään aikahorisonttiin.

4. ILMASTONMUUTOKSEEN SOPEUTUMISEN JA HILLINNÄN YHTEENSOVITTAMINEN

Ilmaston lämmetessä voimakkaimmin pohjoisilla leveysasteilla Suomen maataloudelta vaaditaan nopeita, jatkuvasti monipuolistuvia sekä riittävästi ennakoivia sopeuttamistoimia. Sopeutumisen myötä tuotantomäärissä, -tavoissa ja pellonkäytössä tapahtunee muutoksia. Sopeuttamistoimet voivat niin vähentää kuin lisätä maatalouden kasvihuonekaasupäästöjä. Suomi laati ensimmäisten eurooppalaisten valtioiden joukossa ilmastomuutoksen sopeutumisstrategian (MMM 2005) ja sitä päivitetään parhaillaan.

4.1 SOPEUTUMISTOIMET

Ilmastonmuutoksen myötä kasvukauden on ennakoitu pitenevän 2–3 viikolla vuosisadan puoliväliin ja noin kuukaudella vuosisadan loppuun mennessä, mikä mahdollistaa nykyistä myöhäisempien lajikkeiden jalostuksen ja hyödyntämisen viljelyssä (Peltonen-Sainio ym. 2009). Viljelijät ovat jo tähän mennessä aikaistaneet kevätiljojen kylvöjä keskimäärin 4–6 päivällä 1970- ja 1980-lukuun verrattuna (Kaukoranta & Hakala 2008, Peltonen-Sainio & Jauhainen 2014). Pitenevää kasvukautta voidaan tulevaisuudessa hyödyntää lähinnä aikaistamalla kylvöjä, jolloin kasvustobiomassan tuotantokyky kasvaa merkittävästi (Taulukko 6) vuosisadan puoliväliin mennessä, mikäli muut abioottiset (ilmastotekijät, ravinteiden saatavuus yms.) ja bioottiset tekijät (erityisesti kasvintuhoojat) eivät rajoita kasvien kasvua. Kasvukauden pidentämien viivästyttämisellä korjuuta ei kasvata merkittävästi satoisuutta johtuen muun muassa syyskesän lyhenevästä päivästä sekä alhaisesta säteilyenergiasta ja lämpötilasta (Peltonen-Sainio ym. 2009). Sadon kuivauskustannukset saattavat kuitenkin kasvaa merkittävästi, mikäli kasvustojen tuleentuminen lykkääntyy.

Sopeutuminen lämpötilan kohoamiseen ja kasvukauden pitenemiseen edellyttää laji- ja lajikevalikoiman muuttamista (Peltonen-Sainio ym. 2009). Talvimuotoisten lajien viljelyn laajentuessa pellon talviaikainen kasvipeitteisyys lisääntyy (Taulukko 6). Toisaalta nykyisiä, kevätkylvöisiä viljelykasveja, ohraa, kauraa, vehnää, öljykasveja ja palkoviljoja, voidaan viljellä yhä pohjoisempina. Nurmialan mahdollinen väheneminen yksivuotisten kasvilajien yleistessä lisää maaperän muokkaukseton määrää, mahdollisesti työkonien ajokertoja pellolla ja voi johtaa erityisesti eloperäisillä mailla kasvihuonekaasupäästöjen kasvuun. Toisaalta ilmakehän tyyppiä sitovien palkoviljojen yleistymisen viljelykierroissa voi korvata merkittävän osan teollisista typpilannoitteista (Känkänen ym. 2013).

Sadontuottokyvyn kasvaessa kasvustot tarvitsevat nykyistä enemmän ravinteita, mikä lisää lannoitetypen käyttömääriä. Toisaalta myös orgaanista kasvustomassaa jää yhä suurempia määriä maahan sadonkorjuun jäljiltä, tosin sen hajoaminen kuluttaa tyyppiä ja sitä saatetaan käyttää enenevästi bioenergian tuotantoon. Ravinteiden tarpeen lisääntymisen ohessa tarve kasvinsuojelutoimenpiteiden tehostamiseen kasvaa kohoavien kasvintuhoojariskien vuoksi (Hakala ym. 2011), mikä voi lisätä myös ajokertoja. Satoisuuden ja sadannan epäedullinen ja suuri vuodenaikainen vaihtelu edellyttävät pellon vesitalouden hallintajärjestelmien kehittämistä. Ojituksen ja maaperän rakenteen on myös oltava hyvässä kunnossa. Kastelu on tarpeen tuotantokyvyn turvaamiseksi ja tuotantoepävarmuuden vähentämiseksi, mutta se lisää energian käyttöä. Toisaalta sadetus tehostaa kasvuston ravinteiden ottoa ja parantaa ravinteiden käytön tehokkuutta vähentäen lisäravinteiden annon tarvetta satoisuuden kasvusta huolimatta.

Tuotannon kestävä tehostaminen saattaa muuttaa ratkaisevasti tulevaisuuden pellonkäyttöä, jos heikot tuottoisia maita siirretään merkittävässä määrin laajaperäiseen, vähän tuotantopanoksia edellyttävään viljelyyn samanaikaisesti, kun tuotantokyvyltään ja tuotostavasteiltaan parhaiden peltojen panosten käyttöä vahvistetaan (Taulukko 6). Pellonkäytön muutokset tarkoittaisivat väistämättä merkittävää viherkesanto-, luonnonhoitopelto- yms. alan kasvua Suomessa.

4.2. SOEUTUMISEN VAIKUTUKSET KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖIHIN

Sopeutumistoimet vaikuttavat kasvihuonekaasujen päästöihin toimenpiteestä riippuen joko myönteisesti tai kielteisesti (Taulukko 6). Vaikutukset voivat kohdistua satovaikutusten kautta maaperään jäävien kasvintähteiden määrään, jolloin vaikutus näkyy maaperän hiilivarastomuutosten kautta CO₂-päästöissä. Typpilannoitukseen vaikuttavat toimet taas näkyvät sekä pelloilta tulevilla N₂O-päästöissä että lannoitteiden valmistuksen päästöissä. Jotkin toimet taas vaikuttavat energiasektorin päästöihin esimerkiksi viljanviljelyyn käytetyn energian tai työkalujen ajokertojen kautta. Suurimmat päästöjä vähentävät vaikutukset liittyvät sopeutumistoimiin, joiden seurauksena maahan jäävien kasvintähteiden määrä lisääntyy. Toisaalta yksivuotisten kasvien yleistymisellä pohjoisessa (mikä väistämättä tarkoittaisi viljanviljelyn lisääntymistä eloperäisillä mailla) ja kasvintähteiden korjuulla bioenergiaksi olisi suurin kivennäismaiden maaperän hiilivarastoa vähentävä eli maaperän hiilidioksidipäästöjä lisäävä vaikutus. Sopeutumistoimet vaikuttavat enemmän maankäytön kuin esimerkiksi energiasektorin päästöissä. Esimerkiksi sopeutumistoimiin usein liittyvällä lisääntyvällä työkalujen käytöllä on hyvin pienet vaikutukset kokonaisuuteen.

Epävarmuutta sopeutumistoimista aiheutuvien kasvihuonekaasupäästöjen ennakoitavuudelle aiheuttaa se, että monet sopeutumistoimet ovat hyvin moniulotteisia ja vahvassa vuorovaikutuksessa keskenään. Toimet voivatkin jäädä kokonaan tai osittain vaille odotettua vaikutusta, jos jokin toimenpide tai ennakoitu muutos jää toteutumatta. Esimerkiksi viljojen biomassan tuotantokyky voi nousta keskimäärin 5000 kg/ha, josta jyväsadon osuus olisi 3000 kg/ha, ilmaston lämpenemisen ja kasvukauden pitenemisen myötä. Tämä edellyttää toteutuakseen myöhäisempien, ravinteiden ja vedenkäytön tehokkuudeltaan sekä taudinkestävyydeltään parempien lajien ja lajikkeiden käyttöönoton lisäksi kasvustojen runsaampaa ravinteiden saantia, lisääntyviä torjuntatoimenpiteitä, kastelujärjestelmien käyttöönottoa ja/tai tuotannon keskittämistä tuotantokyvyltään parhaille pelloille. Jos kaikki valitut sopeutumistoimet toteutuisivat, voisi päästöjä vähentävä vaikutus olla n. 2,45 Mt ja toisaalta päästöjä lisäävä vaikutus n. 2,56 Mt, joten päästöt eivät muuttuisi merkittävästi. Kokonaisvaikutus voi kuitenkin kallistua kumpaan tahansa suuntaan siitä riippuen, mitä toimia lopulta toteutetaan.

Taulukko 6. Sopeutumistoimien aiheuttamat muutokset maatalouden panoksissa tai tuotoksissa sekä niiden vaikutukset kasvihuonekaasujen vuotuisiin päästöihin CO₂-ekvivalentteina (↓ päästö laskee, ↑ päästö nousee).

Syy	Toimenpide	Vaikutus	Muutoksen suuruus	Vaikutus kasvihuonekaasupäästöihin (Mt CO ₂ -ekv.)
Kasvukausi pitenee	Aikaistunut kylvö	Biomassan kasvu voimistuu	0–5000 kg/ha	↓ 0–0,76 (maaperä CO ₂) ^a
	Myöhäisempi korjuu	Kuivatustarve kasvaa sadon määrän kasvun ja korkeamman kosteuden myötä	0–3000 kg/ha 0–5 % yksikköä ^b	↓ 0–0,67 (maaperä CO ₂) ↑ 0–0,1 (energia CO ₂)
Kasvilajien valikoima monipuolistuu	Talvimuotoiset lajit yleistyvät	Pellon talviaikainen kasvipeitteisyys lisääntyy	0–520.000 ha	↓ ? (maaperä CO ₂ , N ₂ O) ^c
	Yksivuotiset lajit yleistyvät pohjoisessa	Monivuotiset nurmet väistyvät osittain (myös niiden tuotantokyvyn kasvun myötä): yksivuotisten ala kasvaa ja pellon ajokertojen määrä lisääntyy	0–155.000 ha 0–25 l polttoöljyä/ha ^b	↑ 0–0,75 (maaperä CO ₂ , N ₂ O) ↑ 0–0,01 (energia CO ₂)
	Palkoviljat yleistyvät	Palkokasviala kasvaa ja typensidonta korvaa osan teollisesta tpeestä	0–150.000 ha 15–30 kg N/ha	↓ 0–0,016 (teollisuus CO ₂)
Sadontuotto-kyky kasvaa	Typen tarve kasvaa	Teollisten typpilannoitteiden käyttö kasvaa	0–70 kg/ha	↑ 0–0,34 (maaperä N ₂ O) ↑ 0–0,25 (teollisuus CO ₂)
	Kasvintähdettä muodostuu enemmän	Orgaanista kasvustomassaa jää enemmän maahan	0–2000 kg/ha	↓ 0–0,37 (maaperä CO ₂)
Kasvinsuojelun riskit lisääntyvät	Torjuntatarve kasvaa	Ruiskutuskertojen lukumäärä kasvaa	0–1,8 l polttoöljyä/ha ^b	↑ 0–0,01 (energia CO ₂)
Kasvien vedentarve kasvaa	Sadetus yleistyy	Kastelu vaatii energiaa	0–250 l polttoöljyä/ha	↑ 0–0,5 (energia CO ₂)
	Sadetus tehostaa kasvien typenottoa	Teollisten lannoitteiden käyttömäärät vähenevät	10–30 kg N/ha	↓ 0,036–0,11 (teollisuus CO ₂) ↓ 0,049–0,15 (maaperä N ₂ O)
Bioenergian tarve kasvaa	Kasvintähteiden korjuu bioenergian tuottamiseksi yleistyy	Maahan jäävien kasvintähteiden määrä vähenee	180.000–900.000 ha 2500–4000 kg/ha	↑ 0,02–0,6 (maaperä CO ₂) ↓ 0,018–0,15 (energia CO ₂)
Tuotannon ”keskittämisen” paine kasvaa	Huonotuottoiset pellot ekstensiiviseen tuotantoon	Enemmän nurmialaa (nurmikesanto, luonnonhoitopelto) vähäisin panoksien	150.000–350.000 ha	↓ 0,04–0,09 (teollisuus CO ₂) ↓ 0,05–0,12 (maaperä N ₂ O) ↓ 0,014–0,034 (energia CO ₂) ↓ 0–0,13 (maaperä CO ₂)

^a Kaikki maaperän hiilivarastoihin liittyvät muutokset mallinnettu käyttäen Yasso07 -mallia

^b Laskelmien perusteet Mikkola & Ahokas 2009. ^c Arvion tekemiseen ei ole tarvittavaa lähtötietoa

5. ILMASTOTOIMIEN SOSIAALINEN HYVÄKSYTTÄVYYS

Sosiaalisella hyväksyttävyydellä tarkoitetaan yleisesti sitä, miten hyvin tavoitteet tai toimet vastaavat kansalaisten arvoja ja arvostuksia. Tässä yhteydessä sosiaalisella hyväksyttävyydellä viitataan erityisesti viljelijöiden näkemykseen siitä, miten heihin kohdistuvat ilmastotoimet vastaavat heidän käsitystään kohtuudesta ja yhteiskunnallisesta oikeudenmukaisuudesta. Hyväksyttävyyden kokemukseen vaikuttavat monet eri seikat, mutta voidaan sanoa, että hyväksyttävyyttä voivat nauttia vain reiluina (tai väistämättöminä) pidetyt toimenpiteet. Sosiaaliseen hyväksyttävyyteen vaikuttavatkin paitsi yksilön oma kokemus, myös toimintayhteisö ja ulkoiset olosuhteet. Myös muiden kuin viljelijöiden käsitykset maatalouden ilmastotoimien sosiaalisesta hyväksyttävyydestä ovat tärkeitä, mutta niiden kartoitus edellyttäisi eri selvityksen.

Millaista ilmastopoliittikkaa maataloudessa tulisi toteuttaa? Yksiselitteistä vastausta ei ole. Toimien tulisi olla tehokkaita taloudellisesti ja myös ilmaston kannalta. Toisaalta ilmastotoimet eivät saisi kohtuuttomasti vaikeuttaa maatalouden toimintaedellytyksiä. Olisi tärkeää suosia toimia, joita viljelijät pitävät hyväksyttävimpinä: laajemmin hyväksytyjen vaihtoehtojen toimeenpano on tehokkaampaa ja aiheuttaa todennäköisesti vähemmän negatiivisia sivuvaikutuksia, kuten viljelijöiden toiminnan vaikeutumista, tuotantomäärien pienenemistä tai maatalouden kilpailukyvyyn heikentymistä.

Haastattelimme suomalaisia viljelijöitä vuonna 2013 ilmastonmuutoksen vaikutuksista ja maatalouden ilmastopoliittisista toimista. Haastateltavina oli 12 viljelijää eri puolilta Suomea. Heidät valittiin laadullisen tutkimuksen menetelmin, joten otos ei ole tilastollisesti edustava. Haastateltavat edustavat monipuolisesti maan eri alueita ja tuotantosuuntia, useimmiten viljanviljelyä tai maidontuotantoa. Ylivoimaisesti hyväksytyimmiksi ilmastotoimiksi nousivat energiatehokkuutta parantavat ja energiansäästöön liittyvät keinot. Myös kiinnostus bioenergian tuotantoon tiloilla oli melko suurta. Maatalouden nykyinen toimintakenttä ja sen osana tukijärjestelmä nähtiin kuitenkin byrokraattisena, suurtiloja suosivana ja jäykkänä, ja tätä pidettiin esteenä bioenergiaprojektien käynnistämiseksi. Yhdessä haastattelussa Suomen tilannetta verrattiin Viroon. Virossa toista tilaa operoivan haastateltavan kokemuksen mukaan Virossa on maatilan energian tuotannolle joustavimmat edellytykset (esimerkiksi luvitusjärjestelmä), joskin investointimahdollisuudet molemmissa maissa riippuvat myös tilakoosta ja maatilan tuotantosuunnasta.

Suurinta vastustusta viljelijöiden haastatteluissa herättivät yleisesti erilaiset pakottavat toimenpiteet ja ennen kaikkea eloperäisten peltöjen raivauskielto. Haastatteluissa arvosteltiin myös sellaisia yksityiskohtaisia määräyksiä, joiden perustelu ei ole aivan selkeä, mutta joista aiheutuu kuitenkin merkittäviä seurauksia viljelijän työskentelylle tai ajankäytölle. Kiistaton näyttö haitasta tosin antoi ympäristönsuojelutarkoituksissa asetetuille kielloille enemmän hyväksyttävyyttä.

Haastatteluiden tuloksista näkyy erityisesti jännite tehokkaimpien ja hyväksytyimpien toimien välillä: eloperäisten peltöjen raivauksen rajoittaminen olisi ylivoimaisesti tehokkainta maatalouden ilmastopoliittikkaa, mutta samaan aikaan se on myös vastustetuin keino. Hyväksytyimmät eli energiansäästöön liittyvät toimenpiteet ovat melko pieni muuttuja maatalouden päästöjen vähennyksessä etenkin verrattuna siihen päästöjen vähennyspotentiaaliin, joka sisältyy eloperäisten maiden raivaamatta jättämiseen. Ilmastotoimien vaikuttavuutta katsoen ongelmana on myös, että energiansäästön hyödyt kirjautuvat energiasektorille eikä niitä näin ollen huomioida maatalouden ilmastotavoitteiden toteutumista seurattaessa. Sama pätee bioenergian tuotantoon. Maatilan tasolta tätä päästöjen ja päästövähennysten kolmitahoista jyvitystä (siis päästövähennysten raportointia eri sektoreilla) on vaikea hahmottaa, kun maataloudessa toteutetut parannukset eivät hyödytä laskennallisesti maataloussektoria.

Miksi eloperäisten maiden raivaus on viljelijöille tärkeää? Keskeisimmät syyt raivaukseen ovat tarve saada lisää ympäristötuen ehtojen edellyttämää lannanlevitysalaa, ja toive saada raivattu pelto ajan myötä pinta-alatuen piiriin kannustaa raivaukseen. Näihin syihin liittyviä pellonraivauksen haluja ja tarvetta voidaan

kuitenkin vähentää tuotantoa tehostamalla ja sopivilla ohjaukeinoilla. Esimerkiksi kotieläintiloilla voidaan lannankäsittelyä tehostaa muun muassa biokaasutuksen ja lannan separoinnin avulla niin, että fosforin kierrätys helpottuu ja lannanlevityksen pinta-alatarve vähenee. Tämä tosin yleensä edellyttää, että jokin toinen tila voi ottaa vastaan fosforipitoista fraktiota pelloilleen.

Yleisesti ottaen viljelijät hyväksyivät sen, että maatiloilla ryhdytään ilmastotoimiin. Viljelijät ymmärtävät säiden keskeisen merkityksen toimialallaan ja ovat kiinnostuneita esimerkiksi sään ääreisilmiöistä sekä muistitiedon nojalla että tulevaisuuden kannalta. Samalla kuitenkin tiedostetaan, että sää on jatkuva epävarmuustekijä, ja ilmastonmuutokseen sopeutuminen nojaa perinteisesti tähän ymmärrykseen. Ilmastonmuutoksesta puhuttaessa viljelijöiden on kuitenkin vaikea tehdä eroa sopeutumisen ja hillinnän välillä, ja ilmastotoimina hillintätoimet ovat selvästi sopeutumistoimia tutumpia.

Saatavilla oleva ilmastotieto koettiin monimutkaiseksi ja ristiriitaiseksi. Oman tilan ilmastovaikutuksia ei osattu kokonaisuutena arvioida (polttoaineiden rooli painottui, lannoitteiden ja metaanipäästöjen roolia taas pidettiin vähäisenä). Lisätiedon tarve harkittavien ja tilakohtaisesti mahdollisten ilmastotoimien kannalta on suuri. Haastatteluissa pohdittiin esimerkiksi sellaisen tilakohtaisen ilmastokonsultointipalvelun tarvetta, joka voisi tuoda lisää johdonmukaisuutta ja vaikuttavuutta tilan ilmastotoimiin.

Viljelijät pitävät huomattavasti hyväksyttävämpänä sellaista maatalouden ilmastopolitiikkaa, jossa rahallisen ohjauksen tai vaihtoehtoisten toimintatapojen avulla viljelijälle jää valinnanvaraa. Esimerkiksi lannankäsittelyn vaatimuksiin liittyviä muutoksia vastustetaan ennen kaikkea kasvavien kustannusten tai lisääntyvän työmäärän vuoksi, kun taas investointituen kaltaisia ratkaisuja esimerkiksi biokaasun tuottamiseen pidetään varsin tervetulleina.

Laajasti katsoen viljelijöiden valinnanvapauden painotus kertoo suomalaisten maataloustuottajien yrittäjäidentiteetin vahvistumisesta (ks. myös Puupponen 2009). Kustannustietoisuus ulottuu myös ilmastotoimiin. Niinpä näitä toimia voidaan ottaa harkintaan osana investointeja, kunhan vain saadaan tarpeeksi luotettavaa tietoa tuloksen ja riskien arvioimiseksi.

6. SOSIAALISESTI HYVÄKSYTTÄVÄ JA TALOUDELLISESTI JA YMPÄRISTÖLLISESTI KESTÄVÄ ILMASTOPOLITIikka MAATALOUDESSA

Luvun 3 analyysin valossa maataloussektorin 13 % päästöjen vähennystavoite on haastava: vaadittu 0,76 Mt CO₂-ekv. vähennys kattaa yli 72 % maataloussektorin arvioidusta vähennyspotentiaalista. Vähennysten toteuttaminen varsinaisessa maataloussektorissa tulee kalliiksi. Suurimmat vähennyspotentiaalit löytyvät eloperäisten maiden päästöistä ja vähennyksiä voidaan saada ennen muuta maankäytön muutoksin, mutta tällä hetkellä sieltä saatavia päästövähennyksiä ei lueta maatalouden hyväksi ilmastopolitiikassa. Lyhyellä aikavälillä eloperäisillä viljelymailla tarvitaan useita toimia, mukaan lukien toimet pellonraivauksen rajoittamiseksi, jotta maankäytöstä johtuva päästöjen kasvu saadaan pysäytetyksi. Pidemmällä aikavälillä on pohdittava, kuinka sopeudutaan tuotantotoiminnan muutoksiin tavalla, joka edistää hillintää, hiilensidontaa ja maatalouden kilpailukykyä.

Maatalouden ilmastopolitiikka edellyttää ohjaavia rajoituksia kuormittavimmille toimille ja positiivisia kannustimia, jotka jättävät viljelijöille myös mahdollisuuksia omiin luoviin ratkaisuihin, kuten viljelijät itsekin korostavat. Päästöjen vähentämiseen kannustavalla tukipolitiikalla voidaan maatalouden ilmastotavoitteet saavuttaa taloudellisesti ja viljelijöiden hyväksymin keinoin. Tarpeen on myös pohtia, kuinka ilmastotoimien tarve suhteutuu muuhun maatalouteen kohdistettuun politiikkaan: tukeeko muu maatalouspolitiikka ilmastotavoitteiden saavuttamista vai toimiko se niitä vastaan. Tällaiseen tarkasteluun viitataan termillä politiikkakohereenssin, eli johdonmukaisuuden, analyysi.

6.1 POLITIIKKAJOHDONMUKAISUUDEN ONGELMIA

Maankäyttösektorin sivuuttaminen maatalouden ilmastopolitiikasta ja rajoittuminen nykyisen raportoinnin mukaisesti vain varsinaiseen maataloussektoriin kaventaa vähennystoimien joukkoa ja rajaa politiikan ulkopuolelle nopeimmin kasvihuonekaasupäästöihin vaikuttavia toimia. Tämä seikka on tähän saakka jäänyt varsin vähäiselle huomiolle ilmastokeskustelussa. Myös maatalouden energian käytön raportointi osana koko energiasektorin päästöjä ei palkitse maataloussektoria energiaratkaisuista. Energian käytön tehostaminen toki hyödyttää viljelijää rahassa, mutta saatava ilmastohyöty kirjautuu energiasektorille. Sama koskee bioenergiakasvien tuotantoa: energiakasveista saatava ilmastohyöty fossiilisten polttoaineiden korvaamisesta kirjautuu energiasektorille, myös lannasta ja energiakasveista tuotettavan biokaasun hyöty luetaan energiasektoriin. Toimien motivaatio kasvaisi ja maataloussektorin tavoitteiden saavuttaminen helpottuisi, mikäli nämä päästövähennykset luettaisiin maataloussektoriin.

Vaikka maaperän CO₂-päästöt ja maan käyttäminen eri käyttötarkoituksiin ovat ratkaisevia maankäytön päästöille, huolellista seurantaa ei ole siitä, mitä tapahtuu pellon raivaamisen ja metsittämisen rajapinnalla. Maa- ja metsätalousministeriön sisällä tulee täsmentää työnjakoa ja tiedonkeruuta pellon raivaamiseen ja metsittämiseen liittyvissä asioissa. Metsä- ja maatalouden tulee kohdata toisensa ilmastotalkoissa myös maankäyttöasioissa.

EU:n yhteinen maatalouspolitiikka (CAP) ja maatalouden kansallinen tukijärjestelmä sen osana vaikuttavat ilmastopolitiikan toteuttamisen mahdollisuuksiin, mutta niissä ei ole tähän mennessä erityisesti otettu huomioon kasvihuonekaasupäästöjen hillintänäkökohtia muutoin kuin yhden toimen osalta (eloperäisten peltojen pitkäaikainen nurmiviljely), joskin kasvihuonekaasupäästöjä rajoitetaan epäsuorasti myös suosimalla kasvipeitteisyyttä. Pinta-alaperusteisten tukien lisääntyminen edellisessä CAP-uudistuksessa on nostanut pellon hintaa, mikä osaltaan kannustaa pellonraivaukseen, vaikka vuoden 2004 jälkeen raivattu peltoala ei edes ole tukikelpoista. Kansallinen tukijärjestelmä on kannustanut tilojen laajentamiseen erityisesti pohjoisilla tukialueilla, mikä siirtää kotieläintaloutta pois vilja-Suomesta ja lisää eloperäisten maiden raivauksen todennäköisyyttä. Samalla näille alueille syntyy ns. konglomeraation eli tuotannon alueellisen keskittymisen, luomia skaalaetuja, jotka edelleen voimistavat keskittymistä. Tukipolitiikan tuloksena viljantuotanto ja kotieläintuotanto erkaantuvat, mikä vaikeuttaa lannan ravinteiden kierrätystä tavalla, joka ei johda ilmasto- ja vesistö päästöjen kasvuun. Toisaalta kotieläintilojen kasvun myötä teknisten ratkaisujen, kuten lannan separoinnin ja biokaasutuksen, kannattavuus kasvaa luoden edellytyksiä kehittyneemmille ravinteiden kierrätysratkaisuille.

Maatalouden ympäristöpolitiikkaa ei liioin ole aina toteutettu riittävän kokonaisvaltaisesti. Maatalouden vesiensuojeluvaatimukset rajoittavat ravinteiden levitystä pinta-alaa kohden, mutta jos tämä vaatimus johtaa eloperäisen pellon raivaukseen, se voi itsessään kasvattaa päästöjä paitsi ilmaan myös veteen enemmän kuin lannoitusrajojen lievä keventäminen. Kokonaisuoptimointi asiasta puuttuu, vaikka rajoitusten ympäristövaikutukset olisivat olleet arvioitavissa jo ennen niiden voimaantuloa.

Johtopäätöksenä on, että politiikan koherenssitarkastelut ovat tarpeen nykyisten ristiriitaisten kannustimien korjaamiseksi. Suuri osa nykyisistä ongelmista voidaan korjata korjaamalla maatalouspolitiikan suuria raameja. Nykyinen CAP-uudistus sallii kansalliselle politiikalle suuremman liikkumavaran, joka tulisi käyttää koherenssin edistämiseen. Uudella CAP-ohjelmakaudella 2014–2020 ilmastonäkökohdat otetaan tukipolitiikassa huomioon aiempaa paremmin (MMM 2013). Kaiken kaikkiaan poliittiseen päätöksentekoon tulisi kehittää järjestelmä, jossa voitaisiin etukäteen arvioida suunniteltujen uusien päätösten vaikutukset kaikilla kasvihuonekaasupäästöjen raportointisektoreilla ja myös yleisesti ympäristön kannalta.

6.2 PELLONRAIVAUKSEN RAJOITTAMINEN

Lyhyellä aikavälillä huomio kiinnittyy eloperäisiin maihin. Pellonraivauksen rajoittaminen on tärkeä välikäsi tehtävä, jotta maaperästä peräisin olevien hiilidioksidipäästöjen vuosittainen kasvu saadaan loppumaan. Osoitimme edellä, että pellonraivauksen rajoittaminen on edullinen tapa ehkäistä kasvihuonekaasupäästöjä. Keinovalikoimaa raivauksen rajoittamiseksi on kuitenkin syytä harkita tarkkaan. Esittelemme tässä kolme eriluonteista vaihtoehtoa pohdintaa varten.

Raivausvero: Puhdas ympäristotaloudellinen tarkastelu suosittaa veron asettamista tasolle, joka vastaa raivauksesta syntyvää ilmastohaittaa. Edellä esitetyn päästöpulssin nojalla ja olettaen, että pulssi vähenee lineaarisesti nollaan 10 vuoden aikana, se olisi keskimääräisillä eloperäisillä mailla 285 €/ha noin 10 vuoden ajan. Vero laskisi raivauksen kannattavuutta, mutta ei kieltäisi sitä laajenevilta tuottoisilta tiloilta. Tämä ratkaisu oletettavasti ei ole viljelijöiden mieleen, koska se aiheuttaa selkeän kustannusrasituksen.

Lannanlevitysalan tarkempi rajaus ja raivaus: Jos karjatilan ympäristöluvassa ei hyväksyttäisi raivattuja eloperäisiä peltoja lannan levitysalaan, niin rajoite ohjaisi raivausta kivennäismaille, joissa pellon raivauksen haitat ovat olennaisesti vähäisempiä kuin eloperäisillä mailla. Ehdotus voisi toimia hyvin muualla Suomessa, mutta on haasteellinen Pohjanmaan alueella, jossa pääosa eloperäisistä maista sijaitsee.

Lannan separointi: Edellä nähtiin, että vähintään 90 eläimen karjatilalle lannan separointi on kannattavaa. Suuri osa tulevista investoinneista karjatilalla kasvattaa tilojen tuotantoeläinten määrän nykyisestä noin 40–60 eläimestä (yhden lypsyrobotin verran) noin 90–100 eläimeen (kaksi lypsyrobotia). Investointituki separointiteknoologiaan investoivilla tiloilla voimistaisi kannustimia separointiteknoLOGIAN käyttöönottoon. Mikäli 60 tuotantoeläimen tiloille maksettaisiin merkittävän suurta tukea, separointi tulisi kannattavaksi osaksi laajentamisinvestointeja.

6.3 BIOKAASUN TUOTANNON LISÄÄMINEN

Nurmea ja lietettä syötteenä hyödyntävä maatilan biokaasulaitos ei pääsääntöisesti ole kannattava: vaikka tuotannosta saatava vuotuinen tulo ylittää vuotuiset tuotantokustannukset, pääomakustannuksen huomioiminen tekee toiminnan pääsääntöisesti kannattamattomaksi. Biokaasun tuottamisen kannattavuus riippuu erityisesti biokaasulla korvattavan energian hinnasta, lämmön kysynnästä sekä investoinnin tuotto-odotuksesta. Mitä suuremmaksi viljelijä kokee investoinnin riskit, sitä kannattamattommaksi investointi käy korkean diskonttokoron vuoksi. Tämä kasvattaa tarvittavaa investointitukea hankkeille. Esimerkiksi 5 % korkotasolla tämän raportin esimerkkilaitoksen investoinnin tukitason tulisi olla noin 28 % investointikustannuksesta. Koska esimerkkilaitoksen vuotuinen tulo-kustannusvirta ilman investointiin liittyvää vuotuista pääomakustannusta on positiivinen, riittävän korkea investointituki toimii hyvin biokaasun tuotannon ohjauksessa.

Investointituki: Biokaasun tuotantoa voidaan edistää investointituella, mutta sen tasoja tulee tarkistaa vastaamaan paremmin tilojen erilaisia ratkaisumalleja.

6.4 MAANKÄYTTÖRATKAISUJA ELOPERÄISILLE MAILLE

Osa eloperäisistä pelloista on viljelyksessä hyvin tuottoisia ja ne kilpailevat hyvin kivennäismaiden kanssa. Osa pelloista on kuitenkin heikkotuottoisia. Osoitimme edellä, että sekä viherkesannointi että metsittäminen ovat varsin kustannusvaikuttavia toimenpiteitä: kustannus yhden CO₂-ekv. tonnin vähentämisestä pitkäaikaisen viherkesannon avulla on 28 € ja metsittämisellä 17 €. Pitkäaikainen viherkesanto on ilmastoystävällinen ratkaisu, jossa pellot pidetään kasvukunnossa eli potentiaalisena ruoantuotantoalana, mutta tuottamassa ilmastohyötyä. Metsittäminen on taas keino siirtää tarpeettomaksi käyviä peltoja takaisin metsätalouden piiriin.

Tuki pitkäaikaiselle viherkesannolle: Viherkesannoinnin tapauksessa kesannon pitkäaikaisuus tulee ottaa vakavasti: sidottu hiili palautuu maasta nopeasti takaisin ilmakehään, kun maa otetaan jälleen aktiiviviljelykseen. Sopimuskauden tulee siis olla riittävän pitkä, jotta ilmastollinen kestävyys toteutuu. Myös viherkesannon suhteen tuki on tarpeen - muutoin viljelijällä ei ole kannustinta pitkäaikaiseen kesannointiin. Pitkän aikavälin ratkaisu edellyttää, että tukitaso tulee mitoittaa niin, että se kattaa maatalouden arvioidun tuottavuuden kehityksen. Näin lievennetään sitoutumista ehkäisevää taloudellista epävarmuutta ja voimistetaan kannustimia kesannointiin. Tukitasojen ei silti tarvitse nousta korkeiksi, koska maataloustuet viherkesannolle jäävät voimaan. Viherkesannoinnin positiivista ilmastovaikutusta voidaan voimistaa, mikäli syntyvä nurmibiomassa voidaan prosessoida biokaasulaitoksessa ja tuottaa biokaasua vähäisin

ilmastopanoksin verrattuna viljeltyyn nurmeen, tai nurmi pystytään korjaamaan ja hyödyntämään muutoin, esimerkiksi rehuna.

Tuki eloperäisten peltojen metsitykselle: Metsittämisen suhteen kannustimia ei juuri ole, koska korkeat maatalouden pinta-alatuet tekevät huonotuottoisenkin maan pitämisen viljelyksessä edullisemmaksi kuin sen metsityksen. Kuitenkin, jos osa eloperäisistä pelloista metsitettäisiin, tarve vähentää päästöjä kalliimmin keinoin koko maataloudessa laskee. Peltojen metsittäminen poistaisi maata viljelyksestä pysyvämmiin ja on siten ilmastollisesti kestävä ratkaisu. Metsityksen edistämisen keinona voisi olla esimerkiksi maataloustuen säilyttäminen metsitetyle lohkoille tietyn määrääjän lisätyinä istutustuella.

6.5 SOPEUTUMINEN JA HILLINTÄ

Pitkällä aikavälillä politiikan suunnittelun keskiöön nousevat ilmastonmuutoksen aiheuttamat muutokset maataloustuotannossa. Selkeimmät sopeutumisen ja hillinnän synergiaedut saadaan toimenpiteillä, jotka kasvattavat kasvustomassan tuotantoa pinta-alaa kohti ja/tai vähentävät typpilannoitusta satoja laskematta. Suomen maataloudessa tasapaino sopeutumistoimien ja niiden hillintävaikutusten välillä voi olla astetta herkempi kuin useilla muilla Euroopan tuotantoalueilla johtuen muun muassa pohjoisesta sijainnistamme sekä eloperäisten maiden yleisyydestä. Sen vuoksi sopeutumistoimien laajamittainen käyttöönotto/toimeenpano edellyttää ennakoivaa ja kokonaisvaltaista tarkastelua niiden vaikutuksista kasvihuonekaasujen päästöihin aina tapauskohtaisesti. Päästövaikutukset näyttäisivät kuitenkin olevan enimmäkseen suuruudeltaan sellaisia, että sivuvaikutukset kasvihuonekaasupäästöihin ovat hyväksyttävällä tasolla, eli mitään sopeutumistointia ei ole syytä hylätä isojen päästövaikutusten perusteella. Kotieläintuotannon sopeuttamisen vaikutukset kasvihuonekaasupäästöihin tulisi selvittää jatkossa erikseen.

On tärkeää, että sopeutumis- ja hillintätoimet ovat kustannustehokkaita, mutta niin että toimien taloudellinen kestävyys ja sosiaalinen hyväksyttävyys toteutuvat viljelijöiden näkökulmasta mahdollisimman hyvin samanaikaisesti. Tämä edellyttää ilmastotoimilta kannustavuutta ja liikkumavaran jättämistä viljelijöille niin, että he voivat vaikuttaa kestävään kehitykseen omilla päätöksillään. Esimerkiksi tilakohtainen energian tuotanto on osoittanut, että oma aloitteellisuus voi johtaa päästöjen vähenemiseen mutta myös uusiin liiketoimintaideoihin ja ilmastopolitiikan sosiaalisen hyväksyttävyyden kasvuun.

7. LISÄAINESIEN TARVE ILMASTOPOLITIIKAN KEHITTÄMISEKSI

Käsillä olevan tutkimustiedon puutteen vuoksi tässä raportissa ei käsitelty eräitä potentiaalisesti tärkeitä toimenpiteitä ja mahdollisia suuntia ilmastopolitiikan kehittämiseen. Poimimme seuraavassa eräitä teemoja, joilla voi olla vaikutusta siihen, kuinka maatalouden ilmastopolitiikkaa voidaan kehittää tutkimustiedon karttuessa ja tarkentuessa.

Ruuan kulutuksen muutokset ja kulutuksen ohjaaminen vaikuttavat ruuantuotannon päästöihin. Esimerkiksi siirtymisen pohjoismaisen suosituksen mukaiseen ruokavalioon on arvioitu vähentävän kasvihuonekaasupäästöjä. Tarkempien arvioiden laatiminen päästövähennyksistä edellyttää kuitenkin analyysia siitä, kuinka maataloustuotanto (kasvinviljely, kotieläintuotanto, maankäyttö) sopeutuu, kun ruuan kulutuksen painopisteet muuttuvat esimerkiksi kasvisten, lihan ja kalan kesken. Vasta kun sopeutumisen suunnista on perusteltua tietoa, voidaan arvioida millaiseksi ilmastovaikutukset osoittautuvat.

Toinen tarkastelun ulkopuolelle jäänyt teema on luonnonmukaisen tuotannon rooli päästöjen vähentämisessä. Luomutuotannossa päästöt eroavat lähtökohtaisesti väkilannoitukseen liittyvien päästöjen jäämisellä pois ja toisaalta muokkauksen päästöjen mahdollisella kasvamisella tavanomaiseen tuotantoon verrattuna. Vaikka kotimaista tutkimustietoa puuttuukin, eräiden keskieurooppalaisten arvioiden mukaan luomutuotannon hehtaarikohtaiset päästöt olisivat pienemmät, mutta satojen alhaisemman tason vuoksi päästöt tuotettua yksikköä kohden voivat olla lähellä tavanomaista tuotantoa.

Kotieläintuotanto on hyvin monimuotoinen maataloustuotannon ala. Lannan separointia ja biokaasutusta lukuun ottamatta raportissa ei käsitelty muita kotieläinsektorin mahdollisia päästövähennystoimia. Kotieläinsektori ei liioin ole homogeeninen: karja-, siipikarja- ja sikataloudella on kullakin omat erityispiirteensä ja ne ovat myös varsin erilaisia kasvihuonekaasupäästöjen suhteen. Kotieläintalouden kasvihuonekaasupäästöt ovat laskeneet merkittävästi yli ajan, ja vähentämismahdollisuuksia on edelleen. Tutkimustiedon karttuessa kotieläintalouden mahdollisuuksia ja rajoituksia voidaan tarkastella lähemmin. Sama koskee sopeutumistoimia kotieläintaloudessa

Kaiken kaikkiaan maatalouden ilmastotehokkuuden lisääminen edellyttää, että annettu tuotos kyetään tuottamaan vähemmällä päästöillä. Tällöin tarkastelua tulee laajentaa systemisesti kattamaan koko tuotantojärjestelmän nettopäästöt. Tällaisen tutkimuksen kehittämiseen on syytä uhrata voimavaroja.

LIITTEET

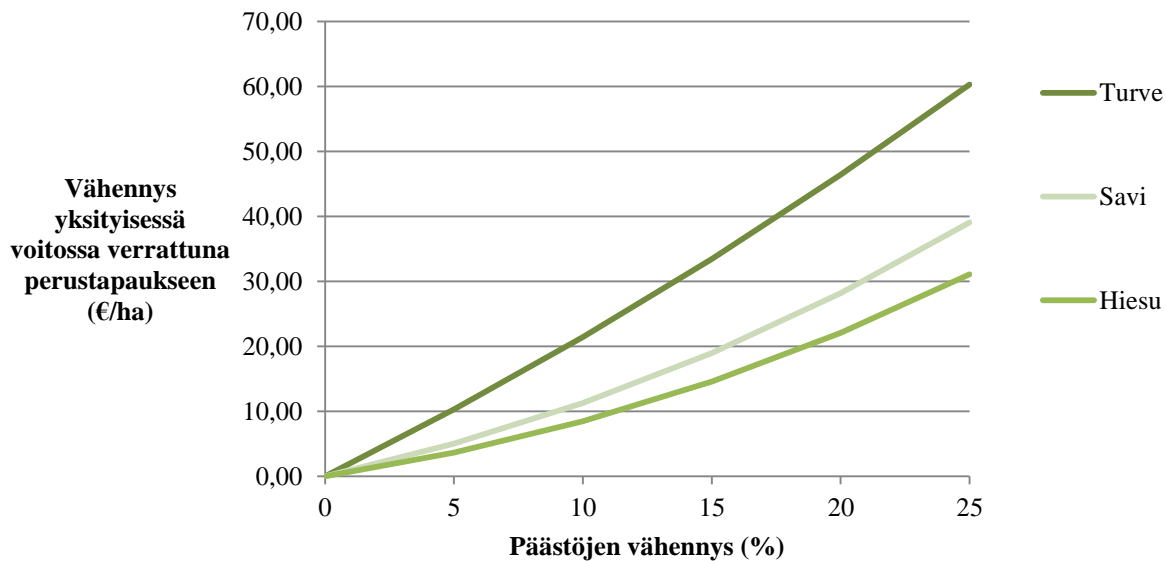
Liite 1. Maatalouden kasvihuonekaasupäästöjen ja päästöjen vähennyspotentiaali

Taulukko 1. Maatalouden kasvihuonekaasupäästöt päästölähteittäin vuonna 2011 ja arvio päästöjen vähennyspotentiaalista vuonna 2020 verrattuna nykyisen politiikan mukaan arvioituun perusskenaarion kehitykseen

Päästölähde		Päästö Mt CO ₂ -ekv	Osuus maatalouden kokonaispäästöistä %	Päästövähennys- potentiaali Mt CO ₂ -ekv
Maataloussektori yht.		5,87^a	41,0^b	0-1,05^c
Eläintuotanto	CH ₄	1,59 ^a	11,1 ^b	0-0,06 ^c
Lannan käsittely	CH ₄	0,30 ^a	2,1 ^b	0-0,02 ^c
	N ₂ O	0,43 ^a	3,0 ^b	- ^c
Maaperä	N ₂ O	3,55 ^a	24,8 ^b	0-0,98 ^c
Oljenpoltto	N ₂ O	0,0005 ^a	0,009 ^b	- ^c
	CH ₄			
Maankäyttö- sektori yht.		7,0^a	49,7^b	0-0,8^c
Viljelysmaa, kivennäismaat	CO ₂	0,3 ^a	2,1 ^b	0-0,08 ^c
Viljelysmaa, orgaaniset maat	CO ₂	5,96 ^a	41,7 ^b	0-0,72 ^c
Viljelysmaa, kasvibiomassa	CO ₂	0,41 ^a	2,9 ^b	?
Kalkitus	CO ₂	0,17 ^a	1,2 ^b	- ^c
Pellonraivaus	N ₂ O	0,012 ^a	0,1 ^b	- ^c
Viljelysmaa yht.		6,8^a	47,6^b	0-0,8
Ruohikkoalueet yht.		0,22^a	1,5^b	- ^c
Energia-sektori yht.		1,3^a	9,1^b	?
Maatalouden päästöt yht.		14,3^a	100	0-2,39^c

^aTilastokeskus (2013a), ^blaskettu Tilastokeskus (2013a) perusteella, ^cRegina ym. (2014)

Liite 2. Kustannuksen nousu väkilannoitusta vähennettäessä päästövähennyksen funktiona



Kuva 1. Päästörajoitusten kustannuskäyrä eli viljelijän voiton lasku kasvihuonekaasupäästöille asetetun rajoitteen kiristyessä keskimääräisellä maan laadulla perinteisellä kyntömuokkauksella, kun lannoitusta vähennetään ympäristötuen mukaiselta lähtötasolta (perustapaus)

Liite 3. Biokaasutuotannon tuotot, kustannukset ja päästöt

Biokaasulaitoksen investointikustannus on 360 000 € ja käyttöaika 15 vuotta. Investointi sisältää laitteiston asennettuna, maarakentamisen sekä sähkötyöt. Laitoksen vuotuiset käyttökustannukset sisältävät sähköntuotannon kustannukset sekä korjaukset. Biokaasulaitoksen mädätysjäännökselle lasketaan kuljetuskustannus 1 km etäisyydelle laitokselta tilan omille pelloille. Jäännöksen paino vastaa syötteen kokonaismäärää tilavuuspainon ollessa 1000 kg/m^3 (Heikki Lehtonen (MTT), henkilökohtainen tiedonanto 7.2.2014). Jäännöksen lannoituskäytön kustannukset on huomioitu nurmen tuotantokustannuksissa.

Laitoksen nettoenergiantuotanto on 300 000 kWh lämpöä ja 125 000 kWh sähköä vuodessa (Sari Luostarinen (MTT), henkilökohtainen tiedonanto 13.2.2014). Laitos kuluttaa itse 16 % lämmöstä ja 11 % sähköstä. Tuotettu nettolämpö pystytään hyödyntämään joko kokonaan tai puoliksi. Energian vuoden 2012 keskiarvohinnat (alv mukana) ovat 0,1114 €/kWh öljylle ja 0,1445 kWh sähkölle maatilataloudelle (sisältää siirron) (Energiakatsaus 2012). Laitoksen vuotuinen tulo-kustannusvirta ilman investointikustannusta on positiivinen, noin 25 268 €, kun tuotettu nettolämpö pystytään hyödyntämään kokonaisuudessaan ja noin 8558 €, kun lämmöstä saadaan hyödynnettyä puolet.

Taulukko 1. Biokaasulaitoksen tulot ja kustannukset yhden vuoden ajalta

Biokaasulaitoksen tulot		
Sähkö*	18 063	€/vuosi
Lämpö (100 % hyödynnetty)*	33 420	€/vuosi
Lämpö (50 % hyödynnetty)*	16 710	€/vuosi
Yhteensä (lämpö 100 %)	51 483	€/vuosi
Yhteensä (lämpö 50 %)	34 773	€/vuosi
Biokaasulaitoksen kustannukset		
Nurmen tuotantokustannus	14 518	€/14 ha/vuosi
Laitoksen vuotuinen investointikustannus (korko 5 %)	34 683	€/vuosi
Laitoksen käyttökustannus	4 650	€/vuosi
Mädätysjäännöksen kuljetuskustannus	7 047	€/vuosi
Yhteensä	60 898	€/vuosi
Biokaasulaitoksen tuotto (korko 5 %, lämpö 100 %)	-9 415	€/vuosi
Biokaasulaitoksen tuotto (korko 5 %, lämpö 50 %)	-26 125	€/vuosi
Laitoksen investointikustannus (korko 3 %)	30 156	€/vuosi
Biokaasulaitoksen tuotto (korko 3 %, lämpö 100 %)	-4 888	€/vuosi
Biokaasulaitoksen tuotto (korko 3 %, lämpö 50 %)	-21 598	€/vuosi

*Hyöty fossiilisten polttoaineiden korvaamisesta, kivihiilen ja kevyen polttoöljyn vuoden 2012 arvonlisäverottomilla hinnoilla, kaikki energia omaan käyttöön, biokaasulaitoksen nettoenergiantuotto

Biokaasulaitoksen tuottaman nettolämmön ja -sähkön tuottamiseen fossiilisella energialla tarvittaisiin 28,04 tonnia kevyttä polttoöljyä sekä 48,65 tonnia kivihiihtä. Päästökertoimien avulla laskettuna päästöt näistä olisivat yhteensä noin 201 t CO₂-ekvivalenttia. (energian saanto kivihielelle 37 % ja polttoöljylle 90 % Myllymaa ym. 2008, tehollinen oletuslämpöarvo käyttökattilassa kivihielelle 25 ja polttoöljylle 42,8 GJ/t sekä CO₂-oletuspäästökerroin kivihielelle 93,3 ja polttoöljylle 72,5 t/TJ Tilastokeskus 2013c, laskutapa Myllymaa ym. 2008 mukaan). Kivihiihilauhteella tuotetun sähkön N₂O-päästöt ovat 0,0255 kg/tonni kivihiihtä ja lämpökattilassa *raskaalla* polttoöljyllä tuotetun lämmön 0,0411 kg/tonni öljyä (Myllymaa ym. 2008, 54, 57). Siten tarkasteltu biokaasulaitos laskisi fossiilisista lähteistä tulevia N₂O-päästöjä yhteensä noin 2,39 kg, joka CO₂-ekvivalenteiksi muutettuna tarkoittaa noin 713 kg CO₂-ekvivalenttia/vuosi eli noin 51 kg CO₂-ekvivalenttia/ha.

Liite 4. Toimenpiteiden yhteiskunnalliset kustannukset ja vaikutus ravinnehuuhtoumaan

Taulukko 1. Toimenpidekohtainen vähennyskustannus/CO₂-ekvivalenttitonni sekä huuhtouman ja huuhtoumahaitan lasku eloperäisillä ja kivennäismailla

	Yhteiskunnalliset kustannukset	Vesistövaikutukset	
	yhteiskunta	huuhtouman lasku	hyöty huuhtoumahaitan laskusta
	€/CO ₂ -ekv. t	kg N-ekv./ha	€/ha
Väkilannoitus / vähennys 15 % (eloperäinen)	318	0,3	3
Väkilannoitus / vähennys 15 % (kivennäismaa)	106	0,7	7
Viherkesanto / ohran viljelyn sijaan (eloper.)	29	9	80
Viherkesanto / ohran viljelyn sijaan (kivennäis)	76	13	114
Biokaasu / lanta ja nurmi (korko 3 %)	8,5	ei vaikutusta huuhtoumaan	
Biokaasu / lanta ja nurmi (korko 5 %)	23		
Metsitys / ohran viljelyn sijaan (eloperäinen)	17	18	160
Metsitys / ohran viljelyn sijaan (kivennäismaa)	22	22	193

Liite 5. Pellonraivauksen välitön vaikutus viljelijälle ja yhteiskunnalle

Taulukko 1. Pellonraivauksen välitön vaikutus viljelijälle ja yhteiskunnalle vuotuisina nykyarvoina 30 vuoden ajalta (€/ha, eläinten määrä ≥ 60)

	Eloperäiset maat	Kivennäismaat
<i>Viljelijä</i>		
Raivauksen nettohyöty	-40	226
Lannan kuljetuskustannuksen lasku	192	192
Lannan levityskustannuksen nousu	58	58
Yhteensä	94	360
<i>Yhteiskunta</i>		
Raivauksen nettohyöty	-40	226
Raivauksen ja kalkituksen ilmastohaitta	38	17
Typen huuhtoumahaitta raivatulta alalta	134	178
Lannan kuljetuskustannuksen lasku	192	192
Lannan kuljetuksen ilmastohaitan lasku	2	2
Lannan levityskustannuksen nousu	58	58
Yhteensä	-76	167
<i>Eloperäiset maat ja kivennäismaat yhteensä</i>		
Viljelijä		454
Yhteiskunta		91

Liite 6. Lannan separointiteknologiat ja niiden kannattavuus

Taulukko 1. Dekanterilingolla ja ruuvikuivaimella separoidun lannan neste- ja kuivajakeen levittämisen tarvittavan peltoalan määrä eloperäisillä mailla (viljelijällä peltoa 40 ha)

	Eläimiä (kpl)							
	40	50	60	70	80	90	100	
<i>Dekanterilingo</i>								
Nestejakeen levittämiseen tarvittava ala	6,76	8,45	10,14	11,83	13,52	15,21	16,91	ha
Kuivajakeen levittämiseen tarvittava ala	4,14	5,18	6,21	7,25	8,28	9,32	10,35	ha
<i>Ruuvikuivain</i>								
Nestejakeen levittämiseen tarvittava ala	16,56	20,7	24,84	28,98	33,12	37,26	41,4	ha
Kuivajakeen levittämiseen tarvittava ala	2,42	3,02	3,62	4,23	4,83	5,43	6,04	ha

Taulukko 2. Dekanterilingon ja ruuvikuivaimen vuotuinen nykyarvoinen investointikustannus sekä vuotuinen nykyarvoinen säästö kuljetuskustannuksissa verrattuna tilanteeseen, jossa lantaa ei separoida (eloperäiset maat)

	Eläimiä (kpl)							
	40	50	60	70	80	90	100	
<i>Dekanterilingo</i>								
Vuotuinen investointikustannus	10 551							€/a
Säästö kuljetuskustannuksissa	0	0	351	2082	3812	5542	7273	€/a
<i>Ruuvikuivain</i>								
Vuotuinen investointikustannus	4492							€/a
Säästö kuljetuskustannuksissa	0	0	351	2082	3812	4642	4786	€/a

Taulukko 3. Dekanterilingolla ja ruuvikuivaimella separoidun lannan neste- ja kuivajakeen levittämisen tarvittavan peltoalan määrä kivennäismailla (viljelijällä peltoa 40 ha)

	Eläimiä (kpl)							
	40	50	60	70	80	90	100	
<i>Dekanterilingo</i>								
Nestejakeen levittämiseen tarvittava ala	5,52	6,90	8,28	9,66	11,04	12,42	13,80	ha
Kuivajakeen levittämiseen tarvittava ala	4,14	5,18	6,21	7,25	8,28	9,32	10,35	ha
<i>Ruuvikuivain</i>								
Nestejakeen levittämiseen tarvittava ala	16,56	20,70	24,84	28,98	33,12	37,26	41,40	ha
Kuivajakeen levittämiseen tarvittava ala	1,93	2,42	2,90	3,38	3,86	4,35	4,83	ha

Taulukko 4. Dekantterilingon ja ruuvikuivaimen vuotuinen nykyarvoinen investointikustannus sekä vuotuinen nykyarvoinen säästö kuljetuskustannuksissa verrattuna tilanteeseen, jossa lantaa ei separoida (kivennäismaat)

	Eläimiä (kpl)							
	40	50	60	70	80	90	100	
Dekantterilinko								
Vuotuinen investointikustannus	10 551							€/a
Säästö kuljetuskustannuksissa	0	0	351	2082	3812	5542	7273	€/a
Ruuvikuivain								
Vuotuinen investointikustannus	4492							€/a
Säästö kuljetuskustannuksissa	0	0	351	2082	3812	4642	4786	€/a

Taulukko 5. Separoinnin kustannukset urakoinnissa ruuvikuivaimella eloperäisillä mailla 60 eläimen tilalla

Separoinnin yksikkökustannukset (Reiskone Oy, 2013)		
Raakalietekuutio käsittely	1,2	€/m ³
Separoinnin tuntihinta tehoplus-separaattorilla	125	€/tunti
Perusmaksu	80	€/tila
Kuorma-auton matka tilalle	0,98	€/km
Separoinnin tehokkuus (keskiarvo naudaneläimelle)	85	m ³ /tunti
Separoinnin kustannus urakointina 60 eläimen tilalla		
Raakalietteen käsittely (1380 m ³ raakalietettä)	1656	€
Separoinnin hinta (kesto 16,2 tuntia)	2517	€
Perusmaksu	80	€
Kuorma-auton matkakustannus (etäisyys 50 km)	49	€
YHTEENSÄ	4301	€
Nykyarvoinen vuotuiskestäminen (10 vuotta, 3 %)	3669	€
Lannan kuljetuskustannuksen lasku (vuotuinen nykyarvo)	351	€
URAKOINNIN NETTOHYÖTY	-3318	€

LÄHTEET

Energiakatsaus 2012. Energiakatsaus 1/2012. Työ- ja elinkeinoministeriö. URL: http://www.energiakatsaus.fi/digilehti/1-2012/Energiakatsaus_1-2012.pdf.

Ervola, A., Lankoski, J., Ollikainen, M. & Mikkola, H. J. 2012. Agriculture and climate change: The socially optimal production, land use, and GHG emissions. *Food Economics* 9: 1–2, 10–24.

Ervola, A., Lankoski, J. & Ollikainen, M. 2014. Economic instruments for climate mitigation in crop production. *Julkaisematon käsikirjoitus*. Tarjottu konferenssiin World Conference of Environmental and Resource Economists, Istanbul 2014.

Hakala, K., Hannukkala, A., Huusela-Veistola, E., Jalli, M. & Peltonen-Sainio, P. 2011. Pests and diseases in a changing climate: a major challenge for Finnish crop production. *Agricultural and Food Science* 20: 3–14.

Karhu, K., Wall, A., Vanhala, P., Liski, J., Esala, M. & Regina, K. 2011. Effects of afforestation and deforestation on boreal soil carbon stocks – Comparison of measured C stocks with Yasso07 model results. *Geoderma* 164, 33-45.

Kaukoranta, T. & Hakala, K. 2008. Impact of spring warming on sowing times of cereal, potato and sugar beet in Finland. *Agricultural and Food Science* 17: 165–176.

Känkänen, H., Suokannas, A., Tiilikkala, K. & Nykänen, A. 2013. Biologinen typensidonta fossiilisen energian säästäjänä: 2. korjattu painos. MTT Raportti 76: 60 p.

Larvus, L. 2012. Fosforin käyttö ja kierrätys – Lietelannan separoinnin kannattavuuden analyysi. Pro Gradu –työ. Helsingin yliopisto, Taloustieteen laitos.

Maljanen, M., Hytönen, J., Mäkiranta, P., Alm, J., Minkkinen, K., Laine, J., Martikainen, P.J. (2007) Greenhouse gas emissions from cultivated and abandoned organic croplands in Finland. *Boreal Environment Research*, 12: 133–140.

Mikkola, H.J. & Ahokas M. 2009. Energy ratios in Finnish agricultural production. *Agricultural and Food Science* 18: 332–346.

MMM 2005. Ilmastonmuutoksen kansallinen sopeutumisstrategia. MMM:n julkaisuja 1/2005. Vammalan Kirjapaino Oy, Vammala. 278 p.

MMM. 2011. Ehdotus soiden ja turvemaiden kestävä ja vastuullisen käytön ja suojelun kansalliseksi strategiaksi. Soiden ja turvemaiden kansallista strategiaa valmistelleen työryhmän ehdotus 16.2.2011. Työryhmämuistio MMM 2011:1. Helsinki 2011. URL: http://www.mmm.fi/attachments/ymparisto/suojaturvemaat/5wXEXk8I7/Suostrategia_nettiin.pdf.

MMM 2013. Luonnos Manner-Suomen maatalouden kehittämisohjelmaksi. http://www.maaseutu.fi/attachments/ohjelmakausi_2014-2020/6LmoiR08y/Luonnos_Manner-Suomen_maaseudun_kehittämisohjelmaksi_2014-2020_nettti.pdf

Myllymaa, T., Moliis, K., Tohka, A., Rantanen, P., Ollikainen, M. & Dahlbo, H. 2008. Jätteiden kierrätyksen ja polton käsittelyketjujen ympäristökuormitus ja kustannukset. Inventaarioraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 28. URL: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/39792/SYKEra_28_2008.pdf?sequence=1.

Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L., Hakala, K. & Ojanen, H. 2009. Climate change and prolongation of growing season: changes in regional potential for field crop production in Finland. *Agricultural and Food Science* 18: 171–190.

Peltonen-Sainio, P. & Jauhiainen, L. 2014. Weather variability lessons from the past: sowing to ripening dynamics and yield penalties for northern agriculture in 1970–2012. *Regional Environmental Change*, DOI: 10.1007/s10113-014-0594-z.

Puupponen, A. 2009 Maaseutuyrittäjyys, verkostot ja paikallisuus – tapaustutkimus pienimuotoisen elintarviketuotannon kestävydestä Keski-Suomessa,, Jyväskylä *Studies in Education, Psychology and Social Research* 374,

Regina, K., Lehtonen, H., Nousiainen, J. & Esala, M. 2009. Modelled impacts of mitigation measures on greenhouse gas emissions from Finnish agriculture up to 2020. *Agricultural and Food Science* 18, 477–493.

Regina, K., Lehtonen, H., Palosuo, T. & Ahvenjärvi, S. 2014. Maatalouden kasvihuonekaasupäästöt ja niiden vähentäminen. MTT Raportti 127. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus 2013. www.mtt.fi/mtrraportti

Reiskone Oy, 2013. Separoinnin hinta. URL: www.separointi.fi (Haettu 11.3.2014)

Statistics Finland (2013) Greenhouse gas emissions in Finland 1990-2011. National Inventory Report under the UNFCCC and the Kyoto Protocol 15.4.2013. <http://www.stat.fi/greenhousegases>

TEM. 2008. Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 6. päivänä marraskuuta 2008. Työ- ja elinkeinoministeriö. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja, Energia ja ilmasto, 36/2008.

TEM 2013. Kansallinen energia- ja ilmastostrategia. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 20. päivänä maaliskuuta 2013. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja. Energia ja ilmasto 8/2013. www.tem.fi

Tike, 2012. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. Maatilatilastollinen vuosikirja 2012. URL: http://www.maataloustilastot.fi/sites/default/files/vuosikirja_2012_0.pdf

Tilastokeskus. 2013a. Suomen kasvihuonekaasupäästöt 1990–2011. Katsauksia 2013/1. URL: http://tilastokeskus.fi/tup/khkinv/suominir_2013.pdf.

Tilastokeskus 2013b. Vuotuinen päästöraportointi UNFCCC:n sihteeristölle (CRF-taulut). http://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut_raportointi.html

Tilastokeskus 2013c. Polttoaineluokitus 2013. URL: http://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut_polttoaineluokitus.html.

Tol, R. S. J. 2011. The social cost of carbon. *The Annual Review of Resource Economics* 3: 419-443.