

MTT RAPORTTI 127

Maatalouden kasvihuonekaasupäästöt ja niiden vähentäminen

Kristiina Regina, Heikki Lehtonen, Taru Palosuo ja Seppo Ahvenjärvi



Maatalouden kasvihuonekaasupäästöt ja niiden vähentäminen

Kristiina Regina, Heikki Lehtonen, Taru Palosuo ja Seppo Ahvenjärvi

ISBN: 978-952-487-504-2

ISSN 1798-6419

URN: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-487-504-2>

<http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti127.pdf>

Copyright: MTT

Kirjoittajat: Kristiina Regina, Heikki Lehtonen, Taru Palosuo, Seppo Ahvenjärvi

Julkaisija ja kustantaja: MTT Jokioinen

Julkaisuvuosi: 2014

Kannen kuva: Janne Lehtinen/ MTT:n arkisto

Maatalouden kasvihuonekaasupäästöt ja niiden vähentäminen

Kristiina Regina¹⁾, Heikki Lehtonen²⁾, Taru Palosuo³⁾, Seppo Ahvenjärvi⁴⁾

¹⁾ MTT, Kasvintuotannon tutkimus, Tietotie, 31600 Jokioinen, etunimi.sukunimi@mtt.fi

²⁾ MTT, Taloustutkimus, Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki, etunimi.sukunimi@mtt.fi

³⁾ MTT, Kasvintuotannon tutkimus, Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki, etunimi.sukunimi@mtt.fi

⁴⁾ MTT, Kotieläintuotannon tutkimus, Tietotie, 31600 Jokioinen, etunimi.sukunimi@mtt.fi

Tiivistelmä

Maatalouden kasvihuonekaasupäästöt raportoidaan osana Suomen kokonaispäästöjä YK:n Ilmastopöytäkirjan mukaisesti vuodesta 1990 alkaen. Varsinaisina maatalouden päästöinä (kasvihuonekaasuinventaarissa sektori ”Agriculture”) raportoidaan metaani- ja dityppioksidipäästöt tuotantoeläimistä, lannasta ja maaperästä. Lisäksi raportointisektorilla ”Maankäyttö, maankäytön muutos ja metsätalous” (ns. LULUCF -sektori) raportoidaan hiilidioksidipäästöt maaperästä ja kalkituksesta sekä energiasektorilla maatalouden energiankäyttö. Yhteensä nämä kaikki maatalousperäiset päästöt ovat noin 20 % Suomen kokonaispäästöistä. EU:n taakanjakopäätöksen mukaisesti päästökaupan ulkopuolisten toimialojen, joita ovat mm. rakennusten lämmittäminen, liikenne, jätehuolto, maatalous sekä teollisuudessa syntyvät fluoratut kaasut, päästöjen tulisi pienentyä 16 % vuoden 2005 päästötasosta vuoteen 2020 mennessä. Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategiassa vuodelta 2008 tavoitetta on tarkennettu eri sektoreille ja maatalous-raportointisektorin päästövähennystavoitteeksi on asetettu 13 %, mikä vastaa 0,76 Mt CO₂-ekvivalentin päästövähennystä vuosien 2005–2020 välisenä aikana. Päästöt vähentyivät 11 % vuosina 1990–2011, mutta alkuvuosien laskeva kehitys kääntyi nousevaksi, ja vuosina 2005–2011 päästöt nousivat 0,6 % (0,03 Mt CO₂-ekv.). Suurin syy päästöjen nousuun on eloperäisten peltojen pinta-alan nousu 2000-luvulla. Riittävän tehokkaiden päästövähennyskeinojen löytäminen kansallisen ja kansainvälisen ilmastopolitiikan mukaisten tavoitteiden täyttämiseen on vaikeaa, sillä päästöt muodostuvat luke-mattomista ajallisesti ja paikallisesti vaihtelevista biologisista pistelähteistä. Tässä raportissa tarkastellaan erilaisten päästövähennyskeinojen vaikutuksia ja toteuttamismahdollisuuksia. Maataloudessa on erittäin vaikea saada aikaan kokonaispäästöissä näkyvää vähennystä rajoittamatta eloperäisten maiden pinta-alan kasvua tai vähentämättä niiden muokkausta. Jos eloperäisillä maalajeilla olevien peltojen pinta-ala saataisiin pysymään nykytasolla tai jopa pienentymään, ja lisäksi toteutettaisiin joitakin muita toimia eloperäisillä mailla, kuten viljanviljelyn korvaamista nurmilla, voisivat päästövähennykset olla merkittäviä, mutta silti alle 13 %. Yksittäistä tehokasta keinoa ei ole, vaan kokonaisvähennys on todennäköisesti koottava useista pienistä osista, joiden tulisi olla toteutus- ja seurantakustannuksiltaan kohtuullisia saavutettavaan päästövähennykseen nähden.

Avainsanat:

Kasvihuonekaasu, päästövähennys, dityppioksidi, metaani, hiilidioksidi, ilmastopolitiikka

Agricultural greenhouse gas emissions and their mitigation

Kristiina Regina¹⁾, Heikki Lehtonen²⁾, Taru Palosuo³⁾, Seppo Ahvenjärvi¹⁾

¹⁾ MTT, Plant Production Research, Tietotie, FI-31600 Jokioinen, firstname.lastname@mtt.fi

²⁾ MTT, Economic Research, Latokartanonkaari 9, FI-00790 Helsinki, firstname.lastname@mtt.fi

³⁾ MTT, Plant Production Research, Latokartanonkaari 9, FI-00790 Helsinki, firstname.lastname@mtt.fi

⁴⁾ MTT, Animal Production Research, Tietotie, FI-31600 Jokioinen, firstname.lastname@mtt.fi

Abstract

Greenhouse gas emissions from agriculture are reported under the United Nations Framework Convention on Climate Change and Kyoto Protocol as part of the total emissions of Finland. Emissions of methane (CH₄) and nitrous oxide (N₂O) from production animals, manure and soils are reported under reporting sector “Agriculture” since 1990. In addition, emissions of carbon dioxide (CO₂) from soils and liming are reported under sector “Land use, land use change and forestry” and energy use on farms under sector “Energy”. These emissions together are about 20% of the total emissions on Finland. The so-called effort sharing decision of the EU defines a 16% reduction target for non-emission trading sectors in 2005–2020. The national climate and energy strategy of Finland specified this and allocated a 13% target for agriculture which represents a reduction of 0.76 Mt CO₂ eq. in 2005–2020. The emissions of sector Agriculture have declined 11% in 1990–2011 but the decreasing trend of the first years turned to an increase in 2005–2011. The clearing of new fields on organic soils is the main reason for the increase in emissions. Finding measures to decrease the emissions as defined in national and international climate policies is difficult since the agricultural emissions consist of vast amount of biological point sources that vary considerably in time and space. This report discusses the consequences and feasibility of measures designed for reducing the greenhouse gas emissions in agriculture. The main finding was that it is almost impossible to mitigate the emissions significantly without measures affecting the management and area of organic soils. If the area of cultivated organic soils was stabilized or even reduced and in addition some other measures, such as substituting annual crops with grass crops, were brought to practice the total reduction could be significant but still likely below 13%. One single measure is unlikely the solution but the future mitigation efforts should consist of several small parts that have reasonable costs in relation to the results.

Keywords:

Greenhouse gas, mitigation, nitrous oxide, methane, carbon dioxide, climate policy

Alkusanat

Ilmaston lämmitessä odotukset päästöjen vähentämisestä kasvavat ja myös maataloudelta odotetaan toimia ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi. Tämä raportti on katsaus ilmastopolitiikkaan, maatalouden päästöjen kehitykseen YK:n Ilmastopimuksen raportointikaudella sekä toimiin, joilla päästöjä voitaisiin tulevaisuudessa vähentää. Laskelmat on tuotettu hankkeissa ”Kasvihuonekaasupäästöjen vähentämismahdollisuudet maataloudessa” sekä ”Maa- ja metsätalouden sekä muun maankäytön kasvihuonekaasupäästökkenaariot”. Viimeksi mainitun hankkeen toteuttajat olivat MTT, Metla ja Ilmatieteen laitos, ja työ kattoi kaikki maankäyttömuodot. Tämä raportti keskittyy työn maatalous-osioon. Hankkeita ovat rahoittaneet MTT ja Maa- ja metsätalousministeriö. Kirjoittajat kiittävät yhteistyökumppaneita, rahoittajia ja ohjausryhmän jäseniä tuesta hankkeen aikana.

Jokioisilla marraskuussa 2013,

hankeryhmän puolesta

Kristiina Regina

hankkeiden vastuututkija

Sisällysluettelo

1 Johdanto	8
1.1 Kansainvälinen, EU:n ja kansallinen ilmastopolitiikka	8
1.1.1 Kansainvälinen ilmastopolitiikka	8
1.1.2 EU:n ilmastopolitiikka	9
1.1.3 Kansallinen ilmastopolitiikka	10
1.2 Kasvihuonekaasupäästöjen raportointi	11
2 Maatalouden kasvihuonekaasupäästöt	12
2.1 Yleistä	12
2.1.1 Maataloussektori	12
2.1.2 Maankäyttö, maankäytön muutos ja metsätalous –sektori	13
2.1.3 Energiasektori	16
3 Päästöjen vähentäminen	17
3.1 Yleistä	17
3.2 Perusskenaarioiden päästöt	18
3.3 Eläintuotantoon ja lannankäsittelyyn kohdistuvat toimet	19
3.3.1 Nautojen ruokinta	19
3.3.2 Nautojen eliniän pidentäminen	20
3.3.3 Muutokset lannankäsittelyssä ja -varastoinnissa	21
3.3.4 Kuluttajien ruokavalio	23
3.4 Maaperän N ₂ O- päästöihin kohdentuvat toimet	24
3.4.1 Typpilannoituksen tarkentaminen	24
3.4.2 Talviaikainen kasvipeitteisyys	25
3.4.3 Täsmäviljely	25
3.4.4 Lannoitusstrategia ja -teknologia	25
3.4.5 Nitrifikaation inhibiittorit	26
3.5 Maankäyttöön liittyvät toimet	27
3.5.1 Eloperäisten peltojen pinta-alan pienentäminen	27
3.5.2 Nurmen osuuden lisääminen eloperäisillä maatalousmailla	29
3.5.3 Pohjaveden pinnan nosto eloperäisillä maatalousmailla	30
3.5.4 Kivennäismaiden hiilinielujen lisääminen	31
4 Yhteenveto	33
5 Kirjallisuus	37
Sanasto, yksiköt ja lyhennykset	43

1 Johdanto

1.1 Kansainvälinen, EU:n ja kansallinen ilmastopolitiikka

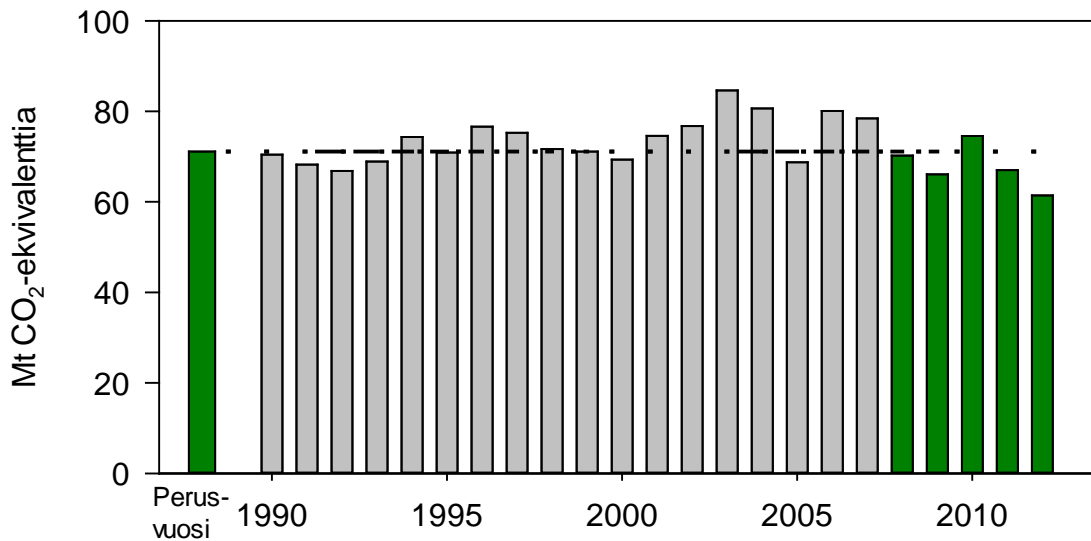
1.1.1 Kansainvälinen ilmastopolitiikka

[YK:n Ilmastosopimus](#) tuli voimaan vuonna 1994. Sen tavoitteena oli vakiinnuttaa kasvihuonekaasupitoisuudet tasolle, jolla niistä ei ole haittaa maapallon ilmastojärjestelmälle. Tarkemmin tavoitteena oli teollisuusmaiden (sopimuksen liitteessä I mainitut maat) päästöjen palauttaminen vuoden 1990 tasolle vuosittain vaihteeseen mennessä. Sopimuksen mukaan osapuolten tulee selvittää kasvihuonekaasupäästöt sekä nielujen aikaansaamat poistumat. Tähän perustuu myös maatalouden kasvihuonekaasupäästöjen raportointivelvoite.

[Kioton pöytäkirja](#) laadittiin vuonna 1997 täydentämään Ilmastosopimusta. Suomi ratifioi sen vuonna 2002. Se määrittelee teollisuusmaille velvollisuuden vähentää kuuden kasvihuonekaasun tai -kaasuryhmän päästöjä keskimäärin vähintään 5,2 % vuoden 1990 tasosta ensimmäisellä velvoitekaudella 2008–2012 (YM 2003; UNFCCC 2008). Suomen tavoitteena on palauttaa päästöt vuoden 1990 tasolle 2008–2012 (Kuva 1). Päästövelvoitteissa huomioidaan myös nielujen (metsät, maaperä) vaikutus.

Ilmastosopimuksen vahvistama Suomen sallittu päästömäärä Kioton pöytäkirjan 1. velvoitekaudella 2008–2012 on 355 481 Gg CO₂-ekv. Luku perustuu Tilastokeskuksen Ilmastosopimuksen sihteeristölle toimittamaan ns. [sallitun päästömäärän raporttiin](#). Koko viisivuotisen Kioton velvoitekauden sallittu päästömäärä on 5 x perusvuoden (1990) päästöt.

Kioton pöytäkirjan [toinen velvoitekausi](#) on 2013–2020, ja siihen osallistuvien maiden lukumäärä on vähäisempi kuin ensimmäisellä velvoitekaudella. Pöytäkirja määrittelee sen osapuolille yksilölliset vähennystavoitteet. Kaudella leikataan sallittua päästömäärää, jos se ylittää vuosien 2008–2010 toteutuneet päästöt. Maiden kansalliset toimenpiteet päästöjen vähentämiseksi on määritelty kansallisissa ilmastohjelmissä. Joustomekanismien ja hiilinielujen käyttö veloitteen täyttämiseksi on mahdollista, ja maat joutuvat tekemään tiliä myös metsänhoidosta, metsityksestä ja metsänhävityksestä. Koska nykyiset päästövähennystoimet eivät riitä pysäyttämään maapallon lämpenemistä alle kahden asteen, neuvotteluissa vuoden 2020 jälkeisestä ilmastosopimuksesta pyritään löytämään keinoja, joilla päästövähennyksiä voidaan kiristää jo ennen vuotta 2020.



Kuva 1. Kasvihuonekaasupäästöt Suomessa 1990–2011 suhteessa Kioton pöytäkirjan tavoitetasoon. Suomen tavoitetaso perustuu sallitun päästömäärän raportointiin. Vuoden 2012 päästöt perustuvat ennakkotuloksiin. Lähde: [Tilastokeskus](#)

1.1.2 EU:n ilmastopolitiikka

Kasvihuonekaasujen raportointia EU:ssa ohjaa [Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus](#) yhteisön kasvihuonekaasujen seurantajärjestelmästä ja Kioton pöytäkirjan täytäntöönpanosta (EU 2013a).

EU:n ilmasto- ja energiapakettin tavoitteena on vähentää kasvihuonekaasujen kokonaispäästöjä 20 % vuoteen 1990 verrattuna. Lisäksi uusiutuvien energialähteiden osuus pyritään nostamaan 20 prosenttiin energian loppukulutuksesta ja energiatehokkuutta lisätään 20 prosentilla verrattuna peruskehitykseen. Liikenteen biopolttoaineiden osuus nostetaan 10 prosenttiin. Joulukuussa 2008 hyväksytyn ilmasto- ja energiapaketti sisältää neljä direktiiviä: uudistettu päästökauppadirektiivi (ETS), jäsenmaiden välinen taakanjakopäätös, direktiivi hiilen talteenotosta ja varastoinnista (CCS) sekä direktiivi uusiutuvista energiavaroista (RES). Näistä maataloutta koskevat taakanjakopäätös ja RES-direktiivi. Kansallisissa toimintasuunnitelmissa vahvistetaan se, miten kukin jäsenmaa saavuttaa tavoitteensa ja kuinka edistymistä mitataan. Suomen tulee lisätä uusiutuvien energialähteiden osuutta 38 prosenttiin. [RES-direktiivin](#) (EU 2009b) mukaan jäsenvaltioiden tuli toimittaa komissiolle kertomus, joka sisältää luettelon alueista, joilla maatalouden raaka-aineiden viljelystä peräisin olevien tyypillisten kasvihuonekaasupäästöjen voidaan olettaa olevan pienempiä tai samansuuruisia kuin direktiivin määrittelemät ”Eritellyt oletusarvot viljelylle”. Selvitys tehtiin MTT:ssä, ja sen tulokset on julkaistu MTT:n raportissa (Sinkko ym. 2010).

Noin 60 % EU:n kasvihuonekaasupäästöistä tulee EU:n päästökauppajärjestelmään kuulumattomilta toimialoilta. Näitä toimialoja ovat muun muassa rakentaminen, rakennusten lämmitys, asuminen, maatalous, liikenne ja jätehuolto sekä teollisuudessa käytettävät F-kaasut. Päästökaupan ulkopuolisia aloja koskeva [taakanjakopäätös](#) (EU 2009a) määrittelee sitovat velvoitteet päästökaupan ulkopuolisille päästöille koko EU:ssa. Tavoitteen mukaiset päästöt olisivat vuonna 2020 10 % pienemmät kuin vuonna 2005. Komission päätös sisältää jäsenvaltiokohtaiset sitovat päästövähennystavoitteet. Taakanjakopäätöksen mukaan Suomen tulee vähentää päästökaupan ulkopuolelle jäävien alojen päästöjä vuoteen 2020 mennessä 16 % vuoden 2005 tasosta. Pääosin jäsenmailla on vapaat kädet päättää, miten päästöjä milläkin toimialalla vähennetään, mutta EU seuraa vuosittain toimien toteutusta.

Euroopan komission julkaisema [Tiekartta vähähiiliseen talouteen 2050](#) määrittelee tapoja saavuttaa 80 prosentin päästövähennykset vuoteen 2050 mennessä (EU 2011). EU:n tavoitteena on uusi kaikkia maita sitova ilmastopöytäkirja vuodesta 2020 alkaen.

EU:n päätös maankäyttöön, maankäytön muutokseen ja metsätalouteen liittyvistä toimista peräisin olevia kasvihuonekaasujen päästöjä ja poistumia koskevista tilinpitosaännöistä ja toimiin liittyviä toimenpiteitä koskevasta tiedosta asettaa lisävaatimuksia myös viljelymaiden päästöjen raportoinnille (EU 2013b). Päätös velvoittaa raportoimaan päästöt ja poistumat kuudesta eri toiminnasta (metsittäminen, uudelleen metsittäminen, metsänhävitys, metsänhoito, viljelymaan hoito ja laidunmaan hoito) nykyisen Kioton pöytäkirjan velvoitekauden jälkeen. Lisäksi siinä kuvataan tulevat tilinpitosaännöt ja velvoite tehdä toimintasuunnitelmia. Tavoitteen toteutumista seurataan vertaamalla kauden 2013–2020 päästöjä perusvuoden 1990 päästöihin. Päätös muuttaa viljelysmaan hoidon ja laidunmaan hoidon päästöjen ja nielujen raportoinnin pakolliseksi EU:ssa.

1.1.3 Kansallinen ilmastopolitiikka

Kansallisesta ilmastopolitiikasta päättävät hallitus ja ministerityöryhmä. Kansallisen ilmastopolitiikan tavoitteet ja toteutus on kuvattu Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategiassa (TEM 2008). Strategiassa on määriteltä maataloussektorille 13 % päästövähennystavoite aikavälille 2005–2020. Maatalouden päästöjen vähentämisen osalta strategiaan on kirjattu seuraavat keinot:

- Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen ja energiansäästön tavoitteet otetaan huomioon kaikessa maatalouden tukipolitiikan suunnittelussa.
- Ympäristöä säästäviä lannan käsittelymenetelmiä edistetään. Energiakasvien tuotantoa ja käyttöä energiatuotannossa tehostetaan kuten myös maatalouden sivuvirtojen ja lannan käyttöä erityisesti biokaasun tuotannossa.
- Suomi pyrkii vaikuttamaan EU:n valtiontukisuuntaviivojen muuttamiseksi siten, että kasvihuonekaasupäästöjä rajoittavien kansallisten toimenpiteiden käyttöönotto on mahdollista.
- Selvitetään, mitä keinoja ympäristötuessa olevan turvepeltojen nurmiviljelyn lisäksi olisi käytettävissä kasvihuonekaasujen vähentämiseksi eloperäisillä maaloilla.
- Selvitetään toimenpiteet, joilla nykyiset kotieläintuotannon tuotantomäärät voitaisiin saavuttaa entistä pienemmillä kasvihuonekaasupäästöillä.
- Maaperäpäästötietoihin liittyvien epävarmuuksien pienentämiseksi ja maankäytön muutosten seuraamiseksi kohdennetaan tutkimusta ja tilastointimenetelmien kehittämistä, jotta päästövähennystoimet voidaan kohdentaa oikein.

Lisäksi bioenergian tuotantoon liittyviä tavoitteita kuvailevassa kappaleessa on mainittu tavoite edistää energiakasvien tuotantoa sekä maatalouden sivuvirtojen ja lannasta saatavan bioenergian käyttöä mm. biokaasun muodossa siten, että niihin perustuva uusiutuvan energian määrä saavuttaa noin 4-5 TWh:n tason.

Vuoden 2008 strategiaa täydentävään Kansalliseen energia- ja ilmastostrategiaan (TEM 2013) on kirjattu maatalouden osalta seuraavat periaatteet:

- Ilmastonmuutoksen hillitsemiseen liittyvät toimet suunnitellaan ja toteutetaan niin, etteivät ne vaaranna kotimaista maataloutta tai globaalia ruokaturvaa.
- Toimien oikeaksi kohdentamiseksi lisätään tutkimusta maankäytön ja maatalouden päästöistä sekä erityisesti tehokkaista päästövähennyskeinoista.
- Vähennetään ruokahävikkiä elintarvikeketjun joka vaiheessa ja korostetaan ruokavalintojen merkitystä kasvihuonepäästöjen vähentämiseksi. Erityisesti kuluttajat ovat tässä tärkeässä roolissa.
- Maatalouspohjaisen biomassan energiakäytön edistämässä ja kehittämisessä painopiste on muissa kuin ravinnoksi käytettävissä biomassoissa.
- Edistetään toimia, joilla kehitetään suljettuja ravinne- ja ainekiertoja maatalouspohjaisessa energiatuotannossa.
- Lisäksi bioenergian tuotantoon liittyviä tavoitteita kuvailevassa kappaleessa on mainittu tavoite maatalojen energiatehokkuuden edistämisestä.

Kansallista ilmasto- ja energiapolitiikkaa on visioitu vuoteen 2050 saakka valtioneuvoston [tulevaisuusselonteossa](#). Suomeen valmistellaan parhaillaan ilmastolakia, ja mm. sen valmistelua tukemaan perustettiin vuonna 2011 kansallinen Ilmastopaneeli, jonka tehtävänä on tuottaa monitieteellistä ilmastotietoa poliittisen päätöksenteon tueksi.

1.2 Kasvihuonekaasupäästöjen raportointi

Suomi on sitoutunut YK:n ilmastopimuksen ja Kioton pöytäkirjan osapuolena raportoimaan kasvihuonekaasupäästötiedot vuosittain ilmastopimukselle. Tämä raportointi lähtee Suomesta vuosittain 15.4. mennessä. Tiedot on raportoitava vuosittain myös EU:n komissiolle ns. seurantajärjestelmäasetuksen mukaisesti (EU 2013a) alustavat tiedot 15.1. mennessä ja lopulliset tiedot 15.3. mennessä. Euroopan unioni yhtenä Ilmastopimuksen osapuolimaana on velvollinen raportoimaan yhteisön kasvihuonekaasupäästöt ilmastopimukselle. EU:n kasvihuonekaasupäästöjen seurantajärjestelmän tarkoitus on valvoa yhteisön kasvihuonekaasupäästöjen kehitystä päästövähennysvelvoitteiden saavuttamisessa. EU:n seurantajärjestelmää koskevat päätökset ja ohjeistot asettavat omat vaatimuksensa jäsenmaiden kansallisille inventaariolle.

Kioton pöytäkirjan vaatimuksen mukaisesti raportoinnista vastaamaan on perustettu kansallinen järjestelmä. Tilastokeskus on Suomen kasvihuonekaasuinventaarion kansallinen vastuuyksikkö. Maatalouden päästötietoja raportoidaan sektoreilla ”Maatalous”, ”Maankäyttö, maankäytön muutos ja metsätalous” sekä ”Energia”. Maatalous –sektorin luvut tuotetaan MTT:ssä ja Maankäyttö –sektorin luvut Metlassa ja MTT:ssä. Maatalouden energiankäytön päästöjen tilastointi tehdään Tilastokeskuksessa. Lukujen tuottamisen lisäksi työhön kuuluu päästölaskennassa käytetyn tiedon arkistointi, tulosten julkaiseminen, osallistuminen inventaariotutkintoihin ja inventaarion laadunhallinta.

Kasvihuonekaasuinventaarion laskenta tehdään Hallitustenvälisen ilmastomuutospaneelin (IPCC) ohjeilla (IPCC 1996, IPCC 2000, IPCC 2003). Vuoden 2012 jälkeisessä raportoinnissa nykyisin käytettävät ohjeet korvautuvat uusilla ohjeilla, jotka on julkaistu vuonna 2006 (IPCC 2006). Kasvihuonekaasuinventaarion vuosittainen raportointi tapahtuu Ilmastopimuksen ohjeiden mukaisilla määrämukoitoisilla raportointitauluilla ja kansallisella inventaarioreportilla. Raportointia ohjaavat YK:n ilmastopimuksen (UNFCCC) ohjeet (UNFCCC 2006). Päästöt voidaan laskea käyttämällä IPCC:n oletuspäästökertoimia tai kansallisia menetelmiä. Käytettäessä IPCC:n oletusarvoja IPCC:n kaavaan syötettynä, on kyseessä ns. Tier 1-menetelmä. Jos käytetään IPCC:n kaavaan syötettynä kansallisia laskentaparametrejä, puhutaan Tier 2-menetelmästä. Tier 3-menetelmä puolestaan on kansallinen tai jokin muu tieteellisesti verifioitu laskentamalli.

YK:n ilmastopimus edellyttää myös kansallista tiedonantoa ilmastomuutokseen liittyvistä toimista (ns. Maaraportti, National Communication). Tilastokeskus on koonnut YK:n ilmastopimusta varten viidennnen maaraportin jossa kuvataan Suomen kasvihuonekaasupäästöjen kehitys sekä päästöskenaariot vuoteen 2020 saakka (Tilastokeskus 2010). Siinä esitellään keinoja Kioton pöytäkirjan ja EU:n ilmasto- ja energiapaketin tavoitteiden saavuttamiseksi ja kuvataan ilmastomuutoksen vaikutuksia Suomessa, sopeutumismahdollisuuksia, kehitysyhteistyötä ilmastomuutoksen hillinnässä ja siihen sopeutumisessa sekä ilmastotutkimusta ja siitä tiedottamista. Kuudes maaraportti ilmestyy vuonna 2013.

EU kerää tietoa jäsenmaiden politiikkatoimista kasvihuonekaasujen vähentämiseksi ns. politiikkatoimira-portoinnissa (Policies and Measures reporting). Siinä maat toimittavat tulevien vuosien päästöistä kahdenlaiset arviot: olemassa olevilla politiikkatoimilla ja suunniteltujen tulevien politiikkatoimien kera.

2 Maatalouden kasvihuonekaasupäästöt

2.1 Yleistä

Kasvihuonekaasupäästöjen raportointi kuvataan yksityiskohtaisesti vuosittain YK:n Ilmastopimuksen sihteeristölle ja EU:lle toimitettavassa kansallisessa [inventaarioraportissa](#) (Statistics Finland 2013). Maatalouden päästöjä raportoidaan kolmella eri raportointisektorilla. Jos kaikilla kolmella sektorilla raportoidut päästöt lasketaan yhteen, saadaan maatalouden osuudeksi Suomen kokonaispäästöistä noin 20 %. Lisäksi maataloustuotantoon liittyvät lannoitteiden valmistuksen päästöt raportoidaan teollisuuden päästöinä.

2.1.1 Maataloussektori

Maatalouden metaani- ja dityppioksidipäästöt raportoidaan maatalous-raportointisektorilla. Metaanipäästöjä arvioidaan tulevan monien eläinten, myös muiden kuin märehäntien, ruuansulatuksesta (Taulukko 1). Nautojen kertoimet lasketaan vuosittain, mutta muut kertoimet ovat enimmäkseen pysyneet ennallaan vuodesta 1990.

Taulukko 1. Ruuansulatuksen päästöjen laskennassa käytetyt päästökertoimet vuodelle 2011.

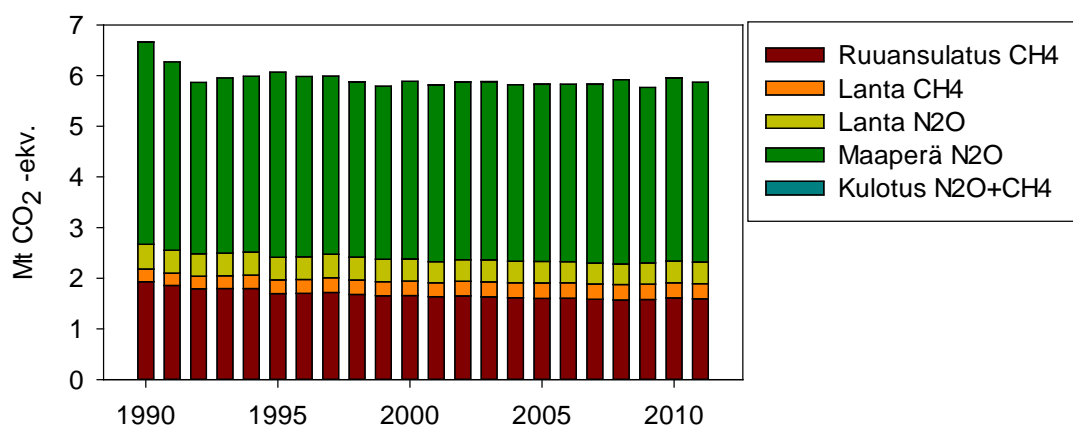
	Päästökerroin (kg CH ₄ /eläinpaikka/vuosi)	Kertoimen tyyppi
Lypsylehmä	128	Kansallinen
Emolehmä	70	Kansallinen
Sonni	64	Kansallinen
Hieho	58	Kansallinen
Vasikka	34	Kansallinen
Poro	20	Kansallinen
Sika	1,5	IPCC
Lammas	8,4	Kansallinen
Vuohi	5,0	IPCC
Hevonen	18	IPCC
Turkiseläimet	0,1	Muokattu IPCC

Lannankäsittelystä (eläinsuojat ja lantavarastot) tulee CH₄- ja N₂O-päästöjä lannassa olevien kaasujen vapautuessa ilmaan ja lannan orgaanisen aineksen hajotessa varastoinnin aikana. Maaperästä lasketaan tulevan maaperän mikrobien tuottamia N₂O-päästöjä kaikesta maahan lisätystä timestä (väkilannoitteet, lanta, puhdistamoliete), kasvien typen sidonnasta, kasvintähteistä ja eloperäisten maiden orgaanisten aineksen hajoamisesta. Näitä kutsutaan suoriksi päästölähteiksi. Epäsuoria N₂O-päästöjä ovat maatalouden typpi-huuhtoumista ja ammoniakkipäästöjen laskeumasta tulevat päästöt. Kertoimet pysyvät samoina vuodesta toiseen (Taulukko 2).

Taulukko 2 Maaperän N₂O-päästöjen laskennassa käytetyt päästökertoimet.

	Päästökerroin	Viite
Väkilannoitteet, lanta, puhdistamoliete, typensitojakasvit, niittojäännös	0.0125 kg N ₂ O-N/kg N	IPCC (2000)
Eloperäiset maat (yksivuotiset)	11.7 kg N ₂ O-N/ha/a	Monni et al. (2007)
Eloperäiset maat (nurmi)	4.0 kg N ₂ O-N/ha/a	Monni et al. (2007)
Typpilaskeuma	0.01 kg N ₂ O-N/kg NH ₃ -N & NO _x -N	IPCC (2000)
Typpihuuhtouma	0.025 kg N ₂ O-N/kg N/a	IPCC (2000)
Virtsa ja sonta laitumella	0.020 kg N ₂ O-N/kg N/a	IPCC (1996)

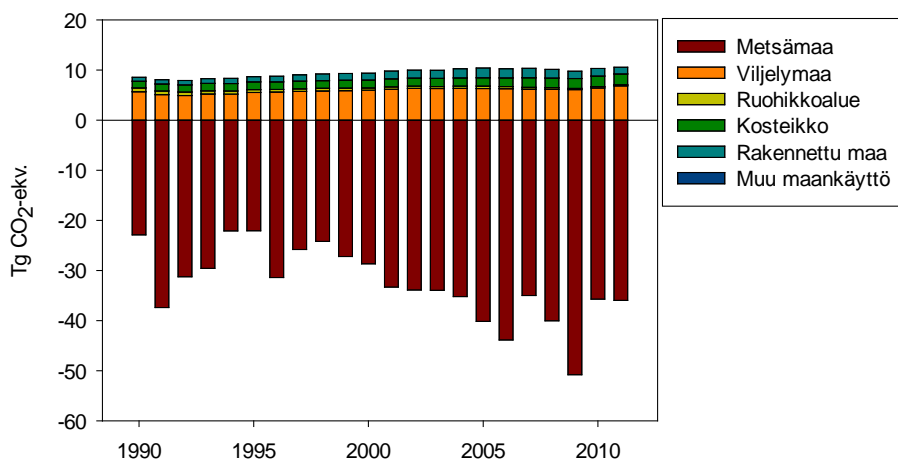
Maataloussektorin päästöt olivat 5,9 Mt hiilidioksidiekvivalenttia eli yhdeksän prosenttia Suomen kokonaispäästöistä vuonna 2011 (Statistics Finland 2013). Kotieläinten ruuansulatuksen päästöt olivat 27 %, lannankäsittelyn metaanipäästöt 5 %, lannankäsittelyn N₂O-päästöt 7 %, maatalousmaan N₂O-päästöt 60 % ja kasvintähteiden kulotuksen päästöt 0,01 % maataloussektorin kokonaispäästöistä vuonna 2009. Maataloussektorilla raportoidut päästöt ovat vähentyneet 11 % vuosina 1990–2011, mutta suurin vähennys tapahtui raportointikauden alkuvuosina ja sen jälkeen päästöt ovat vaihdelleet hyvin vähän (Kuva 2). Viimeisen 20 vuoden aikana nautakarjan ja tyypilannoituksen päästöt ovat vähentyneet, kun taas eloperäisiltä pelloilta tulevat N₂O-päästöt kääntyivät nousuun 2000-luvun alussa. Tämä johtuu suurelta osin siitä, että laajentavat eläintilat alkoivat ottaa käyttöön entistä enemmän uusia pelloja lannanlevitystä varten, ja suuri osa tästä pinta-alan lisäyksestä on eloperäisiä pelloja. MTT:n viimeaikaisten laskelmien mukaan noin 30 % vuosina 2000–2009 käyttöön otettujen uusien peltolohkojen pinta-alasta (yhteensä) on ollut eloperäistä maalajia (Niskanen & Lehtonen 2013).



Kuva 2. Maataloussektorilla raportoidut päästöt 1990–2011.

2.1.2 Maankäyttö, maankäytön muutos ja metsätalous –sektori

Maankäyttösektorilla (Land-use, land use change and forestry, LULUCF) raportoidaan kasvihuonekaasupäästöjä ja -nieluja maankäytöstä ja maankäytön muutoksesta. Suomen pinta-ala jaetaan raportointia varten kuuteen maankäyttöluokkaan (metsämaa, viljelysmaa, ruohikkoalueet, kosteikot, rakennettu maa ja muut maa-alueet), ja maatalouteen liittyviä päästöjä näistä ovat maatalousmaan ja ruohikkoalueiden päästöt (Kuva 3). Ruohikkoalueet ovat enimmäkseen hylättyjä pelloja, joiden pinta-ala saadaan [Valtakunnan metsien inventoinnista](#) (VMI) mutta niihin on lisätty myös yli viisivuotisten nurmien pinta-ala. Maankäytöstä lasketaan hiilidioksidipäästöt, jotka johtuvat kivennäsmaiden hiilivarastojen muutoksista ja ojitettujen eloperäisten maiden orgaanisen aineksen hajoamisesta sekä kalkituksesta. Lisäksi lasketaan pieni N₂O-päästö pellonraivauksesta kivennäsmaille. Laskennassa käytetään sekä IPCC:n oletusmenetelmiä että Yasso07 –mallia (Tuomi et al. 2011).



Kuva 3. Maankäytön kasvihuonekaasupäästöt ja nielut 1990–2011. Positiiviset luvut ovat päästöjä ja negatiiviset nieluja (Statistics Finland 2013).

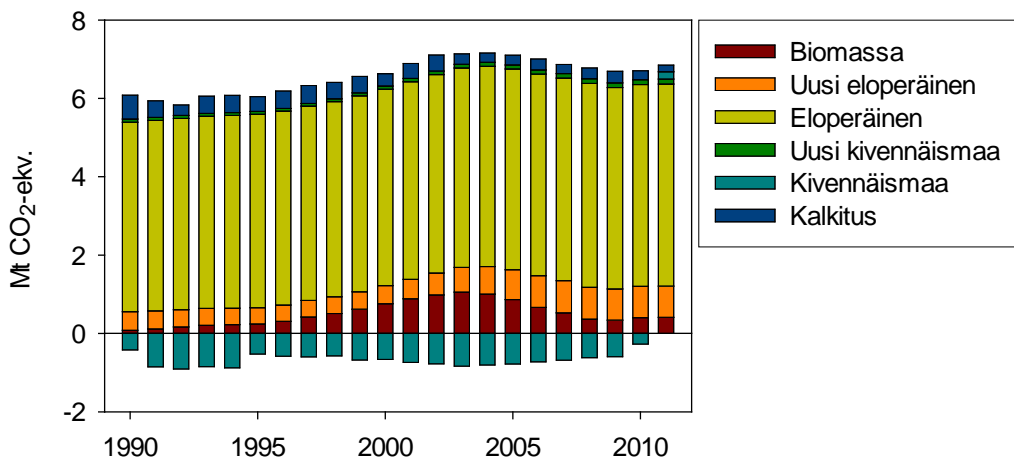
Hiiltä kertyy maahan kasvien fotosynteesin välityksellä joko suoraan (kasvintähteet ja juurieritteet) tai välillisesti (lanta ja puhdistamolietteen). Osa kasvintähteiden ja orgaanisten lannoitteiden eloperäisestä aineksesta hajoaa hiilidioksidiksi, mutta osa varastoituu maahan ja voi olla hajotukselta suojassa esimerkiksi maa-aggregaattien sisällä tai sitoutuneena saveshiukkasiin. Kasvihuonekaasuinventaariorissa tehdään arvio näiden maassa olevien varastojen suuruudesta ja varastomuutoksista kivennäismaissa valtakunnan tasolla. Hiilivaraston pieneneminen tarkoittaa CO₂-päästöä maaperästä ilmakehään. Muutos on suurin maankäytön muutoksen yhteydessä, esimerkiksi kun metsä raivataan pelloksi ja ennen koskematon maan pintakerros altistuu mikrobien hapellisille hajotusprosesseille maanmuokkauksen ansiosta. Maankäytön muutoksen yhteydessä lasketaan CO₂-päästön lisäksi myös N₂O-päästö, koska hajoava aine sisältää myös typpeä. Pitkään maatalousmaana olleessa maassa hiilivarastomuutokset ovat pieniä, mutta esim. viljelykäytäntöjen vaikutuksia voidaan ottaa huomioon jossain määrin käyttämällä IPCC:n oletuskertoimia tai tekemällä kansallista tutkimusta, jonka perusteella arviot varastomuutoksista ovat mahdollisia. Kalkituksen päästöt lasketaan hyvin yksinkertaisella IPCC-menetelmällä, joka olettaa kaiken kalkissa olevan hiilen vapautuvan ilmakehään inventaariovuoden aikana.

Eloperäiset maat puolestaan ovat aikojen saatossa varastoineet runsaasti hiiltä, koska korkea pohjaveden taso on hidastanut kasvintähteiden hajotusta. Ojituksen tuloksena tätä vuosituhansien aikana kertynyttä hiiltä vapautuu mikrobien hajotustoiminnan kiihtyessä useita tonneja hehtaarilta (Taulukko 3). Eloperäisiksi maiksi inventaariorissa lasketaan turvemaat ja multamaat.

Taulukko 3. Eloperäisten maiden päästökertoimet.

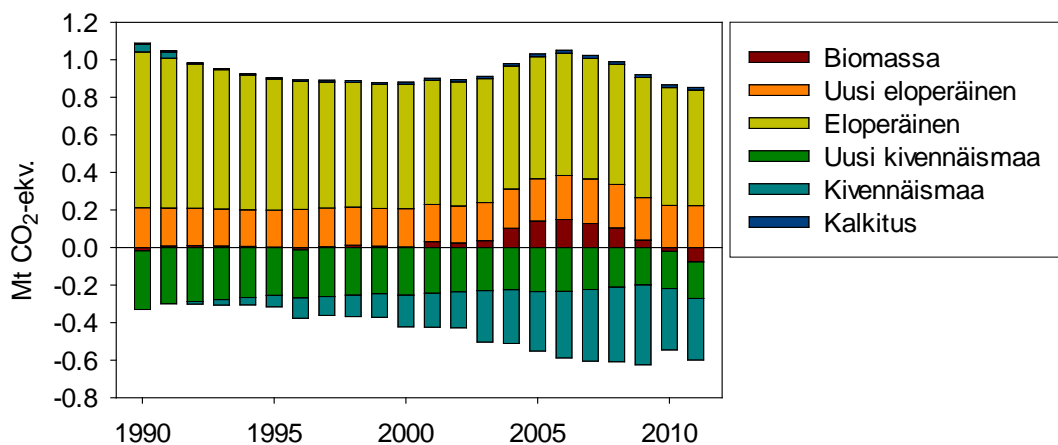
	EF (t C/ha/vuosi)	Viite
Yksivuotiset kasvit	5.7	Maljanen ym. (2007)
Nurmikasvit	4.1	Maljanen ym. (2007)

Viljelysmaan päästöt olivat 6,8 Mt vuonna 2011 (Statistics Finland 2013). Siihen sisältyy viljeltyjen orgaanisten maiden päästöjä 6 Mt, kivennäismaiden päästö 0,3 Mt, kalkituksen päästö 0,2 Mt ja pellonraivauksesta johtuva puuston nettopoistuma 0,4 Mt sekä pellonraivauksen N₂O-päästö 0.010 Mt (Kuva 4). Maatalousmaan kokonaispinta-ala Suomessa ei ole raportointikaudella juurikaan vaihdellut, mutta sitä on poistunut toisaalla, kun taas joillakin alueilla on raivattu uutta peltoa.



Kuva 4. Viljelymaan CO₂- päästöt 1990–2011. Uusi eloperäinen ja uusi kivennäismaa on alle 20 v sitten käyttöönotettua peltoa, eloperäinen tai kivennäismaa yli 20 v viljeltyä maata.

Ruohikkoalueilta raportoitiin vuonna 2011 0,2 Mt suuruinen nettopäästö, johon sisältyy 0,8 Mt orgaanisten maiden päästöjä ja 0,5 Mt kivennäismaiden nielua (Statistics Finland 2013). Päästöt ovat suuruusluokaltaan pieniä verrattuna viljelymaahan (Kuva 5).



Kuva 5. Ruohikkoalueiden CO₂- päästöt 1990–2011. Uusi eloperäinen tai uusi kivennäismaa on alle 20 v sitten hylättyä peltoa, eloperäinen tai kivennäismaa yli 20 v sitten käytöstä poistettua peltomaata.

Lisäksi maatalousmaahan liittyvää raportointia tehdään Kioton pöytäkirjan alla maatalousmaaksi tai ruohikkoalueiksi muuttuneiden metsämaiden osalta laskemalla kyseisten alueiden hiilivarastojen muutokset luokassa ”metsänhävitys”. Päästöjen ja nielujen raportointi LULUCF-sektorilta tehdään hieman eri tavalla Ilmastopimukselle ja Kioton pöytäkirjan alla. Ilmastopimukselle raportoidaan koko LULUCF-sektori. Kioton pöytäkirjalle raportoidaan vain artikla 3:n kohtien 3 ja 4 mukaiset toimet, jotka huomioidaan Kioton velvoitteessa vuosilta 2008–2012 tiettyjen laskentasääntöjen mukaisesti. Artiklan 3.3 toimia ovat metsitys, uudelleen metsitys ja metsänhävitys. Artiklan 3.4 toimet ovat vapaaehtoisia ja niitä ovat metsänhoito, maatalousmaan hoito, laidunmaan hoito ja kasvillisuuden palauttaminen. Suomi raportoi artikla 3.4:n toimista metsänhoidon. Lisätietoja raportoinnista on saatavilla mm. Tilastokeskuksen julkaisemasta suomenkielisestä inventaarioraportista (Tilastokeskus 2013).

2.1.3 Energiasektori

Maatalouden energiankäytön päästöt olivat 1,5 Mt CO₂-ekvivalenttia vuonna 2011 (Statistics Finland 2013). Näihin päästöihin lasketaan maatalouskoneiden ja viljankuivauksen päästöt sekä maatalojen lämmitys. Koska maatalouden energiankäytön päästöt ovat vain pieni osa energiasektorin päästöjä, jäävät mahdolliset maataloudessa saavutetut energiansäästöt helposti vähälle huomiolle, eikä niitä lueta suoraan maataloussektorin ansioksi. Energiansäästöön tiloilla kannustaa mm. Maatalojen energiaohjelma (TEM 2011), mutta myös energian korkea hinta. Tavoitteiden saavuttamista voidaan edistää energiansäästöä koskevalla neuvonnalla. Maatilat saavat investointitukea lämpökeskusten muuttamiseen biopolttoainetta hyödyntäviksi. Maatiloilla energiaa voidaan tuottaa mm. polttamalla kasvimassoja suoraan energiantuotannossa, jalostamalla kasvi- ja eläintuotteita nestemäisiksi polttonesteiksi ja tuottamalla biokaasua. Bioenergian tuotanto on lisääntynyt 2000-luvulla, ja sen vaikutukset näkyvät ennen kaikkea energiasektorin päästöissä, mutta tulevaisuudessa mahdollisesti myös lannankäsittelyn päästöissä biokaasun osalta ja mahdollisesti maaperän päästöissä, jos esimerkiksi hakkuutähteiden ja olkien käytön yleistyminen vähentää maaperään kertyvän hiilen määrää.

Suomessa on vaikea tuottaa yksivuotisista kasveista saatavista biomassoista energiaa kasvihuonekaasupäästöjä vähentävästi, koska sadot ovat pieniä, viljan kuivaus vaatii energiaa ja peltoja pitää kalkita (Sinkko ym. 2010). Paras potentiaali päästövähennyksiin lieneekin kasveilla, jotka vaativat vähän lannoitusta ja maan muokkausta, ja joilla sitä kautta on positiivinen vaikutus maaperän päästöihin (monivuotiset kasvit). Tällöin vaikutukset maatalouden päästöissä saattaisi olla jopa suurempi kuin energiasektorilla, varsinkin jos tuotannon lisäämiseen ei liity pellonraivausta. Ensisijaisesti energian tuotannossa kannattaa hyödyntää jättemateriaalit, jotka tuottavat päästöjä joka tapauksessa varastointivaiheessa. Tässä raportissa ei käsitellä energiasektorin päästövähennyksiä.

3 Päästöjen vähentäminen

3.1 Yleistä

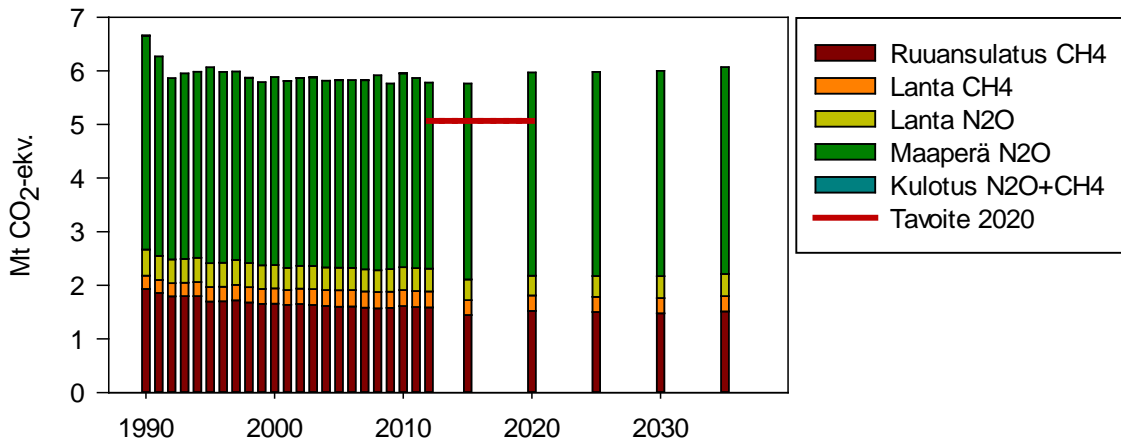
Kasvihuonekaasupäästöjen kehityksestä on laadittava ennusteita, jotta osattaisiin varautua tulevaisuuden päästövähennystarpeisiin ja jotta päästöjen vähentämiseen tähtäävät toimet pystyttäisiin kohdentamaan tehokkaimpiin ja kustannustehokkaimpiin keinoihin. Maatalouden päästöjen vähentäminen tuotantoa vähentämällä ei ole tavoiteltava tai ensisijainen keino, koska kotimainen ruuantuotanto on tärkeää omavaraisuuden kannalta. Tuonnin kasvaessa vähenevän kotimaisen tuotannon päästöt siirtyisivät vain maamme rajojen ulkopuolelle. Päästöjen vähentäminen ylipäätään on vaikeaa, koska päästöt syntyvät pienissä pistelähteissä enimmäkseen vaikeasti hallittavissa biologisissa prosesseissa. Useiden päästövähennyskeinojen vaikutukset ulottuvat myös varsinaisen päästölähteen ulkopuolelle, ja yhden kaasun päästön vähentäminen saattaa lisätä toisen kaasun päästöä. Siksi kokonaisvaltainen tarkastelu on aina tarpeen toimia arvioidessa.

Skenaarioita maatalouden päästöistä on tehty käyttämällä Dremfia –sektorimallia (Lehtonen 2001) ja kasvihuonekaasuinventaarion laskentamalleja yhtenäisillä oletuksilla (Regina ym. 2009). Dremfia –sektorimallin tuottamat kehitysurat maataloustuotannon ja maatalouden maankäytön kehityksestä 1995–2035 ovat ehdollisia käytetyille OECD-FAO:n hintaennusteille ja oletuksille nykyisen kaltaisen maatalouspolitiikan jatkumisesta. Käytettyjen EU-hintaennusteiden mukaan viljan hinta tulee pysymään viime vuosien tapaan jatkossakin selvästi 2000-luvun alkupuoliskoa korkeammalla tasolla. Tässä ns. *perusskenaariossa* ruuan kulutuksen ei oleteta muuttuvan, jolloin osa viljan hinnan noususta aiheutuvasta kustannuksesta kotieläintiloille palautuu korkeampina lihan hintoina ja suuria muutoksia kotieläintuotannon ja maankäytön suhteen ei näyttäisi tapahtuvan. Sianlihan tuotanto vähenee niukasti alle kotimaisen kulutuksen, naudanlihantuotanto jatkaa hidasta vähenemistään siipikarjanlihantuotannon ja maidontuotannon pysyessä likimain ennallaan. Maidon hinnan aleneminen noin 10 % EU:n maitokiintiöiden poistumisen takia (mikä vastaa viime vuosina tehtyjä kansainvälisiä tutkimuksia) yhdessä korkean viljan hinnan kanssa alentaa lievästi maidontuotannon intensiteettiä, mikä johtaa nurmialan kasvuun (noin 10 %). Viljantuotanto ja siihen käytetty peltoala säilyvät ennallaan, koska maataloustuki oletetaan edelleen maksettavaksi peltoalan perusteella. Tällöin korkeana pysyvä viljan hinta (tasolla 160–170 €/t rehuohralle, noin 170–180 €/t vehnälle OECD-FAO 2012 arvion mukaan vuoteen 2021, jonka jälkeen hintojen oletetaan pysyvän ennallaan). Kesantoala vähenee nurmialan kasvaessa. Maataloustulo pysyy nimellisesti lähes ennallaan mutta hidaskasvu aleneminen reaalisesti on todennäköistä tuotantopanosten hintojen pysyessä myös korkeina. Kaiken kaikkiaan näköpiirissä oleva kehitys ja siihen perustuva oletus maataloustuotteiden reaalihintojen korkeintaan hyvin vähäisestä noususta ja pienistä muutoksista maatalouspolitiikassa johtavat suhteellisen pieniin muutoksiin maataloustuotannossa ja pellonkäytössä, vaikka joitain muutoksia tuotannossa em. mukaisesti tapahtuukin.

Dremfia –mallin ennusteita tulevasta maankäytöstä ja tuotantomääristä on käytetty lähtötietoina päästöarvioille, jotka on laskettu käyttäen kasvihuonekaasuinventaarion menetelmiä. Ennusteita julkaistaan mm. Ilmastopimuksen sihteeristölle toimitettavissa maaraporteissa. Tässä raportissa valittujen päästövähennystoimien vaikutuksia havainnollistetaan vertaamalla toimia sisältävien skenaarioiden päästöjä perusskenaarion päästöihin. Nykyisen ilmastopolitiikan mukaiset päästövähennysvelvoitteet kuitenkin lasketaan vertaamalla sopimuskauden päästöjä tiettyyn perusvuoteen, ei perusskenaarion päästöihin, ja tätä myös havainnollistetaan esimerkkilaskelmin. Perusskenaarion mukaiset maataloustuotannon ja pellonkäytön kehitysurat ja niiden mukaiset päästöt on laskettu olettaen, että maataloudessa ei tapahdu muita merkittäviä muutoksia kuin jo ennen ohjelmakautta 2014–2020 tiedossa olevat politiikkamuutokset. Ohjelmakauden 2014–2020 maatalouspolitiikan muutoksia CAP-tuissa ei ole tässä otettu huomioon, vaan ne voidaan täsmentää perusskenaarioon vasta kun tarkat lukuarvot eri tuista ovat tiedossa (joihin ei toisaalta odoteta merkittäviä muutoksia). Poliittikkaskenaarioihin puolestaan on valittu toimia, joilla oletettiin olevan vaikutuksia päästöihin.

3.2 Perusskenaarioiden päästöt

Maatalous -raportointisektorin päästöt pysyvät lähellä nykyistä tasoa 2011–2035 (Kuva 6). Viimeisten 15 vuoden aikana havaittu eloperäisten maiden pinta-alan kasvu jatkuu skenaariossa, mutta nousu on vähäisempää kuin 2000-luvun alussa havaittu (1300 ha uutta pinta-alaa vuosittain vuodesta 2011 alkaen)¹. Nautojen määrän arvioitiin pienenevän, mutta vastaavasti niiden tuottavuus ja koko hitaasti kasvavat, mikä vähitellen nostaa eläinkohtaisia päästökertoimia. Typpilannoitusmäärät hieman nousevat perusskenaariossa korkeana pysyvän viljan hinnan takia, mikä nostaa maaperän päästöjä eloperäisten maiden pinta-alan nousun lisäksi. Tämän arvion mukaan maataloussektorin päästöt nousisivat nykyisestä 5,9 Mt:sta 6,0 Mt:iin vuonna 2020, ellei uusia päästövähennystoimia toteuteta.

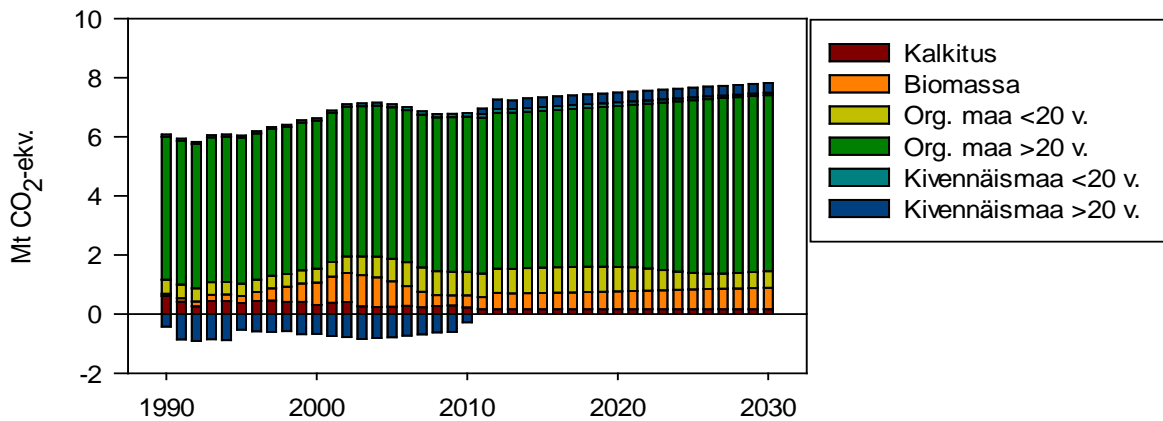


Kuva 6. Arvio maatalouden päästöistä maataloussektorilla perusskenaariossa 1990–2035 (ilman vähennystoimia). Tavoitetaso vuodelle 2020 on merkitty punaisella viivalla.

Myös maankäyttösektorilla raportoitavat maatalouden päästöt todennäköisesti nousevat ilman erityisiä vähennystoimia. Perusskenaarion mukaan päästöt nousevat nykyisestä 0,5 Mt vuoteen 2020 mennessä ja 0,9 Mt vuoteen 2030 mennessä (Kuva 7). Eloperäisten maiden päästöt muodostavat suurimman osan kokonaispäästöistä, ja eniten päästöjä nostaakin arvioitu orgaanisen peltomaan pinta-alan kasvu. Pinta-alan kasvun lisäksi päästöjä on nostanut nurmen osuuden väheneminen vuodesta 1990 ja vuosittain kynnnettävien kasvien kuten viljan osuuden kasvu. Nurmi- ja vilja-alat ovat kuitenkin muuttuneet varsin vähän 2000-luvulla. Merkille pantavaa on lisäksi se, että nurmiala ei ole vähentynyt nautaeläinten lukumäärän ja naudanlihan tuotannon vähenemisestä huolimatta. Tämä kehitys tarkoittaa jatkuessaan vähitellen aiempaa laajaperäisempää nurmen viljelyä. Tähän kehitykseen ovat myötävaikuttaneet peltoalan perusteella maksettavat maataloustuet sekä ympäristötuen ehdot fosforilannoituksesta ja lannanlevityksestä. Samoin kivi- ja maan hiilivarastomuutoksissa on arvioitu tapahtuvan muutos nielusta lähteeksi. Tämä johtuu IPCC:n oletusmenetelmästä, jossa kesantojen hiilipitoisuus on arvioitu melko suureksi. Kun hiilivarastomuutos lasketaan muutoksena 20 vuodessa, isompi kesantoala vuosina 1991–2010 verrattuna vuosiin 1970–1990 aiheuttaa nielun vuosiksi 1990–2010. Biomassan poistuma vaihtelee pellonraivausaktiivisuuden mukaan, koska suurin osa biomassasta on puustoa.

1 Perusskenaarion mukainen kehitys lyhyesti:

- Nykyinen CAP, maitokiintiöiden poisto 2015, CAP-palkkio sonneille ja emolehmille edelleen tuotantoon sidottuna, sikojen ja siipikarjan kansallisen tuen irrotus tuotannosta.
- 10 % lasku maidon tuottajahinnassa, 30 % nousu viljan hinnoissa verrattuna 2001–2006, siipikarjan ja naudanlihan hinta pysyy tasaisena, sianlihan hinta laskee
- Eläinten painot ja tyypin erityis kasvavat vuosien 1990–2009 kehityksen mukaan
- Maidon tuotanto kasvaa 100 l vuodessa vuoteen 2020 asti
- Eloperäisten peltojen pinta-ala kasvaa 1300 ha vuodessa



Kuva 7. Arvio maatalouden CO₂-päästöistä maankäyttösektorilla perusskenaariossa 1990–2030 (ilman vähennystoimia).

3.3 Eläintuotantoon ja lannankäsittelyyn kohdistuvat toimet

3.3.1 Nautojen ruokinta

Kotieläintalouden päästöt koostuvat kotieläinten ruuansulatuksen CH₄-päästöistä ja lannankäsittelyn CH₄- ja N₂O-päästöistä. Niiden yhteismäärä maataloussektorilla raportoitavista päästöistä on n. 40 %. Suurin yksittäinen päästölähde on nautojen CH₄-päästöt, joiden osuus maatalouden päästöistä on n. 24 %.

Nautojen ruuansulatuksen CH₄-päästöjä voidaan hieman alentaa muuttamalla ruokintaa (Meale ym. 2012). Ruuansulatuksen metaanipäästöjen vähentämiseksi on tutkittu ainakin mm. rypsiöljyn, apilan ja joidenkin lisäaineiden vaikutusta dieetissä. Arvioita ruokintamuutosten vaikutuksista tehtiin käyttämällä lehmien ruuansulatusta ja maidontuotantoa kuvaavaa Karoline –mallia, joka perustuu pohjoismaisiin tutkimustuloksiin (Danfaer ym. 2006). Mallin on havaittu ennustavan metaanipäästöjä ruokinnan perusteella hyvin (Huhtanen & Ramin 2012). Mallilla simuloitujen tulokset osoittivat, että öljyjen (esim. rypsiöljy) lisääminen lypsylehmien ruokavalioon olisi tehokkain keino vähentää nautojen kasvihuonekaasupäästöjä ruuansulatukselta ja lannankäsittelystä (Taulukko 4). Puolen kilon öljyisiä lypsylehmien päivärökinnsä vähentäisi ruuansulatuksen ja lannan päästöjä 3,6 % suhteessa tavanomaiseen ruokintaan. Tämä on noin 1 % maatalouden kokonaispäästöistä. Väkiprehun lisäämisellä ja valkuaisruokinnan muutoksilla puolestaan olisi hyvin pienet vaikutukset näihin päästöihin. Koska lehmien keskituotos kasvaa ja päästöt maitolitraa kohden eivät ole kasvussa, öljyjen lisäämisellä lehmien rehuissa voitaisiin saavuttaa päästövähennyksiä, jos se koskisi riittävän suurta osaa lypsylehmistä. Toimen toteuttamiskelpoisuuden ja vaikutusten luotettava arviointi vaatii kuitenkin ruokintakoikeita.

Taulukko 4. Simuloitujen ruokintamuutosten vaikutukset nautojen kasvihuonekaasupäästöihin vuoden 2020 nautapolaatiassa.

	Kontrolli	+Öljy	+Väkiprehu	+Valkuainen	-Valkuainen
Ruuansulatus (Gg CH ₄)	64,81	62,13	64,24	64,10	66,11
Lannankäsittely (Gg CH ₄)	7,59	7,42	7,78	7,83	7,38
Lannankäsittely (Gg N ₂ O)	0,72	0,71	0,74	0,74	0,61
Yhteensä (Gg CO ₂ ekv.)	1745	1682	1741	1741	1733
Vähennys suhteessa kontrolliin (%)	-	-3,61	-0,25	-0,26	-0,71

+Öljy, +Valkuainen ja +Väkiprehu lypsylehmille, -Valkuainen kaikille nautatyypeille.

Dieetit: Kontrolli = tyypillinen ruokinta nykyään, +Öljy = lisätty 0,5 kg rypsiöljyä, +Väkiprehu = lisätty 3 kg väkiprehua, +Valkuainen = lisätty 1 kg rypsirohetta, -Valkuainen = vähennetty 2 kg rypsirohetta.

Muutoksilla eläinten ruokinnassa on vaikutuksia pellonkäyttöön, joten vaikutukset saattaisivat ulottua maaperän hiilivarastoihin ja siten LULUCF-sektorilla raportoitaviin päästöihin. Tätä arvioitiin simuloimalla Yasso07-mallilla lisääntyneen rypsinviljelyn vaikutuksia maaperän hiilivarastoihin. Lisääntynyt rypsinviljelyn voisi korvata lähinnä rehuohran ja säilörehun viljelyä eteläisimmässä Suomessa. Koska maahan jäävän kasvintähteen määrä on rypsilä hieman suurempi kuin ohralla tai säilörehulla, maaperän hiilivaraston arvioitiin kasvavan 0,5 Mt vuoteen 2035 mennessä, jos kaikille lypsylehmille syötettäisiin 0,5 kg rypsiöljyä päivässä. Se vastaisi 0,02 Mt:n vuosittaista päästövähennystä LULUCF-sektorilla (Taulukko 7).

On kuitenkin varsin epävarmaa, missä määrin kasvava rypsirehun kysyntä lisääisi rypsin tai rapsin viljelyä Suomessa. Pääosa rehuna käytettävästä rypsi/rapsirouheesta tuodaan Suomeen ulkomailta halvan hinnan vuoksi (Niemi & Ahlstedt 2012) Muutaman viime vuoden aikana öljykasviala on vähentynyt alle puoleen vuoden 2010 huipputasolta 150 000 ha. Vuoden 2013 ennakkotietojen mukaan öljykasviala on vain 53 000 ha mikä on alle 10 vuoden keskiarvon. Tätä selittää osin aiempien vuosien pettymykset öljykasvien viljelyssä (alhaiset satotasot viljelyalan ollessa suurimmillaan) sekä alentuneet öljykasvisiementen hinnat. Näin ollen riippuu olennaisesti viljan ja öljykasvisiementen hinnoista missä määrin öljykasvisiementen tai -rouheiden rehukysynnän kasvu tuotettaisiin kotimaassa. Joka tapauksessa tarkemmat Dremfia –mallilla tehdyt herkkyyksianalyysit ovat osoittaneet, että jos öljykasvirouheiden alhainen tuontihinta (keskimäärin 49 % öljykasvisiementen yksikköhinnasta – laskelman pohjatiedot [hinnoista](#) Hampurin satamassa sekä [valuuttakursseista](#)) otetaan huomioon, rehukysynnän kasvu ei johda kuin hyvin vähäiseen öljykasvialan kasvuun Suomessa. Siksi yllämainittu tulos päästövähennyksestä on epävarma.

3.3.2 Nautojen eliniän pidentäminen

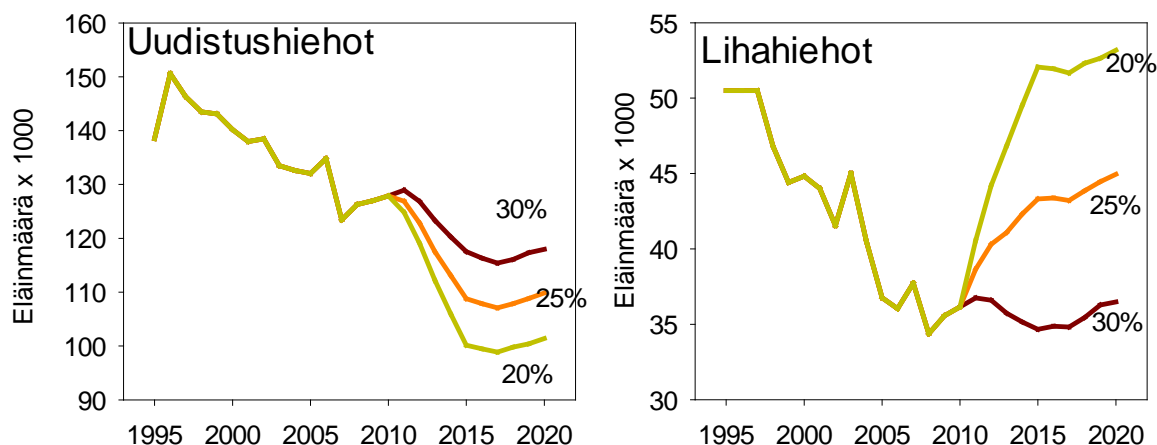
Tyypillisesti Suomessa uusitaan karjasta vuosittain noin 30 %. Jos uusimisprosentti olisi 20–25 %, lypsylehmiä teurastettaisiin vähemmän, tarvittaisiin vähemmän hiehoja korvaamaan teurastettuja lypsylehmiä, ja ylimääräiset hiehot päätyisivät teuraaksi aiemmin. Sama maidontuotantomäärä saavutettaisiin pienemmällä eläinmäärällä, koska liahahiehoa tarvitsee kasvattaa vähemmän aikaa kuin vasikoiden tuotantoon kasvatettavaa hiehoa. Metaanipäästö suhteessa tuotetun maidon määrään jäisi pienemmäksi, kun jaksoja, jolloin lehmät tuottavat metaania mutta eivät maitoa, olisi vähemmän (Weiske ym. 2006). Vaikutuksen raportoiminen inventaariossa vaatisi erilliset päästökertoimet liha- ja uudistushiehoille, mutta ne pystytään laskemaan eläinten ominaisuuksien perusteella.

Lypsylehmien tuotannollisen iän kasvattaminen johtaisi lehmien teurastusten ja markkinoille tulevan lehmänlihan vähenemiseen, joka korvautuisi suurimmaksi osaksi liahahiehojen lisääntyvillä teurastuksilla. Koska liahahiehojen teuraspaino on kuitenkin 11 % lehmien teuraspainoa pienempi (lehmillä 275 kg ja liahahiehoilla 244 kg vuonna 2009), tämä kehitys johtaisi Dremfia –sektorimallilla tehtyjen simuloitien mukaan markkinoille tulevan naudanlihan vähenemiseen noin 3 milj. kg, ellei muiden nautojen kuten sonnien (ja emolehmien) määrä vastaavasti kasva. Suomessa kansalliset tuet sonneille ja teurashiehoille on nähty tärkeinä kannustimina, jotta naudanlihan tuotannon taloudellinen mielekkyys säilyisi. Nämä kannustimet kuitenkin johtavat osaltaan siihen, että lypsylehmähiehojen kasvatus korvautuisi liahahiehojen kasvatuksella jos lypsylehmien tuotannollinen elinikä pitenee (Kuva 8). Dremfia –mallin tulosten mukaan lihan tuotannon pieneminen korvautuisi osin kansallisten tukien ansiosta myös emolehmien ja sonnien määrän kasvulla (kansallisen elolehmille ja sonneille maksettavan tuen kokonaismäärän pysyessä muuttumattomana), jolloin päästövähennyksiä ei Suomen oloissa saada.

Toinen mahdollisuus olisi lisätä sonnivasikoiden tuotantoa lypsykarjasta vasikoiden sukupuoli määrämällä, jolloin päästäisiin liahahiehoja korkeampaan teuraspainoon. Tällöin naudanlihan tuotanto ei välttämättä alenisi, mutta tiloille aiheutuisi pieniä lisäkustannuksia. Samalla kasvihuonekaasupäästöissä saavutettava säästö pieneneisi, koska sonnien kasvatusaika olisi todennäköisesti pitempi kuin liahahiehoilla. Liahahiehoja ei voida kasvattaa yhtä kauan ja yhtä korkeaan teuraspainoon kuin sonneja koska uhkana on ruhojen rasvoittuminen joka vähentäisi olennaisesti liahahiehojen kasvatuksesta saatavaa tuottoa ja tekisi sen kannattamattomaksi. Joka tapauksessa naudanlihan tuotannon säilyttäminen ennallaan lehmien teurastusten vähentyessä lisää päästöjä lehmien eliniän pitenemisestä aiheutuvan päästövähennymän vastapainoksi. Tämä vähentäisi saavutettavaa päästövähennystä lehmien eliniän pitenemisestä.

Päästöjen väheneminen lehmien pidemmän eliniän seurauksena ei siis ole varmaa. Maidontuotannon ja naudanlihan tuotannon biologisen tehokkuuden parantaminen voivat pitkällä aikavälillä johtaa pienempiin

kasvihuonekaasupäästöihin tuotettua yksikköä kohti, mutta edellä mainituista syistä on epävarmaa, onko tällä vaikutusta päästöihin jo vuoteen 2020 mennessä. Lehmien pidempi elinikä nostaisi eläinlääkinnän kuluja (Heikkilä ym. 2008). Eläinlääkintä- ja siemennyskulut eivät saisi nousta enempää kuin 40 %, jotta eliniän pidentämisestä tulisi viljelijälle taloudellista hyötyä.

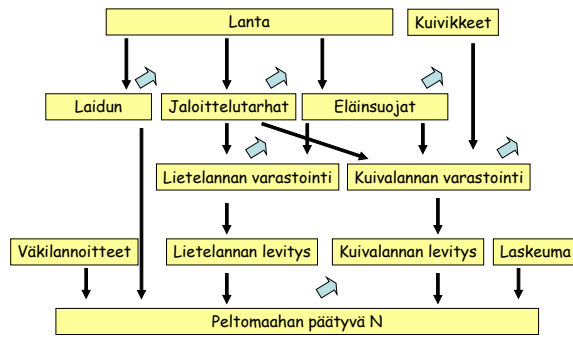


Kuva 8. Uudistusiän vaikutus eläinmääriin. Nykyinen tyypillinen uudistamistiheys on 30 %. Jos lypsylehmiä uusittaisiin harvemmin, uudistushiehoja tarvittaisiin vähemmän, mutta lihahiehoja kasvatettaisiin vastaavasti enemmän. Lähde: MTT:n Dremfia –sektorimallisimuloinnit.

3.3.3 Muutokset lannankäsittelyssä ja -varastoinnissa

Varsinaisina kasvihuonekaasupäästöinä lannankäsittelystä lasketaan metaani- ja dityppioksidipäästöt. Lisäksi lannasta syntyy ammoniakkipäästöjä, jotka raportoidaan kaukokulkeutumissopimuksen mukaisesti. Ammoniakkipäästöistä lasketaan myös ns. epäsuoria N₂O-päästöjä, jotka syntyvät ammoniakkilaskeuman ”lannoittaessa” maaperää. Koska lannankäsittelyn kasvihuonekaasupäästöt ovat vain 12 % maatalouden päästöistä, niissä aikaan saatujen päästövähennysten osuus ei ole kovin merkittävä kokonaisuuden kannalta. Lannankäsittelyn kehittämisen merkitys korostuu kuitenkin alueilla, joissa laajenevan eläintuotannon lannanlevitysalan tarve lisää pellonraivausta ja sitä kautta maaperän päästöjä.

Lannankäsittelyn kehittäminen niin, että pellonraivaustarve vähenee, on tärkeää, jotta peltoala ja kasvihuonekaasupäästöt eivät kasvaisi, ja jotta lanta tulisi hyödynnettyä tehokkaasti ja vesistökuormitusta hillitsevällä tavalla. Esimerkiksi lannan kiintoaineen ja fosforin erottaminen lietalannasta ja vienti eläintuotannon alueen (alue, jolla vähän peltoa eläimiin ja lantamäärään nähden) ulkopuolelle vähentäisi lannanlevitysalan ja pellonraivauksen tarvetta. Se voisi tuoda myös tehokkaamman työnjaon kautta helpotusta kotieläintilan työnmenekkiin työhuippuina. Kiintoaineen erottaminen lannasta vähentäisi tarvittavaa lietesäiliöiden tilavuutta, mutta voisi johtaa toisaalta lisäkustannuksiin koska kiintojakeelle tarvitaan tiivispohjainen, mielellään katettu varasto ravinnehävikin ja –valumien estämiseksi. Olennaista on kuitenkin se, että kiintojakeen erottamiseen tarvittava laitteisto voidaan jakaa ja hyödyntää usealla tilalla riittävän suuren lietalantamäärän jakeistamiseen neste- ja kuivajakeiksi, jotta aiheutuvat investointi- ja käyttökustannukset voidaan kattaa lantalogistiikan kokonaissäästöillä (Kässi ym. 2013).



Kuva 9. Kaasupäästöt lannasta ja väkilannoitteista. Mustat nuolet kuvaavat ravinteiden kulkua ja siniset nuolet kaasupäästöjä.

Lannan päästöjä arvioitaessa on otettava huomioon, että yhden kaasun vähentäminen usein lisää toisen kaasun päästöjä. Esimerkiksi vaihto kuivalantalasta lietelantalasta vähentää dityppioksidin päästöjä mutta lisää metaanin päästöjä, joten lantalatyypin vaihto ei sovi päästöjen vähennyskeinoksi. Lantalalan kattamista voidaan käyttää ammoniakkin päästöjen vähentämiseen, mutta se saattaa lisätä dityppioksidin päästöjä. Toisaalta ammoniakkin päästöjen vähentäminen vähentää epäsuoria, laskeumasta tulevia, kasvihuonekaasupäästöjä ja on siten kokonaisuutena edullinen vaihtoehto, varsinkin, kun ammoniakkin päästö yleensä on määrällisesti suurempi kuin dityppioksidin.

Lannankäsittelyn päästöjä voidaan kuitenkin jossain määrin pienentää lannan biokaasutuksella, mikäli se toteutetaan asianmukaisesti. Tämä edellyttää, että kaasun varastointi tehdään siten, ettei kaasua vuoda ilmakehään prosessin tai jälkivarastoinnin aikana, sillä jälkivarastoinnissa syntyvä metaanimäärä voi olla jopa 20 % kokonaistuotoksessa (Luostarinen 2013). On esitetty arvioita, joiden mukaan 50–90 % lannan metaanipäästöistä torjuttaisiin biokaasutuksella (Amon ym. 2006, Clemens ym. 2006). Lisäksi voidaan laskea fossiilisia polttoaineita korvaava vaikutus, joka näkyy energiasektorilla. Tähän astisten Suomessa tehtyjen tutkimusten mukaan (Marttinen ym. 2013, Metener 2013, Lehtonen ym. 2011) näyttää siltä, että biokaasutus voi olla tietyin edellytyksin kannattavaa vain suurilla tiloilla tai usean tilan yhteismädättämissä (vähintään 100 lypsylehmää, 1000 lihasikaa, 330 emakkoa, 24000 munivaa kanaa tai 60000 broileria). Jos puolet suurten tilojen lannasta mädätettäisiin, saatava päästövähennys olisi 0,02 Mt CO₂-ekv. eli 0,4 % maatalouden päästöistä (Regina ym. 2009). Lisäksi tulisi 0,32 Mt CO₂-ekv. päästövähennys energiasektorilla, jos biokaasu korvaisi kevyttä polttoöljyä viljan kuivauksessa. Suurin hyöty biokaasutuksen yleistymisestä saataisiin välillisesti, kun nurmipinta-alaa voitaisiin lisätä lisämateriaalien tuotannolla, ja siten vähentää eloperäisten maiden päästöjä (ks. kpl 4.5.2). Biokaasutus tai pelkästään lannan separointi kuiva- ja nestejakeeseen voisi vähentää pellonraivauksen tarvetta ja siten eloperäisten maiden päästöjä, kun runsaasti fosforia sisältävä kuivaosa voitaisiin kuljettaa kannattavasti kauemmaksi eläintuotannon keskittymistä. Vaikeutena maatilakäytännön kannalta on ollut huono kannattavuus. Kannattavuusongelmaan odotetaan ratkaisua paitsi korkeammasta yhteiskunnan tuesta biokaasulle, myös mahdollisista lisätuotoista mädätysjäännöksistä jalostettavien orgaanisten lannoitevalmisteiden myynnistä (Marttinen ym. 2013). Tähän kehitettävien toimivien ja kustannuksiltaan kohtuullisten menetelmien ja toimintatapojen luominen ei ole kuitenkaan yksinkertaista, vaan vaatii aikaa sekä tutkimus- ja kehitystyötä.

Tulevaisuudessa saattaa olla käytössä myös muita ympäristöystävällisiä lannankäsittelymenetelmiä. Esimerkiksi lannan poltolla saattaisi olla positiivisia ympäristövaikutuksia (Prapasongsa ym. 2010), mutta tällä hetkellä sitä rajoittavat EU:n säädökset. Lannan ja muiden biomateriaalien hiiltäminen pyrolyysiprosessissa herättää kiinnostusta sekä siitä saatavan energian ja muiden lopputuotteiden (Fagnäs ym. 2011) että hiilen maanparannusvaikutusten takia (Schouten ym. 2012).

3.3.4 Kuluttajien ruokavalio

Lihan kulutuksen vähentäminen saattaisi olla helpoin keino vaikuttaa maatalouden päästöihin. Jo kulutuksen siirtyminen naudanlihasta sian- ja kananlihaan vähentäisi päästöjä (Katajajuuri 2008). Viimeisen vuosikymmenen aikana tosin sian- ja siipikarjanlihan kulutuksen huomattavakaan kasvu ei ole vähentänyt naudanlihan kulutusta, vaan lihan kokonaiskulutus on kasvanut. Lihankulutus saattaa kuitenkin laskea, kun kuluttajat saavat yhä enemmän tietoa elinkaaritutkimuksista ja kasvissyönnin lisääntyy joko terveydellisistä tai ympäristösyistä. Kasvisten osuutta ruokavaliossa voitaisiin edistää esimerkiksi vero-ohjauksella. On kuitenkin epävarmaa, missä määrin pelkkä vero-ohjaus johtaisi ruokavalion muutoksiin, koska esimerkiksi viime vuosien suuretkaan vaihtelut esimerkiksi liha- ja maitotuotteiden hinnoissa eivät ole johtaneet kuin korkeintaan muutaman prosentin muutoksiin yksittäisten liha- ja maitotuotteiden kulutuksessa, ja vielä vähemmän lihan ja maidon kokonaiskulutuksessa. Kasvisten syönnin merkittävä lisääntyminen ja siitä seuraava kotieläintuotannon väheneminen olisivat kuitenkin toteutuessaan tehokkaita keinoja vaikuttaa päästöihin elintarvikeomavaraisuuden silti heikentymättä. Suorien eläintuotannosta saatavien päästövähennysten lisäksi, saataisiin todennäköisesti vähennyksiä myös tarvittavan viljelyalan pienenemisen kautta, kun eläinten rehujen tuotantoon tarvittaisiin vähemmän peltoalaa. Elinkaarianalyysien avulla tuotettu kuluttajavalistus ja pakkausmerkinnät tuotteiden kokonaispäästöistä voivat ohjata kulutusta vähäpäästöisiä tuotteita suosivaan suuntaan (Katajajuuri ym. 2010; Pulkkinen ym. 2010). Vertailukelpoisten hiilijalanjälkien tuottaminen vaatii vielä paljon kehitystyötä. Mahdollisuudesta kehittää yhdenmukainen elintarvikkeiden hiilimerkintäjärjestelmä keskustellaan parhaillaan Suomessa (Hartikainen ym. 2010).

Lihankulutuksen väheneminen ei sekään johtaisi kotimaisen kotieläintuotannon tai eläinmäärien vähenemiseen siinä määrin kuin kulutus vähenisi. Näin siksi, että lihankulutuksen vähentäminen johtaisi paitsi kotimaisen lihantuotannon, myös lihan tuonnin vähenemiseen, sekä todennäköisesti samalla muiden kotieläintuotteiden ja elintarvikkeiden kulutuksen kasvuun. Tämä olisi tilanne ainakin naudanlihantuotannossa. Jos naudanlihan kulutus vähenee, mutta maitotuotteiden kulutus säilyy entisellään tai jopa kasvaa, naudanlihankysynnän väheneminen vähentää ensisijassa tuontinaudanlihan määrää, eikä kotimaisen naudanlihan tuotantoa. Näin siksi, että Suomessa 85 % naudanlihasta tuotetaan lypsykarjarotuisista eläimistä. Erityisesti, jos vain punaisen lihan kulutus vähenisi esim. veropolitiikan keinoin, se johtaisi todennäköisesti siipikarjanlihan kulutuksen ja maitotuotteiden kulutuksen kasvuun, koska ekonometrisen kysyntäanalyysin perusteella maitotuotteet ja liha ovat läheisempiä substituutteja kuin esim. liha ja kasvikset. Tällöin kotimainen lihantuotanto ei juuri vähenisi naudanlihan kysynnän kasvaessa, varsinkin jos maitotuotteiden kulutus kasvaisi. Sen sijaan emolehmätuotanto voisi vähentyä, samoin naudanlihan tuonti. Sen sijaan sianlihan tapauksessa kulutuksen väheneminen vähentäisi kotimaista tuotantoa absoluuttisena määränä enemmän kuin tuontisianlihan määrää. (Lehtonen & Irz 2013). Nämä tulokset osoittavat, että pelkäämään punaisen lihan kulutuksen väheneminen eivät ratkaisevasti vähentäisi kotieläintuotteiden kokonaiskysyntää, elleivät myös kuluttajien muut preferenssit muuttuisi samalla kasvituotteita suosiviksi. Tulosten mukaan naudan- ja sianlihan kysynnän väheneminen 20 % johtaisi ensi sijassa tuonnin vähenemiseen ja varsinkin naudanlihan tapauksessa vain osittain kotimaisen naudanlihan kulutuksen vähenemiseen. Tämä johtuu siitä, että jo 20 % naudanlihasta on tuontilihaa, ja lihan tuonti on tunnetusti herkempi kohdemaan hintatasolle kuin kohdemaan oma tuotanto. Samalla kun tuotantosidonnaiset tuet jarruttaisivat kotimaisen naudanlihantuotannon laskua, suurin osa, joskaan ei aivan kaikki, lihankulutuksen väheneminen kohdistuisi tuontinaudanlihaan. Sen sijaan sianlihan tapauksessa kotimaisen lihan kulutuksen lasku olisi määrissä mitattuna likimain yhtä suuri kuin tuontilihan väheneminen. Sianlihan tuonti vähenisi noin puoleen, kun taas kotimainen sianlihantuotanto vähenisi noin 15 %. Naudanlihan tapauksessa kotimainen naudanlihantuotanto voi kulutusmuutosta seuraavan laskun jälkeen vähitellen palautua lähes entiselle tasolle maidontuotannon ja maitorotuisten eläinten määrän kasvaessa 3-5 %. Jos samaan aikaan naudanlihan EU-hinnat pysyvät korkealla tasolla (kuten OECD-FAO 2012 ennustaa), tuotantosidonnaiset kansalliset tuet emolehmille ja sonneille voivat johtaa myös emolehmätuotannon palautumiseen lähemmäs alkuperäistä tasoaan.

Koska kotimainen lihantuotanto ei kulutusmuutoksen seurauksena olennaisesti vähenisi kuin ainoastaan sianlihan osalta noin 15 % maidontuotannon ja siipikarjanlihantuotannon kasvaessa, vaikutukset maankäyttöön ja kasvihuonekaasupäästöihin arvioitiin hyvin pieniksi. Johtopäätöksenä esitettiin, että viimeisen 10 aikana todennettu kuluttajien käyttäytyminen (vahva proteiinipreferenssi ilmenee mm kananmunien, maitorahkan ja siipikarjanlihan kysynnän kasvuna samalla kun punaisen lihan kulutus on pysynyt ennallaan) ja vallitseva maatalouspolitiikka, joka pyrkii olemassa olevan tuotannon säilyttämiseen, vaikeuttavat olennaisesti päästövähennysten syntyä lihan kulutusta vähentämällä.

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että tarvitaan suhteellisesti suuri muutos ruokavaliossa, jota lihan kulutuksen väheneminen korvautuisi sellaisten elintarvikkeiden kulutuksella jotka tuottaisivat olennaisesti vähemmän päästöjä kuin lihantuotanto. Lisäksi maatalouspolitiikan tulisi kannustaa viljelijöitä siirtymään tällaisten tuotteiden tuotantoon, sen sijaan säilytetään olemassa olevaa tuotantoa. Vaikeutena tässä on puolestaan Suomen vaikeat luonnonolosuhteet mm kasvisproteiinin tuotannolle. Ulkomailla edullisemmissä tuotanto-olosuhteissa kasvatettu kasvisproteiini tulee todennäköisesti Suomeen selvästi halvemmalla hinnalla kuin sitä voidaan Suomessa tuottaa. Tämä seikka tuli ilmi myös edellä rypsirehun lisäämisen kohdalla.

Kotitalouksiin kohdistetulla tiedotuksella ja neuvonnalla voitaisiin vaikuttaa ruokahävikkeihin ja sitä kautta maataloustuotannon kokonaispäästöihin. Suomalaiset heittävät pois henkilöä kohden keskimäärin 20–30 kg ruokaa roskeen vuodessa (Katajajuuri ym. 2011). Kotitalouksittain laskettuna tämä tarkoittaa noin 60–70 kilon vuotuista ruokahävikkiä eli noin viittä prosenttia kotitalouksiin ostettavan ruoan määrästä. Kansantalouden tasolla puhuttaessa kotitaloudet heittävät siten vuodessa ruokaa roskeen yhteensä 120–160 miljoonaa kiloa. Tämä vastaa noin koko ruokaketjun kasvihuonekaasupäästöiksi muutettuna 100 000 henkilöauton vuositason hiilidioksidipäästöjä Suomessa. Suurin osa kuluttajan ruokahävikistä on vihanneksia (19 %), mutta siellä on paljon myös mm. maitotuotteita (17 %) ja kotiruokaa (18 %). Kaikesta poisheitetystä ruoasta jopa yli 40 % olisi ollut edelleen syötäväksi kelpavaa, mutta sitä ei syystä tai toisesta haluttu enää syödä.

Taulukko 5. Yhteenveto päästövähennyskeinoista eläintuotannossa.

Keino	Päästövähenemä Mt CO ₂ -ekv.	Käyttöön oton mahdollisuus tilatasolla	Vaikutukset maataloustuotantoon ja tilatason toimintaan	Epävarmuudet
Rasvalisä lypsy-lehmien ruokinnassa	0,06 ^a	Mahdollinen	Ruokintakulut kasvavat	Tilojen sitoutuminen ruokintamuutoksiin rehujen hintojen vaihdellessa
Nautojen uudempiin muuttokseen	-	Ei todennäköinen nykyisellä tukipolitiikalla		
Lihankulutuksen aleneminen	?	Ei tilatason ratkaisu	Eläintuotanto vähenisi	Ruokailu- ja makutottumukset muuttuvat hitaasti
Biokaasu (puolet isoista tiloista)	0,01 ^a	Mahdollinen	Suurempi energiaomavaraisuus	Kannustaminen biokaasupohjaiseen energiantuotantoon on vaikutuksiltaan epävarmaa energianhinnan ja investointikustannusten vaihtelujen takia

^aEro verrattuna perusskenaarion päästöihin vuonna 2020

3.4 Maaperän N₂O- päästöihin kohdentuvat toimet

3.4.1 Typpilannoituksen tarkentaminen

Maaperän N₂O-päästöjä pienentävät kaikki toimet, jotka parantavat ravinteiden hyväksikäyttöä. Samat toimet, jotka ovat vähentäneet ravinnehuuhtoumia vesistöihin, ovat vähentäneet myös kasvihuonekaasupäästöjä. Väkilannoitteiden käyttö on vähentynyt Suomessa 40 % vuosina 1990–2009, mikä lienee osaksi maatalouden ympäristötuen ja nitraattidirektiivin ansiota. Lannoitteiden käytön tehostamisessa olennaisinta on se, että lannoitetaan mahdollisimman sopivasti kasvien tarpeen mukaan eli optimoidaan sekä lannoitusmäärä että -ajankohta. Etenkin ympäristötuen toimi ”typpilannoituksen tarkentaminen” lienee vaikuttanut lannoitusmäärien pienemiseen. Toimi on käytössä alle kolmasosalla peltopinta-alasta, joten sillä voi olettaa olevan edelleen potentiaalia vaikuttaa tulevien vuosien päästöihin. Taulukkoon 6 on laskettu päästövähennys, joka saavutettaisiin, jos nykyisestä typpilannoitustasosta vähennettäisiin 20 %. Lannoitusmääriä ei kuitenkaan kannata vähentää niin paljon, että peltojen tuottavuus kärsii, koska tällöin on vaarana peltopinta-alan kasvu, joka puolestaan lisää päästöjä.

3.4.2 Talviaikainen kasvipeitteisyys

Koska vuotuisista N₂O-päästöistä puolet syntyy kasvukauden ulkopuolella, saattaisi peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys vähentää maaperän päästöjä. Kasvipeitteisyys vähentää päästöjä sitä kautta, että maassa on satokauden ulkopuolella vähemmän mineraalityyppiä, kun kasvit ottavat maasta tyyppiä pidemmän aikaa ja kasveihin sitoutunut typpi ei ole N₂O:a tuottavien mikrobien käytettävissä. Tähän viittaavat tulokset, joiden mukaan nurmikasveilta vuotuiset N₂O-päästöt ovat yleensä pienemmät kuin viljakasveilta (Regina ym. 2013). Lisäksi mahdollinen typpihuuhtouman väheneminen pienentäisi huuhtoumasta tulevaa N₂O-päästöä. Kasvipeitteisyyttä voidaan lisätä esim. maanpeite-, kerääjä- tai viherlannoituskasvien avulla (Känkänen ym. 2011). Jos kerääjä- tai aluskasvin kasvusto kynnetään maahan oikeaan aikaan, on sen sisältämä typpi seuraavan sadon käytettävissä kasvintähteiden mineralisoiduttua. Oikean ajan valinta ei ole yksinkertaista, sillä siihen vaikuttanee mm. maalaji ja sääolot. Kasvipeitteisyyden vaikutusta ei pystytä sisällyttämään kasvihuonekaasuinventointiin ennen kuin asiasta on olemassa tutkimusaineistoa. Tarvittaisiin vähintään vuoden mittainen jakso kasvihuonekaasumittauksia useilta kasvipeitteisiltä ja paljailta lohkoilta, jotta sen vaikutuksen voisi raportoida. Ulkomaillakin tuotettua tutkimusaineistoa aiheesta on vähän, ja eniten on julkaistu tuloksia typensitojakasvien vaikutuksesta. Typensitojakasvi tuo maahan lisää tyyppiä, ja siten ei ole todennäköistä, että N₂O-päästö vähenisi niiden ansiosta. Tehokas kerääjäkasvi olisi siten kasvi, joka ei lisää maan typpikuormaa sitomalla tyyppiä ilmasta. Tässä selvityksessä ei arvioida kasvipeitteisyyden vaikutusta numeerisesti, koska tarvittavaa lähtöaineistoa ei ole riittävästi.

3.4.3 Täsmäviljely

Täsmäviljelyssä otetaan lannoituksessa huomioon peltolohkojen välinen ja niiden sisäinen vaihtelu (Pesonen ym. 2010). Tällöin lannoitusta voidaan vähentää alueilla, joista ei kuitenkaan saataisi korkeaa satoa, ja vastaavasti lisätä tuottavimmilla alueilla. Saksalaisessa tutkimuksessa näin toimimalla vähentyivät N₂O-päästöt vähiten tuottavilla alueilla 34 %, kun taas parhaiten tuottavilla alueilla lannoituksen lisääminen ei lisännyt päästöjä (Sehy ym. 2003). EU:n teettämässä selvityksessä täsmäviljelyn potentiaalksi arvioitiin 5 %:n vähennys väkilannoitemäärissä (Bates ym. 2009). Sen perusteella on laskettu päästövähennelmä taulukkoon 6. Toimi voisi olla mahdollinen ilman tiloille annettavaa taloudellista tukea, mutta neuvonta saattaa olla tarpeen. Kustannuksista Suomen oloissa ei ole käytettävissä arviota. Koska kasvihuonekaasuinventointiin laskentamenetelmä ottaa huomioon vain käytetyn typen kokonaismäärän, tällä hetkellä huomioon tulee otetuksi vain toimet, jotka näkyvät lannoitusmäärissä (=myyntitilastoissa). Täsmäviljelyn vaikutus ei välttämättä näy lannoitteiden kokonaiskäyttömäärissä, jos lannoitusta vähennetään toisaalla ja lisätään toisaalla.

3.4.4 Lannoitusstrategia ja -teknologia

Päästövähennyskeinoksi on myös esitetty peltojen reunojen lannoittamatta jättäminen (Bates ym. 2009). Tämä pienentäisi satoja, mikä pitäisi ottaa huomioon toimesta maksettavassa korvauksessa. Tällä lienee erilaiset taloudelliset vaikutukset siellä, missä peltokuviot ovat suuria ja toisaalta suomenkaltaisessa paikassa, jossa kuviokoko on pieni verrattuna moneen muuhun maahan. Tuottavuutta vähentävät toimet eivät yleensä ole järkevempiä, vaan pitäisi pyrkiä käyttämään peltoala tehokkaasti. Samassa eurooppalaisessa selvityksessä ehdotettiin keinoiksi myös lannoitteen levittimien kunnossapitoa levityksen tasaisuuden varmistamiseksi ja lannoitteen levitysgeometrian parantamista. Molemmat näistä toimista vähentäisivät päästöjä 5 %. On vaikea arvioida, paljonko Suomessa näissä asioissa olisi parantamista. Näistä toimista ei ole tässä selvityksessä esitetty numeerisia arvioita.

Lietelannan sijoituslevitys on yksi varteenotettava keino tehostaa typen hyväksikäyttöä erityisesti lypsykarja- ja sikatiloilla. Rajoitteena on kuitenkin etenkin sianlannan korkea fosforipitoisuus, joka rajoittaa lietelannan käytön hehtaaria kohti selvästi alle kasvien typen tarpeen.

Lannoitusmäärän jakaminen useampaan levityskertaan saattaa pienentää N₂O-päästöjä. Nurmen lannoituksen jakaminen syys- ja kevätlevitykseen vähensi päästöjä puoleen kanadalaisessa tutkimuksessa verrattuna saman typpimäärän kevätlevitykseen (Burton ym. 2008; Tenuta ym. 2010). Nykyisellään kasvihuonekaasuinventointiossa kuitenkin lasketaan päästöt kokonaistyyppimäärästä, joten siellä päästöjen pieneminen näkyisi, jos tämä käytäntö pienentäisi levitetyn typen määrää. Jos ravinteiden hyväksikäyttö-

aste näin paranisi, olisi käytännöllä myös typen kokonaislevitysmäärää pienentävä vaikutus. Viitteitä tästä on kirjallisuudessa (Gehl ym. 2005).

Maatalouden ulkopuolelta tulevilla biomassoilla voitaisiin vähentää väkilannoitteen tarvetta pelloilla ja sitä kautta lannoiteteollisuuden päästöjä. Kahiluoto ym. (2011) arvioivat Etelä-Savo ja Satakuntaa koskeissa laskelmissa, että lannoitetyypistä 5.6 (Etelä-Savo) tai 20 (Satakunta) kg N/ha voitaisiin korvata, jos käytettäisiin nykyistä enemmän esimerkiksi ruokateollisuuden jätteitä, biojätteitä ja puhdistamolietettä biokaasutettuna tai muutoin prosessoituina orgaanisina lannoitemateriaaleina. Jos luku koko Suomen mittakaavassa olisi 10 kg N/ha, saataisiin näin väkilannoitemääriä vähennettyä n. 20 000 tonnia Suomen käytössä olevalla viljelypinta-alalla (n. 2 milj. ha). Jos käytetään kerrointa 4 kg CO₂-ekv./kg lannoitetyypä (Sinkko ym. 2010), teollisuuden päästöt vähenisivät 80 Gg CO₂-ekv. Lisäksi vähenisivät jätteenkäsittelyn päästöt.

3.4.5 Nitrifikaation inhibiittorit

Etenkin Uudessa-Seelannissa on tehty paljon tutkimusta erilaisista pellolle levitettävistä kemikaaleista, jotka hidastavat ammoniumtypen muuntumista nitraatiksi. Eniten tutkittu aine on disyaanidiamiidi, jonka päästöjä vähentävä vaikutus olisi mahdollisesti joitakin kymmeniä prosentteja (Bates ym. 2009). Haittavaikutuksiakin on raportoitu, ja pohjoismaista ei tutkimustuloksia ole, joten keinon tehoon ja ympäristövaikutuksiin liittyy suuria epävarmuuksia. Jollakin todennäköisyydellä ammoniakkipäästö kasvaa, mikä näkyisi myös epäsuorien N₂O-päästöjen nousuna. Taulukkoon 6 on laskettu vaikutus olettaen, että levitetyn lannan ja laitumien N₂O-päästöt vähenisivät 30 %. Kustannuksista Suomen oloissa ei ole käytettävissä arviota.

Taulukko 6. Yhteenveto päästövähennyskeinoista maaperän N₂O-päästöissä.

Keino	Päästövähenemä Mt CO ₂ -ekv.	Käyttöön oton mahdollisuus tilatasolla	Vaikutukset maataloustuotantoon ja tilatason toimintaan	Epävarmuudet
Typpilannoituksen tarkentaminen	0,2 ^{a,b}	Mahdollinen	Satovaikutukset?	Voidaanko lannoitusta vielä vähentää nykyisestä?
Talviaikainen kasvi-peitteisyys	?	Mahdollinen	Lisää työ-määrää	Vaikutusten numeerinen arviointi ei mahdollista
Täsmäviljely	0,04 ^a	Mahdollinen isoilla tiloilla.	Tuotanto säilyisi ennallaan, tilatasolla toiminta olisi hieman vaativampaa.	Menetelmä sisältää myös mahdollisuuden lisätä lannoitusta
Nitrifikaation inhibiittorit	0,2 ^{a,c}	Ei suositeltavaa ennen perusteellista ympäristövaikutusten kartoitusta.	?	Todennäköisesti ammoniakkipäästö kasvaa. Kaikki pohjoismainen tieto puuttuu.
Orgaanisiin maihin kohdistuvat toimet	0,54	ks. taulukko 7	ks. taulukko 7	ks. taulukko 7

^averrattuna vuoden 2011 päästöön

^bväkilannoitusta vähennetty 20 %

^cjos inhibiittoreita käytettäisiin lannanlevityksessä ja laitumilla

3.5 Maankäyttöön liittyvät toimet

Maankäytön päästöjen laskentatavasta johtuen päästöihin on mahdollista vaikuttaa eloperäisillä mailla vähentämällä turpeen hajotusta ja kivennäismailla lisäämällä niiden hiilivarastoa tai hidastamalla hiilivaraston pienenemistä. Koska eloperäisten maiden päästöt ovat 60 % maatalouden päästöistä maatalous- ja maankäyttösektoreilla, on suurin potentiaali odotettavissa näiden päästöjen vähennyksissä. Maataloudessa on vaikeaa löytää muita yksittäisiä päästölähteitä, joilla olisi yhtä suuria päästövähennysmahdollisuuksia. Tämä nostettiin esiin myös IPCC:n neljännessä arviointiraportissa (Smith ym. 2007).

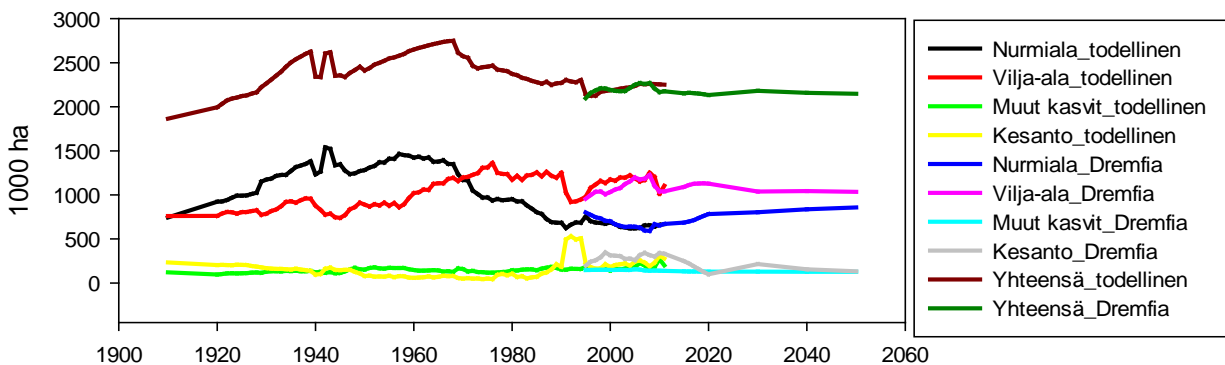
3.5.1 Eloperäisten peltojen pinta-alan pienentäminen

Tehokkain tapa vähentää eloperäisten viljelymaiden ympäristöhaittoja olisi suunnitella toimia, jotka ensisijaisesti vähentäisivät tarvetta raivata lisää peltoalaa ja vähitellen vähentäisivät niiden kokonaispinta-alaa. Pinta-ala vähenee luonnostaan jonkin verran siksi, että turpeen maatuessa nämä pellot vähitellen muuttuvat kivennäismaiksi. Pinta-alaa rajoittavat toimet vaikuttaisivat maataloustuotannon kannattavuuteen paikallisesti tietyillä alueilla. Raivauskielto vaikeuttaisi huomattavasti maataloustuotannon harjoittamista ja usein sen edellyttämää tilakoon kasvua. Peltoalan raivaamisen estäminen voi haitata tilakoon kasvua ja mittakaavaetujen saavuttamista merkittävästi erityisesti alueilla, joilla peltoalasta on niukkuutta mutta silti halua maataloustuotannon lisäämiseen. Osassa maata vastaavasti peltoalaa on käyttämättä tai suhteellisen vajaalla käytöllä siksi, että lähitöllä ei ole kasvuhaluja maataloita. Kaiken kaikkiaan maankäyttöä ohjaavilla keinoilla ohjataan merkittäväällä tavalla maataloustuotannon kehittymistä pitkällä aikavälillä. Nykyisessä tilanteessa pitäisi arvioida onko maatalouden kannattavuuden ylläpitäminen tärkeämpää kuin kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen. Molemmat vaihtoehdot eivät välttämättä voi toteutua samanaikaisesti, tai ne voivat vaatia olennaisia toimintatapojen muutoksia, jotka vaativat aikaa toteutuakseen. Esimerkiksi lietalannan sijoituslevitys ja lantatypen tehokkaampi hyödyntäminen aiheuttavat sekä kiinteitä että muuttuvia kustannuksia kotieläintilalle. Ongelmallista on erityisesti työn menekin kasvu erityisesti keväisin. Samoin lantafosforin erottaminen lannasta, mikä edesauttaisi myös lantatypen hyödyntämistä lietalannan korkean fosforipitoisuuden vuoksi, aiheuttaa merkittäviä kustannuksia, joiden kattaminen on mahdollista vain riittävän suurten tilojen yhteistyönä.

Eloperäisen viljelypinta-alan kasvun estäminen. Uusista peltolohkoista 2000–2009 noin 30 % oli maalajiltaan eloperäisiä. Kaikesta pellonraivauksesta noin puolet toteutui naudatilojen (maidontuotanto tai naudanhäntäntuotanto) yhteydessä (Niskanen & Lehtonen 2013). Koska eloperäisten peltojen pinta-alan kasvu selittyy monin paikoin lannanlevitysalan tarpeen kasvulla, voitaisiin kehitystä hidastaa estämällä tilakoon kasvua alueilla, joilla on paljon eloperäisiä maita ja vastaavasti tukemalla tilojen kasvua alueilla, joilla maaperä on kivennäismaata. Tämä voidaan kuitenkin kokea epäoikeudenmukaisena keinona tuottajien keskuudessa. Maatilojen mahdollisuuksia kivennäismaiden käyttöön lannanlevityksessä ja rehuntuotannossa voidaan tapauskohtaisesti jossain määrin parantaa tilusjärjestelyin (peltomaan vaihtoja maatilojen kesken tilusrakenteen parantamiseksi). On kuitenkin alueita ja kuntia, joissa eloperäisten maiden osuus pelloista on yli kolmannes, jolloin on vaikea tehdä sopivia maavaihtoja siten että lannanlevitys helpottuisi ja kohdistuisi kivennäismaille. Kolmas keino olisi kehittää lannankäsittelymenetelmiä siten, että lantaa voitaisiin kannattavasti kuljettaa pitkiäkin matkoja. Tämä edellyttäisi lannan jakeistamista kuiva- ja nestejakeisiin ja mahdollisesti fosforia sisältävän kuivajakeen jatkojalostusta helposti kuljetettavaan muotoon. Kuten aiemmin todettiin, tämä puolestaan edellyttää jakeistustoiminnan riittävän suurta mittakaavaa ja yhteistyötä tuottajien kesken tehokkaan työnjaon ja kannattavuuden saavuttamiseksi. Ennen kaikkea jakeistetulla kuivajakeella tulisi olla halukkaita vastaanottajia, kuten kasvitiloja, jotka ovat fosforilannoitteen ja orgaanisen aineen tarpeessa ja jopa valmiita maksamaan osan kuljetuskustannuksista tai itse lannoitteesta (Lehtonen ym. 2011, Kässi ym. 2013).

Metsitys. Turvepeltojen metsitys pienentää maaperän päästöjä, mutta ei muuta peltoja laskennalliseksi nieluksi, koska N_2O -päästöt pysyvät korkealla tasolla vielä vuosikymmeniä metsityksen jälkeen (MMM 2007). N_2O -päästöjen kasvu saattaa johtua siitä, että pohjaveden etäisyys maanpinnasta on usein metsityksellä pelloilla 50–60 cm, mikä on optimi N_2O :n tuotolle (Kuva 8). Näitä päästöjä voitaisiin mahdollisesti vähentää ojitussyvyyttä muuttamalla. Kuva 11 esittää N_2O -päästöjen kehitystä maataloussektorin raportoinnissa ja CO_2 -päästöjä maankäyttösektorin raportoinnissa siten, että metsään kasvava biomassa ja metsämaan päästöt ovat mukana. Hiilidioksidipäästöt maaperästä pienentyvät metsityksessä, ja lisäksi kehitetty puusto lisää biomassan hiilinielua. Jos 3000 ha eloperäistä peltoa metsitetäisiin vuosittain, päästöt maataloussektorilla pienentyisivät 3,8 % ja maankäyttösektorilla viljelysmaan osalta 21 % vuoteen 2020

mennessä. Riittävän laajassa mitassa toteutettuna metsitys voisi siis olla laskennallisesti vaikuttava päästövähennyskeino. Todellinen päästövähennys toteutuisi täydessä mitassaan todennäköisesti vasta vuosikymmenien kuluessa pellon muuttuessa vähitellen hiilinieluksi.



Kuva 10. Käytetty maatalousmaa ja sen käyttö eri kasviryhmille (1000 ha) 1910–2011 (Lähde: Tike, Peltoalan käyttö, 1910 ja 1920–2011) sekä MTT:n Dremfia –sektorimallin simulaation mukaan perusurassa 1995–2050.

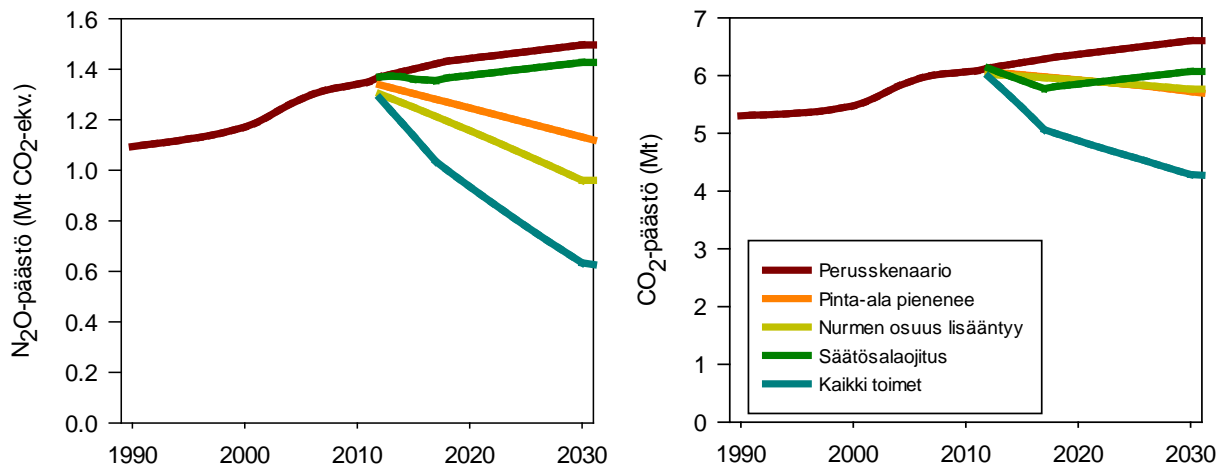
Metsitys voisi olla varteenotettava päästövähennyskeino keskipitkällä (20–30 vuotta) tai pitkällä (30–50 vuotta) aikavälillä, jos metsitys olisi pinta-alallisesti pellonraivausta laajamittaisempaa. Jos metsitys aloitettaisiin nopeasti laajamittaisena, sillä periaatteessa estettäisiin pellonraivauksen aiheuttama kasvihuonekaasupäästöjen kasvu. Näin siksi, että edellä esitettyjen Dremfia –sektorimallilla tehtyjen laskelmien mukaan maataloustuotannon kokonaismäärä ja tarvittava peltoala tuskin kasvavat vaikka maataloustuotteiden reaalihinnat lievästi nousisivatkin (Kuva 10). Itse asiassa pellon tarve lievästi vähenee viljan hintojen korkeasta tasosta huolimatta, mikä johtuu lihantuotannon lievästä vähenemisestä. Pellon tarpeen hitaaseen vähenemiseen myötävaikuttavat korkeat maataloustuotteiden tuotantokustannukset sekä niitä ylläpitävät korkeat ja nopeasti viime vuosina ja vuosikymmeninä nousseet tuotantopanosten hinnat. Maataloustuotannon kokonaismäärä on riippunut kotimaisesta kysynnästä ja toteutunut korkeiden hintojen (korkea rajasuojia ja hintataso ennen EU-jäsenyyttä) tai merkittävien peltoalatukien sekä tuotanto- ja investointitukien (EU-jäsenyyden jälkeen) turvin.

Peltoalan kasvu on jäänyt viimeisen sadan vuoden aikana kohtuullisen lyhyeksi ja rajalliseksi silloin kun peltoalaa on kasvatettu (Kuva 10). Peltoalan kasvu 2. maailmansodan jälkeen oli pitkälti seurausta siirtolaisten asuttamisesta. Lihan kysynnän kasvu elintason noustessa 1960- ja 1970-luvuilla lisäsi viljantuotantoa ja kemiallisten lannoitteiden yleistymisen vähensi nurmialaa. Pellonkäytön ja pellon kokonaisalan suuret muutokset ovat kytkeytyneet vakaviin sosio-ekonomisiin ja poliittisiin kriiseihin sekä voimakkaisiin tuotannollisiin ja rakenteellisiin muutoksiin maataloudessa.

Yksittäisten alueiden tasolla peltoala on toki muuttunut viimeisen 100 vuoden aikana hyvinkin merkittävästi pellon raivaamisen ja toisaalta metsittämisen kautta. Metsämaan ja pellon väliset huomattavatkin muutokset ovat olleet Suomessa viime vuosisatoina ja -kymmeninä kohtuullisen yleisiä ja jopa rajuja monin paikoin (esim. Nivalan kaupunki 2013).

Peltojen siirtäminen turvetuotantoon. Koska ojitetun turpeen hiili joka tapauksessa päätyy ilmakehään, olisi järkevää käyttää hyödyksi turpeen energia. Olemassa olevat pellot kuitenkin ovat enimmäkseen ohutturpeisia, liian pieniä pinta-alaltaan ja turpeen ominaisuudet huonosti polttoon sopivia (MMM 2011). Turvetuotanto ei näiden syiden vuoksi tule kysymykseen kovin suurella osalla eloperäisistä pelloista.

Ennallistaminen. Maatalousmaiden ennallistaminen luonnontilaisiksi, turvetta kerryttäväksi, ekosysteemeiksi saattaisi muuttaa nämä alueet hiilen nieluksi ajan myötä. Suomesta ei ole kokemuksia maatalousmaiden ennallistamisesta. Norjassa on aloitettu yksi kokeilu Smølan saarella (Grönlund 2013), Islannissa on nostettu pohjaveden pintaa joillakin pelloilla (Oskarsson 2013) ja Hollannista on julkaistu yksi julkaisu aiheesta, jonka mukaan maatalouskäytössä ollut turvemaa muuttui pieneksi kasvihuonekaasujen nieluksi ennallistamisen ansiosta (Hendriks ym. 2007). Koska turve on pitkäaikaisen maatalouskäytön jälkeen keskimäärin melko pitkälle maatunutta, multamaista, saattaisivat vesistövaikutukset olla huomattavat, kuten on havaittu mm. Saksassa tehdyssä ennallistamiskokeessa (Kieckbusch ja Schrautzer 2007). Tosin turvemaiden vesistövaikutukset ovat suuret myös viljelykäytössä.



Kuva 11. N₂O- ja CO₂-päästöt orgaanisilta mailta perusskenaariossa ja politiikkaskenaarioissa 1990–2035. Pinta-alan pienentämiseen metsityksellä on laskettu mukaan myös metsäbiomassan ja metsämaaperän vaikutus metsitetyllä alalla.

3.5.2 Nurmen osuuden lisääminen eloperäisillä maatalousmailla

Kasvihuonekaasuinventaariossa on käytössä kotimaisiin mittaustuloksiin perustuvat päästökertoimet eloperäisille maille. Kertoimet ovat pienemmät nurmen viljelyssä kuin yksivuotisten kasvien viljelyssä. Syitä tähän ovat pidempi kasvipeitteisyys ja vähäisempi maan muokkaus nurmella, mikä vähentää turpeen mikrobiologista hajotusta. Pelkkä IPCC-päästökertoimen käyttö ei mahdollistaisi päästövähennemien raportointia nurmen viljelyn yleistymisestä, mutta kansallisella menetelmällä näin voidaan tehdä. Maannostietokannan tietojen yhdistäminen peltojen kasvilajitiedon kanssa mahdollistaa tiedon saannin eri viljelykasvien yleisyydestä eloperäisillä mailla. Nurmen osuus on selvitetty vuosilta 1995 ja 2008, ja näiden tulosten perusteella nurmen osuus on laskemassa, mikä on vaikuttanut päästöjä lisäävästi. Nurmen osuuden lisääminen pidentäisi turpeen hajoamiseen kuluva aikaa. Keskimääräisten pohjoismaisten turpeen painumamittaustulosten perusteella voidaan esimerkkinä laskea, että 30 cm turvekerros riittää porkkananviljelyyn 15 vuodeksi ja nurmenviljelyyn 60 vuodeksi.

Skenaariossa, jossa mahdolliset uudet politiikkatoimet olivat mukana, viljeltyjen eloperäisten maiden pinta-alan oletettiin kasvavan kuten perusskenaariossa, mutta nurmen osuutta eloperäisillä mailla lisättiin 44 %:sta 80 %:iin vuoteen 2020 mennessä. Tämän arveltiin olevan mahdollista, jos ympäristötuen erityistukimuodon ”turvepeltojen pitkäaikainen nurmiviljely” lisäksi nurmen osuuden kehitykseen vaikuttavat biokaasutuksen ja ruokohelven viljelyn yleistymisen alueilla, joissa on paljon eloperäisiä maita. Tällä oletuksella simuloitu nurmen osuuden kasvu kompensoisi täysin pinta-alan kasvun negatiivisen vaikutuksen. Sekä maatalous- että maankäyttösektorin raportoinnissa saavutettaisiin tällä politiikalla 5 % vähennys vuonna 2020 verrattuna perusskenaarioon (Kuva 11).

Nurmiviljelyyn kannustaminen johtaa todennäköisesti jossain määrin laajaperäisempään nurmiviljelyyn eloperäisillä mailla, mutta rehuksi menevän nurmisadon ei ole perusteltua odottaa kasvavan Sen sijaan nurmen energiakäyttö saattaisi olla nurmiviljelyä lisäävä tekijä. Biokaasutuksen yleistymisen tiloilla loisi tarvetta viljellä nurmea prosessin lisämateriaaliksi mädätykseen lannan kanssa. Myös ruokohelven käyttö joko polttoprosesseissa, etanolin tuotannossa tai rehuna olisi eloperäisten maiden hiilitasetta parantava tekijä. Harvoin uusittavana kasvustona ruokohelpi on osoittautunut erityisen tehokkaaksi maaperän päästöjä vähentäväksi kasviksi (Shurpali ym. 2009). Tutkimustietoa on kuitenkin vain harvasta kohteesta, ja esimerkiksi kansallista päästökerrontaa ei vielä voida ottaa käyttöön.

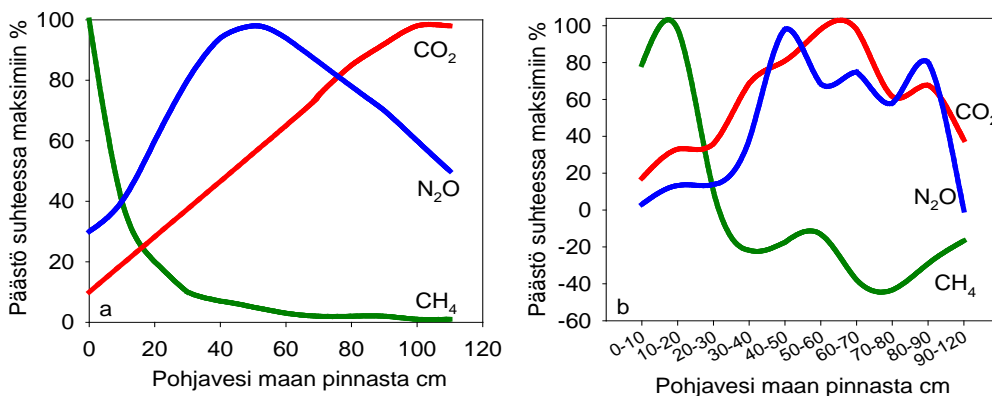
MTT:n eri selvitysten pohjalta (Regina ym. 2009) pohjalta arvioitiin, että teoriassa eloperäisten maiden ohjaaminen nurmelle ja maataloustuotannon kasvu muilla maalajeilla voisi onnistua noin 10 vuoden siirtymäajan puitteissa varsin pienillä kustannuksilla koko maatalouden mittakaavassa katsottuna. Eloperäisiä peltoja on arvioitu olevan noin 330 000 ha. Pienet sopeutumiskustannukset eloperäisten maiden käytön

rajoittamisesta ovat periaatteessa mahdollisia, koska peltoalaa on Suomessa noin viidennes eli noin 500 000 ha enemmän kuin tuotannon määrän ylläpitäminen edellyttäisi, ja koska tuotannon sopeutumiseen annettaisiin riittävän pitkä siirtymäaika, mikä alentaisi kustannuksia. Tällöin koko maatalouden tason nettomääräinen kustannus olisi hyvin pieni, mutta merkitsisi maataloustuotannon alasajoa tai ainakin voimakasta yksipuolistumista (ts. vilja korvautuisi kokonaan nurmialalla tai jäisi pois viljelykäytöstä) alueilla, joilla eloperäisten maiden osuus peltopinta-alasta on suuri. Näillä alueilla myös maataloustulo vähenisi kun taas maatalouden tuotanto ja tulo kasvaisivat alueilla joilla eloperäisten maiden osuus peltoalasta on pieni. Vähintään 10 vuoden siirtymäaika tarkoittaisi sitä, että maatiloilla ei hylättäisi käyttökelpoista ja tehokkaasti toimivaa pääomakantaa, eikä sitä korvattaisi uusilla investoinneilla liian aikaisin. Eloperäisten maiden rajaaminen ainoastaan nurmelle tarkoittaisi käytännössä viljan ja viljarehulla tuotetun sianlihan ja siipikarjanlihan tuotannon lopettamista. Lisäksi karjanlannan levitys ja hyödyntäminen tulisi aiempaa vaikeammaksi maitoa ja naudanlihaa tuottavilla tiloilla, koska lannan sijoituslevitys esim. vannas-letkulevityksien avulla on kalliimpi ja enemmän aikaa vievä vaihtoehto kuin hajalevytykset. Periaatteessa kustannushaittoja kärsiviä tuottajia voitaisiin helpottaa kompensatioilla tai investointituilla nurmen edellyttämään lannanlevitykseen. Näillä edellä mainituilla ehdoilla siis eloperäisten maiden rajoittamisella voidaan teoriassa saavuttaa merkittäviä päästövähennyksiä kohtuullisen pienin kustannuksin.

Ei ole tiedossa olisivatko kivennäismaalajeilla tuottavat viljelijät halukkaita lisäämään tuotantoa eloperäisten maiden tuotannon vähenemistä vastaavasti. Maataloudesta on tullut vähitellen yhä enemmän tuotannollista ja liiketaloudellista osaamista vaativa toimiala, jolloin tuotannon vähentäminen toisaalla ja tuotannon kasvattaminen toisaalla ei ole automaattista, vaan muutokset tuotannon sijoittumisessa ovat yhä vähemmän ennalta arvattavissa. Toinen ongelma on se, että suurin osa eloperäisistä maista sijaitsee C-tukialueella, joissa nautojen ja maidon kansallinen tuki on korkeampi kuin AB-tukialueella. Näin ollen tuotannon väheneminen eloperäisten maiden alueilla nostaisi ensi sijassa tuotantoa ja pellon hintaa C-alueen kivennäismailla, kun taas AB-alueen kivennäismailla tuotannon kasvu olisi todennäköisesti vähäisempää. Joka tapauksessa eloperäisten maiden rajaaminen nurmeen tai kokonaan viljelyn ulkopuolelle johtaisi todennäköisesti C-alueen kotieläintalouden keskittymässä pellon hinnan ja ravinneylijäämien kasvuun kivennäismaalajeilla.

3.5.3 Pohjaveden pinnan nosto eloperäisillä maatalousmailla

Useiden tutkimusten mukaan totuttua korkeampi pohjaveden korkeus eloperäisillä maatalousmailla hidastaa turpeen hajoamista ja vähentää päästöjä huomattavasti (Renger ym. 2002, Regina ym., lähetetty lehteen). Vedenalainen turvekerros on suojattuna hapelliselta mikrobien hajotustoiminnalta, joten mitä ohuempi kerros turpeesta on alttiina hapelle, sitä pienemmäksi jää pellon kokonaispäästö (Kuva 12). Tosin suurimmat päästöt on usein havaittu vesipinnan ollessa 50–60 cm korkeudella, joten haitallisimpia lienevät tällaiset ”välimuotoiset” ojitustilanteet. Turpeen hajoamisen estäminen on myös viljelijän etu, koska maan rakenteelle edullinen eloperäinen aines säilyy peltomaassa kauemmin, samoin ojitusjärjestelmän käyttöikä pitenee. Renger ym. (2002) arvioivat, että eloperäisen pellon käyttöikä saattaa pidentyä 130 vuodesta 500 vuoteen nostamalla vesipinta 70 cm:stä 30 cm:iin.



Kuva 12. Vedenpinnan korkeuden vaikutus kasvihuonekaasupäästöihin eloperäisillä mailla (a) teoriassa (muokattu lähteestä Renger ym. 2002) ja (b) käytännössä Rovaniemellä sijaitsevalle pellolla (Regina ym. lähetetty lehteen). Hyvin ojitetulla pellolla maaperä kuluttaa metaania, siksi negatiiviset arvot kuvassa (b).

Pohjaveden nosto 30 cm:iin olisi mahdollista varsinkin nurmen viljelyssä, koska nurmen juuristo pitää maan kantavuuden riittävällä tasolla maatalouskoneiden käyttöä ajatellen. Pohjavesi voi olla sitäkin korkeammalla ruokohelven viljelyssä, sillä useat tutkimustulokset ovat osoittaneet ruokohelven kasvavan parhaiten erittäin kosteissa oloissa (Mueller ym. 2005, Shurpali ym. 2009). Päästövähennys taulukkoon 7 on laskettu olettaen, että päästöt olisivat 25 % pienemmät korkeammalla pohjaveden tasolla, mutta orgaanisten viljelymaiden pinta-ala kasvaa kuten perusskenaariossa. Päästövähennys olisi 1,7 % maataloussektorilla ja 6 % maankäyttösektorilla verrattuna perusskenaarioon v. 2020 (Kuva 11).

Pohjaveden nosto pysyvästi ei olisi viljelijälle kallista, jos satotaso ei pienenesi. On vaikea arvioida, millainen tukitason pitäisi olla, jotta se herättäisi viljelijöissä kiinnostusta. Säättösalaajitus lienee käytännössä parempi tapa nostaa vedenpintaa kuin pysyvä ojitustehokkuuden muutos. Säättösalaajitus mahdollistaisi pohjaveden noston ajoittain, silloin kun painavia koneita ei pellolla tarvita. Tällöin menetelmän käyttö ei rajoittuisi nurmen viljelyyn. Säättösalaajituksen vaikutusta kasvihuonekaasupäästöihin on tutkittu viljapelolla Mouhijärvellä, jossa päästöt olivat 25 % alhaisemmat veden pinnan ollessa 30 cm korkeudella verrattuna 50 cm:n pohjavesitasoon (Regina & Myllys 2014).

3.5.4 Kivennäismaiden hiilinielujen lisääminen

Luonnontilaisen maan ottaminen viljelykäyttöön tyypillisesti vähentää maaperän hiilivarastoa 20–40 % (Guo & Gifford 2002). Suomessa tehdyn tutkimuksen mukaan ensimmäisen 20 vuoden aikana hiilivarasto kivennäismailla oli pienentynyt noin 20 % metsästä raivatuilla pelloilla (Karhu ym. 2011). Ajan kuluessa hiilivarasto stabiloituu johonkin tasapainotilaan pitkäaikaisen viljelykäytännön luomien olosuhteiden mukaan. Hyvillä viljelykäytännöillä hiilivarastoa voidaan nostaa lisäämällä hiilisyötettä maaperään tai hidastamalla orgaanisen aineen hajoamista maaperässä.

MTT:n maaperäseurannassa on otettu maanäytteet samoilta pelloilta vuosina 1974, 1987, 1998 ja 2009. Seurannan tulosten perusteella hiilivarasto suomalaisissa peltomaissa on keskimäärin laskenut (Heikkinen ym. 2013). Tyypillisesti hiilen hävikki on suhteellisesti suurinta siellä, missä hiilivarasto on suurin (Bellamy ym. 2005). Hiilivarastojen ylläpitäminen saattaa tulevaisuudessa olla hankalampaa, koska kohoava lämpötila nopeuttaa orgaanisen aineksen hajotusta ilmaston lämmetessä.

Hiilivarastoa lisääviä tekijöitä ovat mm. nurmi viljelykierrossa (Kätterer ym. 2004), eloperäiset lannoitteet ja kasvintähteiden jättäminen pellolle (Bolinder ym. 2010). Koska maatalouden tuottamat eloperäiset materiaalit enimmäkseen päätyvät peltomaahan, hiilivaraston lisääminen lisäämällä hiilen syötettä maahan vaatisi maatalouden ulkopuolisten biomassojen käyttöä pelloilla. Elintarviketeollisuuden jätteiden ja kotitalouksien biojätteiden potentiaalia lisätä kivennäismaiden hiilivarastoja tutkittiin selvittämällä käytettävissä olevat turvallisten materiaalien määrä ja simuloimalla Yasso07 –mallilla niiden vaikutusta maaperään (Regina ym. käsikirjoitus). Käytettävien materiaalien määrä arvioitiin skaalaamalla teknistaloudellisiin perusteisiin lasketut määrät Satakunnalle ja Etelä-Savolle (Kahiluoto ym. 2011) koko Suomen alueelle. Arvion mukaan käytettävissä olevan materiaalin kierrätys biokaasuprosessin kautta pelloille lisäisi kivennäismaiden hiilivarastoa 1,6 Mt CO₂-ekvivalentin verran vuoteen 2035 mennessä, mikä olisi vuotuisena päästövähennyksenä 0,06 Mt CO₂. Samalla vähenisi väkilannoitteiden käyttö, mikä saattaisi näkyä teollisuuden päästöissä. Koska tämä kuitenkin helposti korvautuu viennin lisääntymisenä, lannoitteellisuuden päästövähennyksiä ei tässä laskettu. Biokaasutuksen lisääntyminen puolestaan toisi päästösäästöjä energiasektorille.

Suorakylvössä kasvintähteiden hajotus on hidasta mikä lisää hiilen sitoutumista maaperän pintakerrokseen. Arviot tästä potentiaalista vaihtelevat välillä 0,3–1,5 t/ha/vuosi. Usein esitetään, että suorakylvetyssä maassa hiili on mikroaggregaateissa suojassa hajotukselta ja tiiviimmästä maasta CO₂:n vapautuminen on hitaampaa, mikä vähentää ilmakehään päätyvän hiilidioksidin määrää. Myös eroosion ja huuhtoumien väheneminen suorakylvössä vähentää välillisesti kasvihuonekaasupäästöjä vesistöistä. Lisäksi voidaan laskea fossiilisen polttoaineen säästö peltotöissä. Hiilen sitoutuminen on kuitenkin tehokkainta kuivassa ilmastossa. Kanadassa tehdyn 62 tutkimuksen yhteenvedon mukaan Länsi-Kanadassa suorakylvö kerrytti hiiltä maaperään, mutta Itä-Kanadassa suorakylvöllä ei ollut vaikutusta maan hiilipitoisuuteen (VandenBygaart ym. 2003). Usein havaitaan, että hiiltä kertyy maan pintaan, mutta samalla kynnon puuttuessa syvempien maakerrosten hiilivarasto pienenee. Lisääntyvät dityppioksidipäästöt voivat kumota 75–310 % hiilen sidonnan vaikutuksesta (Li ym. 2005, Regina ja Alakukku 2010), tosin ero kynnetyn maan ja suorakylvön välillä saattaa pienentyä, kun maa ollut 10 v suorakylvössä ja maan rakenne paranee (Six ym.

2004). Yhteenvedona yllämainituista tutkimustuloksista voidaan sanoa, että suorakylvön potentiaali vähentää kasvihuonekaasupäästöjä boreaalaisella ilmastovyöhykkeellä lienee vähäinen.

Viime aikoina on noussut esiin mahdollisuus lisätä stabiilin hiilen määrää maassa lisäämällä maahan ns. biohiiltä. Etelä-Amerikan intiaanien keskuudessa käytetty viljelytapa on lisännyt hiilimäärää 2,5-kertaiseksi (Lehmann ym. 2006). Hiili voi olla puuhiilituotannon tai pyrolyysin sivutuote ja lähtömateriaali voi olla maa- ja metsätalouden kasvintähteitä, lietteitä tai muita jättemateriaaleja. Materiaalin hiilestä vähintään puolet menetetään valmistusprosessissa, mutta samalla voidaan tuottaa fossiilista energiaa korvaavaa bioenergiaa ja jäljelle jäävä hiili on hitaasti hajoavassa muodossa. Lisäksi biohiili lisää maan huokoisuutta ja vedenpidätyskykyä sekä vähentää ravinnehuutoutumia. Riskinä on kuitenkin ravinteiden vähäisempi saatavuus sadolle. Kirjallisuutta aiheesta on vähän, joten tutkimusta tarvitaan vielä. Teho on todennäköisesti suhteellisesti suurin erittäin niukkaravinteisissa maissa, ja Suomen oloista ei ole käytettävissä pitkäaikaisten kokeiden tuloksia.

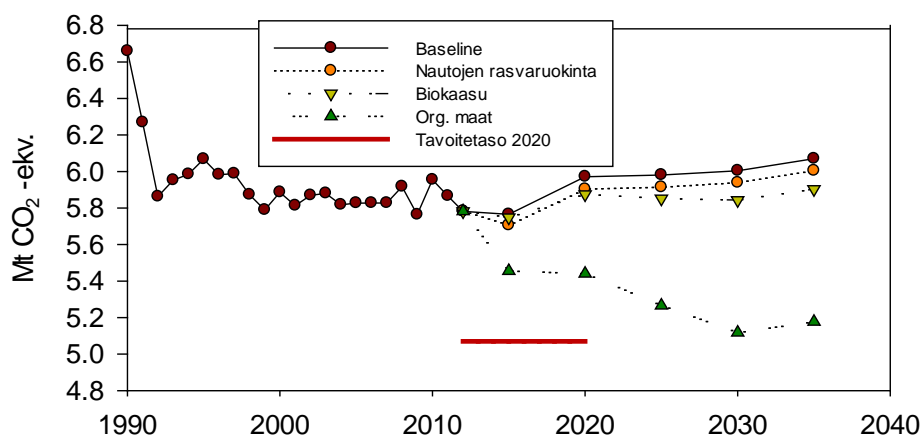
Taulukko 7. Yhteenvedo päästövähennyskeinoista maankäytössä (vähennemä 2020 verrattuna perusuran päästöön).

Keino	Päästö- vähennelmä Mt CO ₂ -ekv.	Käyttöön oton mah- dollisuus tilatasolla	Vaikutukset maataloustuotan- toon ja tilatason toimintaan	Epävarmuudet
Eloperäisten viljely- maiden pinta-alan pientäminen met- sityksellä (3000 ha/vuosi)*	N ₂ O 0,23 CO ₂ 0,70 yht. 0,93	Vaikeaa, koska tila- koon kasvu edellytys tilan elinkelpoisuu- delle pitkällä aikavä- lillä, mikä johtaa pel- lon raivaukseen alu- eilla joilla vähän pel- tomaata tarpeeseen nähdén	Kannattavuuden lasku ja tuo- tannon väheneminen alueilla joilla eloperäisten peltojen osuus suuri	Ei toteudu ilman erityisiä ohjaus- keinoja
Nurmen osuuden lisääminen eloperäi- sillä mailla (kok. pin- ta-ala kasvaa)	N ₂ O 0,32 CO ₂ 0,38 yht. 0,70	Voi toteutua, jos lan- ta voidaan levittää nurmeen viljapelto- jen sijasta, ja jos tar- vittava vilja voidaan viljellä kivennäis- mailla tai hankkia tilan ulkopuolelta. Ei voi toteutua, jos tila riippuvainen omasta viljasadosta	Viljan ja sianlihantuotannon väheneminen alueilla joilla eloperäisten peltojen osuus suuri. Voi johtaa nurmiviljelyn intensiteetin laskuun. Voi edellyttää lypsy- ja nautakarja- tiloilla lietelannan sijoituslevi- tyksen ja/tai jakeistamisen li- säämistä, mikä lisää kustan- nuksia. Sopeutumista edesauttavat biokaasutuksen ja ruokohelven käytön yleis- tyminen.	Mahdollinen laa- jamittaisena toi- mena vain sijoi- tuslevityksen ja mahdollisesti ja- keistamisen ja bioenergia- tuotannon kasva- essa
Säätösalaajitus elo- peräisellä nurmiala- lla	N ₂ O 0,10 CO ₂ 0,45 yht. 0,55	Mahdollinen	Sopii myös kuivuusjaksoihin varautumiseen	Pelkkä säätö- kaivon olemassa- olo ei riitä, sitä pi- tää myös käyttää.
Kaikki yllä mainitut toimet	N ₂ O 0,54 CO ₂ 0,72 yht. 1,26	Kaikki toimet tuskin toteutuvat arvioidus- sa mittakaavassa	ks. yllä	Toteutumisen epävarmaa
Hiilinielujen lisäämi- nen kivennäismailla (biojäte biokaasu- prosessista)	CO ₂ 0,06	Mahdollinen	Vaatii puhtaita biomassoja maatalouden ulkopuolelta	Hiilinielut eivät välttämättä ole pysyviä.
Rypsin viljelyn yleis- tyminen (jos öljyisiä nautojen ruokintaan ks. kpl 4.3.1)	CO ₂ 0,02	Mahdollinen	Ruokintakustannukset kasvai- sivat.	Rypsin viljelyalan tulisi yli kaksinker- taistua.

*Metsitetyn alan päästöt eivät ole arviossa mukana, vaan ainoastaan maatalouden päästöinä raportoitavat päästöt

4 Yhteenveto

Ilmasto- ja energiastrategian mukainen päästövähennystavoite maataloussektorille on 0,76 Mt CO₂-ekv. vuosina 2005–2020. Yllä esitettyjen skenaariovaihtoehtojen avulla pyrittiin löytämään toimia, joilla maatalouden päästöjä voitaisiin vähentää mahdollisimman tehokkaasti ilman kotimaisen tuotannon vähene- mistä. Tulosten perusteella mahdollisuudet vaikuttaa maatalouden kasvihuonekaasupäästöihin ovat suhteellisen pienet. Suurin osa päästöistä tulee pienistä hajallaan olevista biologisista lähteistä, joiden päästö- arviot ovat epävarmoja. Kaikki arvioihin valitut toimet vähentäisivät päästöjä verrattuna maataloussektorin perusskenaarioon (Kuva 13, Taulukko 8). Maataloussektorin osalta kuitenkin vain kaikki toimet eloperäisillä pelloilla ja biokaasutuksen merkittävä lisääntyminen vähentäisivät päästöjä verrattuna vuoden 2005 päästöihin (Taulukko 9). EU:n taakanjakopäätöksen mukaisesti päästöjä vuonna 2020 verrataan vuoden 2005 päästöihin, jolloin päästöjä lisäävät toimista riippumattomat asiat haittaavat vähennystavoitteen saavuttamista. Jos aikasarjaan vaikuttavat päästöjä nostavat tekijät, kuten eloperäisten peltojen pinta- alan kasvu, eivät suunnitellut toimet välttämättä vaikuta niin paljon, että päästäisiin vuoden 2005 päästö- jen alapuolelle.



Kuva 13. Arvio maatalouden päästöjen kehityksestä perusskenaariossa sekä nautojen ruokintamuutosten, biokaasutuksen yleistymisen tai orgaanisiin maitiin kohdistuvien toimien (metsitys, nurmen osuuden kasvu ja säätösaloajat) vaikutuksesta päästöihin.

Taulukko 8. Maataloussektorin politiikkaskenaarioiden vaikutus.

Skenaario	2020		2035	
	Mt CO ₂ -ekv.	% perusskenaarioon verrattuna	Mt CO ₂ -ekv.	% perusskenaarioon verrattuna
Nautojen rasvalisä	-0,06	-1,1	-0,07	-1,1
Biokaasu	-0,10	-1,6	-0,17	-2,8
Eloperäisten maiden toimet	-0,54	-8,9	-0,89	-15
Yhteensä	-0,70	-12	-1,13	-19

Taulukko 9. Päästöjen vähentäminen maataloussektorilla suhteessa päästövähennystavoitteeseen.

Toimi	Muutos kokonaispäästöissä 2005–2020	
	Mt CO ₂ -ekv.	%
Perusskenaario	+0,24	+4,2
Rasvalisä naudoille	+0,08*	+1,3
Biokaasu	-0,05	-0,8
Kaikki toimet eloperäisillä pelloilla	-0,39	-6,6
Kaikki yhteensä	-0,55	-9,5

*Päästökertoimien kasvu estää vähennyksen suhteessa vuoden 2005 päästöön.

Maankäyttösektorilla tehokkaimmat toimet liittyvät eloperäisen maan päästöjen hillintään. Kivennäismailla toteutettavilla toimilla on selkeästi pienempi potentiaali, vaikka pienetkin hiilivarastoja lisäävät tekijät toki ovat positiivisia pelkästään maaperän kasvukunnon takaamiseksi. Monilla toimilla olisi vaikutuksia sekä maatalous- että maankäyttösektorilla. EU:lle tehtävässä LULUCF-sektorin toimien raportoinnissa verrataan kauden 2013–2020 päästöjä vuoden 1990 päästöön kerrottuna kahdeksalla. Sillä tavoin laskettuna nettotulos osoittaa päästöjen kasvua joka tapauksessa, mutta vähiten ne kasvavat, jos eloperäisillä mailla toteutetaan toimia (Taulukko 10).

Taulukko 10. Toimien arvioitu nettovaikutus viljelysmaan hoitoon 2013–2020.

	Mt CO ₂		
	8*1990 päästöt	Summa 2013–2020	Nettotulos 2013–2020
Perusskenaario	45,26	59,04	+13,78
Kaikki toimet eloperäisillä mailla	45,26	40,41	-4,85*
Nautojen rasvalisä (=rypsialan kasvu)	45,26	58,88	+13,62
Biojätteiden käyttö lannoituksessa	45,26	58,56	+13,30
Biokaasu/lannan separointi	45,26	58,57	+13,31

*Koska metsitetty ala lasketaan metsänhoidon alla, tulisi sinne 0,2 Mt vuosipäästö lisää.

Toimet, joilla vaikutettaisiin eloperäisten maiden päästöihin, olisivat kaikkein tehokkaimpia sekä maatalous- että maankäyttösektorilla. Toisaalta eloperäisen viljelysmaan pinta-alan kasvu vaikeuttaa maatalouden päästövähennystavoitteiden saavuttamista huomattavasti. Jos eloperäisten maatalousmaiden pinta-ala kasvaa edelleen 1300 ha vuodessa, nousevat niiden aiheuttamat maatalouden N₂O-päästöt 0,23 Mt CO₂-ekv. ja CO₂-päästöt 0,39 Mt vuosina 2005–2020. Tämä lisää painetta vähentää muita päästöjä huomattavasti enemmän kuin on aiemmin arvioitu. Mainittu 0,23 Mt vastaa yli 4 prosentin kasvua maatalouden päästöissä, kun kansallisena tavoitteena maataloussektorilla on 13 % päästövähennys. Jos turvepeltojen raivaus jatkuu, pitää maataloussektorin päästöjä vastaavasti vähentää melkein 20 %.

Havaittu kasvu eloperäisten peltojen pinta-alassa on merkittävä ympäristöhaitta ja ilmastotietoisuuden lisääntyessä kasvavassa määrin myös imagohaitta maatalouselinkeinolle, sillä yksi hehtaari eloperäistä peltoa tuottaa vuodessa päästön, joka vastaa seitsemän henkilöauton vuotuista päästöä. Eloperäisten peltojen yhteenlasketut N₂O- ja CO₂-päästöt vastaavat suuruusluokaltaan henkilöautoilun vuosipäästöjä Suomessa. Jos pellolle pitäisi ostaa päästöoikeus, maksaisi oikeus hiilidioksidipäästöille nykyisellä hinnalla (17 €/t) noin 300 €/ha vuodessa. Pinta-alan kasvua ei rajoita nykyään mikään, varsinkin, kun uusien peltojen tukikelpoisuuttakaan ei enää kyseenalaisteta, vaan koko vuoden 2004 jälkeen käyttöön otetulle uudelle peltopinta-alalle (36 000 ha) on kaavailtu tukikelpoisuutta (MT 2011). Suon ottaminen turpeennostoon edellyttää ympäristölupaa, mutta peltoviljely ja pellonraivaus eivät pääsääntöisesti ole ympäristöluvan mukaista toimintaa (MMM 2011). Lopputulos molemmissa käyttömuodoissa kuitenkin on se, että turpeen sisältämä hiili päättyy kuormittamaan ilmakehää. Ilmaston kannalta ajateltuna laajamittainen eloperäisten maiden

metsitys voisi ainakin pitemmällä aikavälillä kompensoida pellonraivauksen aiheuttamaa kasvihuonekaasupäästöjen kasvua, koska peltoa on nykyisin käytössä tarvetta enemmän, ja koska maataloustuotannon olennainen kasvu markkinaehtoisesti, mikä lisää pellon tarvetta, ei ole näköpiirissä lähivuosikymmeninä. Toistaiseksi ohjauskeinot jotka kannustaisivat eloperäisten maiden laajamittaiseen metsitykseen, puuttuvat. Metsitys ei kuitenkaan poistaisi pellonraivauksen paikallista vesistökuormituksen kasvua siellä missä peltoa raivataan, mutta saattaisi vähentää sitä alueilla jossa peltoa ei raivata.

Maatalouden omavaraisuus on Suomelle tärkeää ja sen vuoksi maatalouden päästövähennyksiä ei voida toteuttaa juurikaan kotimaista tuotantoa vähentämällä. Päästövähennyskeinoista parhaita ja toteuttamiskelpoisimpia ovat toimet, jotka tuovat päästövähennysten lisäksi myös muita hyötyjä. Tällaisia voisivat olla esimerkiksi lannankäsittelyjärjestelmät, jotka tuovat tiloille sivutuloja, vähentävät lannanlevitystyötä ja pienentävät päästöjä vesistöihin. Säätosalaajituksella puolestaan pystytään vaikuttamaan ilmastonmuutokseen sopeutumiseen, sillä säästöillä voidaan paitsi hidastaa turpeen hajoamista, myös varautua kuiviin kausiin.

Maailmalla on jonkin verran käynnissä tutkimusta aivan uudentyyppisistä tuotantotavoista. Näihin kuuluvat esimerkiksi tutkimus levien käytöstä biopolttoaineiden tuotannossa, ihmisravintona ja eläinten rehuna (Harun ym. 2010). On myös kehitetty tapoja tuottaa proteiinipitoista ravintoa hyönteisistä (Srivastava ym. 2009; Yang ym. 2010) tai keinolihaa laboratoriossa (Hopkins & Dacey 2008). Tämäntyyppiset ruuan tuotantotavat mullistaisivat nykyisen energiaa ja luonnonvaroja tuhlaavan järjestelmän, mutta vaativat runsaasti tutkimusta ja tuotekehitystä ennen kuin kaupallisia sovelluksia on laajasti saatavilla.

Taulukko 11. Yhteenveto päästölähteistä v. 2011 ja vähennyspotentialista v. 2020 verrattuna perusskenaarioon.

Raportointikategoria	Mt CO ₂ -ekv.	Osuus kokonais-päästöistä %	Vähennys-potentiaali Mt CO ₂ -ekv.
Maatalous yhteensä	5,8	45	
Ruuansulatus CH ₄	1,6	12	0,06
Lannankäsittely CH ₄	0,3	2,0	0,02
Lannankäsittely N ₂ O	0,4	3,3	-
Maaperä N ₂ O	3,5	28	0,98
Oljen poltto N ₂ O CH ₄	0,0005	>1	-
Maankäyttösektori yhteensä	7,0	55	
<i>Viljelysmaa yhteensä</i>	<i>6,8</i>	<i>54</i>	
Viljelysmaa >20v, kivennäismaat CO ₂	0,2	1,5	0,08
Viljelysmaa >20v, orgaaniset maat CO ₂	5,2	40	0,72
Viljelysmaa <20v, kivennäismaat CO ₂ + N ₂ O	0,1	1,0	-
Viljelysmaa <20v, orgaaniset maat CO ₂	0,8	6,2	-
Viljelysmaa, puuvartinen kasvillisuus CO ₂	0,4	3,2	-
Kalkitus CO ₂	0,2	1,3	-
<i>Ruohikkoalueet yhteensä</i>	<i>0,2</i>	<i>1,6</i>	
Ruohikkoalueet >20v, kivennäismaat CO ₂	-0,3	-	-
Ruohikkoalueet >20v, orgaaniset maat CO ₂	0,6	5,0	-
Ruohikkoalueet <20v, kivennäismaat CO ₂	-0,2	-	-
Ruohikkoalueet <20v, orgaaniset maat CO ₂	0,2	1,3	-
Ruohikkoalueet, biomassa CO ₂	-0,08	-	-
Yhteensä	12,8		

5 Kirjallisuus

Amon B., Kryvoruchko V., Amon T., Zechmeister-Boltenstern S. (2006) Methane, nitrous oxide and ammonia emissions during storage and after application of dairy cattle slurry and influence of slurry treatment. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 112: 153–162.

Bates J., Brophy N., Harfoot M., Webb J. (2009) Sectoral Emission Reduction Potentials and Economic Costs for Climate Change (SERPEC-CC) Agriculture: methane and nitrous oxide AEA Energy & Environment October 2009.

Bellamy P.H., Loveland P.J. Bradley R.I., Lark R.M., Kirk G.J.D. (2005) Carbon losses from all soils across England and Wales 1978–2003. doi:10.1038/nature04038.

Bolinder M.A., Janzen H.H., Gregorich E.G., Angers D.A., VandenBygaart A.J. (2007) An approach for estimating net primary productivity and annual carbon inputs to soil for common agricultural crops in Canada *Agriculture, Ecosystems and Environment* 118: 29–42.

Burton D.L., Zebarth B.J., Gillam K.M., MacLeod J.A. (2008) Effect of split application of fertilizer nitrogen on N₂O emissions from potatoes *Canadian Journal of Soil Science* 88: 229–239.

Clemens J., Trimborn M., Weiland P., Amon B. (2006) Mitigation of greenhouse gas emissions by anaerobic digestion of cattle slurry. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 112: 171–177.

Danfaer, A., Huhtanen, P., Uden, P., Sveinbjörnsson, J. & Volden, H. 2006. The Nordic dairy cow model, Karoline-description. In: E. Kebreab, J. Dijkstra, A. Bannink, W.J.J. Gerrits & J. France (eds.) *Nutrient Digestion and Utilization in Farm animals, Modelling Approaches*. CABI Publishing, pp. 383-406.

EU (2005) Komission päätös, tehty 10 päivänä helmikuuta 2005, järjestelmästä yhteisön kasvihuonekaasupäästöjen seuraamiseksi ja Kioton pöytäkirjan täytäntöönpanemiseksi tehdyn Euroopan parlamentin ja neuvoston päätöksen N:o 280/2004/EY täytäntöönpanosäännöistä.

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32005D0166:FI:HTML>

EU (2009a) DECISION No 406/2009/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 23 April 2009 on the effort of Member States to reduce their greenhouse gas emissions to meet the Community's greenhouse gas emission reduction commitments up to 2020. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32009D0406:EN:NOT>

EU (2009b) EUROOPAN PARLAMENTIN JA NEUVOSTON DIREKTIIVI 2009/28/EY, annettu 23 päivänä huhtikuuta 2009, uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä sekä direktiivien 2001/77/EY ja 2003/30/EY muuttamisesta ja myöhemmästä kumoamisesta http://europa.eu/legislation_summaries/energy/renewable_energy/en0009_en.htm

EU (2011) Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaaliskomitealle ja alueiden komitealle. Etenemissuunnitelma – siirtyminen kilpailukykyiseen vähähiiliseen talouteen vuonna 2050. KOM (2011) 112.

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0112:FIN:FI:PDF>

EU (2013a) EUROOPAN PARLAMENTIN JA NEUVOSTON ASETUS (EU) N:o 525/2013, annettu 21 päivänä toukokuuta 2013, järjestelmästä kasvihuonekaasupäästöjen seuraamiseksi ja niistä raportoimiseksi sekä muista ilmastomuutosta koskevista tiedoista raportoimiseksi kansallisella ja unionin tasolla sekä päätöksen N:o 280/2004/EY kumoamisesta.

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:165:0080:0097:FI:HTML>

EU (2013b) Euroopan parlamentin ja neuvoston päätös N:o 529/2013/EU, annettu 21 päivänä toukokuuta 2013, maankäyttöön, maankäytön muutokseen ja metsätalouteen liittyvistä toiminnoista peräisin olevia kasvihuonekaasujen päästöjä ja poistumia koskevista tilinpitosäännöistä ja toimiin liittyviä toimenpiteitä koskevasta tiedosta.

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:165:0080:0097:FI:HTML>

Fagernäs L., Kuoppala E., Arpiainen V., Oasmaa A., Setälä H., Hagner M., Tiilikkala K., Lindquist I., Lindquist B. (2011) Development of slow pyrolysis business operations in Finland - Hidaspyro. Kirjassa: BioRefine Yearbook 2011 / T. Mäkinen, E. Alakangas, M. Kauppi (toim.). Tekes Review 284/2011: p. 167–172.

Gehl R.J., Schmidt J.P., Maddux L.D., Gordon W.B. (2005) Corn Yield Response to Nitrogen Rate and Timing in Sandy Irrigated Soils. *Agron. J.* 97: 1230–1238.

Grönlund A. (2013) Abandoned peat soils: status and future perspectives. Esitelmä seminaarissa Nordic seminar on peatland drainage and environment: Future strategies for mitigation of GHG emissions and diffuse pollution to watercourses from arable land management. Kuopio, 4-6.11, 2013.

Guo L.B., Gifford R.M. (2002) Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. *Global Change Biology* 8: 345–360.

Hartikainen H., Katajajuuri J.-M., Pulkkinen H. (2010) Raportti elintarvikkeiden hiilimerkintätyöpajasta 11.5.2010. 8 p.

<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/elintarvikeketjut/vastuullinenelintarviketalous/hiilijalanjaljet/clipmatecommunication/tyopaja11052010>

Harun R., Singh M., Forde G.M., Danquah M.K. (2010) Bioprocess engineering of microalgae to produce a variety of consumer products. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14: 1037–1047.

Heikkilä A.-M., Nousiainen J.I., Jauhiainen L. (2008) Optimal replacement policy and economic value of dairy cows with diverse health status and production capacity. *Journal of dairy science* 91: 2342–2352.

Heikkinen J., Ketoja E., Nuutinen V., Regina K. (2013) Declining trend of carbon in Finnish cropland soils in 1974–2009. *Global Change Biology* doi: 10.1111/gcb.12137.

Hendriks D.M.D., van Huissteden J., Dolman A.J., van der Molen M.K. (2007) The full greenhouse gas balance of an abandoned peat meadow *Biogeosciences*, 4: 411–424.

Hopkins P.D., Dacey A. (2008) Vegetarian Meat: Could Technology Save Animals and Satisfy Meat Eaters? *Journal of Agricultural & Environmental Ethics* 21: 579–596.

Huhtanen, P. & Ramin, M. 2012. Evaluation of the Nordic dairy cow model Karoline in predicting methane production. *Acta Agric. Scand. section A.* 62: 295–299.

IPCC (1996) Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Reference manual. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml

IPCC (2000) Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hop-paus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K., Tanabe K.: 2000, Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml

IPCC (2003) Good Practice Guidance for Land-Use, Land-Use Change and Forestry. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml

IPCC (2006) 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml

Kahiluoto H, Kuisma M., Havukainen J., Luoranen M., Karttunen P., Lehtonen E., Horttanainen M. (2011) Potential of agrifood wastes in mitigation of climate change and eutrophication - Two case regions. *Biomass and bioenergy* 35: 1983–1994.

Katajajuuri J.-M. (2008) Ruoan ympäristövaikutukset. *Futura* 3/2008: 38–46.

Katajajuuri J.-M., Pulkkinen H., Saarinen M., Silvenius F., Nurmi P. (2010) Development and harmonisation of a Finnish methodology for the calculation of carbon and other footprints for food products. Kirjassa: Bruno Notarnicola ym. (toim.) *LCA food 2010: VII international conference on life cycle assessment in the agri-food sector: Bari, Italy September 22-24, 2010. LCA food 2010: VII international conference on life cycle assessment in the agri-food sector* p. 77–81.

Katajajuuri J.-M., Jalkanen L., Silvennoinen K., Reinikainen A. (2011) Ateriopalveluiden ruokahävikki kuriin - ympäristö kiittää ja talous kohenee. Kuntaruokailun asiantuntijat KRA ry 40 vuotta Juhlaseminaari ”Vahvasti tulevaisuudessa”, Tampere 6.–7.4.2011, 5 s.

Karhu K., Wall A., Vanhala P., Liski J., Esala M., Regina K. (2011) Effects of afforestation and deforestation on boreal soils carbon stocks – comparison of measured C stocks with Yasso07 model results. *Geoderma* 164: 33–45.

Kieckbusch J.J., Schrautzer J. (2007) Nitrogen and phosphorus dynamics of a re-wetted shallow-flooded peatland *Science of the Total Environment* 380: 3–12.

Känkänen H., Keskitalo M., Riiko K. (2011) Kerääjäkasvit – tutkimuksesta käytännön kokemuksiin. TEHO –hankkeen julkaisuja 4/2011. www.ymparisto.fi/teho

Kässi, P., Lehtonen, H., Rintamäki, H., Oostra, H., Sindhøj, E. (2013) Economics of manure logistics, separation and land application. Knowledge report, Baltic Manure WP 3 Innovative technologies for manure handling. October 2013. 33 p. http://www.balticmanure.eu/download/Reports/batman_economics_291013_pellervo_web.pdf

Kätterer T., Andrén O., Persson J. (2004) The impact of altered management on long-term agricultural soil carbon stocks – a Swedish case study *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 70: 179–187.

Lehmann J., Gaunt J., Rondon M. (2006) Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems – a review. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 11: 403–427.

Lehtonen H. 2001. Principles, structure and application of dynamic regional sector model of Finnish agriculture. Academic dissertation. Systems Analysis Laboratory, Helsinki University of Technology. Publications 98. Agrifood Research Finland, Economic Research (MTTL). Helsinki. 265 s.

Lehtonen H., Irz X. (2013) Impacts of reducing red meat consumption on agricultural production in Finland. *Agricultural and Food Science* 22: 356–370. <http://ojs.tsv.fi/index.php/AFS/article/view/8007/6412>

Li C., Frohling, S., Butterbach-Bahl K. (2005) Carbon sequestration in arable soils is likely to increase nitrous oxide emissions, offsetting reductions in climate radiative forcing. *Climatic Change* 72: 321–338.

Luostarinen S. (2013) Biokaasuteknologiaa maataloilla 1: Biokaasulaitoksen hankinta, käyttöönotto ja operointi - käytännön kokemuksia MTT:n maatalakohtaiselta laitokselta. MTT Raportti 113, MTT 2013.

Lehtonen, H., Niemi, J., Koikkalainen, K., Knuutila, M. (2011) Lannan tehokkaamman hyödyntämisen taloudelliset ja rakenteelliset vaikutukset tila- ja aluetasolla. Kirjassa: S. Luostarinen, J. Logrén, J. Grön-

- roos, H. Lehtonen, T. Paavola, K. Rankinen, J. Rintala, T. Salo, K. Ylivainio, M. Järvenpää (toim.) Lanan kestävä hyödyntäminen. MTT Raportti 21: 56–87. <http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti21.pdf>
- 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.
- MT 2011. Maaseudun tulevaisuus 21.3.2011. Hakuohjeet -liite.
- Marttinen, S., Lehtonen, H., Luostarinen, S., Rasi, S. (2013) Biokaasuyrittäjän toimintaympäristö Suomessa: Kokemuksia MMM:n investointiavustusjärjestelmästä 2008–2010. MTT Raportti 103: 44 p. <http://jukuri.mtt.fi/bitstream/handle/10024/481097/mttraportti103.pdf>
- Meale, S. J.; McAllister, T. A.; Beauchemin, K. A., Harstad O.M., Chaves A.V. (2012) Strategies to reduce greenhouse gases from ruminant livestock. *Acta Agriculturae Scandinavica Section A-Animal Science* 62: 199–211.
- Metener (2013) Nurmibiomassan käytön kannattavuus maatilamittakaavan biokaasulaitoksissa. Raportti 19.6.2013. 20 s. <http://www.biokaasufoorumi.fi/>
- MMM (2007) Turpeen ja turvemaiden käytön kasviuonevaikutukset Suomessa. Maa- ja metsätalousministeriö 11/2007. http://www.mmm.fi/attachments/mmm/julkaisut/julkaisusarja/2007/5vg23dSGp/korjattu_11_2007_Hiiliraportti_netiversio.pdf
- MMM (2011) Ehdotus soiden ja turvemaiden kestävä ja vastuullisen käytön ja suojelun kansalliseksi strategiaksi. http://www.mmm.fi/attachments/ymparisto/suojaturvemaat/5wXEXk8I7/Suostrategia_nettiin.pdf
- Monni, S., Perälä, P., Regina, K. (2007) Uncertainty in agricultural CH₄ and N₂O emissions from Finland - possibilities to increase accuracy in emission estimates. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 12: 545–571.
- Mueller L., Behrendt A., Schalitz G., Schindler U. (2005) Above ground biomass and water use efficiency of crops at shallow water tables in a temperate climate. *Agricultural Water Management* 75: 117–136.
- Niemi J., Ahlstedt J. (toim.). 2012. [Suomen maatalous ja maaseutuelinkeinot 2012](#). MTT Taloustutkimus. Julkaisuja 112: 96 s.
- Niskanen O., Lehtonen E. (2013) Maatilojen tilusrakenne ja pellonraivaus Suomessa 2000-luvulla - Pelto-ohkorekisteriaineistojen analysoinnin tuloksia. MTT Raportti XXX (käsikirjoitus)
- Nivalan kaupunki (2013) Nivalan historiaa . <http://www.nivala.fi/historia>
- Óskarsson H. (2013) Rewetting as a method to reduce greenhouse gas emissions. Esitelmä seminaarissa Nordic seminar on peatland drainage and environment: Future strategies for mitigation of GHG emissions and diffuse pollution to watercourses from arable land management. Kuopio, 4-6.11, 2013.
- Pesonen L., Kaivosoja J., Suomi P. (2010) Täsmäviljely ja ravinteiden käytön tarkentaminen. TEHO – hankkeen julkaisu 5/2010. www.ymparisto.fi/teho
- Pulkinen H., Katajajuuri J.-M., Nousiainen J., Silvenius F. (2010) Challenges in the comparability of carbon footprint studies of food products. Kirjassa: Bruno Notarnicola ym. (toim.) LCA food 2010: VII international conference on life cycle assessment in the agri-food sector: Bari, Italy, September 22-24, 2010. LCA food 2010: VII international conference on life cycle assessment in the agri-food sector p. 65–70.

- Renger M., Wessolek G., Schwärzel K., Sauerbrey R., Siewert C. (2002) Aspects of peat conservation and water management. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 165: 487–493.
- Prapasongsa T., Christensen P., Schmidt J.H., Thrane M. (2010) LCA of comprehensive pig manure management incorporating integrated technology systems. doi:10.1016/j.jclepro.2010.05.015
- 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., Alakukku L. (2010) Greenhouse gas fluxes in varying soils types under conventional and no-tillage practices. *Soil and Tillage Research* 109:144–152.
- Regina K., Kaseva J., Esala M. (2013) Emissions of nitrous oxide from boreal agricultural mineral soils – statistical models based on measurements. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 164:131–136.
- Regina K., Sheehy J., Myllys M. Short-term effects of raised water table on greenhouse gas fluxes from cultivated organic soils. *Lähetetty lehteen*.
- Regina K., Myllys M. (2014) Pohjaveden tason vaikutus turvepellon kasvihuonekaasupäästöihin. *Maataloustieteen päivät, Helsinki*.
- Schouten S., van Groenigen J.W., Oenema O., Cayula M.L. (2012) Bioenergy from cattle manure? Implications of anaerobic digestion and subsequent pyrolysis for carbon and nitrogen dynamics in soil. *Global Change Biology Bioenergy* 4: 751-760.
- Sehy U., Ruser R., Munch J.C. (2003) Nitrous oxide fluxes from maize fields: relationship to yield, site-specific fertilization, and soil conditions *Agriculture, Ecosystems and Environment* 99: 97–111.
- Shurpali N. J., Hyvönen N.P., Huttunen J.T., Clement R.J., Reichstein M., Nykänen H., Biasi C., Martinkainen P.J. (2009) Cultivation of a perennial grass for bioenergy on a boreal organic soil – carbon sink or source? *GCB Bioenergy* 1: 35–50.
- Sinkko T., Hakala K., Thun R. (2010) Biopolttoaineiden raaka-aineeksi viljeltävien kasvien aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt Suomessa. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2009/28/EY mukainen laskenta. *MTT Raportti* 9: 41 s. <http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti9.pdf>
- Six J., Ogle S.M., Breidt F.J., Conant R.T., Mosier A.R., Paustian K. (2004) The potential to mitigate global warming with no-tillage management is only realized when practiced in the long term. *Global Change Biol.* 10: 155–160.
- Smith P., D. Martino, Z. Cai, D. Gwary, H. Janzen, P. Kumar, B. McCarl, S. Ogle, F. O’Mara, C. Rice, B. Scholes, O. Sirotenko (2007) Agriculture. In *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Srivastava S.K., Babu N., Pandey H. (2009) Traditional insect bioprospecting - As human food and medicine. *Indian Journal of Traditional Knowledge* 8: 485–494.
- 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. www.tem.fi

TEM (2011) Suomen toinen kansallinen energiatehokkuuden toimintasuunnitelma NEEAP-2. Energia- palveludirektiivin (32/2006/EY) 14 artiklan mukainen raportointi Euroopan komissiolle. 27.6.2011. http://www.tem.fi/files/30406/NEEAP_2.pdf.

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

Tenuta M., Mkhabela M., Tremorina D., Coppia L., Phipps G., Flatena D., Ominskic K. (2010) Nitrous oxide and methane emission from a coarse-textured grassland soil receiving hog slurry. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 138: 35–43.

Tilastokeskus (2010) Finland's Fifth National Communication under the United Nations Framework Convention on Climate Change http://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut_maaraporttiedostot.html

Tuomi M., Rasinmäki J., Repo A., Vanhala P., Liski J. (2011) Soil carbon model Yasso07 graphical user interface. *Environ. Model. Softw.* 26, 1358–1362.

UNFCCC (2006) Updated UNFCCC reporting guidelines on annual inventories following incorporation of the provisions of decision 14/CP.11 <http://unfccc.int/resource/docs/2006/sbsta/eng/09.pdf>

UNFCCC (2008) Kyoto Protocol Reference Manual on Accounting of Emissions and Assigned Amount. <http://www.unfccc.int>

VandenBygaart A.J., Gregorich E.G., Angers D.A. (2003) Influence of agricultural management on soil organic carbon: A compendium and assessment of Canadian studies. *Can. J. Soil Sci.* 83: 363–380.

Weiske A., Vabitsch A., Olesen J.E., Schelde K., Michel J., Friedrich R., Kaltschmitt M. (2006) Mitigation of greenhouse gas emissions in European conventional and organic dairy farming. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 112: 221–232.

Yang Y., Tang L., Tong L., Liu Y., Liu H., Li X. (2010) Initial ground experiments of silkworm cultures living on different feedstock for provision of high quality animal protein for human in space. *Advances in Space Research* 46: 707–711.

YM (2003) Kioton pöytäkirjan toimeenpanon säännöt. Suomen ympäristö 607. Ympäristöministeriö. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=331972&lan=fi>

Sanasto, yksiköt ja lyhennykset

CO₂ = hiilidioksidi

CH₄ = metaani

N₂O = dityppioksidi, typpioksiduuli, ilokaasu

Tg = teragramma, miljoona tonnia

Gg = gigagramma, tuhat tonnia

LULUCF = Land use, land use change and forestry, maankäyttö, maankäytön muutos ja metsätalous

UNFCCC = United Nations' Framework Convention on Climate Change, YK:n Ilmastopimus

IPCC = Intergovernmental Panel on Climate Change, Hallitustenvälinen ilmastopaneeli

CAP = Common Agricultural Policy, EU:n yhteinen maatalouspolitiikka

MTT TEKEE TIETEESTÄ ELINVOIMAA

MTT RAPORTTI 127

www.mtt.fi/julkaisut

MTT Raportti -verkkojulkaisusarjassa julkaistaan maatalous- ja elintarviketutkimusta sekä maatalouden ympäristötutkimusta käsitteleviä tutkimusraportteja. Lukijoille tarjotaan tietoa MTT:n kaikilta tutkimusaloilta eli biologiasta, teknologiasta ja taloudesta.

MTT, 31600 Jokioinen.
Puh. 029 5300 700 , sähköposti julkaisut@mtt.fi

