

**Riitta Pipatti, Sami Tuhkanen, Pirjo Mälkiä &  
Riitta Pietilä**

# **Maatalouden kasvihuone- kaasupäästöt sekä päästöjen vähentämisen mahdollisuudet ja kustannustehokkuus**



VTT JULKAISUJA - PUBLIKATIONER 841

# **Maatalouden kasvihuonekaasu- päästöt sekä päästöjen vähentämisen mahdollisuudet ja kustannustehokkuus**

Riitta Pipatti & Sami Tuhkanen  
VTT Energia

Pirjo Mälkiä & Riitta Pietilä  
Maaseutukeskusten Liitto



---

VALTION TEKNILLINEN TUTKIMUSKESKUS  
ESPOO 2000

ISBN 951-38-5017-X (nid.)

ISSN 1235-0613 (nid.)

ISBN 951-38-5018-8 (URL: <http://www.inf.vtt.fi/pdf/>)

ISSN 1455-0857 (URL: <http://www.inf.vtt.fi/pdf/>)

Copyright © Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT) 2000

#### JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT), Vuorimiehentie 5, PL 2000, 02044 VTT  
puh. vaihde (09) 4561, faksi (09) 456 4374

Statens tekniska forskningscentral (VTT), Bergsmansvägen 5, PB 2000, 02044 VTT  
tel. växel (09) 4561, fax (09) 456 4374

Technical Research Centre of Finland (VTT), Vuorimiehentie 5, P.O.Box 2000, FIN-02044 VTT, Finland  
phone internat. + 358 9 4561, fax + 358 9 456 4374

VTT Energia, Energiajärjestelmät, Tekniikantie 4 C, PL 1606, 02044 VTT  
puh. vaihde (09) 4561, faksi (09) 456 6538

VTT Energi, Energisystem, Teknikvägen 4 C, PB 1606, 02044 VTT  
tel. växel (09) 4561, fax (09) 456 6538

VTT Energy, Energy Systems, Tekniikantie 4 C, P.O.Box 1606, FIN-02044 VTT, Finland  
phone internat. + 358 9 4561, fax + 358 9 456 6538

Kansikuva Pirjo Mälkiä

Toimitus Leena Ukskoski

Otamedia Oy, Espoo 2000

Pipatti, Riitta, Tuhkanen, Sami, Mälkiä, Pirjo & Pietilä, Riitta. Maatalouden kasvihuonekaasupäästöt sekä päästöjen vähentämisen mahdollisuudet ja kustannustehokkuus [Agricultural greenhouse gas emissions and abatement options and costs in Finland]. Espoo 2000, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Julkaisuja - Publikationer 841. 72 s.

**Keywords** agriculture, emissions, greenhouse gases, cultivation, fertilisation, manure, nitrous oxide, methane, carbon dioxide, Finland

## Tiivistelmä

Tutkimuksessa arvioitiin maatalouden kasvihuonekaasupäästöjä sekä niiden vähentämisen mahdollisuuksia ja kustannuksia Suomessa.

Maatalouden kasvihuonekaasupäästöt ovat noin 10 % ihmisen toiminnan aiheuttamista kasvihuonekaasupäästöistä Suomessa. Maaperän ja vesistöjen typpi-kuormituksen sekä lannankäsittelyn aiheuttamat dityppioksidipäästöt ( $N_2O$ ) muodostavat merkittävimmän osan Suomen maatalouden päästöistä, yhteensä noin 40 %. Turvemaiden viljelystä aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt (hiilidioksidi ( $CO_2$ ) ja  $N_2O$ , vähäisemmässä määrin metaani ( $CH_4$ )) muodostavat noin kolmanneksen, kotieläinten ruoansulatuksen  $CH_4$ -päästöt puolestaan noin viidenneksen, kalkituksen  $CO_2$ -päästöt noin 6 % ja lannankäsittelyn  $CH_4$ -päästöt noin 3 % maatalouden arvioiduista nykyisistä päästöistä.

Päästöarvioihin liittyvät epävarmuudet ovat suuret. Etenkin turvemaiden osalta sekä pinta-alatiedot että käytetyt päästökertoimet ovat hyvin epävarmoja. Kokonaispäästöarviossa ei ole mukana kivennäismaiden viljelystä aiheutuvia  $CO_2$ -päästöjä, koska määrällisiä arvioita näistä ei ole vielä saatavilla.

Maatalouden päästöt ovat vähentyneet 1990-luvulla yli 10 %. Syynä vähennykseen ovat sekä tuotannon alentuminen että sen tehostuminen, joiden seurauksena kotieläinten määrä sekä väkilannoituksen käyttö ovat vähentyneet. Tutkimuksen mukaan mahdollisuudet vähentää maatalouden kasvihuonekaasupäästöjä edelleen ovat hyvät. Ruokinnan tehostaminen on tutkimuksen mukaan kustannustehokas tapa vähentää kasvihuonekaasupäästöjä. Lannankäsittelyn päästöjen vähentäminen kompostoinnin tai biokaasutuksen avulla on merkitykseltään vähäisempi ja huomattavasti kalliimpi toimenpide Suomessa. Turvemaiden viljelyn lopettamista, esimerkiksi metsittämällä pellot tai muuttamalla ne luonnon laitumiksi, on esitetty keinoiksi vähentää maatalouden kasvihuonekaasupäästöjä. Keinojen vaikutukset päästöihin tunnetaan kuitenkin huonosti. Myös vaikutukset maisemaan ja luonnon monimuotoisuuteen sekä arvioidut suuret kustannukset voivat olla esteenä turvemaiden metsittämisen hyväksyttävyydelle.

Tutkimuksen tulokset perustuvat osittain suppeaan ja epävarmaan tutkimusaineistoon, jota tulisi monipuolistaa ja varmentaa mittauksin sekä lähtötietojen keruuta ja tilastointia parantamalla.

Pipatti, Riitta, Tuhkanen, Sami, Mälkiä, Pirjo & Pietilä, Riitta. Maatalouden kasvihuonekaasupäästöt sekä päästöjen vähentämisen mahdollisuudet ja kustannustehokkuus [Agricultural greenhouse gas emissions and abatement options and costs in Finland]. Espoo 2000, Technical Research Centre of Finland, Julkaisuja - Publikationer 841. 72 p.

**Keywords** agriculture, emissions, greenhouse gases, cultivation, fertilisation, manure, nitrous oxide, methane, carbon dioxide, Finland

## Abstract

Agricultural greenhouse gas emissions, and abatement options and costs in Finland are presented.

Agricultural greenhouse gas emissions cause about 10 % of the total anthropogenic greenhouse gas emissions in Finland. N<sub>2</sub>O emissions from increased nitrogen input to soils and waters are the most important emissions and cause about 40 % of the total agricultural emissions. Commercial nitrogen fertilization and manure management and application are about equally important emission sources. Greenhouse gas emissions (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O and to a smaller degree CH<sub>4</sub>) from the cultivation of organic soils cause about one third, CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation about one fifth, CO<sub>2</sub> emissions from liming about 6 % and CH<sub>4</sub> emissions from manure management about 3 % of total agricultural emissions in Finland today.

The uncertainties associated with the emissions are large, especially concerning cultivation of organic soil where both the area of cultivation and the emission factors are known poorly. The emissions from cultivation of mineral soils are not included in the total emissions due to lacking data.

The agricultural greenhouse gas emissions have declined by approximately 10 % since 1990. The possibilities to reduce the emissions further are estimated to be good. More intensive feeding of the animals is a cost-effective measure to reduce the emissions according to the study. Reduction of the emissions from manure management by composting or anaerobic digestion is of lesser importance and more costly in Finland. Afforestation of cultivated organic soils or changing them into natural pastures have been put forward as measures to reduce the greenhouse gas emissions from agriculture. The impact of the measures on the emissions is, however, known poorly. Afforestation may also not be acceptable due to the impact on the scenery and biodiversity, and because it is estimated to be very costly.

The result of the study are based on partly limited and uncertain data. More analyses, measurements and better routines for collection of activity data are needed.

# Alkusanat

Tutkimuksessa ”Maatalouden kasvihuonekaasupäästöt, päästöjen rajoittamisen mahdollisuudet ja kustannustehokkuus” arvioitiin Suomen maataloudesta aiheutuvia kasvihuonekaasupäästöjä vuosille 1990–1998 ja arvioitiin päästöjen vähentämisen mahdollisuuksia ja kustannuksia sekä laadittiin vaihtoehtoisia skenaariota päästöjen kehityksestä vuoteen 2010. Tutkimus tehtiin maa- ja metsätalousministeriön rahoituksella vuosina 1997–2000. Tutkimuksen päävastuullinen tekijä oli erikoistutkija Riitta Pipatti VTT Energiasta. Tutkimustyöhön osallistuvat lisäksi kehityspäällikkö Pirjo Mälkiä ja sikatalousagronomi Riitta Pietilä Maaseutukeskusten Liitosta sekä tutkija Sami Tuhkanen VTT Energiasta. Raportin ovat kirjoittaneet Riitta Pipatti ja Pirjo Mälkiä (kohdat 3.1.1–3.1.2). Maa- ja metsätalousministeriön puolesta työtä valvoivat vesihallintoneuvos Risto Timonen, ympäristöylitarkastaja Heikki Granholm ja tutkija Johanna Lahti.

Monet asiantuntijat ovat tukeneet työtä ja tekijät haluavat kiittää heitä saamastaan tuesta.

# Sisällysluettelo

TIIVISTELMÄ.....	3
ABSTRACT .....	4
ALKUSANAT.....	5
SISÄLLYSLUETTELO .....	6
1 JOHDANTO.....	8
2 MAATALOUDEN KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖT SUOMESSA.....	11
2.1 Hiilidioksidipäästöt.....	11
2.1.1 Eloperäisten maiden viljelyksestä aiheutuvat hiilidioksidipäästöt .....	11
2.1.2 Kalkituksesta aiheutuvat hiilidioksidipäästöt .....	13
2.2 Metaanipäästöt.....	15
2.2.1 Kotieläinten ruoansulatuksen metaanipäästöt.....	15
2.2.2 Kotieläinten lannan metaanipäästöt.....	18
2.2.3 Yhteenvedo kotieläinten ruoansulatuksen ja lannankäsittelyn metaanipäästöistä .....	23
2.3 Dityppioksidipäästöt .....	24
2.3.1 Maatalousmaan dityppioksidipäästöt .....	24
2.3.2 Lannankäsittelyn dityppioksidipäästöt .....	27
2.4 Muut maatalouden kasvihuonekaasupäästöt .....	28
2.5 Yhteenvedo maatalouden kasvihuonekaasupäästöistä .....	29
3 VÄHENTÄMISMAHDOLLISUUDET JA KUSTANNUKSET SUOMESSA.....	32
3.1 Yleistä päästöjen vähentämistoimenpiteistä ja niiden vaikutusten arvioinnista .....	32
3.2 RUSU-ohjelma .....	34
3.2.1 Rehuntarpeen, rehukustannusten ja ruokinnan ravinnetaseiden laskenta .....	35
3.2.2 Laskentatapaukset .....	36
3.2.3 Laskelmien tulokset .....	38
3.3 Ruokinnan vaikutus sikatilojen päästöihin.....	54
3.4 Lannankäsittelymenetelmät.....	56
3.5 Lannoitus .....	56
3.6 Muut toimenpiteet.....	57
3.7 Vähentämistoimenpiteiden vaikutus muuhun ympäristökuormitukseen .....	57
4 MAATALOUDEN KASVIHUONEPÄÄSTÖJEN ARVIOITU KEHITYS.....	59
4.1 Päästöjen vähennysmahdollisuudet – erilaisia kehitysarvioita.....	59
4.2 Päästöjen vähentämisen kustannustehokkuus .....	63

5 YHTEENVETO JA JATKOTUTKIMUSEHDOTUKSET .....	65
5.1 Yhteenveto.....	65
5.2 Jatkotutkimusehdotukset.....	67
LÄHDELUETTELO .....	68



# 1 Johdanto

Ihmisen toiminnan seurauksena ilmasto on lämpenemässä. Tätä kasvihuoneilmiöksi kutsuttua vaikutusketjua pidetään yhtenä suurimpana maapalloa uhkaavana ympäristöongelmana. Fossiilisten polttoaineiden käyttö (energian tuotanto, liikenne ja muu energiankulutus), maankäytössä tapahtuvat muutokset ja maatalous ovat merkittävimmät kasvihuoneilmiöön vaikuttavat tekijät. Maatalouden vaikutus kasvihuoneilmiöön on moninainen.

Tärkeimmän ihmisen toimintaan liittyvän kasvihuonekaasun, hiilidioksidin ( $\text{CO}_2$ ), suhteen maanviljely on periaatteessa tasapainossa. Yhteyttäminen sitoo saman verran hiilidioksidia kuin kasvien hajotessa vapautuu. Intensiivinen maan muokkaaminen ja lannoitteiden käyttö voi kuitenkin lisätä maaperän orgaanisen aineksen hajoamista viljelysmailla ja siten kasvattaa ilmakehän  $\text{CO}_2$ -pitoisuuksia. Myös maatalousmaan kalkitus aiheuttaa  $\text{CO}_2$ -päästöjä ilmakehään. Lannan ja lietteiden levitys pelloille voi puolestaan lisätä maaperän hiilimäärää. Lisäksi maatalous vaikuttaa ilmakehän  $\text{CO}_2$ :n määrään epäsuorasti maankäytössä tapahtuvien muutosten kautta: metsien raivaaminen maatalouskäyttöön pienentää luontaisia hiilivarastoja

Maatalousmaiden hiilitaseiden tutkiminen on tärkeää, mutta tämän tutkimuksen puitteissa ei ollut mahdollista tehdä määrällisiä arvioita Suomen maatalousmaiden hiilitaseista. Ainoastaan kalkituksen ja turvemaiden viljelyn aiheuttamat  $\text{CO}_2$ -päästöt arvioitiin määrällisesti, muita tekijöitä arvioitiin sanallisesti. Myös kansainvälisissä kasvihuonekaasuinventaarien laadinta koskevilla ohjeistoilla (Revised 1996 IPCC Guidelines (Houghton et al. 1997)) maatalousmaan  $\text{CO}_2$ -päästöjen tai nieluvaikutuksen käsittely on puutteellista.

Metaani ( $\text{CH}_4$ ) ja dityppioksidi ( $\text{N}_2\text{O}$ ) ovat  $\text{CO}_2$ :n ohella merkittäviä kasvihuonekaasuja.  $\text{N}_2\text{O}$  osallistuu myös reaktioihin, jotka tuhoavat yläilmakehän otsonia. Ilmakehän  $\text{CH}_4$ -pitoisuuksiin maatalous vaikuttaa lähinnä karjanhoidon ja riisinviljelyn kautta, jotka yhdessä aiheuttavat lähes puolet globaaleista ihmisen toiminnan metaanipäästöistä. Lannoitus lisää maaperän typpikuormitusta ja sitä kautta  $\text{N}_2\text{O}$ -päästöjä. Maaperän typpikuormituksen kasvattaminen vähentää myös maaperässä tapahtuvaa metaanin hapettumista ja lisää siten ilmakehän metaanipitoisuuksia. Maatalousmaat ovat IPCC:n (Intergovernmental Panel on Climate Change, hallitusten välinen ilmasto-paneeli) mukaan merkittävin ihmistoimintaan liittyvä  $\text{N}_2\text{O}$ -päästölähde maailmanlaajuisesti (IPCC 1996).

Suomessa maatalouden osuus ihmisen toiminnan kasvihuonekaasupäästöistä 1990-luvulla on arvioitu seuraavaksi (Kuusisto et al. 1996; Pipatti 1997 ja 1994; YM 1999): maatalous aiheuttaa CO<sub>2</sub>-päästöistä 2–7 % (luku pitää sisällään ainoastaan turvemaiden ja kalkituksen päästöarviot), CH<sub>4</sub>-päästöistä noin 30–40 % ja yli puolet N<sub>2</sub>O-päästöistä. Maatalous on siis merkittävä kasvihuonekaasupäästölähde Suomessakin, missä kylmä ilmasto vähentää päästöjä suhteessa lämpimämpiin maihin, mutta eloperäisten maiden (turvemaiden) suuri osuus lisää niitä suhteessa moniin muihin maihin.

Maatalouden kasvihuonekaasupäästöjen ja -nielujen arviointiin liittyy suuria epävarmuuksia ja päästöjenarviointimenetelmät kehittyvät koko ajan. Suomen päästöt on arvioitu ilmastopimuksen (UNFCCC 1992) edellyttämien maaraporttien laatimista varten kehitettyjen uusimpien IPCC-ohjeiden (Revised 1996 IPCC Guidelines (Houghton et al. 1997)) mukaan. Oheista on aikaisempia versioita (IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories 1995; OECD 1991), tekstissä IPCC-ohjeilla tarkoitetaan aina viimeisintä versiota, ellei muuta mainita.

Myös maatalouden työkoneiden käytöstä ja maatilarakennusten lämmityksestä ja muusta energiankäytöstä aiheutuu kasvihuonekaasupäästöjä. Nämä päästöt on Suomen kasvihuoneinventaaressa ilmoitettu IPCC:n luokituksen mukaisesti energiasektorin päästöinä yhdessä metsätalouden vastaavien päästöjen kanssa, eikä erittelyä maatalouden osalle ole tehty.

Suomessa maatalouden ympäristövaikutusten merkitys on viime vuosina korostunut maatalouden kehitysohjelmissa ja tukijärjestelmissä. Vesistöjen ravinnekuormituksia on pidetty maatalouden keskeisimpänä ympäristöongelmana. Kasvihuonekaasupäästöjen ja niihin vaikuttavien merkittävimpien tekijöiden selvittämisen merkitys on korostunut Kioton pöytäkirjan (Kyoto Protocol 1997) myötä, jossa teollisuusmaat ovat sitoutuneet vähentämään kasvihuonepäästöjään, yhteisesti yli 5 % vuoden 1990 tasosta velvoitekautena 2008–2012. EU-maiden päästöjä vähennysvelvoite on tiukempi, 8 %. EU:n alustavassa sisäisessä taakanjaossa Suomen veloitteeksi on määritelty päästöjen palauttaminen vuoden 1990 tasolle Kioton velvoitekautena. Kioton pöytäkirjan veloitteet koskevat kuutta kasvihuonekaasua tai -kaasuryhmää: CO<sub>2</sub>:a, CH<sub>4</sub>:a, N<sub>2</sub>O:a, SF<sub>6</sub>:a sekä HFC- ja PFC-yhdisteitä. Kolme viimeksi mainittua ovat teollista alkuperää.

Kasvihuonekaasujen päästöjen arvioiminen on tärkeää kokonaiskuvan saamiseksi maatalouden ympäristövaikutuksista. Erityisen tärkeää tämä on siksi, että sekä hiili ja typpi ovat osa maatalouden ravinnekiertoa ja ympäristöpäästöjen vähentäminen yhdessä osassa voi lisätä niitä toisessa. Kokonaisuuden kannalta edullisimman kehitysvaihtoehdon löytämiseksi tarvitaan lisää tietoa

erilaisten toimenpiteiden vaikutuksista kaikkiin merkittävimpiin ympäristöpäästöihin.

Maatalouden kasvihuonekaasujen vähentämiseksi on kansainvälisissä tutkimuksissa esitetty erilaisia toimenpiteitä. Suomessa vähennyskeinoja on tutkittu vähemmän, eikä rajoitustoimenpiteiden soveltuvuutta Suomen oloihin ja niiden kokonaisvaikutusta maatalouden kasvihuonetaseeseen ja muuhun ympäristökuormitukseen tunneta hyvin. Myös toimenpiteiden kustannusvaikutuksista on vähän tietoa.

Maatalouden aikaisemmat päästöarviot käsittävät karjatalouden CH<sub>4</sub>-päästöt sekä maaperän lisääntyneen typpikuormituksen ja turvemaiden aiheuttamat N<sub>2</sub>O-päästöt. Tutkimuksessa päästöarviota täydennettiin arvioilla maatalouden CO<sub>2</sub>-päästöistä (kalkitus ja turvemaat) sekä N<sub>2</sub>O-päästöjen osalta arvioimalla myös typen huuhtoutumisen ja lannankäsittelyn aiheuttamat päästöt.

Päästöjen vähentämistoimenpiteitä sekä niiden mahdollisuuksia ja kustannuksia arvioitiin sekä tilakohtaisesti (kuvitteelliset tilat) että koko maan osalta. Vähentämistoimenpiteiden arvioimisessa pääpaino oli tutkia mahdollisuuksia vaikuttaa maatalouden kasvihuonekaasupäästöihin ruokintaa muuttamalla. Lannankäsittelyn päästöjen vähentämiskeinoista arvioitiin lannan kompostoinnin ja biokaasutuksen mahdollisuuksia ja kustannuksia, viljelysmaiden päästöjen osalta turvemaiden metsityksen mahdollisuuksia. Muita vähennyskeinoja (mm. typpilannoituksen vähentämistä) arvioitiin ainoastaan sanallisesti.

Maatalouden päästöjen kehittymistä vuoteen 2010 arvioitiin vaihtoehtoisissa skenaariossa. Nk. perusskenaariossa päästöt arvioitiin ottaen huomioon odotettavissa olevia muutoksia maatalouskäytännössä. Nk. vähentämiskenaariossa arvioitiin, miten paljon päästöjä voitaisiin vähentää tarkasteltujen vähennystoimenpiteiden avulla ja mitkä näiden toimenpiteiden kustannusvaikutukset olisivat. Arvio toimenpiteiden vaikutuksista muuhun ympäristökuormitukseen (ravinnehuuhtoutumiin ja ammoniakkipäästöihin) esitettiin sanallisesti.

Maatalouden kehittymistä, päästöjen vähentämistä ja kustannusvaikutuksia arvioitiin vain ilmastopolitiikan näkökulmasta. Tutkimuksessa esitettävien toimenpiteiden muita ympäristövaikutuksia kuvataan vain sanallisesti, eikä mahdollisia yleisiä vaikutuksia maatalouden harjoittamiseen, alueelliseen kehitykseen tai kansantalouteen arvioitu.

## **2 Maatalouden kasvihuonekaasupäästöt Suomessa**

Maatalouden kasvihuonekaasupäästöt arvioitiin Revised 1996 IPCC Guidelines -ohjeiden avulla. Arvioissa pyrittiin ottamaan Suomen erityispiirteet huomioon siltä osin, kuin tilasto- tai tutkimustietoa näistä on saatavilla. Epävarmuudet lähtötietojen ja käytettyjen menetelmien suhteen arvioitiin sanallisesti.

### **2.1 Hiilidioksidipäästöt**

Revised 1996 IPCC Guidelines (Houghton et al. 1997) antaa ohjeet ihmisen toiminnan aiheuttamien päästöjen arviointiin. Ohjeiden mukaan laskennassa ei oteta huomioon niitä CO<sub>2</sub>-päästöjä, jotka ovat peräisin kestäväen kehityksen mukaisesti kasvatetusta biomassasta. Kestäväen kehityksen oletetaan tässä yhteydessä tarkoittavan sitä, että biomassaa kasvatetaan yhtä paljon kuin sitä käytetään. Tällöin kasvien yhteyttämisessä sitoma CO<sub>2</sub>-määrä ja biomassasta poltossa tai muuten vapautuva CO<sub>2</sub>-määrä ovat yhtä suuret ja ilmankehän CO<sub>2</sub>-pitoisuuksissa ei tapahdu muutoksia.

Maatalousmaiden CO<sub>2</sub>-päästölähteistä tulee Revised 1996 IPCC Guidelines (Houghton et al. 1997) -ohjeiden mukaisesti ottaa inventaareihin mukaan seuraavat: 1) maankäytössä ja -käsittelyssä tapahtuvat muutokset, jotka vaikuttavat kivennäismaiden orgaanisen hiilen varastoihin, 2) eloperäisten maiden viljelyksestä aiheutuvat CO<sub>2</sub>-päästöt ja 3) kalkituksesta aiheutuvat CO<sub>2</sub>-päästöt. Näistä päästölähteistä tarkastellaan tässä ainoastaan kahta viimeksi mainittua päästölähdettä.

#### **2.1.1 Eloperäisten maiden viljelyksestä aiheutuvat hiilidioksidipäästöt**

Soiden raivaus viljelykäyttöön lisää maan orgaanisen aineksen hajoamista ja siten ilmakehän CO<sub>2</sub>-pitoisuutta. Näiden nk. turvemaiden maalaji muuttuu vähitellen multamaaksi ja lopulta kivennäismaaksi. Suomessa soita raivattiin viljelyskäyttöön erityisesti vuosisadan alkupuoliskolla, raivattujen soiden kokonaisala on arviolta 0,7 milj. ha. Nykyisin turvepeltoja arvioidaan olevan viljelyksessä 0,26–0,42 milj. ha. Tämä arvio on hyvin epävarma, ja eri

tietolähteissä on esitetty tästä paljonkin poikkeavia arvioita (Kuusisto et al. 1996; Käyhkö et al. 1994; Vasander 1996; Selin 1999 ym.).

IPCC-ohjeiden mukaan Suomen olosuhteissa hiilihäviö turvemailta olisi 2,2 t C/ha/vuosi (noin 8 t CO<sub>2</sub>/ha/vuosi), joskin ohjeiden antamat kylmän ilmaston oletuspäästökertoimet ovat alhaisemmat: 1 t C/ha/vuosi (vajaat 4 t CO<sub>2</sub>/ha/vuosi) viljelykasveille (upland crops) ja 0,25 t C/ha/vuosi (alle 1 t CO<sub>2</sub>/ha/vuosi) laitumille (pasture/forest). Suomalaisen ilmakehämuutosten tutkimusohjelman (SILMUn) mukaan eloperäisten maiden viljelystä aiheutuvat päästöt olisivat huomattavasti suuremmat, noin 15 t CO<sub>2</sub>/ha/vuosi. Maljasen (et al. 1999) tutkimuksessa on esitetty yhteenveto Suomessa, Ruotsissa ja Hollannissa hiljattain tehdyistä eloperäisten maiden CO<sub>2</sub>-päästöjä koskevista tutkimuksista, joissa päästökertoimet vaihtelevat 8–115 t CO<sub>2</sub>/ha/vuosi ja Suomelle esitetyt päästöarvot 3–8 Tg CO<sub>2</sub>/vuosi (SILMUn arviona käytettiin 5 Tg CO<sub>2</sub>/vuosi).

Taulukossa 1 on maatalouden tutkimuskeskuksen (Airi Kulmala 1.12.1999) Suomen kansallisia vuotuisia inventaareja varten IPCC:n oletuspäästökertoimilla (1 t C/ha/vuosi viljelykasveille ja 0,25 t C/ha/vuosi laitumille ja nurmille) laskema alustava arvio 1990-luvun päästöistä. Vuosittainen laitumien ja nurmien osuus peltopinta-alasta on saatu maataloustilastoista, ja jakauman oletettu olevan saman turvepelloille kuin koko peltopinta-alalle keskimäärin. Saatu päästöarvio on merkittävästi alhaisempi, kuin mitä yllä mainitut tutkimustulokset edellyttäisivät.

Turvemaiden CO<sub>2</sub>-päästöihin liittyvät epävarmuudet ovat suuret, koska sekä pinta-ala- että päästökerrointiedot ovat epävarmoja. Mikäli taulukossa 1 esitetty päästöarvio on suuruusluokaltaan oikea, ovat turvemaiden päästöt noin prosentin Suomen ihmisen toiminnan kokonaiskasvihuonepäästöistä (vuoden 1990 tilanne). SILMUssa määritettyä päästökerrointa käyttäen merkitys olisi huomattavasti suurempi, noin 7 %. Päästöjen arviointimenetelmä ei ota huomioon turvemaiden hiilivarastoissa ajan myötä tapahtuvaa muutosta vaan olettaa hiilihäviön olevan tasaista vuodesta toiseen. Myöskään viljelyskäytännön (mitä viljellään, miten maata muokataan ja lannoitetaan) vaikutusten arvioimiseksi ei ole käytössä tarkempaa menetelmää.

*Taulukko 1. Arvio turvemaiden viljelystä ja siitä aiheutuvista CO<sub>2</sub>-päästöistä (Tg/vuosi) Suomessa 1990–1998 (Airi Kulmala, MTT, 1.12.1999).*

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Nurmi/laidun (1 000 ha) min	78	70	75	78	77	92	86	84	82
Nurmi/laidun (1 000 ha) max	126	114	121	127	125	148	139	136	132
Muut viljelykasvit (1 000 ha) min	182	190	185	182	183	168	174	176	178
Muut viljelyskasvit (1 000 ha) max	294	306	299	93	295	272	281	284	288
Päästöt min Tg CO <sub>2</sub> /vuosi	0,7	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Päästöt max Tg CO <sub>2</sub> /vuosi	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,2	1,2	1,2
<b>Päästöt keskiarvo</b> <b>Tg CO<sub>2</sub>/vuosi</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	<b>1,0</b>

Pyörityksistä johtuen annettu keskiarvo voi poiketa annettujen lukujen keskiarvosta.

Suomen ilmastopimuksen mukaisissa nk. maaraporteissa (YM 1995 ja 1997) turvemaiden päästöjen ilmoittamistapa on vaihdellut, ensimmäisessä maaraportissa (YM 1995) viljelyksessä olevien turvemaiden päästöjen arvioitiin olevan 3–10 Tg CO<sub>2</sub> vuonna 1990. Toisessa maaraportissa (YM 1997) päästöjä ei ilmoitettu lainkaan, ja raporttiin tehdyssä lisäyksessä ilmoitettiin turvetuotantoon varattujen turvemaiden päästöiksi 2,5 Tg CO<sub>2</sub> vuonna 1990 (arvioitu pinta-ala 150 000 ha ja käytetty päästökerroin 450 g C m<sup>-2</sup>a<sup>-1</sup> eli 16,5 t CO<sub>2</sub>/ha) (Lehtilä & Tuhkanen 1999a). Tähän perustuvaa arviota on käytetty myös Suomen vuosittaisissa kansallisissa ilmastopimukselle toimitettavissa päästöinventaariraporteissa. Tätä päästökerrointa käyttäen viljelyksessä olevien turvemaiden vuosittaiset päästöt olisivat 4–7 Tg CO<sub>2</sub>.

### 2.1.2 Kalkituksesta aiheutuvat hiilidioksidipäästöt

Maatalousmaidon kalkituksessa käytetään erilaisia karbonaattiyhdisteitä, kuten kalkkikiveä (CaCO<sub>3</sub>) tai dolomiittikalkkia (CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>), nostamaan maan pH:ta. Kalkin karbonaatti reagoi maaperässä luovuttaen CO<sub>2</sub>:a ilmakehään. CO<sub>2</sub>-päästöt vaihtelevat maaperän ja käytetyn karbonaattiyhdisteen ominaisuuksien mukaan. Revised 1996 IPCC Guidelinesin (Houghton et al. 1997) mukaan maatalousmaidon kalkituksesta aiheutuvat CO<sub>2</sub>-päästöt lasketaan olettaen kaiken karbonaatin reagoivan.

Maanparannuskalkin käyttömäärät Suomessa 1990-luvulla, käytetyt päästökertoimet ja lasketut CO<sub>2</sub>-päästöt ovat taulukossa 2. Vuosille 1990–1996 maanparannuskäyttöön toimitetut dolomiittikalkki- ja kalkkikivimäärät saatiin tilastokeskuksen teollisuustilastoista (Tilastokeskus 1998). Vuodesta 1997 lähtien tilastokeskus on lopettanut ko. tilastoinnin, ja tästä eteenpäin tietolähteenä käytettiin Kalkitusyhdistyksen keräämiä tietoja maanparannuskalkin käytöstä. Kalkitusyhdistys ei erottele dolomiittikalkin ja kalkkikiven käyttöä mutta arvioi noin 30 prosenttia kokonaiskäytöstä olevan dolomiittikalkkia (Sari Yli-Savola, Kalkitusyhdistys 7.1.1999).

Dolomiittikalkin ja kalkkikiven lisäksi maanparannuksen käytetään jonkin verran sokeritehtaiden puristekalkkia. Puristekalkin käyttömäärät ja koostumustiedot on saatu Sucros Oy:ltä (Pentti Suominen 25.3.1999).

Taulukossa 2 annetut päästöt on laskettu olettaen dolomiittikalkin ja kalkkikiven olevan kuivaa ja täysin puhdasta ja kalkin sisältämän karbonaatin reagoivan täydellisesti maaperässä. Päästöarvio saattaa siksi yliarvioida päästöjä jonkin verran.

*Taulukko 2. Arvio maanparannuskalkin käytöstä ja siitä aiheutuvista CO<sub>2</sub>-päästöistä Suomessa 1990–1998.*

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Maanparannuskalkin käyttö (Gg (k.a.)/vuosi)								992,3*	908,1*
CaCO <sub>3</sub>	568,8	391,8	314,5	306,3	280,3	583,0	662,5	694,6	635,7
MgCa(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	713,8	505,2	357,4	623,9	618,2	204,3	229,2	297,7	272,4
Puristekalkki**	31,1	41,2	40,1	37,3	40,2	36,7	31,0	46,5	32,1
<b>Päästöt</b>									
<b>Tg CO<sub>2</sub>/vuosi</b>	<b>0,6</b>	<b>0,4</b>	<b>0,3</b>	<b>0,5</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>	<b>0,5</b>	<b>0,4</b>

Käytetyt päästökertoimet ovat: 440 kg CO<sub>2</sub>/t CaCO<sub>3</sub> ja 477 kg CO<sub>2</sub>/t MgCa(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.

\* Kalkitusyhdistys, dolomiittikalkin osuudeksi oletettu 30 % (Sari Yli-Savola 7.1.1999).

\*\* Puristekalkin kosteuden on oletettu olleen 33 % koko ajanjakson ajan.

## 2.2 Metaanipäästöt

### 2.2.1 Kotieläinten ruoansulatuksen metaanipäästöt

Kotieläinten ruoansulatuksesta aiheutuvat metaanipäästöt arvioitiin IPCC-ohjeiden antaman yksityiskohtaisen (Tier 2) menetelmän mukaan. Menetelmä soveltuu ainoastaan nautakarjalle, muiden kotieläinten päästöt laskettiin ohjeissa annettuja keskimääräisiä päästökertoimia käyttäen.

Metaanin muodostumiseen vaikuttavat useat tekijät: eläintyyppi, eläimen ikä, kunto, paino ja energiankulutus sekä ruokinnan määrä ja laatu. Tehokkaalla ruokinnalla pystytään päästöjä tuotettua liha- tai maitokiloa kohti vähentämään, vaikka päästöt eläintä kohti kasvavatkin. IPCC-ohjeissa annettu menetelmä tarjoaa mahdollisuuden useimpien, joskaan ei kaikkien vaikuttavien tekijöiden huomioon ottamiseen päästöjä arvioitaessa.

Metaanipäästöt eläintä ja vuotta kohti lasketaan kaavasta 1

$$M = GE \times Y_m \times 365 \times 0,018, \quad (1)$$

missä M on metaanipäästö (kg) eläintä kohti vuodessa, GE on eläimen ruokinnastaan saama bruttoenergia (MJ/päivä) ja  $Y_m$  kertoo, kuinka paljon energiaa ravinnon mukana saatua bruttoenergiayksikköä kohti poistuu metaanina. Ravinnon sisältämä bruttoenergia (GE) voidaan laskea joko rehun energiasisällöstä tai eläimen painon ja tuottavuuden (esimerkiksi päivittäisen painonlisäyksen ja maidontuotannon) funktiona. Suomen päästöt laskettiin jälkimmäistä tapaa käyttäen. Kerroin 0,018 (1/55,65 MJ/kg CH<sub>4</sub>) on muunnoskerroin, jolla metaanin mukana poistuva energia muutetaan kiloiksi.

Bruttoenergia (GE) saadaan kaavasta 2

$$GE = [(NE_m + NE_{feed} + NE_l + NE_p) / (NE/DE) + NE_g / (NE_g/DE)] / (DE\%/100), \quad (2)$$

missä  $NE_m$  on eläimen senhetkisen tilan ylläpitoon,  $NE_{feed}$  laiduntamiseen,  $NE_l$  maidontuotantoon,  $NE_g$  painonlisäykseen ja  $NE_p$  raskauden ylläpitämiseen tarvittava päivittäinen nettoenergiamäärä (MJ/päivä). DE on rehun sulavuutta kuvaava tekijä (%). Koska Suomen nautaeläimiä ei käytetä veto- tai muuhun työhön



maatiloilla, on työtä kuvaava energiatermi jätetty pois kaavasta 2. Nettoenergiat lasketaan kaavoista 3–7

$$NE_m = 0,322 \times W^{0,75} \times a \quad (3)$$

$$NE_{feed} = 0,17 \times NE_m \quad (4)$$

$$NE_g = 4,18 \times (0,035 \times W^{0,75} \times WG^{1,119} + WG) \quad (5)$$

$$NE_l = 3,1 \times MP \quad (6)$$

$$NE_p = 0,02 \times W^{0,79}, \quad (7)$$

joissa W on eläimen paino (kg), WG päivittäinen painonlisäys (kg) ja MP on päivittäinen maidontuotanto (kg). Lypsylehmien perusenergiantarve ( $NE_m$ ) on suurempi kuin muiden nautaeläinten ja yhtälön (3) kertoimena käytetään lukua 0,335 lypsylehmille. Laiduntamisen vaatima lisäenergia ( $NE_{feed}$ ) lasketaan vain laidunkauden ajalta.

Suomen päästöjen arvioinnissa kertoimelle  $Y_m$  on käytetty IPCC-ohjeissa annettua oletusarvoa 6 %, joka soveltuu hyvälaatuista rehua saaville eläimille (Gibbs & Leng 1993).  $Y_m$  voidaan laskea myös rehun sulavuuden (D) ja ruokintatason (L) funktiona (OECD 1991)

$$Y_m = 1,30 + 0,112 \times D + L \times (2,37 - 0,050 \times D). \quad (8)$$

Ruokintataso, joka tavallisesti on välillä 1–4,5, voidaan puolestaan määrittää kaavan (9) avulla

$$L = (NE_m + NE_g + NE_l + NE_p) / 0,322 \times W^{0,75}. \quad (9)$$

$Y_m$ :lle ja L:lle annetut kaavat on johdettu tutkimuksista, joissa eläinten ruokinta perustui tasapainoiseen karkearehun ja rehuviljan käyttöön, eikä kaavojen soveltuvuudesta muunkaltaisille ruokintatavoille ole varmuutta (Gibbs & Leng 1993). Tässä työssä kaavoja 8 ja 9 käytettiin arvioitaessa eri ruokintavaihtoehtojen vaikutuksia päästöihin (ks. kohta 3.2).

Suomen kotieläinten ruoansulatuksen aiheuttamien  $CH_4$ -päästöjen arvioinnissa tarvittavat lähtötiedot on saatu maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskuksesta (TIKE), Maatilatilastollisesta vuosikirjasta (1998) ja kotieläintuotannon

asiantuntijoilta. Laskuissa käytetyt nautaeläinten painot ja päivittäinen painonlisäys ovat taulukossa 3.

*Taulukko 3. Nautaeläinten keskimääräinen paino ja painonlisäys.*

Kotieläinlaji	paino kg	painonlisäys kg/päivä
Lypsylehmät	500	0
Hiehot	400	0,6
Emo- ja imettäjälehmät	600	0
Sonnit yli 1 v	460	0,4
Vasikat alle 12 kk	150	0,8

Muut laskuissa käytetyt lähtöarvot ovat:

- laidunkauden pituus 120 päivää vuodessa
- rehun sulavuus 70 %
- lypsylehmien maidontuotanto: vuonna 1990 maidontuotanto oli 5 547 l/lehmä ja 1998 6 225 l/lehmä; emo- ja imettäjälehmien maidontuotannon oletettu olevan 1 620 kg/lehmä koko 1990-luvun
- lypsylehmät ja emo- ja imettäjälehmät saavat 0,9 vasikkaa vuodessa.

Arvioidut kotieläinten päästöt on annettu taulukossa 4. Taulukosta käy ilmi, että yli 90 % päästöistä tulee nautaeläinten ruoansulatuksesta. Nautaeläimistä puolestaan lypsylehmät ovat merkittävin päästöjen aiheuttaja; ne aiheuttavat yksistään yli puolet kaikkien kotieläinten päästöistä.

Taulukko 4. Kotieläinten ruoansulatuksen arvioidut CH<sub>4</sub>-päästöt (Gg CH<sub>4</sub>/vuosi) eläinryhmittäin Suomessa 1990–1998.

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Lypsylehmät	46,2	42,3	40,6	40,6	40,5	39,2	38,6	39,1	38,5
Emo- ja imettäjälehmät	0,9	1,3	1,7	2,1	2,0	1,8	1,9	2,0	1,9
Sonnit yli 1v	7,1	6,9	6,8	6,6	6,8	5,2	5,5	5,7	5,5
Hiehot	10,7	10,5	10,4	10,6	10,5	9,3	9,9	9,7	9,3
Vasikat < 1v	14,3	14,3	13,6	12,8	12,5	12,4	12,0	11,8	11,7
<b>Nautaeläimet yhteensä</b>	<b>79,2</b>	<b>75,2</b>	<b>73,1</b>	<b>72,8</b>	<b>72,4</b>	<b>67,9</b>	<b>67,8</b>	<b>68,4</b>	<b>66,9</b>
<b>Siat</b>	<b>2,1</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	<b>1,9</b>	<b>2,0</b>	<b>2,1</b>	<b>2,1</b>	<b>2,2</b>	<b>2,1</b>
<b>Lampaat</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,3</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>1,0</b>
<b>Hevoset</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>
<b>Vuohet</b>	<b>0,03</b>	<b>0,00</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,03</b>	<b>0,03</b>	<b>0,03</b>	<b>0,04</b>	<b>0,04</b>
<b>Päästöt yhteensä Gg CH<sub>4</sub></b>	<b>83,0</b>	<b>78,9</b>	<b>76,9</b>	<b>76,5</b>	<b>76,2</b>	<b>72,2</b>	<b>72,1</b>	<b>72,8</b>	<b>71,1</b>

Pyöristyksien takia taulukossa annettu summa voi poiketa annettujen lukujen summasta.

## 2.2.2 Kotieläinten lannan metaanipäästöt

Lannan varastoinnin ja käsittelyn CH<sub>4</sub>-päästöihin vaikuttavat monet tekijät, kuten

- lannan määrä ja laatu, joihin vaikuttavat mm. eläintyyppi, eläimen koko ja ruokinta
- lannankäsittelymenetelmä; lietelannan CH<sub>4</sub>-päästöt ovat merkittävästi suuremmat kuin kuivikelannan
- ilmasto; lämpötila ja sademäärä vaikuttavat merkittävästi lannan CH<sub>4</sub>-päästöihin, lämmin ja kostea ilmasto lisää päästöjä.

IPCC-ohjeiden mukaisesti eläinlajikohtaiset (i) päästökertoimet lasketaan kaavasta (10)

$$EF_i = VS_i \times 365 \text{ d/a} \times B_{oi} \times 0,67 \text{ kg/m}^3 \times \sum MCF_{jk} \times MS\%_{ijk} \quad (10)$$

missä EF<sub>i</sub> on päästökerroin, VS<sub>i</sub> lannan haihtuvien kiinteiden aineiden määrä (kg/d), B<sub>oi</sub> maksimaalinen metaanintuotantokapasiteetti (m<sup>3</sup>/kg VS), MCF<sub>jk</sub> lannan käsittelyjärjestelmän vaikutusta metaanipäästöihin kuvaava kerroin (j = käsittelymenetelmä, k = ilmastovyöhyke) ja MS%<sub>ijk</sub> prosenttiosuus eläintyyppin i lannasta, joka käsitellään tavalla j ilmastovyöhykkeessä k.

VS määritetään kaavasta (11)

$$VS \text{ (kg k.a./päivä)} = GE \text{ (MJ/päivä)} \times 1 \text{ kg/18,45 MJ} \times (1 - DE\%/100) \times (1 - \text{tuhka}\%/100). \quad (11)$$

Bruttoenergia (GE) saadaan ruoansulatuksen päästölaskuista ja tuhkaprosenttina (tuhka-%) on käytetty IPCC-ohjeiden antamia oletusarvoja (2–8 % eläinlajeista riippuen). Muut laskuissa tarvittavat lähtötiedot on määritetty kirjallisuuden (mm. Heinonen et al. 1992) ja asiantuntijoiden kanssa käytyjen keskustelujen perusteella

Lannankäsittelymenetelmällä on suuri merkitys metaanin muodostumisen kannalta. IPCC-ohjeiden mukaan lietelannan CH<sub>4</sub>-päästöt ovat kymmenkertaiset (MCF = 10 %) verrattuna kuivikelannan CH<sub>4</sub>-päästöihin (MCF = 1 %) Suomen ilmasto-olosuhteissa. Lämpimämmissä maissa ero lannankäsittelymenetelmien välillä on vieläkin suurempi. Tietoa lannankäsittelymenetelmistä on saatu Suomen ympäristökeskuksesta ja maa- ja metsätalousministeriöstä (Nikander & Wallenius 1995; Grönroos et al. 1998) sekä Maaseutukeskusten liitosta (MKL 1993; Seppänen & Matinlassi 1998).

Suomen ilmastopimuksen mukaisissa raportoinneissa (YM 1997; YM 1999 ym.) lannankäsittelyn päästöt perustuvat UNECE:n puitteissa tehdyn Euroopan ammoniakkipäästöjä ja niiden vähentämismahdollisuuksia koskevan tutkimuksen (Cowell & ApSimon 1996) yhteydessä Suomen ympäristökeskuksen ja maa- ja metsätalousministeriön vastamaan kyselyyn lannan typpisisällöstä sekä lannankäsittely- ja levitysmenetelmistä Suomessa vuonna 1990 (Nikander & Wallenius 1995).

Maaseutukeskusten Liitto (MKL 1993; Seppänen & Matinlassi 1998) on kerännyt tietoa lannankäsittelymenetelmistä maatalojen ympäristönhoitosuunnitelmista (1990–1992) ja maatalouden ympäristötukijärjestelmän edellyttämistä ympäristönhoito-ohjelmista (1995–1997). Näiden lähteiden ja aikaisemmin mainitun kyselyn tiedot lannankäsittelymenetelmistä Suomessa poikkeavat toisistaan. Maaseutukeskusten Liiton tiedot ovat uudempia ja perustuvat tiloilta saatuihin tietoihin ja ovat yksityiskohtaisempia kuin mainitun kyselyn tiedot. Vuosien 1995–1997 välisenä aikana ympäristönhoito-ohjelmatiedot oli kerätty noin 77 000 tilalta (noin 80 % ajankohdan aktiivituloista Suomessa), kun tiedot vuosilta 1990–1992 perustuvat suppeampaan aineistoon.

Taulukossa 5 annetaan mainittujen tietolähteiden mukaiset lietelannan käsittelyosuudet eläinryhmittäin Suomessa. Päästölaskuissa muita käytössä olevia lannan-

käsittelymenetelmiä (kuivikepohja, kuivalanta, jossa virtsa joko sidotaan kuivikkeisiin tai erotetaan virtsakaivoon) on käsitelty yhtenä ryhmänä.

Taulukoissa 6–7 ovat arvioidut lannankäsittelyn päästöt vuosille 1990–1997 (taulukossa 7 myös vuodelle 1998) eläinryhmittäin. Taulukossa 6 ovat Suomen ilmastopimuksen mukaista raportointia vastaavat päästöt, ja taulukon 7 päästöarvioissa lannankäsittely on Maaseutukeskusten Liiton keräämien tietojen mukaista siten, että vuosien 1990–1994 päästöt on laskettu vuodelle 1990 arvioituja lannankäsittelytietoja hyväksi käyttäen (MKL 1993), vuosien 1995–1998 arviot perustuvat 1995–1997 ympäristöhoito-ohjelmista saatuihin tietoihin (Seppänen & Matinlassi 1998).

*Taulukko 5. Eri tietolähteisiin perustuvaa tietoa lannankäsittelystä Suomessa 1990-luvulla.*

	1990 (Nikander & Wallenius 1995)	1990–1992 (MKL 1993)	1995–1997 (Seppänen & Matinlassi 1998)
Eläinlaji	lietelannan osuus %	lietelannan osuus %	lietelannan osuus %
Lypsylehmät	20	30	35
Emo- ja imettäjälehmät	60*	5	6
Sonnit yli 1v	60*	30	40
Hiehot	60*	30	36
Vasikat < 1v	60*		38
Karjut, emakot	30	20	26
Lihasiat	100	60	77
Lampaat	0	0	0,4
Hevoset	0	0	0,4
Siipikarja	0		5

\* muut naudat kuin lypsylehmät; ei erottelua

Erot taulukoissa 6 ja 7 annettujen päästöarvioiden välillä ovat varsin suuret, 10–20 % vuodesta riippuen. Lietelannan osuutta, ja siten CH<sub>4</sub>-päästöjä, on todennäköisesti yliarvioitu taulukon 6 taustalla olevissa laskelmissa. Maaseutukeskusten tiedoissa eivät ole mukana maatalouden ympäristötukiohjelmaan kuulumattomat tilat, joiden voidaan olettaa edustavan pienimpiä tiloja Suomessa ja joissa lannankäsittely tapahtuu pääosin kuivalantana. Siten taulukon 7 päästöt voivat nekin lievästi yliarvioida päästöjä.

Sikojen lannankäsittelystä aiheutuvat päästöt ovat 1990-luvun alussa olleet lähes yhtä suuret ja 1990-luvun jälkipuoliskolla jopa suuremmat kuin nautojen lannankäsittelystä aiheutuvat päästöt, nautojen tuottamasta huomattavasti suuremmasta lantamäärä huolimatta. Syynä tähän on, että sikojen lannasta suuri osa käsitellään lietteenä, kun taas nautojen lannasta valtaosa käsitellään kuivana.

*Taulukko 6. Kotieläinten lannankäsittelyn arvioidut CH<sub>4</sub>-päästöt (Gg CH<sub>4</sub>/vuosi) eläinryhmittäin Suomessa 1990–1997 Nikanderin & Walleniuksen (1995) arvioimien vuoden 1990 lannankäsittelytietoihin perustuen.*

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Lypsylehmät	2,3	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8
Emo- ja imettäjälehmät	0,06	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2
Sonnit yli 1v	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4
Hiehot	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7
Vasikat < 1v	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
<b>Nautaeläimet yhteensä</b>	<b>4,7</b>	<b>4,5</b>	<b>4,4</b>	<b>4,3</b>	<b>4,3</b>	<b>4,0</b>	<b>4,0</b>	<b>4,0</b>
<b>Siat</b>	<b>5,7</b>	<b>5,5</b>	<b>5,3</b>	<b>5,2</b>	<b>5,3</b>	<b>5,7</b>	<b>5,7</b>	<b>6,0</b>
<b>Lampaat</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,03</b>	<b>0,03</b>	<b>0,03</b>
<b>Hevoset</b>	<b>0,06</b>	<b>0,06</b>	<b>0,07</b>	<b>0,07</b>	<b>0,07</b>	<b>0,07</b>	<b>0,07</b>	<b>0,07</b>
<b>Siipikarja</b>	<b>0,4</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>
<b>Vuohet</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>
<b>Yhteensä</b>	<b>10,8</b>	<b>10,3</b>	<b>10,0</b>	<b>9,9</b>	<b>9,9</b>	<b>10,1</b>	<b>10,1</b>	<b>10,4</b>

*Taulukko 7. Kotieläinten lannankäsittelyn arvioidut CH<sub>4</sub>-päästöt (Gg CH<sub>4</sub>/vuosi) eläinryhmittäin Suomessa 1990–1998. Arviot perustuvat Maaseutukeskusten Liiton maatilojen ympäristönhoitosuunnitelmien (1990–1992) ja ympäristönhoito-ohjelmien (1995–1997) perusteella arvioimiin lannankäsittelytietoihin (MKL 1993; Seppänen & Matinlassi 1998).*

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Lypsylehmät	3,1	2,8	2,7	2,7	2,6	2,8	2,7	2,7	2,7
Emo- ja imettäjälehmät	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Sonnit yli 1v	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Hiehot	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Vasikat < 1v	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6
<b>Nautaeläimet yhteensä</b>	<b>4,5</b>	<b>4,2</b>	<b>4,1</b>	<b>4,1</b>	<b>4,0</b>	<b>4,2</b>	<b>4,2</b>	<b>4,2</b>	<b>4,1</b>
<b>Siat*</b>	<b>3,9</b>	<b>3,8</b>	<b>3,6</b>	<b>3,6</b>	<b>3,6</b>	<b>4,8</b>	<b>4,8</b>	<b>5,0</b>	<b>4,8</b>
<b>Lampaat</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,03</b>	<b>0,03</b>	<b>0,03</b>	<b>0,03</b>
<b>Hevoset</b>	<b>0,06</b>	<b>0,06</b>	<b>0,07</b>	<b>0,07</b>	<b>0,07</b>	<b>0,07</b>	<b>0,07</b>	<b>0,07</b>	<b>0,08</b>
<b>Siiipikarja</b>	<b>0,4</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>
<b>Vuohet</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>
<b>Yhteensä</b>	<b>8,9</b>	<b>8,4</b>	<b>8,1</b>	<b>8,0</b>	<b>8,0</b>	<b>9,6</b>	<b>9,6</b>	<b>9,8</b>	<b>9,4</b>

Pyörityksien takia taulukoissa 6–7 annetut summat ja vastaavat annettujen lukujen summat voivat poiketa toisistaan.

Sioille lietelannan osuus on laskettu painotettuna keskiarvona karjujen ja emakoiden ja lihasikojen tuottamasta lannan määrästä (lanta ilman virtsaa, lantamäärät Keränen & Niskanen 1987) ja taulukossa 5 annetuista osuuksista.

Taulukon 7 mukaan lannankäsittelyn päästöt ovat kasvaneet yli 5 %, kun vertaillaan vuosien 1990 ja 1998 päästöjä. Päästöjen kasvun syynä on lietelantamenetelmän lisääntyvä käyttö lannankäsittelyssä. Nautaeläinten lukumäärän vähentyminen on ollut niin suurta, että kokonaispäästöt ovat laskeneet. Sikojen lukumäärä on pysynyt lähes samana, mutta lietelantamenetelmä on yleistynyt. Sikojen lannankäsittelyn päästöt ovat arvion mukaan kasvaneet yli 20 % vuosina 1990–1998.

### 2.2.3 Yhteenveto kotieläinten ruoansulatuksen ja lannankäsittelyn metaanipäästöistä

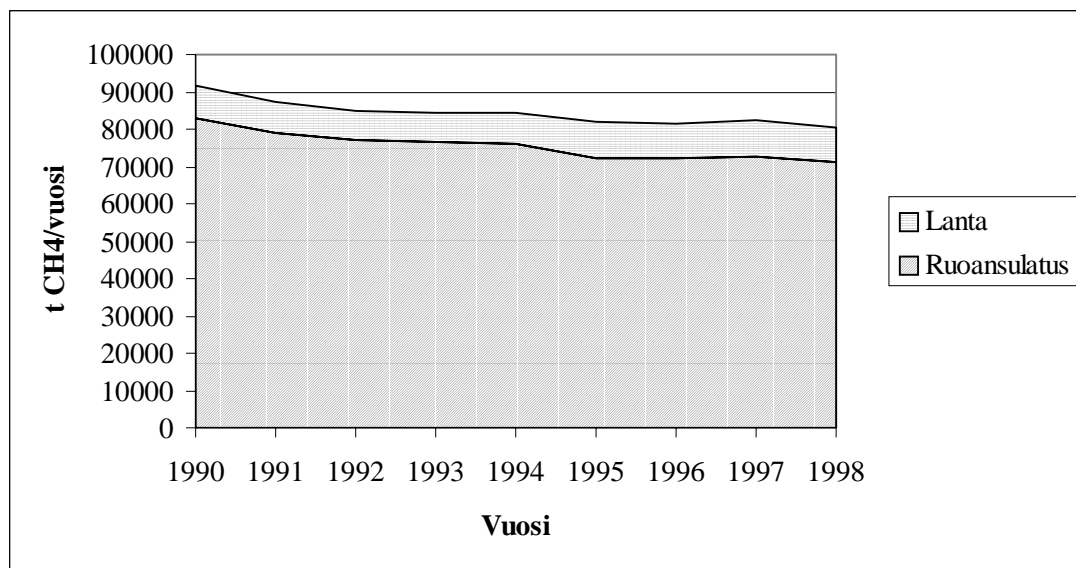
Maatalouden metaanipäästöt tulevat pääasiassa kotieläinten ruoansulatuksesta, lannankäsittelyn ja -varastoinnin päästöt ovat merkittävästi pienemmät (taulukko 8 ja kuva 1).

Taulukko 8. Arvioidut kotieläinten ruoansulatuksesta ja lannankäsittelystä aiheutuneet CH<sub>4</sub>-päästöt (Gg CH<sub>4</sub>/vuosi) Suomessa 1990–1998.

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Ruoansulatus	83,0	78,9	76,9	76,5	76,2	72,2	72,1	72,8	71,1
Lannankäsittely*	8,9	8,4	8,1	8,0	8,0	9,6	9,6	9,8	9,4
<b>Yhteensä</b>	<b>91,9</b>	<b>87,3</b>	<b>85,0</b>	<b>84,6</b>	<b>84,3</b>	<b>81,8</b>	<b>81,6</b>	<b>82,6</b>	<b>80,5</b>

Pyöristyksien takia taulukossa annetut summat voivat poiketa annettujen lukujen summista.

\* Lannankäsittelyn päästöt ovat taulukon 7 mukaiset.



Kuva 1. Kotieläinten ruoansulatuksen ja lannan käsittelyn ja varastoinnin metaanipäästöjen kehitys 1990-luvulla.



Arvion mukaan kotieläinten ruoansulatuksen CH<sub>4</sub>-päästöt ovat vähentyneet noin 14 % ja lannankäsittelyn päästöt kasvaneet yli 5 % vuodesta 1990 vuoteen 1998. Yhteensä kotieläinten pidosta aiheutuvat suorat CH<sub>4</sub>-päästöt ovat vähentyneet noin 12 % kyseisenä aikana.

Muita maatalouden metaanipäästöjä käsitellään kohdassa 2.4.

## 2.3 Dityppioksidipäästöt

### 2.3.1 Maatalousmaan dityppioksidipäästöt

Dityppioksidia (N<sub>2</sub>O) vapautuu maaperästä mikrobitoiminnan aiheuttamana nitrifikaatio- ja denitrifikaatioprosesseissa. Näiden prosessien voimakkuuteen ja N<sub>2</sub>O:n muodostumiseen ja vapautumiseen vaikuttavat monet tekijät yhdessä (typen määrä ja kemiallinen olomuoto, maan happitila, pH, kosteus, lämpötila, liukoisen hiilen määrä jne.). Yksittäisten tekijöiden vaikutusta N<sub>2</sub>O-päästöihin on ollut vaikea osoittaa, mutta yleisesti ollaan sitä mieltä, että typpi-kuormituksen kasvattaminen lisää päästöjä.

Arvioidut Suomen maatalousmaiden N<sub>2</sub>O-päästöt annetaan taulukossa 9.

IPCC-ohjeiden mukaan maatalousmaiden N<sub>2</sub>O-päästöjen arvioinnissa tulee ottaa huomioon lisääntyneestä typpikuormituksesta aiheutuvat suorat ja epäsuorat N<sub>2</sub>O-päästöt. Suorien päästöjen laskennassa otetaan huomioon maaperän typpikuormitusta lisäävinä tekijöinä väkilannoitus, lannan ja lietteiden levittäminen pelloille, kasvinjätteiden muokkaaminen maahan sekä biologinen typensidonta. Typpikuormituksesta arvioidaan 1,25 % (vaihteluväli 0,25–2,25 %) vapautuvan ilmakehään N<sub>2</sub>O:na. Taulukossa 9 ovat keskimääräistä päästökerrointa käyttäen saadut päästöt.

Väkilannoituksen typpikuormitus oletetaan laskuissa samaksi kuin maataloilille lannoitusvuosittain myytyjen väkilannoitteiden sisältämä typpimäärä miinus ammoniakkipäästöjen muodossa tapahtuva typpihäviö ilmakehään. Laskuissa väkilannoitteista on oletettu vapautuvan ammoniakkinä 0,6 % väkilannoitteiden sisältämästä typestä. Arvio on IPCC:n oletuskerrointa (10 %) huomattavasti pienempi, johtuen meillä käytettävien lannoitteiden pienestä haihtumisesta sekä sijoituslannoituksen yleisyydestä. Pelloille levitettävien lietteiden typpikuormitus on saatu Suomen ympäristökeskuksen VAHTI-tietojärjestelmästä. Pelloille levitettävän lannan typpimäärä on arvioitu VTT Energiassa ammoniakkipäästöjen laskentaa varten tehdyn mallin avulla (Savolainen et al. 1996; Tähtinen et al. 1997).

Taulukko 9. Arvioidut maatalousmaan  $N_2O$ -päästöt (Gg/a) Suomessa 1990–1998.

Päästölähde	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Väkilannoitus	4,5	4,0	3,2	3,3	3,3	3,8	3,5	3,3	3,3
Lannan levitys pelloille	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Lietteen levitys pelloille	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05*
Kasvinjätteiden muokkaus maahan	0,9	0,7	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,5
Biologinen typen sidonta	0,01	0,03	0,03	0,04	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01
Turvemaiden viljely	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3
NH <sub>3</sub> -päästöjen aiheuttamat epäsuorat päästöt	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Epäsuorat päästöt typen huuhtoutumisesta vesistöihin	1,8	1,6	1,4	1,4	1,4	1,5	1,4	1,4	1,4
<b>Maatalousmaat yhteensä</b>	<b>12,7</b>	<b>11,8</b>	<b>10,6</b>	<b>10,9</b>	<b>10,8</b>	<b>11,5</b>	<b>11,2</b>	<b>11,0</b>	<b>10,7</b>

Pyörityksien takia annetut summat ja vastaavat annettujen lukujen summat voivat poiketa toisistaan.

\* perustuu vuoden 1997 tietoihin

Kasvinjätteiden maahan muokkauksesta aiheutuva typpikuormitus lasketaan seuraavan kaavan avulla:

$$N_{\text{kasvinjätteet}} = \text{viljasadon määrä} \times \text{niittojäännöksen suhde viljasatoon} \times \text{niittojäännöksen kuiva-ainepitoisuus} \times \text{niittojäännöksen typpipitoisuus.} \quad (12)$$

Laskennassa on käytetty IPCC:n antamia oletusarvoja mainituille muuttujille (taulukot 4–17 ja 4–19 IPCC-ohjeissa). Näin saadut päästöt ovat noin kaksinkertaiset Suomen päästöinventaaressa aikaisemmin käytettyyn menetelmään nähden, jossa niittojäännöksen typpikuormitus on laskettu seuraavasti:

$$N_{\text{kasvinjätteet}} = \text{viljasadon määrä} \times \text{olkien määrä viljasatoon nähden (oletusarvo 1,35)} \times \text{maahan muokattujen olkien osuus (oletusarvo 50 \%)} \times \text{olkien kuiva-ainepitoisuus (oletusarvo 85 \%)} \times \text{olkien raakaproteiinipitoisuus kuiva-aineessa (3,5 \%)} \times \text{raakaproteiinin typpipitoisuus (oletusarvo 16 \%)} \quad (13)$$

Olkien typpipitoisuus on kaavan 13 mukaan laskettuna noin 0,006 kg N/kg kuivaa biomassaa, kun IPCC-ohjeiden antama oletusarvo on 0,015–0,03 kg N/kg kuivaa biomassaa viljelykasvista riippuen. Maatalouden tutkimuskeskuksen (MTT) koeaineistossa olkien typpipitoisuus on ollut normaalisti tuleentuneissa kasvustoissa melko vakaasti noin 0,7 % (Martti Esala, MTT 27.11.1997).

Vaikka erot kyseisillä menetelmillä lasketuissa päästöissä ovat suuret, on itse päästöjen merkitys maatalousmaiden kokonaispäästöihin suhteellisen pieni (ks. taulukko 9). Selitys IPCC-ohjeiden merkittävästi korkeammalle arvolle voi olla siinä, että ohjeet perustuvat suurelta osin Alankomaissa ja Yhdysvalloissa tehtyihin tutkimuksiin. Keskimääräinen lannoitustaso on ko. maissa Suomen tasoa korkeampi, jolloin myös olkien typpipitoisuus saattaisi olla korkeampi. Taulukkoon 9 on otettu IPCC:n menetelmällä ja oletusarvoilla lasketut päästöt.

Maatalouden epäsuorat  $N_2O$ -päästöt aiheutuvat IPCC-ohjeiden mukaan maatalouden ammoniakki- ( $NH_3$ ) ja typenoksidi- ( $NO_x$ ) päästöistä, joista aiheutuva laskeuma lisää maaperän typpikuormitusta, ja pelloille levitetyn ”typen” huuhtoutumisesta vesistöihin. Ohjeiden mukainen päästökerroin epäsuorille päästöille on 1 % typpikuormituksen määrästä. Ammoniakkipäästöjen aiheuttama typpikuormitus oletetaan yhtä suureksi kuin maatalouden ammoniakkipäästöjen (väkilannoituksen sekä lannan käsittelyn, varastoinnin ja levityksen päästöt) sisältämä typpimäärä. Tässä esitetty arvio perustuu VTT Energian ammoniakkipäästömalliin (Savolainen et al. 1996; Tähtinen et al. 1997). Maatalouden  $NO_x$ -päästöistä ei ole arvioita, mutta niiden oletetaan olevan pienet.

Typen huuhtoutumista vesistöihin on arvioitu IPCC-ohjeiden menetelmän mukaisesti, mutta päästökertoimen valinnassa on otettu huomioon Suomessa tehty tutkimus huuhtoutumisen suuruudesta. Ohjeiden mukaan 10–80 % väkilannoitteiden ja lannan (Suomen päästöarvioissa myös lietteiden) mukana pelloille levitetystä tpeestä voi huuhtoutua vesistöihin, oletusarvoksi suositellaan 30 %. Myös laiduntamisen aiheuttama typpikuormitus tulee laskea mukaan vesistöjen typpikuormitusta arvioitaessa. Annettu oletusarvo, 30 % väkilannoitteiden ja lannan tpeestä, tuntuu varsin korkealta arvolta. Suomessa ja pohjoismaissa tehtyjen tutkimuksien (Suomen ympäristökeskus 1995; Rekolainen et al. 1995 ym.) mukaan maataloudesta huuhtoutuu tpepeä vesistöihin huomattavasti vähemmän, 20 000–40 000 t/vuosi, mikä vastaa noin 6–16 % vuotuisesta typpikuormituksesta.  $N_2O$ -päästölaskuissa on oletettu, että 15 % väkilannoitteiden, lannan ja lietteiden mukana pelloille levitettävästä tpeestä huuhtoutuu vesistöihin vuosittain.

Huuhtoutuneesta tpeestä vapautuu IPCC ohjeiden mukaan ilmakehään 2,5 %  $N_2O$ :na (vaihteluväli 0,2–12 %). Huuhtoutuman osuus maatalousmaiden  $N_2O$ -

päästöistä Suomessa on taulukossa 9 annetun arvion mukaan yli 10 %, IPCC:n oletuspäästökertoimia käyttäen vastaava luku olisi yli 20 %.

Maanviljely lisää mikrobitoimintaa maaperässä ja voi tätä kautta aiheuttaa N<sub>2</sub>O-päästöjä myös lannoittamattomissa viljelysmaissa. IPCC-ohjeiden mukaan tämä N<sub>2</sub>O-päästöjä mahdollisesti lisäävä vaikutus otetaan huomioon ainoastaan eloperäisten maiden (turvemaiden) osalta. Suomessa näitä maita arvioidaan olevan viljelyksessä 260 000–420 000 ha (ks. kohta 3.1) ja IPCC-ohjeissa annetun oletuspäästökertoimen (5 kg N<sub>2</sub>O-N/ha) avulla lasketut päästöt olisivat siten 2,2–3,3 Gg N<sub>2</sub>O vuodessa. Suomalaisen ilmakehä tutkimusohjelman (SILMUn) tutkimuksissa päästöt arvioitiin jonkin verran suuremmiksi, noin 4 Gg:ksi N<sub>2</sub>O/vuosi (päästökerroin noin 8 kg N<sub>2</sub>O-N/ha). Tätä arviota on käytetty myös Suomen kansallisissa ilmastositomuksen mukaisissa raportoinneissa. Korkeamman päästökertoimen käyttöä puoltaa myös se seikka, että uusissa tutkimuksissa on saatu tätä tukevia tuloksia (Klemedtsson et al. 1999). Taulukossa 9 annetut päästöt on laskettu käyttäen päästökertoimenä 8 kg N<sub>2</sub>O-N/ha.

Maatalousmaan N<sub>2</sub>O-päästöjen arvioinnin epävarmuudet ovat suuret ja eri tekijöiden, kuten ilmaston sekä viljelyolosuhteiden ja lannoituskäytännön, vaikutuksia päästöjen suuruuteen ei tunneta hyvin. Tekijöiden määrällisiä vaikutuksia on tutkittu paljon, mutta tulokset ovat olleet osittain ristiriitaisia eikä yksittäisten tekijöiden vaikutuksia ole pystytty erottamaan eri tekijöiden yhteisvaikutuksista (mm. Bouwman 1993).

IPCC-ohjeiden maatalouden N<sub>2</sub>O-päästöjen arviointimenetelmien taustatiedot ovat suurelta osin peräisin Alankomaissa, Yhdysvalloissa ja Japanissa tehdyistä tutkimuksista. Suomen maatalous, maaperä ja ilmasto-olosuhteet ovat hyvin erilaiset näihin maihin nähden ja siksi suomalaisen tutkimustiedon hankkiminen ja lisääntyvä hyödyntäminen päästöarvoissa olisi tärkeää.

### **2.3.2 Lannankäsittelyn dityppioksidipäästöt**

Lanta sisältää runsaasti liukoista ammonium- ja nitraattityyppiä, ja käsittelyn ja varastoinnin aikana N<sub>2</sub>O:ta tuottavat denitrifikaatio- ja nitrifikaatioprosessit ovat mahdollisia lannassa samaan tapaan kuin maaperässä. Mittauksia lannankäsittelyn ja -varastoinnin N<sub>2</sub>O-päästöistä on vähän ja niiden antamat tulokset vaihtelevat paljon. IPCC-ohjeiden mukaisessa päästöjen laskennassa tarvitaan tietoa kotieläinten lannan typpisisällöstä ja lannankäsittelymenetelmistä. Tässä esitetyt päästöarviot perustuvat Maaseutukeskusten Liiton arvioimiin tietoihin eri eläintyyppien lannan sisältämistä typpimääristä ja lannankäsittelymenetelmistä (jako liete ja kuivalanta). Laidunkauden lantamäärä on arvioitu annetuista kokonaismääristä laidunkauden pituuden mukaan.

IPCC:n antamat oletuspäästökertoimet (päästöt lannan sisältämää typpikiloa kohti) lannan käsittelyn ja varastoinnin sekä laidunnan päästöille ovat: lietelanta < 0,001 kg N<sub>2</sub>O-N/kg N ja kuivikelanta sekä laiduntaminen 0,02 (0,005–0,03 ) kg N<sub>2</sub>O-N/kg N. Arvio päästöjen suuruudesta on annettu taulukossa 10.

*Taulukko 10. Arvio lannan käsittelyn ja varastoinnin sekä laiduntamisen aiheuttamista N<sub>2</sub>O-päästöistä Suomessa 1990–1998.*

Päästölähde	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Lietelanta	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04
Kuivikelanta	1,6	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Laiduntaminen	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8	0,7
<b>Yhteensä</b>	<b>2,7</b>	<b>2,5</b>	<b>2,5</b>	<b>2,5</b>	<b>2,4</b>	<b>2,2</b>	<b>2,2</b>	<b>2,2</b>	<b>2,1</b>
Päästöjen vaihteluväli	<b>0,7–</b>	<b>0,6–</b>	<b>0,6–</b>	<b>0,6–</b>	<b>0,6–</b>	<b>0,5–</b>	<b>0,5–</b>	<b>0,5–</b>	<b>0,5–</b>
	<b>4,0</b>	<b>3,8</b>	<b>3,7</b>	<b>3,7</b>	<b>3,6</b>	<b>3,2</b>	<b>3,2</b>	<b>3,3</b>	<b>3,2</b>

Pyörityksien takia annetut summat voivat poiketa vastaavien annettujen lukujen summista.

Taulukossa 10 esitettyjen arvioiden mukaan lannan käsittelyn ja varastoinnin sekä laiduntamisen päästöt muodostaisivat merkittävän osan maatalouden N<sub>2</sub>O-päästöistä. Päästöarvion laskennassa käytetyt IPCC-ohjeiden oletuspäästökertoimet ovat kuitenkin hyvin epävarmoja, ja epävarmuuksia lisää se seikka, ettei niiden soveltuvuutta Suomen oloihin tunneta.

## 2.4 Muut maatalouden kasvihuonekaasupäästöt

Traktoreiden ja muiden maatalouskoneiden käytöstä sekä maatalon tuotantorakennusten lämmityksestä ja muusta energiankäytöstä aiheutuvat päästöt ilmoitetaan energiatilastoissa ja tilastokeskuksen päästölaskelmissa yhdessä metsätalouden vastaavien päästöjen kanssa. Vuonna 1990 maa- ja metsätalouden energiakäytön päästöt olivat tilastokeskuksen arvion mukaan 2,2 Tg CO<sub>2</sub>, 1,6 Gg CH<sub>4</sub> ja 0,7 Gg N<sub>2</sub>O ja vuonna 1997 1,9 Tg CO<sub>2</sub>, 1,5 Gg CH<sub>4</sub> ja 0,6 Gg N<sub>2</sub>O (YM 1999). Maatalous vastaa näistä päästöistä lähes kokonaan (Kari Grönfors 2.2.1999).

Maatalouden energiankulutuksen päästöjen arviointi on kuitenkin epävarmaa, sillä varsinaista tiedonkeruuta maatiloilta ei enää tehdä. Luvut ovat siksi ainoastaan suuntaa antavia.

Maataloudella on myös epäsuoria vaikutuksia ilmakehän metaanipitoisuuteen. Maaperän mikrobit hapettavat metaania hiilidioksidiksi ja vedeksi, ja erittäin tehokas tämä prosessi on metsämaissa. Peltojen raivaamisen viljelykseen ja typpilannoitteiden käyttöön on todettu vähentävän maaperän metaaninottoa ja paikallisesti voi viljelysmailla esiintyä jopa metaanipäästöjä. Määrällistä arviota metaaninoton vähentymisestä on vaikea tehdä, eikä siitä ole arviota Suomen osalle. Viljelyksessä olevista turvemaista (turvepeltoista) Suomessa on arvioitu vapautuvan metaania noin 0,8 Gg/a (Kuusisto et al. 1996). Päästöt ovat merkityksättömän pienet verrattuna luonnontilaisten soiden metaanipäästöihin.

Lannoitteiden tuotanto aiheuttaa myös kasvihuonekaasupäästöjä (mm. tuotantoprosessien ja kuljetusten energiankulutuksen kautta), jotka IPCC-metodiikan mukaan ilmoitetaan energia- ja teollisuussektorin päästöinä. Kemira Agro Oy:n (suullinen tiedonanto Heikki Hero, 28.4.1998) mukaan yhden lannoitetonnin käytöstä aiheutuva kasvihuonekaasupäästö on noin 550 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalentteina ilmoitettuna. Luku sisältää tuotantoprosessin, kuljetusten ja levittämisen energiakulutuksen päästöt. Maataloudessa 1990-luvulla käytettyjen lannoitteiden osalta tämä merkitsisi noin 0,6 Tg CO<sub>2</sub>-ekv. vuotuista päästöä. Tästä osa (karkean arvion mukaan noin 0,2 Tg CO<sub>2</sub>-ekv./vuosi) sisältyy maatalouden energiankäytön päästöihin.

## **2.5 Yhteenveto maatalouden kasvihuonekaasupäästöistä**

Taulukossa 11 on esitetty yhteenveto arvioiduista maatalouden aiheuttamista kasvihuonekaasupäästöistä Suomessa vuosina 1990, 1995 ja 1998. Taulukossa on lisäksi mainittu IPCC-luokituksen mukaiset päästölähteet, joille nykyisten ohjeiden mukaan tulisi laatia päästöarviot, mutta joiden päästöjä ei Suomessa vielä tunneta niin hyvin, että määrällisten arvioiden laatiminen olisi mahdollista.

Suomen maatalouden kasvihuonekaasutaseessa maatalouden energiankulutus, kotieläintuotanto, peltojen typpilannoitus ja turvemaiden viljely muodostavat neljä lähes yhtä suurta päästölähdettä (vuotuiset päästöt noin 2–3 Tg CO<sub>2</sub>-ekvivalenttia). Maatalouden osuus Suomen kokonaispäästöistä (1990 noin 75 Tg ja vuonna 1998 noin 77 Tg CO<sub>2</sub>-ekvivalenttia) on ollut alle 15 % 1990-luvulla. Vuodesta 1990 vuoteen 1998 maatalouden päästöt, mukaan lukien energiankulutuksen ja lannoitteiden valmistuksen päästöt, ovat vähentyneet noin 15 %.

Vuosien 1990, 1995 ja 1997 energiantuotannon ja -kulutuksen päästöt sisältävät myös metsätalouden päästöt. Turvemaiden kasvihuonekaasupäästöt on esitetty omana ryhmänään. Käytettyjen lannoitteiden tuotannon ja levityksen energiankulutuksen päästöille on esitetty karkea arvio, jota on käytetty koko aikasarjalle.

CO<sub>2</sub>-ekvivalenttipäästöt on laskettu seuraavia GWP-kertoimia (tarkasteluaika 100 vuotta) käyttäen:  $GWP_{CH_4} = 21$  ja  $GWP_{N_2O} = 310$ .

Turvemaiden päästöt ovat erittäin epävarmoja ja päästöarvioiden parantamiseen tulisi kiinnittää erityistä huomiota: turvemaiden pinta-ali tiedot tulisi tarkistaa ja niiden tietojen saannin jatkuvuus varmistaa. Myös päästökertoimien parantamiseksi tarvitaan lisää tutkimusta. Myös maatalousmaiden typpikuormituksen päästöt ovat epävarmoja ja käytettyjen päästökertoimien soveltuvuus (IPCC:n oletuspäästökertoimet) Suomen oloihin tulisi varmentaa kotimaassa tehtävin tutkimuksin.

Maatalous on merkittävä CH<sub>4</sub>-lähde Suomessa, mutta verrattuna maatalouden CO<sub>2</sub>- ja N<sub>2</sub>O-päästöjen kasvihuonevaikutukseen on CH<sub>4</sub>-päästöjen merkitys pienempi. Maatalouden metaanipäästöjen laskentamenetelmät ja lähtötiedot ovat merkittävästi luotettavampia kuin muiden maatalouden päästöjen.

Taulukko 11. Arvioidut maataloudesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt Suomessa 1990, 1995 ja 1998. CO<sub>2</sub>-päästöt ja CO<sub>2</sub>-ekvivalenttipäästöt ovat Tg/vuosi, muut päästöt Gg/vuosi. Taulukossa on annettu ainoastaan yksi luku kaikille päästöille (paras arvio tai vaihteluvälin keskiarvo).

Päästölähde	1990			1995			1998*		
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Energiantuotanto ja -kulutus*	2,2	1,6	0,7	1,6	1,3	0,6	1,9	1,5	0,4
Lannoitteiden tuotanto ja levityksen energiankulutus**	0,4			0,4			0,4		
Kotieläinten ruoansulatus		83,0			72,2			71,1	
Lannankäsittely ja -varastointi		8,9	2,7		9,6	2,2		9,4	2,1
Peltojen typpekuormitus - suorat päästöt			6,2			5,3			4,7
- epäsuorat päästöt			2,2			1,9			1,8
Turvemaiden viljely	1	0,8	4	1	0,8	4	1	0,8	4
Peltojen kalkitus	0,6			0,4			0,4		
Kivennäismaiden viljely***									
Kasvijätteiden poltto pelloilla****									
Yhteensä	4,2	94,3	15,8	3,4	83,9	14,0	3,7	82,8	13,0
CO <sub>2</sub> -ekvivalentteina	4,2	2,0	4,9	3,4	1,8	4,3	3,7	1,7	4,0
Kaikki kaasut yhteensä CO <sub>2</sub> -ekvivalentteina	11,1			9,5			9,4		

\* Energiantuotannon ja -kulutuksen päästöt ovat vuoden 1997 päästöt, koska uusia arvioita ei ollut raporttia kirjoitettaessa vielä saatavilla. Ko. päästöt ilmoitetaan kansallisissa kasvihuonekaasuinventaareissa energiasektorin päästöinä.

\*\* Ko. päästöt ilmoitetaan kansallisissa inventaareissa energiasektorin ja teollisuuden päästöinä.

\*\*\* Päästöarvio puuttuu.

\*\*\*\* Päästöt arvioitu merkityksettömän pieniksi.



## 3 Vähentämismahdollisuudet ja kustannukset Suomessa

### 3.1 Yleistä päästöjen vähentämistoimenpiteistä ja niiden vaikutusten arvioinnista

Tässä luvussa tarkastellaan maatalouden päästöjen vähentämisen mahdollisuuksia Suomessa. Tarkastelussa pyritään arvioimaan tarkasteltavien toimenpiteiden vaikutuksia sekä eri kasvihuonekaasujen päästöihin että kokonaispäästöihin. Luvussa esitetään myös yhteenveto tarkasteltavien toimenpiteiden vaikutuksista muihin maatalouden ympäristöpäästöihin, erityisesti NH<sub>3</sub>-päästöihin ja ravinnehuuhtoutumiin vesistöön.

Tehokas ruokinta ja sen seurauksena korkea tuotostaso lisää päästöjä eläintä kohti mutta vähentää niitä tuotettua maito- ja lihakiloa kohti (Gibbs & Kaestle 1996, ym.). IPCC-ohjeet tarjoavat mahdollisuuden arvioida ruokinnan muutosten vaikutusta päästöihin rajoitetusti. Ruokinnan vaikutuksia eläinten ruoansulatuksesta aiheutuviin CH<sub>4</sub>-päästöihin voidaan tarkastella ainoastaan nautojen osalta. Suomessa kotieläinten ruoansulatuksen CH<sub>4</sub>-päästöistä yli 90 % on peräisin nautoista. Nautojen ruoansulatuksen päästöjen suuruuteen vaikuttaa eläinten ruokinta ja vähäisemmässä määrin eläinten kulutustaso, laiduntaminen, nautojen tekemä työ (ei merkitystä Suomessa) ja jossain määrin myös ilmasto.

IPCC-ohjeet eivät anna menetelmää ilmastollisten tekijöiden huomioon ottamiseen. Suomessa on käytössä nk. kylmäpihattoja etenkin emolehmä-tuotannossa. Tutkimusten mukaan eläinten ulkonaolo vuoden ympäri kylmissä ilmasto-olosuhteissa lisää niiden energiatarvetta (Manninen 1998), ja siten myös päästöjä, verrattuna saman tuotostason eläimiin, jotka viettävät talvikauden sisätiloissa.

Mikäli tiedetään ruokinnan vaikutukset tuotostasoon ja tunnetaan rehujen sulausarvot, pystytään päästöt arvioimaan.

Maaseutukeskukset laskevat karjantarkkailuun kuuluville tiloille ruokinta-suosituksia, joilla pyritään optimaaliseen ruokintaan tilojen oma rehuntuotanto ja tavoiteltu tuotostaso huomioon ottaen. Laskelmat tehdään nautakarjan peruseruokinnan suunnitteluohjelmistolla, RUSUlla, joka kuvataan tarkemmin seuraavassa kohdassa. Ohjelmistolla voidaan tarkastella myös ruokinnan

kustannusvaikutuksia. Tässä työssä tehdyt arviot mahdollisuuksista vaikuttaa ruokinnan avulla nautakarjan aiheuttamiin kasvihuonekaasupäästöihin perustuvat RUSU-ohjelmistolla tehtyihin laskelmiin.

Nautojen ruoansulatuksen päästöihin voidaan vaikuttaa myös muulla tavoin kuin perusruokintaa muuttamalla, esimerkiksi lisäämällä erilaisia ruokinnan tehokkuutta nostavia lisäaineita rehuihin, muuttamalla eläinten geeniperimää tai parantamalla jälkeläisten tuottokykyä (EPA 1993 ja 1999). Esimerkkeinä ruoansulatuksen CH<sub>4</sub>-päästöjä alentavista toimenpiteistä annetaan

- alhaisen sulavuuden omaavien rehujen sulavuuden parantaminen (esim. olkien emäs- tai ammoniakkikäsittely tai pilkkominen)
- pötsin mikrobi- tai pieneläinkannan muuttaminen
- erilaiset strategiset ravinnelisäykset, jotka lisäävät pötsin mikrobikantaa ja tehostavat siten ruoansulatusta
- kasvuhormonien ja anabolisten steroidien käyttö lisäämään tehokkaassa ruokinnassa olevien nautojen lihan ja maidontuotantoa (toimenpide kielletty Suomessa ja EU:ssa).

Eläinten tuottavuudessa on myös yksilöllisiä ja rodullisia eroja. Eläinten geeniperimää voidaan parantaa risteytysten ja geenitekniikan avulla etenkin lihakarjalla.

Ruokinnan tehostamisella on arvioitu voitavan vähentää ruoansulatuksen CH<sub>4</sub>-päästöjä 10–75 % (Hogan 1993). Mahdollisuudet vähentää päästöjä riippuvat eläinten nykyisestä ruokinnasta ja tuotostasosta. Suurin kansallinen vähennyspotentiaali on alhaisen tuotostason maissa, kehitysmaissa ja siirtymätalouden maissa.

Ruokinnalla on vaikutuksia myös lannankäsittelyn CH<sub>4</sub>- ja N<sub>2</sub>O-päästöihin, kuten myös NH<sub>3</sub>-päästöihin ja ravinteiden huuhtoutumiseen vesistöihin. Ruokinnallisoin keinoin voidaan jossain määrin parantaa eläinten valkuaisen hyväksikäyttöä ja siten pienentää niiden typpieritystä. Märehtijöiden valkuaisen hyväksikäytön parantamista aminohapoilla on tutkittu Suomessa ja tulokset ovat lupaavia (Vanhatalo 1997). Esimerkiksi lypsylehmien valkuaisrehun (rypsi-rouheen) korvaamisesta histidiinillä on saatu tuloksia, joiden mukaan lehmän typpieritys vähenee lypsykaudella 9 kg. Jos histidiiniä annetaan yhdessä glukoosin kanssa, kaksinkertaistuu typpipäästöjen väheneminen tutkimuksen mukaan. Sikojen ruokintavaihtoehtojen vaikutuksia typen erittymiseen tarkastellaan kohdassa 3.3.

Parhaimmillaan eläinten ruokinnan optimointi tarkoittaa sitä, että yli-ruokinta vähenee, eläinten hyvinvointi paranee ja haitalliset ympäristövaikutukset vähentyvät. Tuotostason liiallinen kasvattaminen voi kuitenkin myös vähentää

eläinten hyvinvointia. Jos ruokinnan tehostaminen perustuu tuontirehujen ja teollisten ravintolisien lisääntyvään käyttöön, voivat näiden tuotannon ja kuljetusten päästöt vähentää ruokinnan tehostumisesta saatavaa päästösäästöä tai jopa mahdollisesti ylittää sen. Määrällisten arvioiden tekeminen näistä epäsuorista päästöistä on vaikeaa.

Maatalousmaiden N<sub>2</sub>O-päästöt ovat peräisin väkilannoitteiden, lannan ja lietteiden levityksestä. Päästöjen muodostumiseen vaikuttavat prosessit ovat monimutkaisia ja päästöjen määrään vaikuttaa typpikuormituksen määrän lisäksi myös muita tekijöitä, kuten maalaji, se mitä viljellään ja viljelyskäytäntö. IPCC-ohjeet antavat mahdollisuuden ainoastaan typpikuormituksessa tapahtuvien muutosten huomioon ottamiseen vähennystoimenpiteiden vaikutusten arvioinnissa. Typpikuormitusta voidaan vähentää mm. laajaperäistämällä tuotantoa lannoitustasoa ja sitä kautta tuotantotasoa laskemalla.

Maatalousmaiden typpikuormituksesta aiheutuu arvioiden mukaan myös epäsuoria päästöjä, etenkin huuhtoutumisen kautta. Suomessa typpi- ja fosforihuuhtoutumiin on kiinnitetty huomiota jo usean vuoden ajan vesiensuojelullisista näkökohdista lähtien. Useita toimenpiteitä vähentää huuhtoutumia on jo toteutettu. Toimenpiteiden jatkaminen ja tehostaminen vähentää myös N<sub>2</sub>O-päästöjä. Jo tehtyjen toimenpiteiden vaikutusta päästöihin ei myöskään ole pystytty ottamaan päästöarvioissa huomioon, koska toimenpiteiden määrällisestä vaikutuksesta typpihuuhtoutumiin ei ollut määrällistä arviota käytössä. Näiden määrällisten arvioiden tuottaminen olisi ensiarvoisen tärkeää inventaarien laadun parantamiseksi tältä osin, ja jo nyt tehtyjen ja mahdollisten tulevien toimien vaikutusten arvioimisen mahdollistamiseksi.

## 3.2 RUSU-ohjelma

Mahdollisuutta vähentää maatalouden kasvihuonekaasupäästöjä nautojen ruokintaa muuttamalla arvioitiin yhdistämällä Maaseutukeskusten Liiton ruokinnan suunnitteluohjelman, RUSUn, ruokinta- ja tuotostasolaskelmien tuloksia VTT Energian päästöjenlaskentamalliin.

RUSU on nautakarjan ruokinnan suunnitteluohjelmisto, jonka avulla suunnitellaan karjan rehustus kokonaisvaltaisesti. Suunnittelun lähtökohtana ovat tilalla olevat rehuvarastot, joille suunnitellaan mahdollisimman järkevä käyttö ja joita täydennetään tarvittavalla ostorehulla. Ohjelmalla voidaan laskea ruokintataulut eli eläinkohtaiset päivittäiset rehuannokset, rehutase eli karjakohtainen rehubudjetti suunnittelujaksolle, rehukustannukset, ruokinnan ravintetaset ja kivennäistulosteet lehmille, emolehmille ja tilan nuorkarjalle

halutulle ajanjaksolle, jonka pituus voi olla 1–365 päivää. Eläinten ravinnon tarpeen laskenta RUSUssa perustuu voimassa oleviin virallisen rehutaulukon mukaisiin ruokintasuosituksiin (Tuori et al. 1996).

RUSU-ohjelmaa käytetään vuosittain noin 18 000 nautakarjatilalla. Sitä käyttävät sekä viljelijät itse että maaseutukeskusten neuvojat. Ohjelma sijaitsee Maatalouden Laskentakeskuksen tietokoneella, josta sitä käytetään PC:llä modeemin välityksellä.

RUSU käyttää taustatietoinaan mm. karjantarkkailun tietokantaa sekä Maatalouden Laskentakeskuksen koottua rehurekisteriä, joka sisältää kaikki Suomessa käytettävät kotoiset rehut sekä kaikki kaupan olevat rehumerkit, mm. niiden rehuarvot ja hinnat.

### **3.2.1 Rehuntarpeen, rehukustannusten ja ruokinnan ravinnetaseiden laskenta**

RUSU-ohjelma laskee eläinten rehuntarpeen lehmillä maitotuotoksen (kiloa/vuosi) ja elopainon sekä kasvavilla eläimillä päiväkasvun mukaan. RUSUn avulla voidaan laskea yksittäisten eläinten ja koko karjan rehun tarve erilaisille maitotuotos- sekä päiväkasvutasoille. Rehustusta voidaan muuttaa halutunlaiseksi ottaen kuitenkin huomioon eläimen suositusten mukainen tarve ja fysiologiset ominaisuudet. RUSU ottaa rehun tarpeen laskennassa huomioon eläimen energian (rehuysikköä), valkuaisen (g ohutsuoesta imeytyvää valkuaista), kalsiumin (g Ca) ja fosforin (g P) sekä karkean kuiva-aineen (kg karkearehun k.a.) päivittäisen tarpeen.

RUSU laskee rehutaseen ja rehujen hintojen perusteella ruokintakustannukset ruokintajaksolla rehuittain ja eläinryhmittäin sekä tärkeimmät ruokintakustannuksia kuvaavat tunnusluvut. Rehukustannus sisältää kaikkien rehujen kustannukset. Rehurekisterissä olevat rehujen hinnat perustuvat tarkkailutiloilta kerättyihin tietoihin todellisista tilojen maksamista hinnoista ja kotoisten rehujen tuotantokustannuksista. Ostorehukustannus sisältää vain tilalle ostettujen rehujen kustannukset ja muuttuvat kustannukset tilalta ulos maksettavat rahamenot.

RUSUn avulla on mahdollista karkealla tasolla laskea typen ja fosforin taseita, ns. ruokinnan ravinnetaseita sekä hyväksikäyttöä ruokinnassa. Ravinnetaselaskelmien tarkoituksena on auttaa tiloja vähentämään kotieläintuotannosta aiheutuvaa ympäristön typpi- ja fosforikuormitusta. Ravinnetaseiden laskenta-

menetelmä on vain suuntaa antava. Ravinteiden hyväksikäyttöön vaikuttavat myös monet muut tekijät, joita laskennassa ei pystytä ottamaan huomioon.

Ruokinnan ravinnetaselaskelmassa lasketaan, miten paljon ravinteista on ruokinnassa ylijäämää eli paljonko sontaan jää ravinteita. Lisäksi lasketaan typen ja fosforin hyväksikäyttö eli montako prosenttia rehun sisältämästä fosforista eläin käyttää. Loppu jää sontaan.

Ruokinnan ravinnetaselaskelman laskentaperiaatteet RUSUssa:

- Rehujen fosforimäärä lasketaan joko annetun analyysituloksen tai sen puuttuessa rehurekisterin arvon perusteella.
- Rehujen typpimäärä lasketaan raakavalkuaispitoisuudesta, joko annetun analyysituloksen tai sen puuttuessa rehurekisterin arvon perusteella.
- Maidon ja lihan typpi- ja fosforipitoisuudet lasketaan vakiokertoimilla

	N, g/kg	P, g/kg
maito	5,11	0,95
liha (elopaino)	5,0	29,0.

### 3.2.2 Laskentatapaukset

RUSU-ohjelman avulla tehtiin laskelmia maito- ja lihatiloille. Tyypitilojen määrittelyssä pyrittiin ottamaan huomioon laskentahetken keskimääräisen suomalaisen nautatilän ominaisuudet sekä todennäköiset eri kehitystrendit. Laskelmista pyrittiin tulkinnan helpottamiseksi tekemään kuitenkin riittävän yksinkertaisia muuttamalla mahdollisimman harvoja tekijöitä.

Laskelmissa käytettiin virallisen rehutaulukon ruokintasuosituksia ja soveltuvin osin rehutaulukkoon perustuvia keskimääräisiä Maatalouden Laskentakeskuksen rehurekisterissä olevia arvoja rehuille.

#### Maidontuotantotilat

Laskelmien pohjaksi otettiin tyypillinen suomalainen maitotila, jolla on 15 lypsylehmää ja 15 karjan uudistamiseen tarkoitettua hiehoa. Tarkkailukarjojen keskikoko vuonna 1997 oli 15,2 lehmää ja kaikkien karjojen keskikooksi vuonna 1998 on arvioitu noin 15 lehmää.

Koska lypsylehmien ruokinta poikkeaa eri osissa maata, päädyttiin laskemaan vaihtoehtoja kahdella eri ruokintamallilla: runsaaseen säilörehuun sekä runsaaseen väkirehuun perustuvalla ruokinnalla. Laskelmissa säilörehua täydennetään joko täysrehulla tai viljalla, rypsirouheella ja kivennäisillä siten,

että eläinten suositusten mukainen energian, valkuaisen, kalsiumin ja fosforin saanti täyttyy. Kuiva heinä jätettiin yksinkertaisuuden vuoksi pois lasketusta ruokintamallista koska sen merkitys on vähäinen ja se on vähitellen jäämässä pois maitotilojen rehuntuotannosta. Säilörehuna käytetään esikuivattua säilörehua, jonka käyttö lisääntyy karjatiloiilla vuodesta toiseen. Hiehoille käytetään samoja rehuja kuin lypsylehmille.

Laskelmat tehtiin vuoden jaksolle siten, että lehmät ja hiehot laiduntavat 1.6.–28.9. välisen 120 päivän ajan ja väkirehu pysyy koko vuoden samana. Lehmien elopainona käytettiin 550 kg ja hiehojen poikimaikänä 25 kk.

Laskelmat tehtiin erilaisille tuotostasoille 5 000, 7 000 ja 9 000 kg maitoa lehmää kohti vuodessa. Maidon rasvapitoisuutena laskelmissa käytettiin 4,30 % ja valkuaispitoisuutena 3,20 %. Keskituotosvaihtoehdoilla kuvataan eksten-siivistä, keskimääräistä ja intensiivistä tuotantoa, jotka kaikki ovat mahdollisia käytännössä Suomessa. Karjantarkkailussa mukana olevien maitotilojen keskituotos vuonna 1997 oli 7 186 kg lehmää kohti vuodessa ja kaikkien karjojen meijeriin lähettämän maidon perusteella arvioitu tuotos noin 6 450 kg lehmää kohti vuodessa. Suomen huippukarjat yltyvät yli 10 000 kg:n vuosituotokseen. Hiehojen ruokinta pidettiin laskelmissa samanlaisena riippumatta lehmien keskituotoksesta.

### **Naudanlihantuotantotilat**

Laskelman pohjaksi otettiin tyypillinen erikoistunut välitysvasikoita kasvattava tila, jolla on 60 lihanautaa. Ruokinta perustuu omalla tilalla tuotettuun säilörehuun ja viljaan, joita täydennetään valkuastiivisteellä ja kivennäisillä siten, että eläinten suositusten mukainen energian, valkuaisen, kalsiumin ja fosforin saanti täyttyy. Laskelmat tehtiin erilaisille kasvuille: 800, 1 000 ja 1 200 g/pv, jolloin teuraspainoiksi tuli vastaavasti 258, 243 tai 249 kg ja teurastusiäksi 21, 16 tai 14 kk. Eri vaihtoehdoilla kuvataan eksten-siivistä, keski-määräistä ja intensiivistä tuotantoa, jotka kaikki ovat mahdollisia käytännössä Suomessa. Maaseutukeskusten talousseurannassa mukana olevien välitysvasikkatilojen keskikoko vuonna 1997 oli 77 kpl (tilalla olevien keskieläinluku) ja keskimääräinen kasvu 1 040 g päivässä. Laskelmat tehtiin vuoden jaksolle siten, että naudoilla on ympärivuoden sama ruokinta. Laskelmissa käytettiin keskimääräisiä Maatalouden Laskentakeskuksen reherekisterin arvoja rehuille.

Laskelmat tehtiin kolmella eri ruokintamallilla:

- karkearehuvaltainen ruokinta, jolloin eri kasvuintensiteeteillä väkirehu-prosentiksi tuli 24, 31 tai 38 prosenttia,
- väkirehuvaltainen ruokinta 1, jolloin eri kasvuintensiteeteillä väkirehu-prosentiksi tuli 46, 50 tai 55 prosenttia,
- väkirehuvaltainen ruokinta 2, jolloin eri kasvuintensiteeteillä väkirehu-prosentiksi tuli 66, 68 tai 72 prosenttia rehuannoksen kuiva-aineesta.

Keskimäärin maaseutukeskusten talousseurannassa mukana olevien välitysva-sikkatilojen väkirehuprosentti vuonna 1997 oli 43 % rehuannoksen kuiva-aineesta.

### 3.2.3 Laskelmien tulokset

RUSU-laskelmien tuloksina saaduista vuosittaisista rehunkulutustiedoista ja ruokinnan ravinnetaseista laskettiin tarkasteltavien vaihtoehtojen kasvihuone-kaasu- ja ammoniakkipäästöt. Eri rehujen sulavuusarvot saatiin märehtijöiden rehutaulukoista, ja niistä lasketun keskimääräisen sulavuusarvon avulla laskettiin metaanintuotanto ( $Y_m$ ) kaavojen 8 ja 9 (ks. kohta 2.2.1) avulla. Kasvihuonekaasupäästöt laskettiin luvussa 2 kuvattua IPCC:n laskenta-menettelmää käyttäen. Lannankäsittelyn  $N_2O$ -päästöissä ovat mukana kaikki käsittelystä aiheutuvat suorat ja epäsuorat päästöt. Ammoniakkipäästöt laskettiin VTT Energian ammoniakkipäästömallista saatujen keskimääräisten päästö-kerrointen avulla. Lannankäsittelyn päästöt laskettiin erikseen lietelanta- ja kui-valantavaihtoehtoille.

RUSU-laskelmista saatua kustannustietoa käytettiin hyväksi päästöjen vähentämisen kustannustehokkuuden arvioinnissa ja tilakohtaisissa tarkas-teluissa.

#### Maidontuotantotilat

RUSU-laskelmien esimerkkitalalla on 15 lehmää ja 15 hiehoa, joiden ikäjakauma on tasainen (1–24 kk). Lypsylehmien keskimääräinen paino on 550 kg, hiehojen painon lisäys vaihtelee 650–700 g päivässä, ja kasvihuonekaasu-päästölaskuissa on tämän perusteella käytetty hiehoille keskimääräisenä painona 260 kg. Eläimet laiduntavat 120 päivää vuodessa. Tarkastellut ruokintatyytit ovat:

- karkearehuvaltainen ruokinta:
  - säilörehu + täysrehu (teollisesti valmistettu rehu)
  - säilörehu + vilja + rypsi

- väkirehuvaltainen ruokinta
  - säilörehu + täysrehu
  - säilörehu + vilja + rypsi.

Ruokintavaihtoehtojen valinnan perustelut ja kuvaukset on esitetty tarkemmin edellisessä kappaleessa.

RUSU-laskelmien tuloksista lasketut kasvihuonekaasupäästöt eläintä ja tuotettua maitokiloa kohti on koottu taulukoihin 12–15. Maitokiloa kohti lasketuissa päästöissä ovat mukana sekä lypsylehmien että hiehojen päästöt. Taulukossa 12 esitetään ruoansulatuksen metaanipäästöt, taulukossa 13 lannankäsittelyn CH<sub>4</sub>-päästöt ja taulukossa 14 lannankäsittelyn N<sub>2</sub>O-päästöt eri ruokintavaihtoehdoille. Taulukossa 15 on yhteenveto kasvihuonekaasupäästöistä CO<sub>2</sub>-ekvivalenteina ilmaistuna.

Eri ruokintatyypit vaikuttavat ruoansulatuksesta aiheutuviin päästöihin varsin vähän, kun tuotostaso pysyy samana. Sitä vastoin tuotostason muuttumisen vaikutus päästöihin on merkittävä. Alhaisimmat päästöt saadaan säilö- ja täysrehuun perustuvalla väkirehuvaltaisella ruokinnalla, jolloin päästöt tuotettua maitokiloa kohti ovat 2–4 % alhaisemmat kuin päästöt vastaavilla tuotostasoilla karkearehuvaltaisessa ruokinnassa. Korkeamman maitotuotoksen omaavien lypsylehmien päästöt ovat eläintä kohti selvästi korkeammat kuin alhaisemman tuotostason lehmillä, mutta tuotettua maitokiloa kohti tilanne on päinvastainen.



*Taulukko 12. Maidontuotantotilan eläinten ruoansulatuksesta aiheutuvat CH<sub>4</sub>-päästöt vaihtoehtoisia ruokintatapoja käytettäessä sekä prosentuaalinen muutos päästöissä, kun perustapauksena pidetään alhaisimman maitotuotoksen omaavia eläimiä, joita ruokitaan karkearehuvaltaisesti säilö- ja täysrehulla.*

Tuotostaso ja ruokintatapa	kg CH <sub>4</sub> / eläin/vuosi		kg CH <sub>4</sub> / kg maitoa	Muutos- prosentti
	Lypsy- lehmät	Hiehot	Lypsyl. + hiehot	
<i>Karkearehuvaltainen:</i>				
<i>säilörehu + täysrehu</i>				
5 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	105,6	50,1	0,031	perus
7 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	117,0	50,1	0,024	- 23,3
9 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	125,3	50,1	0,019	- 37,4
<i>Karkearehuvaltainen:</i>				
<i>säilörehu + vilja + rypsi</i>				
5 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	105,7	50,2	0,031	0,1
7 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	117,3	50,2	0,024	- 23,2
9 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	125,8	50,2	0,020	- 37,2
<i>Väkirehuvaltainen:</i>				
<i>säilörehu + täysrehu</i>				
5 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	103,1	48,9	0,030	- 2,4
7 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	113,5	48,9	0,023	- 25,5
9 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	120,3	48,8	0,019	- 39,7
<i>Väkirehuvaltainen:</i>				
<i>säilörehu + vilja + rypsi</i>				
5 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	103,3	49,0	0,030	- 2,2
7 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	113,9	49,0	0,023	- 25,3
9 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	121,1	48,9	0,019	- 39,3

Taulukko 13. Maidontuotantotilan lannankäsittelystä aiheutuvat CH<sub>4</sub>-päästöt vaihtoehtoisia ruokintatapoja käytettäessä sekä prosentuaalinen muutos päästöissä, kun perustapauksena pidetään alhaisimman maitotuotoksen omaavia eläimiä, joita ruokitaan karkearehuvaltaisesti säilö- ja täysrehulla.

Tuotostaso ja ruokintatapa	kg CH <sub>4</sub> / eläin/vuosi		kg CH <sub>4</sub> / kg maitoa	Muutos- prosentti
	Lypsy- lehmät	Hiehot	lypsyl. + hiehot	
<b>Lanta käsitellään lietteenä:</b>				
<i>Karkearehuvaltainen: säilörehu + täysrehu</i>				
5 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	14,9	4,5	0,0039	perus
7 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	17,8	4,5	0,0032	-17,9
9 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	20,6	4,5	0,0028	-28,1
<i>Karkearehuvaltainen: säilörehu + vilja + rypsi</i>				
5 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	14,9	4,5	0,0039	0,0
7 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	17,8	4,5	0,0032	-17,9
9 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	20,7	4,5	0,0028	-28,1
<i>Väkirehuvaltainen: säilörehu + täysrehu</i>				
5 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	14,5	4,3	0,0038	-3,1
7 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	17,3	4,3	0,0031	-20,5
9 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	20,0	4,3	0,0027	-30,1
<i>Väkirehuvaltainen: säilörehu + vilja + rypsi</i>				
5 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	14,6	4,4	0,0039	-2,1
7 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	17,4	4,4	0,0032	-19,7
9 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	20,1	4,3	0,0028	-30,1
<b>Lanta käsitellään kuivana:</b>				
<i>Karkearehuvaltainen: säilörehu + täysrehu</i>				
5 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	2,1	0,6	0,0005	perus
7 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	2,5	0,6	0,0004	-18,0
9 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	2,9	0,6	0,0004	-28,0
<i>Karkearehuvaltainen: säilörehu + vilja + rypsi</i>				
5 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	2,1	0,6	0,0005	0,0
7 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	2,5	0,6	0,0004	-18,0
9 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	2,9	0,6	0,0004	-28,0
<i>Väkirehuvaltainen: säilörehu + täysrehu</i>				
5 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	2,1	0,6	0,0005	0,0
7 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	2,5	0,6	0,0004	-18,0
9 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	2,8	0,6	0,0004	-30,0
<i>Väkirehuvaltainen: säilörehu + vilja + rypsi</i>				
5 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	2,1	0,6	0,0005	0,0
7 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	2,5	0,6	0,0004	-18,0
9 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	2,9	0,6	0,0004	-28,0

Taulukko 14. Maidontuotantotilan lannankäsittelyn N<sub>2</sub>O-päästöt vaihtoehtoisia ruokintatapoja käytettäessä sekä prosentuaalinen muutos päästöissä, kun perustapauksena pidetään alhaisimman maitotuotoksen omaavia eläimiä, joita ruokitaan karkearehuvaltaisesti säilö- ja täysrehulla.

Tuotostaso ja ruokintatapa	kg N <sub>2</sub> O/ eläin/vuosi		kg N <sub>2</sub> O/ kg maitoa	Muutos- prosentti
	Lypsy- lehmät	Hiehot	Lyspyl. + hiehot	
<b>Lanta käsitellään lietteenä:</b>				
<i>Karkearehuvaltainen: säilörehu + täysrehu</i>				
5 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	2,67	1,15	0,0008	perus
7 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	3,08	1,15	0,0006	-21
9 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	3,50	1,15	0,0005	-32
<i>Karkearehuvaltainen: säilörehu + vilja + rypsi</i>				
5 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	2,51	1,12	0,0007	-5
7 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	2,84	1,12	0,0006	-26
9 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	3,16	1,12	0,0005	-38
<i>Väkirehuvaltainen: säilörehu + täysrehu</i>				
5 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	2,66	1,16	0,0008	0
7 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	3,06	1,16	0,0006	-21
9 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	3,48	1,15	0,0005	-33
<i>Väkirehuvaltainen: säilörehu + vilja + rypsi</i>				
5 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	2,27	1,02	0,0007	-14
7 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	2,58	1,02	0,0005	-33
9 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	2,88	1,00	0,0004	-44
<b>Lanta käsitellään kuivana:</b>				
<i>Karkearehuvaltainen: säilörehu + täysrehu</i>				
5 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	5,34	2,29	0,0015	perus
7 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	6,15	2,29	0,0012	-21
9 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	7,00	2,29	0,0010	-32
<i>Karkearehuvaltainen: säilörehu + vilja + rypsi</i>				
5 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	5,03	2,24	0,0015	-5
7 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	5,68	2,24	0,0011	-26
9 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	6,32	2,24	0,0010	-38
<i>Väkirehuvaltainen: säilörehu + täysrehu</i>				
5 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	5,31	2,33	0,0015	0,1
7 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	6,12	2,33	0,0012	-21
9 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	6,95	2,31	0,0010	-33
<i>Väkirehuvaltainen: säilörehu + vilja + rypsi</i>				
5 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	4,55	2,04	0,0013	-14
7 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	5,16	2,04	0,0010	-33
9 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	5,77	2,01	0,0009	-43

Ruokinnan vaikutus lannankäsittelystä aiheutuviin CH<sub>4</sub>-päästöihin on hyvin samantapainen kuin vaikutus ruoansulatuksen päästöihin (ks. taulukko 13). Ruokintatavan muutos muuttaa päästöjä hyvin vähän ja tuotostason nostaminen vähentää päästöjä merkittävästi. Lannankäsittelymenetelmän valinta vaikuttaa päästöihin huomattavasti enemmän kuin ruokintatapa tai tuotostaso. Maitokiloa kohti lietelantamenetelmän CH<sub>4</sub>-päästöt ovat 7–8 kertaa suuremmat kuin kuivalantamenetelmän päästöt. Tuotettua maitokiloa kohti lannankäsittelystä aiheutuvat CH<sub>4</sub>-päästöt ovat vain reilun kymmenesosan ruoansulatuksen vastaavista päästöistä.

Lannankäsittelymenetelmä ja tuotostaso vaikuttavat lannankäsittelystä ja levityksestä aiheutuviin suoriin ja epäsuoriin N<sub>2</sub>O-päästöihin enemmän kuin ruokintatapa. Kuivalantamenetelmässä päästöt ovat kaksinkertaiset lietelantamenetelmään nähden. Maitokiloa kohden alhaisen tuotostason päästöt noin 1,5-kertaiset korkeimman tuotostason päästöihin verrattuna. Ruokintatapa vaikuttaa kuitenkin suhteessa enemmän N<sub>2</sub>O-päästöihin kuin ruoansulatuksen tai lannankäsittelyn CH<sub>4</sub>-päästöihin. Täysrehun korvaaminen viljalla ja rypsilä karkearehuvaltaisessa ruokinnassa olevilla lypsylehmillä vähentää N<sub>2</sub>O-päästöjä 6–10 %, ja väkirehuvaltaisessa viljan ja rypsin käyttöön perustuvassa ruokinnassa päästöt ovat jopa yli 15 % alhaisemmat kuin karkearehuvaltaisessa täysrehun käyttöön perustuvassa tapauksessa. Siirtyminen karkearehuvaltaisesta väkirehuvaltaiseen ruokintaan ei muuta päästöjä juurikaan, kun ruokinta perustuu säilörehun ja täysrehun käyttöön. Viljaa ja rypsiä käytettäessä täysrehun sijasta väkirehuvaltaisessa ruokinnassa N<sub>2</sub>O-päästöt ovat noin 9 % pienemmät kuin karkearehuvaltaisen vastaavat päästöt.

Suuri ero N<sub>2</sub>O-päästöissä käytettäessä viljaa ja rypsiä täysrehun sijasta, selittyy osittain sillä, että raakavalkuaispitoisuus on keskimäärin suurempi täysrehuihin perustuvassa vaihtoehdossa. Osa erosta voi kuitenkin johtua ravinnetaselaskelmien puutteista.

Ruokinnan vaikutusta maidontuotannon kokonaiskasviuonekaasupäästöihin tarkastellaan taulukossa 15. Ruokintatyyppin vaikutus päästöihin on tarkastelluissa tapauksissa varsin vähäinen. Jos perustapauksena pidetään karkearehuvaltaista säilörehun ja täysrehun käyttöön perustuvaa ruokintaa, niin suurin muutos päästöihin saadaan muuttamalla ruokinta väkirehuvaltaiseksi ja korvaamalla täysrehu viljalla ja rypsilä. Tuotostasosta ja lannankäsittelymenetelmästä riippuen päästöt vähenevät tällöin 5–9 %. Ruokinnan muuttaminen karkearehuvaltaisesta väkirehuvaltaiseksi tai pelkkä täysrehun korvaaminen viljalla ja rypsilä vähentävät päästöjä vähemmän, tapauksesta riippuen 1–5 %. Ruokinnan muuttaminen vaikuttaa kokonaiskasviuonekaasupäästöihin enemmän tapauksissa, joissa lanta käsitellään kuivana, kuin jos se käsitellään lietteenä. Syynä

tähän on, että ruokinnan muuttaminen vaikuttaa eläinten typen hyväksikäyttöön ja lantaan erittyvään typpimäärään. Kuivalannan  $N_2O$ -päästökerroin on selvästi suurempi kuin lietelannan, ja ruokinnan muuttuminen aiheuttaa siksi määrällisesti suuremman muutoksen kuivalannan  $N_2O$ -päästöihin kuin vastaaviin lietelannan päästöihin. Lietelannan  $CH_4$ -päästöt ovat päinvastoin suuremmat kuin kuivalannan, mutta lisäys ovat  $CO_2$ -ekvivalenteiksi yhteismitallistettuina pienempi kuin vastaava vähennys  $N_2O$ -päästöissä (ks. taulukko 16 eri päästöjen osuudet laskentatapauksissa).

Tuotostason muuttaminen vaikuttaa merkittävästi enemmän päästöihin kuin ruokintatyyppi. Tuotostason nostaminen vähentää päästöjä noin 10 % per 1 000 kg vuotuinen lisämaitotuotos. Vähennys on sitä pienempi mitä korkeammasta tuotostasosta lähdetään liikkeelle.

Ruokinnan muuttaminen vaikuttaa kasvihuonekaasupäästöihin myös epäsuorasti rehunkulutuksessa tapahtuvien muutosten kautta. Tuotostason nostaminen vähentää karkearehujen ja nostaa väkirehujen kulutusta maitokiloa kohti. Määrällisesti karkearehujen vähennys on suurempi kuin väkirehujen määrän lisäys, koska väkirehut sisältävät keskimäärin enemmän energiaa kuivaainekiloa kohti kuin karkearehut.

Täysrehut valmistetaan teollisesti, ja valmistusprosessit ja kuljetus tiloille kuluttavat energiaa ja aiheuttavat päästöjä. Myös karkearehun tuotannosta aiheutuu tiloilla päästöjä, (rehun viljely, lannoitus ja säilöntä). Täysrehun ja karkearehun valmistuksen kasvihuonekaasupäästöjen määrää ei ollut mahdollista selvittää tämän työn puitteissa. Täysrehun päästöjen tulisi kuitenkin lisääntyä moninkertaisesti karkearehun päästöihin nähden, jotta niiden lisääntynyt kulutus aiheuttaisi enemmän päästöjä, kuin mitä karkearehun kulutuksen alentaminen vähentää niitä tuotettua maitokiloa kohti. Väkirehuvaltaisessa ruokinnassa tuotostason nosto ei muuta väkirehujen kulutusta juurikaan tuotettua maitokiloa kohti laskettuna ja karkearehun kulutus maitokiloa kohti vähenee tuntuvasti. Rehujen tuotannosta aiheutuvat päästöt siis vähenevät maitokiloa kohti laskettuna väkirehuvaltaisessa ruokinnassa tuotostasoa nostettaessa. Määrällistä arvioita eri rehujen tuotannosta aiheutuvien päästöjen suuruudesta ei tämän työn puitteissa ollut mahdollista tehdä.

Taulukko 15. Maidontuotantotilojen kokonaiskasvihuonekaasupäästöt tuotettua maitokiloa kohti CO<sub>2</sub>-ekvivalenteina ilmaistuna eri ruokintavaihtoehdoissa.

Tuotostaso ja ruokintatapa	Lannankäsittely		Ruoansul.	Yhteensä
	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	
	kg CO <sub>2</sub> -ekv./kg maitoa			
<b>Lanta käsitellään lietteenä:</b>				
<i>Karkearehuvaltainen: säilörehu + täysrehu</i>				
5 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	0,081	0,24	0,65	0,97
7 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	0,067	0,19	0,50	0,76
9 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	0,059	0,16	0,41	0,63
<i>Karkearehuvaltainen: säilörehu + vilja + rypsi</i>				
5 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	0,081	0,23	0,65	0,96
7 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	0,067	0,18	0,50	0,75
9 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	0,059	0,15	0,41	0,62
<i>Väkirehuvaltainen: säilörehu + täysrehu</i>				
5 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	0,079	0,24	0,64	0,95
7 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	0,065	0,19	0,49	0,74
9 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	0,057	0,16	0,39	0,61
<i>Väkirehuvaltainen: säilörehu + vilja + rypsi</i>				
5 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	0,080	0,20	0,64	0,92
7 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	0,065	0,16	0,49	0,71
9 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	0,057	0,13	0,40	0,59
<b>Lanta käsitellään kuivana:</b>				
<i>Karkearehuvaltainen: säilörehu + täysrehu</i>				
5 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	0,011	0,47	0,65	1,14
7 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	0,009	0,37	0,50	0,88
9 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	0,008	0,32	0,41	0,74
<i>Karkearehuvaltainen: säilörehu + vilja + rypsi</i>				
5 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi				
7 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	0,011	0,45	0,65	1,12
9 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	0,009	0,35	0,50	0,86
	0,008	0,30	0,41	0,71
<i>Väkirehuvaltainen: säilörehu + täysrehu</i>				
5 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	0,011	0,47	0,64	1,12
7 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	0,009	0,37	0,49	0,87
9 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	0,008	0,32	0,39	0,72
<i>Väkirehuvaltainen: säilörehu + vilja + rypsi</i>				
5 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	0,011	0,41	0,64	1,06
7 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	0,009	0,32	0,49	0,82
9 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	0,008	0,27	0,40	0,67

Taulukko 16. Eri kasvihuonekaasujen osuudet CO<sub>2</sub>-ekvivalentteina laskettuna kokonaispäästöistä laskentatapauksissa.

	CH <sub>4</sub> lanta	N <sub>2</sub> O lanta	CH <sub>4</sub> ruoansulatus
<b>Lanta käsitellään lietteenä:</b>			
<i>Karkearehuvaltainen: säilörehu + täysrehu</i>			
5 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	8 %	24 %	67 %
7 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	9 %	25 %	66 %
9 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	9 %	26 %	65 %
<i>Karkearehuvaltainen: säilörehu + vilja + rypsi</i>			
5 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	8 %	23 %	68 %
7 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	9 %	24 %	67 %
9 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	10 %	24 %	67 %
<i>Väkirehuvaltainen: säilörehu + täysrehu</i>			
5 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	8 %	25 %	67 %
7 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	9 %	25 %	66 %
9 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	9 %	26 %	65 %
<i>Väkirehuvaltainen: säilörehu + vilja + rypsi</i>			
5 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	9 %	22 %	69 %
7 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	9 %	22 %	68 %
9 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	10 %	23 %	68 %
<b>Lanta käsitellään kuivana:</b>			
<i>Karkearehuvaltainen: säilörehu + täysrehu</i>			
5 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	1 %	42 %	57 %
7 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	1 %	42 %	57 %
9 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	1 %	43 %	55 %
<i>Karkearehuvaltainen: säilörehu + vilja + rypsi</i>			
5 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	1 %	40 %	59 %
7 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	1 %	41 %	58 %
9 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	1 %	41 %	58 %
<i>Väkirehuvaltainen: säilörehu + täysrehu</i>			
5 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	1 %	42 %	57 %
7 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	1 %	43 %	56 %
9 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	1 %	44 %	55 %
<i>Väkirehuvaltainen: säilörehu + vilja + rypsi</i>			
5 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	1 %	39 %	60 %
7 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	1 %	39 %	60 %
9 000 kg maitoa/lypsylehmä/vuosi	1 %	40 %	59 %

Eri vaihtoehtojen vaikutuksia tilatasolla tarkasteltiin sekä kasvihuonekaasupäästöjen että kustannusten osalta. Taulukossa 17 on annettu esimerkkituloille lasketut vuotuiset kasvihuonekaasupäästöt CO<sub>2</sub>-ekvivalenteina ilmaistuna ja maitokiloa kohti laskettuna, tilan rehukustannukset sekä lasketut päästöjen vähenemät ja siitä aiheutuvat kustannukset, kun perustapauksena käytetään karkearehualtaista säilörehun ja täysrehun käyttöön perustuvaa ruokintaa (tuotostason on oletettu pysyvän samana tarkastelussa).

Kasvihuonekaasupäästöt vähenevät kaikissa tapauksissa, kun ruokintaa muutetaan karkearehualtaisesta säilörehun ja täysrehun käyttöön perustuvasta ruokinnasta väkirehualtaisemmaksi ja/tai kun täysrehu korvataan rehuviljalla ja rypsirouheella. Kustannukset tuotettua maitokiloa kohti ovat alhaisemmat karkearehualtaisessa ruokinnassa kuin väkirehualtaisessa ruokinnassa silloin, kun käytetty väkirehu on teollisesti valmistettu täysrehu. Rehuviljan ja rypsirouheen käyttö väkirehuna on halvempaa kuin täysrehun, ja siirtyminen karkearehualtaisesta väkirehualtaisen ruokintaan ei laskenta-ajankohdan hinnoilla juurikaan muuta kustannuksia tuotettua maitokiloa kohti.

Laskelmissa ei ole otettu huomioon sitä, että nykytietämyksen mukaan väkirehun osuuden lisääminen lypsykarjan rehuannokseen heikentää karkearehun sulavuutta. Tällöin väkirehun tuotosvaikutus ei ole yhtä suuri kuin virallisen rehutaulukon ruokintanormin mukaan laskettuna saadaan. Toisin sanoen siirtyminen karkearehualtaisesta ruokinnasta ei vähennä päästöjä yhtä paljon kuin laskelmat osoittavat. Vaikka rehujen sulavuuden heikkeneminen väkirehujen osuuden lisääntyessä on ruokintakokeissa osoitettu, ei tietoa ole vielä pysytty siirtämään rehutaulukoihin ja ruokintaohjeisiin.



Taulukko 17. Esimerkkitulojen kasvihuonekaasupäästöt CO<sub>2</sub>-ekvivalentteina ilmaistuina ja maitokiloa kohti laskettuina, tilojen rehu- ja lannoituskustannukset sekä lasketut päästöjen vähenemät ja siitä aiheutuvat kustannukset.

Ruokintatapa	Maitotuotos kg/eläin/a	CO <sub>2</sub> -ekv. lietelanta t/tila/a	CO <sub>2</sub> -ekv. kuiva lanta t/tila/a	CO <sub>2</sub> -vähennys lietelanta t/tila/a	CO <sub>2</sub> -vähennys kuiva lanta t/tila/a	Rehu- kustannukset mk/tila/a	Lisärehu- kustannukset mk/tila/a
Karkearehuvaltainen:	5 000	72,9	85,4	perus	perus	73132	perus
säilörehu + täysrehu	7 000	79,3	92,9	perus	perus	91055	perus
	9 000	84,8	99,6	perus	perus	110286	perus
Karkearehuvaltainen:	5 000	72,1	83,8	0,8	1,7	64382	-8750
säilörehu + vilja +	7 000	78,2	90,6	1,1	2,4	75986	-15069
rypsi	9 000	83,3	96,4	1,5	3,2	88584	-21702
Väkirehuvaltainen:	5 000	71,6	84,3	1,3	1,2	86871	13739
säilörehu + täysrehu	7 000	77,6	91,4	1,7	1,5	106960	15905
	9 000	82,5	97,4	2,3	2,2	128058	17772
Väkirehuvaltainen:	5 000	69,3	79,5	3,7	6,0	62780	-10352
säilörehu + vilja +	7 000	74,9	85,8	4,4	7,2	75266	-15789
rypsi	9 000	79,3	90,8	5,5	8,8	87969	-22417

Kasvihuonekaasupäästöjen alentaminen sama tuotostasoa säilyttäen siirtymällä karkearehupohjaisesta ruokinnasta väkirehupohjaiseen täysrehua käytettäessä lisää esimerkkitulojen rehukustannuksia noin 14 000–18 000 mk vuositasolla tuotostasosta riippuen. Päästöjen vähennyskustannukset CO<sub>2</sub>-ekvivaalenttonnia kohti ovat tällöin noin 8 000–12 000 mk. Korvaamalla täysrehu rehuviljalla ja rypsirouheella voidaan päästöjä vähentää enemmän kuin siirtymällä karkearehuvaltaisesta ruokinnasta väkirehuvaltaiseen, ja korvaus alentaa myös kustannuksia esimerkkituloilla noin 9 000–40 000 mk vuodessa. Edullisin ruokintavaihtoehto laskelmien mukaan on sekä päästöjen suhteen että kustannusten suhteen väkirehuvaltainen rehuviljan ja rypsirouheen käyttöön perustuva ruokintatapa. Vuosittaiset rehukustannukset tiloilla ovat tällöin noin 10 000–22 000 mk pienemmät kuin karkearehuvaltaista täysrehuun perustuvaa ruokintaa käyttävillä tiloilla. Kustannustiedot ovat karkeita ja perustuvat laskenta-ajankohdan hintatietoihin. Rehujen hintojen ja hintasuhteiden muuttuessa, myös päästöjen vähennyskustannukset muuttuvat. Laskuissa ei ole myöskään otettu huomioon mahdollisia muutoksia säilörehun sulavuusarvoissa siirryttäessä täysrehuvaltaisempaan ruokintaan, mikä vähentää toimenpiteen edullisuutta päästöjen vähentämisessä.

Tuotostason nosto vähentää kasvihuonekaasupäästöjä merkittävästi tuotettua maitokiloa kohti ja rehukustannukset maitolitraa kohti ovat pienemmät korkeammilla tuotostasoilla kuin mitä ne ovat alhaisemmilla tuotostasoilla (ks. taulukko 18). Eläintä kohti lasketut päästöt kasvavat ja esimerkkituloilla vuosittaiset rehukustannukset kasvavat noin 10 000–40 000 mk vuositasolla, jos eläinmäärä pysyy samana. Maidontuotannon kasvusta saatavat lisätulot ovat yli kaksinkertaiset rehukustannusten nousuun nähden.

Taulukko 18. Tuotostason muutosten vaikutus tilakohtaisiin kasvihuonekaasupäästöihin ja kustannuksiin.

Ruokintatapa ja tuotostaso	CO <sub>2</sub> -ekv. vähennys	CO <sub>2</sub> -ekv. vähennys	Rehukus-tannukset	Lisärehu-kustannukset		Maidon-tuotannon kasvusta saadut tulot*
	t/tila/vuosi	t/tila/vuosi	mk/tila/vuosi	mk/tila	mk/kg maitoa	mk/tila
<i>Karkearehuvaltainen:</i>						
<i>säilörehu + täysrehu</i>						
5 000 kg/eläin/vuosi	perus	perus	73 132	perus	perus	perus
7 000 kg/eläin/vuosi	6,4	7,5	91 055	17 923	-0,14	56 037
9 000 kg/eläin/vuosi	11,8	14,2	110 286	37 154	-0,19	112 074
<i>Karkearehuvaltainen:</i>						
<i>säilörehu + vilja + rypsi</i>						
5 000 kg/eläin/vuosi	perus	perus	64 382	perus	perus	perus
7 000 kg/eläin/vuosi	6,1	6,8	75 986	11 604	-0,16	56 037
9 000 kg/eläin/vuosi	11,2	12,6	88 584	24 202	-0,23	112 074
<i>Väkirehuvaltainen:</i>						
<i>säilörehu + täysrehu</i>						
5 000 kg/eläin/vuosi	perus	perus	86 871	perus	perus	perus
7 000 kg/eläin/vuosi	6,0	7,1	106 960	20 089	-0,18	56 037
9 000 kg/eläin/vuosi	10,9	13,1	128 058	41 187	-0,25	112 074
<i>Väkirehuvaltainen: säilö-</i>						
<i>rehu + vilja + rypsi</i>						
5 000 kg/eläin/vuosi	perus	perus	62 780	perus	perus	perus
7 000 kg/eläin/vuosi	5,6	6,3	75 266	12486	-0,15	56 037
9 000 kg/eläin/vuosi	10,0	11,3	87 969	25189	-0,21	112 074

\* Laskettu vuoden 1998 meijerin tilityshinnasta 186,70 p/l maitoa.

## Lihanautatilat

RUSU-laskelmien esimerkkitalalla on 60 lihasonnia, joiden päivittäinen keskimääräinen painolisäys on 800–1 200 g. Ruokintatavan vaikutusta kasvi-huonekaasupäästöihin ja päästöjen vähentämisen kustannuksiin tarkasteltiin kolmessa tapauksessa väkirehun osuutta muuttamalla. Kasvihuonekaasupäästöt eri ruokintavaihtoissa eläintä ja tuotettua lihakiloa kohti annetaan taulukossa 19. Metaanipäästöt ruoansulatuksesta ja lannankäsittelystä ovat erikseen, lannankäsittelyn päästöt erikseen kuivalantamenetelmää ja lietelantamenetelmää käyttäville tiloille.

Väkirehun osuuden kasvattaminen vähensi sekä ruoansulatuksesta aiheutuvia että lannankäsittelyn CH<sub>4</sub>- ja N<sub>2</sub>O-päästöjä, kun kasvuintensiteetti pysyi samana. Kokonaiskasvihuonekaasupäästöt vähenivät noin 5 %, kun siirryttiin karkea-rehuvaltaisesta väkirehuvaltaiseen ruokintaan 1 ja noin 10 % kun siirryttiin karkearehuvaltaisesta väkirehuvaltaiseen ruokintaan 2. Ruokinnan muutosten vaikutus päästöihin oli jonkin verran suurempi alhaisemmillä kuin korkeammilla kasvuintensiteeteillä. Päästövähennysten prosentuaalinen osuus oli samansuuruinen sekä lietelanta- että kuivalantamenetelmää käyttävillä tiloilla, mutta määrällinen päästövähennys oli suurempi kuivalantaa käyttävillä jonkin verran korkeammasta päästötasosta johtuen.

Tuotostason muuttaminen vaikutti päästöihin enemmän kuin ruokintatapa. Kokonaispäästöt (CO<sub>2</sub>-ekvivalenteina laskettuina lihakiloa kohti) vähentyivät kasvua lisättäessä 800 g:sta/päivä 1 000 g:aan/päivä yli 15 % ja 1 200 g:aan/päivä yli 20 % ruokintatavasta ja lannankäsittelymenetelmästä riippuen. Lannankäsittelymenetelmän vaikutus päästöihin oli samankaltainen kuin lypsytiloilla.

Ruokinnan muuttamisen kustannusvaikutuksia esimerkkitaloilla tarkastellaan taulukossa 20. Väkirehuvaltaisempaan tuotantoon siirtyminen vähentää sekä päästöjä että kustannuksia tilatasolla. Kustannussäästö tilalla on noin 3 000–5 000 mk vuodessa väkirehun osuudesta ja nautojen kasvuintensiteetistä riippuen. Kasvuintensiteetin nostaminen lisää rehukustannuksia ja samalla lihantuotannosta saatavia tuloja. Kokonaisuudessaan tilan tulot kasvavat noin 17 000–30 000 mk/vuosi, kun kasvua lisätään.

Taulukko 19. Lihanautatilojen kasvihuonekaasupäästöt eläintä ja tuotettua lihakiloa kohti eri ruokintavaihtoehtoissa.

Ruokintatapa, kasvuintensiteetti ja teuraspaino		CH <sub>4</sub> -päästöt kg/eläin/a			N <sub>2</sub> O-päästöt kg/eläin/a		Päästöt yhteensä CO <sub>2</sub> -ekv t/eläin/a		Päästöt yhteensä CO <sub>2</sub> -ekv kg/kg lihaa	
painonlisäys	paino	ruoansu-latus	lietelanta	kuivalanta	lietelanta	kuivalanta	lanta käs. lietteenä	lanta käs. kuivana	lanta käs. lietteenä	lanta käs. kuivana
<b>Karkearehuvaltainen</b>										
800 g/pv	258 kg	81,64	10,86	1,54	1,00	2,01	2,25	2,37	15,27	16,08
1 000 g/pv	243 kg	84,51	11,10	1,58	1,01	2,04	2,32	2,44	12,74	13,40
1 200 g/pv	249 kg	91,94	12,00	1,70	1,06	2,13	2,51	2,63	11,76	12,31
<b>Väkirehuvaltainen 1</b>										
800 g/pv	258 kg	78,25	9,49	1,35	0,90	1,82	2,12	2,24	14,39	15,17
1 000 g/pv	243 kg	81,42	9,90	1,41	0,91	1,85	2,20	2,31	12,08	12,68
1 200 g/pv	249 kg	88,69	10,77	1,53	0,98	1,97	2,39	2,51	11,20	11,74
<b>Väkirehuvaltainen 2</b>										
800 g/pv	258 kg	75,46	8,34	1,18	0,82	1,66	2,01	2,12	13,66	14,40
1 000 g/pv	243 kg	78,60	8,79	1,25	0,84	1,69	2,10	2,20	11,50	12,08
1 200 g/pv	249 kg	85,77	9,66	1,37	0,90	1,81	2,28	2,39	10,69	11,21

Taulukko 20. Lihanautatilan ruokintatavan muuttamisen vaikutukset kasvihuonekaasupäästöihin lihakiloa kohti laskettuna sekä kustannuksiin tilatasolla.

	Päästöt kg CO <sub>2</sub> - ekv./lihakilo		Rehukustannus	Lisäkustannus	Lihatuotannon kasvusta saadut tulot*	Lisätuotto - kustannusten kasvu
	liete	kuiva	mk/tila/vuosi	mk/tila/vuosi	mk/tila/vuosi	mk/tila/vuosi
<b>Karkearehuvaltainen</b>						
800 g/pv	15,3	16,1	100141	perus	0	0
1 000 g/pv	12,7	13,4	107929	7788	29127	21339
1 200 g/pv	11,8	12,3	118384	18243	58254	40011
<b>Väkirehuvaltainen1</b>						
800 g/pv	14,4	15,2	96888	-3253	0	3253
1 000 g/pv	12,1	12,7	104820	4679	29127	24448
1 200 g/pv	11,2	11,7	115549	15408	58254	42846
<b>Väkirehuvaltainen 2</b>						
800 g/pv	13,7	14,4	94781	-5360	0	5360
1 000 g/pv	11,5	12,1	102822	2681	29127	26446
1 200 g/pv	10,7	11,2	113932	13791	58254	44463

\* Laskettu vuoden 1998 naudanlihan tuottajahinnasta 13,30 mk/kg.

### 3.3 Ruokinnan vaikutus sikatilojen päästöihin

Ruokinnan vaikutuksia sikatilojen kasvihuonekaasupäästöihin arvioitiin ruokinnan ravinnetaselaskelmien avulla. Laskelmat teki Etelä-Pohjanmaan maaseutukeskuksesta sikatalousagronomi Riitta Pietilä. Laskelmissa tarkasteltiin erikseen lihasikalaa ja yhdistelmäsikala. Tarkasteltavat ruokintavaihtoehdot olivat

- lihasikala, 600 lihasikapaikkaa
  - nykyinen ruokinta
  - vaiheruokinta 1
  - vaiheruokinta 2 (lysiinilisäys)
- yhdistelmäsikala
  - nykyinen ruokinta
  - vaiheruokinta.

Nykyinen ruokintavaihto tarkoittaa tässä sitä, että kaikki lihasiat ruokitaan samaa seosta käyttäen koko kasvatuskauden. Vaiheruokinnassa alku- ja loppukasvatusrehut poikkeavat toisistaan. Nykyisellä ruokintatavalla tilat eivät tavallisesti lisää rehuseoksiin erikseen HCL-lysiiniä. Toisessa lihasikojen ruokintavaihtoehdossa myös tätä ruokintatapaa tarkasteltiin. Lihasalokiloille ravinnetaseet laskettiin kaikissa vaihtoehdoissa käyttäen kahta kasvu-intensiteettiä: 800 ja 1 000 g/päivä. Yhdistelmäsikaloiden laskelmissa käytettiin kasvuintensiteetille ainoastaan arvoa 800 g/päivä.

Suomen sikaloista ja niiden olosuhteista tai ruokinnasta ei ole kerätty valtakunnallista tietoa. Paikallisesti tietoa on saatavilla, mm. Etelä-Pohjanmaan POSSU-hankkeesta, johon tässä esitetyt arviot nykyisestä ruokinnasta perustuvat.

Ravinnetaselaskelmien avulla oli mahdollista tarkastella ruokinnan vaikutuksia ainoastaan lannankäsittelyn ja levityksen suoriin ja epäsuoriin N<sub>2</sub>O-päästöihin. Lihasalokilojen tulokset ovat taulukossa 21 ja yhdistelmäsikalokilojen tulokset taulukossa 22. Siirtyminen vaiheruokintaan vähentää N<sub>2</sub>O-päästöjä. Kustannukset tuotettua lihakiloa kohti ovat lähes samat kummassakin ruokintavaihtoehdossa. Lihasalokiloita koskevien laskelmien mukaan ruokinnan muuttaminen vaiheruokinnaksi vähentää päästöjä 4–5 %. Lysiinilisäyksellä vaiheruokinnan päästöt ovat jopa yli 15 % alhaisemmat kuin nykyruokintavaihtoehdossa. Kasvuintensiteetin nostaminen 800 g:sta/päivä 1 000 g:aan/päivä vähentää päästöjä laskujen mukaan jopa 36–38 %. Yhdistelmäsikalokiloissa porsastuotannon päästöt vähenevät noin 2 % porsasta kohti ja lihantuotannon noin 6 % lihakiloa kohti laskettuna, kun siirrytään nykyruokinnasta vaiheruokintaan.

Taulukko 21. Tarkasteltujen ruokintavaihtoehtojen vaikutus lihasikojen lannankäsittelystä aiheutuviin N<sub>2</sub>O-päästöihin (kg N<sub>2</sub>O/eläin ja kg N<sub>2</sub>O/liha-kg) ja kustannukset (mk/liha-kg).

Lihaskalat	Lietelanta kg N <sub>2</sub> O/eläin	Kuivalanta kg N <sub>2</sub> O/eläin	Lietelanta kg N <sub>2</sub> O/liha-kg	Kuivalanta kg N <sub>2</sub> O/liha-kg	Kustannukset mk/liha-kg
<b>Nykyruokinta</b>					
kasvu 800 g/pv	0,102	0,212	0,0013	0,0026	3,36
kasvu 1 000 g/pv	0,065	0,135	0,0008	0,0017	2,56
<b>Vaiheruokinta 1</b>					
kasvu 800 g/pv	0,098	0,202	0,0012	0,0025	3,25
kasvu 1 000 g/pv	0,063	0,130	0,0008	0,0016	2,50
<b>Vaiheruokinta 2</b>					
kasvu 800 g/pv	0,086	0,178	0,0011	0,0022	3,15
kasvu 1 000 g/pv	0,054	0,111	0,0007	0,0014	2,43

Taulukko 22. Tarkasteltujen ruokintavaihtoehtojen vaikutus yhdistelmä-sikaloiden lannankäsittelyn N<sub>2</sub>O-päästöihin (kg N<sub>2</sub>O/eläin ja kg N<sub>2</sub>O/liha-kg) ja kustannuksiin (mk/tuotettu porsas ja mk/liha-kg).

Porsastuotanto	Nykyinen ruokinta	Vaihe- ruokinta	Lihaskatuotanto	Nykyinen ruokinta	Vaihe- ruokinta
Kustannukset (mk/porsas)	359	358	Sianlihan tuotantokustannus (mk/kg)	8,68	8,63
Typeä lantaan (kg/porsas)	2,01	1,98	Rehukustannus (mk/liha-kg)	3,14	3,10
			Typeä lantaan (kg/liha-kg)	0,052	0,049
N <sub>2</sub> O-päästöt lietelanta (kg/porsas)	0,047	0,046	N <sub>2</sub> O-päästöt lietelanta (kg/liha-kg)	0,0012	0,0011
kuivalanta (kg/porsas)	0,097	0,095	kuivalanta (kg/liha-kg)	0,0025	0,0023



### 3.4 Lannankäsittelymenetelmät

Lannan käsittelystä ja levityksestä aiheutuviin päästöihin voidaan vaikuttaa monella tavalla. Lannankäsittelymenetelmän valinta on merkittävimpiä päästöihin vaikuttavia tekijöitä. Lietelantamenetelmän CH<sub>4</sub>-päästöt ovat meidän ilmasto-olosuhteissamme kymmenkertaiset vastaaviin kuivalantamenetelmän päästöihin nähden. Lannan käsittelystä ja levityksestä aiheutuvat suorat ja epäsuorat N<sub>2</sub>O-päästöt ovat lietalantamenetelmässä puolestaan vajaat puolet vastaavista kuivalannan käsittelystä aiheutuvista päästöistä. Kokonaisvaikutuksen arviointiin vaikuttavat monet seikat, kuten eläintyyppi, ruokinta ja lannankäsittelyssä päästöjen vähentämiseksi käyttöön otetut toimet. Yleisesti voidaan kuitenkin sanoa, että lietalantamenetelmässä kokonaiskasviuonekaasupäästöt ovat pienemmät: nautakarjalla lietalantamenetelmän päästöt ovat vajaat puolet kuivalantamenetelmän päästöistä, sioilla ero on noin 10 % ja siipikarjalla lietalannan päästöt ovat jopa suuremmat kuin kuivanlannan päästöt.

Lannankäsittelyn kasviuonekaasupäästöjä voi myös vähentää erilaisilla toimenpiteillä, mutta toimenpiteiden kokonaisvaikutukset tunnetaan huonosti. Kompostoinnilla ja biokaasutuksella voidaan vähentää lannankäsittelyn metaanipäästöjä. Toimenpiteiden kustannukset ovat korkeat (noin 1 400–24 000 mk/t CO<sub>2</sub>-ekv.) (Pipatti 1997) eikä toimenpiteiden vaikutuksia N<sub>2</sub>O-päästöihin tunneta. Kompostoinnin tiedetään lisäävän typen hävikkiä lannasta ja erityisesti NH<sub>3</sub>-päästöjä (Roinila 1995).

### 3.5 Lannoitus

Väkilannoituksen aiheuttama typpikuormitus on merkittävä N<sub>2</sub>O-lähde. Typpilannoituksen vähentäminen vähentää päästöjä, mutta samalla myös satotasoa. Tuotannon ja päästöjen kannalta optimaalisen lannoitustason löytäminen ei ole helppo tehtävä, koska lannoituksen tehokkuuteen vaikuttavat typpilannoituksen määrä, maaperän laatu, viljelyskasvi, muiden ravinteiden saatavuus ja sääolot. Mm. hyvin kuivissa ja hyvin sateisissa oloissa lannoitetypen hyväksikäyttö alenee kasveilla (Esala 1994). Liikalannoitusta tulisi aina välttää N<sub>2</sub>O-päästöjen ja muiden maatalouden typpipäästöjen (NH<sub>3</sub>-päästöjen ja typpihuuhtouman) minimoimiseksi.

### 3.6 Muut toimenpiteet

Estämällä maatalousmaiden hiilivarojen ehtymistä ja jopa lisäämällä niitä voidaan maatalousmaiden CO<sub>2</sub>-päästöjä vähentää ja niiden toimimista hiilinieluna edistää. Koska menetelmät maatalousmaiden hiilivarojen muutosten arvioimiseksi ovat vielä kehitteillä, ei tässä työssä tarkasteltu lähemmin keinoja vaikuttaa niihin. Maailmalla asiaa tutkitaan runsaasti, ja myös Suomessa on alkamassa tähän liittyvää tutkimustoimintaa; tuloksia tutkimuksista voidaan odottaa muutaman vuoden kuluessa.

Turvemaiden viljelystä poistaminen, esimerkiksi metsittämisen avulla tai muuttamalla ne luonnonlaitumiksi, alentaisi todennäköisesti alueiden CO<sub>2</sub>-päästöjä, vaikutus N<sub>2</sub>O- ja CH<sub>4</sub>-päästöihin on epävarmempi. Alustavan suomalaisen tutkimuksen (Maljanen et al. 1999) mukaan turvemaiden metaanipäästöt voivat jopa kasvaa metsityksen seurauksena. Lehtilä ja Tuhkanen (1999b) arvioivat karkeasti, että kokonaistuen määrän turvepelloille tulisi olla suuruudeltaan yli 3 500 mk/ha/vuosi, jotta niiden metsittäminen olisi maanviljelijöille kannattavaa. Mikäli turvemaiden päästöt tällöin lakkaisivat kokonaan, olisivat vähennyskustannukset noin 550 mk/t CO<sub>2</sub>-ekvivalenttia. Koska toimenpiteen päästöjä vähentävä vaikutus olisi alustavien tutkimustulosten mukaan merkittävästi vähäisempi, olisivat toimenpiteen vähennyskustannukset suuremmat. Myös metsityksen maisemavaikutukset sekä vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen voivat olla esteenä toimenpiteen hyväksyttävyydelle. Tutkimusta turvemaiden päästöistä ja erilaisista vähentämiskeinoista tarvitaan kuitenkin lisää, ennen kuin keinojen tehokkuutta ja kustannusvaikutuksia voidaan arvioida tarkemmin.

Energiankulutuksen tehostaminen maataloudessa vähentäisi kaikkien merkittävien kasvihuonekaasujen päästöjä. Nämä päästöt luetaan IPCC-metodiikassa energiasektorin päästöihin, eikä tässä tutkimuksessa tarkasteltu niiden vähentämiskeinoja erikseen.

### 3.7 Vähentämistoimenpiteiden vaikutus muuhun ympäristökuormitukseen

RUSU-ohjelmalla tehtyjen laskelmien tulosten perusteella arvioitiin myös tarkasteltujen vaihtoehtojen vaikutuksia NH<sub>3</sub>-päästöihin sekä typpi- ja fosforihuuhtoumaan. Ruokinnan tehostaminen ja tuotannon tason nostaminen kasvattavat typen ja fosforin eritystä lantaan eläintä kohti mutta vähentävät sitä

tuotettua liha- tai maitokiloa kohti. Mikäli tuotannon määrä pysyy samana, mainituilla toimenpiteillä olisi suotuisa vaikutus myös näihin päästöihin kansallisella tasolla. Tilakohtaisesti tilanne on sama, jos tilan eläinmäärää vähennetään suhteessa tuotannon kasvuun.

Kiristynyt kilpailu ja muuttunut maatalouspolitiikka edellyttävät kuitenkin maataloudelta rakenteellisia muutoksia. Tilakoon kasvattaminen on nähty keskeiseksi keinoksi suomalaisten maatilojen sopeuttamisessa jo voimaan tulleisiin ja tuleviin muutoksiin (MMM 1996). Tuotannon tehostaminen ruokinnallisin keinoin vähentää tuotannon yksikkökustannuksia mutta voi edellyttää tiloilta investointeja. Pienillä tiloilla toimenpiteiden vaatimien investointien takaisinmaksuaika voi muodostua pitkäksi, ja siten tehdä investoinneista kannattamattomia. Ruokinnan tehostaminen saattaisi siten edellyttää tilakohtaista tuotannon kasvattamista. Tämänkaltainen kehitys merkitsisi maatalouden paikallisten päästöjen, kuten  $\text{NH}_3$ -päästöjen ja ravinnehuuhtouman, kasvua niillä tiloilla ja alueilla, joissa maataloustuotanto tehostuisi.

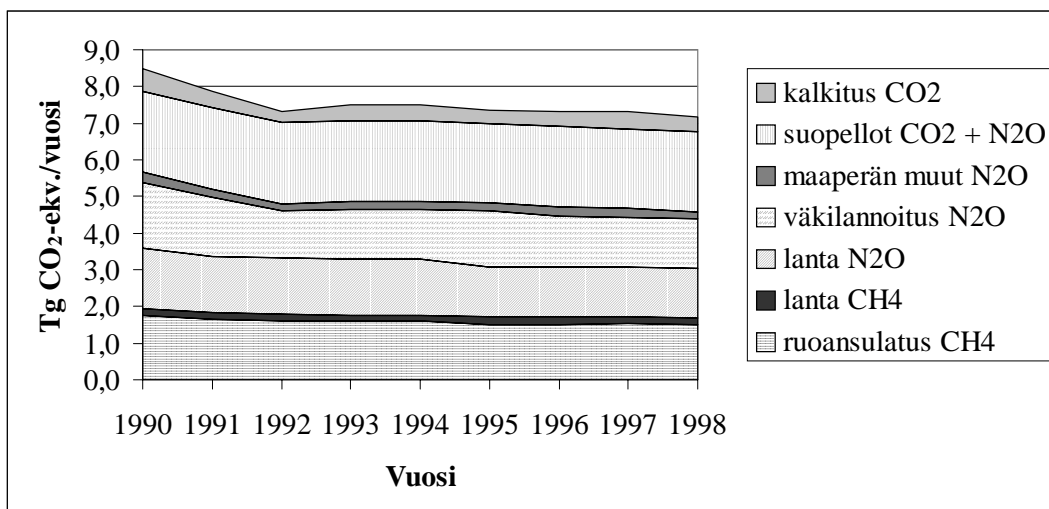
Useimmissa tapauksissa kokonaiskasvihuonekaasupäästöt ovat pienemmät, kun lanta käsitellään lietteenä, kuin jos sitä käsitellään kuivana. Lannankäsittelymenetelmä vaikuttaa myös  $\text{NH}_3$ -päästöihin ja ravinnehuuhtoumaan. Eläinsuojien ja lannan varastoinnin  $\text{NH}_3$ -päästöt ovat kuivalantamenetelmissä tavallisesti suuremmat kuin lietelantamenetelmissä. Lannan levityksen suhteen tilanne on päinvastainen. Pelloille levitetyn lietelannan huuhtoutuminen on usein suurempaa kuin kuivikelannan. Huuhtoumaa voidaan kuitenkin vähentää mm. sijoittamalla lanta maahan ja oikein mitoitetuilla suojakaistoilla peltojen ja vesistöjen välissä. Vaikkakin lannankäsittelymenetelmän merkitys on suuri ko. päästöjen kannalta, on erilaisten päästöjä vähentävien toimenpiteiden merkitys suurempi (ECETOC 1994; Cowell & ApSimon 1996; Grönroos et al. 1998; ym.).

Typpi- ja fosforihuuhtouma aiheuttaa mm. vesistöjen rehevöitymistä ja  $\text{NH}_3$ -päästöt sekä paikallista että alueellista happamoitumista ja rehevöitymistä. Tuotannon tehostaminen ruokintaa muuttamalla voi johtaa näiden päästöjen ja niistä aiheutuvien ympäristöhaittojen kasvuun paikallisesti, vaikkakin kansallisella ja alueellisella tasolla päästöt vähenisivät, ellei niihin puututa muilla toimenpiteillä. Useimmat ko. päästöjen vähentämiseksi tarjolla olevat keinot lisäävät maan typpikuormitusta, ja voivat siksi lisätä  $\text{N}_2\text{O}$ -päästöjä. Ottamalla toimenpiteiden aiheuttamien typpikuormitusten muutokset huomioon sallituissa levitysmäärissä (määrä per hehtaari) ja lisäksi tarvittavan väkilannoituksen suunnittelussa voidaan  $\text{N}_2\text{O}$ -päästöjen kasvu kuitenkin välttää. Tämä edellyttää sitä, että käytössä on riittävä peltopinta-ala eläinten lukumäärään nähden, ja mahdollisesti myös lisääntyviä lanta-analyyssejä ja ravinneanalyyssejä maasta sekä muutoksia väkilannoitteiden koostumuksiin.

## 4 Maatalouden kasvihuonepäästöjen arvioitu kehitys

### 4.1 Päästöjen vähennysmahdollisuudet – erilaisia kehitysarvioita

1990-luvulla suurimmat päästöihin vaikuttavat maataloustuotannon muutokset olivat maidon ja naudanlihan tuotannon vähentyminen, mikä on etenkin tehostuneen maidontuotannon (vuosittainen maidontuotanto per lypsylehmä kasvanut yli kymmenprosenttia) takia näkynyt lypsylehmien lukumäärän laskuna (yli 20 % ko. aikana) ja vähentyvinä kasvihuonekaasupäästöinä. Sianlihantuotannossa vaihtelut ovat olleet pienempiä ja vuonna 1998 tuotantotasoa oli lähes sama kuin vuonna 1990. Lietelantamenetelmän yleistyminen lannankäsittelyssä on jonkin verran vähentänyt lannankäsittelyn N<sub>2</sub>O-päästöjä ja lisännyt CH<sub>4</sub>-päästöjä, kokonaisvaikutus on ollut päästöjä alentava. Vuoden 1990 tasoon nähden maatalouden päästöt ovat vähentyneet yli 10 % (ks. kuva 2).



Kuva 2. Suomen maatalouden kasvihuonekaasupäästöjen kehittyminen 1990 – 1998. Kuvassa ovat ainoastaan arvioidut IPCC-luokituksen mukaiset maatalouden päästöt (ei esim. energiankulutuksesta tai lannoitteiden tuotannosta aiheutuvia päästöjä eikä kivennäismaiden päästöjä, joille ei ole toistaiseksi pystytty laatimaan määrällistä arviota).

Suomen maatalouden volyymin ja siten myös päästöjen kehittymisen arvioiminen on vaikeaa, koska maataloustuotannon määrään vaikuttavat ratkaisevasti, kansainvälisen ja kansallisen tuotteiden kysynnän lisäksi, harjoitettu maatalouspolitiikka ja erilaiset tukijärjestelmät. Suomen maatalouden kasvihuonekaasupäästöjen kehittymistä tarkastellaan tässä kahden tyypissä skenaariossa vuoteen 2010 saakka. Nk. perusskenaarioissa arvioidaan oletettujen maatalouden rakenteellisen kehityksen ja tuotannon volyymissa tapahtuvien muutosten vaikutuksia päästöihin. Nk. vähentämiskenaarioissa arvioidaan lisäksi erilaisten toimenpiteiden, kuten ruokinnan muuttamisen, vaikutuksia päästöihin. Tarkastellut skenaariot kuvataan seuraavassa.

### **Perusskenaario 1:**

Kotieläinten lukumäärissä (poikkeuksena hevosten lukumäärä joka on oletettu 20 % suuremmaksi), maidontuotannossa, lannoitteiden käytössä, kasvinjätteiden maahanmuokkauksessa ja palkokasvien viljelyssä tapahtuvat muutokset arvioitiin Suomen toisen ilmastositimukselle toimittaman maaraportin mukaisiksi (YM 1997). Lihantuotannon muutoksia ei tarkasteltu erikseen, eikä lannankäsittelyssä oleteta tapahtuvan muutoksia.

### **Perusskenaario 2: lannankäsittelymenetelmän vaikutus**

Perusskenaario 1:n oletusten lisäksi lannankäsittely muuttuu siten, että lietelantamenetelmä yleistyy (kaksinkertaistuu vuosiin 1995–1997 nähden, mutta siten että suurimmillaan eri eläinluokkien lannasta 80 % voidaan käsitellä lietteenä).

### **Perusskenaario 3: maidontuotannon trendin mukainen tehostuminen**

Perusskenaario 2:n lisäksi maidontuotanto lypsylehmää kohti kasvaa 6 700 l:sta 7 300 l:aan vuodessa. Kyseinen maidontuotannon nousu vastaa 1990-luvun keskimääräistä kasvua, jonka oletetaan jatkuvan. Kokonaismaidontuotannon oletetaan pysyvän samalla tasolla kuin perusskenaarioissa 1 ja 2, jolloin lypsylehmien ja vasikoiden lukumäärät alenevat.

### **Vähentämiskenaario 1: maidon- ja lihantuotannon voimallinen tehostuminen ruokintaa muuttamalla**

Nautojen ja sikojen ruokintaa tehostetaan lisäämällä väkirehujen osuutta nautojen ruokinnassa ja vaiheruokintaa sikojen ruokinnassa. Maidontuotanto kasvaa 9 000 kg:aan lypsylehmää ja vuotta kohti, naudanlihan tuotanto lisääntyy 1,2-kertaiseksi ja sianlihan tuotanto 1,25-kertaiseksi eläintä kohti nykytuotantoon verrattuna. Oletetut tuotannonlisäykset valittiin RUSU-ohjelmalla tehtyjen laskelmien perusteella. Muut oletukset olivat samat kuin perusskenaario 3:ssa.

### Vähentämiskenaario 2: lannankäsittelyn metaanipäästöjen vähentäminen

Vähentämiskenaario 1:n lisäksi lannankäsittelyn metaanipäästöjä vähennetään 50 % kompostoinnin ja biokaasutuksen avulla. Koska kompostoinnin ja biokaasutuksen määrällisiä vaikutuksia lannankäsittelyn N<sub>2</sub>O-päästöihin ei tunneta, on näiden päästöjen oletettu säilyvän muuttumattomina. Kyseisellä skenaariolla pyritään kuvaamaan lannankäsittelyn metaanipäästöjen vähentämiseen kohdistettavien toimenpiteiden merkitystä kokonaisuuden kannalta.

### Vähentämiskenaario 3: kokonaistuotannon vähentyminen

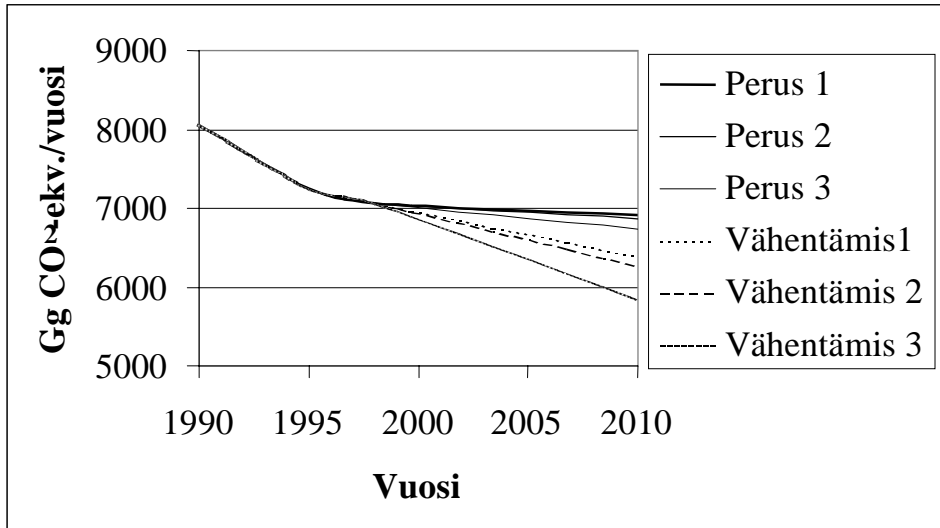
Kaikissa muissa skenaariossa maataloustuotannossa ei oleteta tapahtuvan merkittäviä muutoksia vuoteen 2010 mennessä. Maatalouden taloudellisen tutkimuslaitoksen maatalouden rakennekehitystä vuoteen 2008 arvioivassa tutkimuksessa (Lehtonen et al. 1999) tuotannon on kuitenkin oletettu vähenevän. Tässä skenaariossa käytetyt arviot tuotannon muutoksista perustuvat osaksi ko. tutkimukseen. Maidontuotannon oletetaan vähentyvän 1 600 milj. kg:aan, naudanlihan tuotannon 64 milj. kg:aan ja sianlihan tuotannon 168 milj. kg:aan vuoteen 2010 mennessä. Muut oletukset kuten vähentämiskenaariossa 2.

Maatalouden kokonaispäästöjen kehittyminen tarkastelluissa skenaarioissa esitetään taulukossa 23 ja kuvassa 3.

*Taulukko 23. Arvioidut maatalouden kokonaiskasvihuonepäästöt (Gg CO<sub>2</sub>-ekvivalenttia/vuosi) tarkastelluissa skenaarioissa.*

Skenaario	Päästöt				Vähennysprosentti* vuoteen 2010	
	Tg CO <sub>2</sub> -ekvivalenttia/vuosi				Vertailuvuosi	
	1990	1995	1998	2010	1998	1990
Perus 1	8,1	7,2	7,1	6,9	2 %	14 %
Perus 2	8,1	7,2	7,1	6,9	3 %	15 %
Perus 3	8,1	7,2	7,1	6,7	5 %	16 %
Vähentämis1	8,1	7,2	7,1	6,4	10 %	21 %
Vähentämis 2	8,1	7,2	7,1	6,3	11 %	22 %
Vähentämis 3	8,1	7,2	7,1	5,8	13 %	28 %

\* Vähennysprosentti on laskettu tarkemmista luvuista, kuin mitä taulukossa on annettu.



Kuva 3. Maatalouden kokonaiskasvihuonekaasupäästöt tarkastelluissa skenaarioissa.

Perusskenaarioiden päästöt ovat samansuuruiset, erot kokonaispäästöissä ovat vain muutaman prosentin luokkaa. Lietelantamenetelmän mahdollinen yleistyminen vaikuttaa kokonaispäästöihin hyvin vähän, N<sub>2</sub>O-päästöjen alentuminen korvautuu lähes kokonaan CH<sub>4</sub>-päästöjen lisääntymisellä. Maidontuotannon trendin mukainen kasvu lypsylehmää kohti vaikuttaa päästöihin jonkin verran enemmän, päästöt olisivat kolme prosenttiyksikköä pienemmät kuin perusskenaariossa 1.

Maidon- ja lihantuotannon voimallisempi tehostaminen ruokintaa muuttamalla vähentäisi kokonaispäästöjä enemmän. Kokonaisvähennys vähentämiskenaariossa 1 olisi noin 10 % vuoden 1998 päästöihin verrattuna ja jopa noin 20 % vuoden 1990 päästöihin nähden. Ruokinnan muuttamisen vaikutuksia väkilannoituksesta aiheutuviin kasvihuonekaasupäästöihin ei tässä työssä arvioitu, sillä se edellyttäisi huomattavasti tarkemman järjestelmämallin käyttöä, jollaisen kehittämiseen ei työn puitteissa ollut mahdollisuuksia. Lannankäsittelyn muutokset vaikuttavat päästöihin vain vähän (vähentämiskenaario 2).

Turvemaiden viljelyksestä aiheutuvat päästöt ovat merkittäviä Suomessa ja viljelyn lopettaminen kyseisillä mailla saattaisi vähentää näitä päästöjä merkittävästi. Jos päästöjä voitaisiin vähentää merkittävästi kyseisten peltojen metsittämisellä tai muuttamalla ne luonnon laitumiksi, on mahdollista, että näin saatava päästövähennys olisi jopa suurempi kuin edellä mainittujen toimen-

piteiden vaikutus yhteensä. Päästöjen epävarmuudet ovat kuitenkin erittäin suuret, eikä toimenpiteiden vaikutusta päästöihin tunneta riittävän hyvin. Siksi toimenpiteitä ei ole sisällytetty tarkasteltaviin skenaarioihin. Päästöjen epävarmuuksien pienentäminen turvemaiden pinta-alatietoja tarkentamalla ja päästökerrointietoja varmentamalla, niin viljelyksessä oleville kuin viljelyksestä poistetuille turvepelloille, olisi joka tapauksessa erityisen tärkeää kyseisten päästöjen merkityksen ja vähentämistoimenpiteiden mahdollisuuksien selvittämiseksi.

Maatalouden maidon ja lihan kokonaistuotannon vähentyminen voi vaikuttaa kansallisiin päästöihimme, mutta jos ruoan kulutustottumukset eivät muutu Suomessa ja niissä maissa, joihin maataloustuotteitamme viedään, ei todellista päästöjen vähenemistä tapahdu, ellei tuotanto siirry alueille, jossa päästötaso on pienempi, päästöjen alkuperämaa vain muuttuu.

## **4.2 Päästöjen vähentämisen kustannustehokkuus**

Eri toimenpiteiden kustannukset vaikuttavat myös niiden toteutumismahdollisuuksiin. Taulukossa 24 esitetään toimenpiteillä saavutettavat mahdolliset päästövähennykset ja niiden kustannusvaikutukset. Esitetyt luvut ovat erittäin karkeita ja kuvaavat ainoastaan teknis-taloudellisin perustein arvioitujen kustannusten suuruusluokkia. Maatalouden rakennemuutoksen tai tuotannon vähentymisen kustannuksia tai muita kansantaloudellisia kustannuksia ei ole arvioitu.



Taulukko 24. Karkea suuruusluokka-arvio maatalouden kasvihuonekaasupäästöjen vähennystoimenpiteiden kustannustehokkuudesta sekä päästöjen vähentämismahdollisuuksista. Vuoden 2010 päästöt ovat perusskenaarion 2 mukaiset.

Toimenpide	Päästöt 2010	Lisävähennys	Kumulatiivinen kokonaisvähennys	Ominaiskustannukset	Lisäkustannukset	Kumulatiiviset kokonaiskustannukset
	Gg CO <sub>2</sub> -ekv./a			mk/t CO <sub>2</sub> -ekv.	milj. mk/a	milj. mk/a
Sianlihantuotannon tehostaminen	6 870* 6 771	99	0 99	-5012	-497	-497
Naudanlihantuotannon tehostaminen	6 507	165	264	-869	-143	-640
Maidontuotannon tehostaminen	5 942	301	565	-472	-142	-782
Lannan kompostointi, siat	5 902	40	605	950	38	-744
Lannan kompostointi, muut kuin siat ja naudat	5 883	19	624	1400	27	-718
Lannan kompostointi, naudat	5 830	53	677	7 000	370	-348

\* Perusskenaarion 2 mukainen päästö vuonna 2010.

Taulukossa esitetyt luvut ovat niihin liittyviin suuriin epävarmuuksiin nähden liian tarkkoja.

Kustannustehokkuusarvion mukaan maidon- ja lihantuotannon tehostamisella ruokintaa muuttamalla voitaisiin vähentää maatalouden kasvihuonekaasupäästöjä noin 0,5 Tg CO<sub>2</sub>-ekv. vuodessa negatiivisin kustannuksin. Toimenpiteen vaatimia investointeja ja niiden takaisinmaksuaikaa ei arvioitu erikseen. Kustannusarvio perustuu luvussa 3 kuvatulle esimerkkituloille tehtyihin laskelmiin ja laskenta-ajankohdan reuhintoihin.

Lannan kompostoinnin ominaiskustannukset ovat korkeat ja saavutettava päästövähennys on suhteellisen pieni. Lannan biokaasutuksella päästöjä voitaisiin vähentää samansuuruinen määrä kuin kompostoinnilla, mutta keskimäärin toimenpide olisi jonkun verran kalliimpi.

# 5 Yhteenveto ja jatkotutkimusehdotukset

## 5.1 Yhteenveto

Tutkimuksessa tarkennettiin Suomen maatalouden kasviuonekaasutasetta vuosien 1990–1998 osalta ja arvioitiin päästöjen vähentämisen mahdollisuuksia ja kustannuksia.

Maaperän ja vesistöjen typpikuormituksen sekä lannankäsittelyn  $N_2O$ -päästöt muodostavat merkittävimmän osan Suomen maatalouden päästöistä, yhteensä noin 40 %. Väkilannoituksen sekä lannan käsittelyn ja levityksen päästöjen merkitys on samansuuruinen. Kyseiset päästöt arvioitiin IPCC:n antamien oletuspäästökertoimien avulla. Oletuspäästökertoimien soveltuvuus Suomen oloihin tunnetaan puutteellisesti.

Turvemaiden viljelystä aiheutuvat kasviuonekaasut ( $CO_2$  ja  $N_2O$ , vähäisemmässä määrin  $CH_4$ ) muodostavat arvioiden mukaan merkittävän osan maatalouden kasviuonekaasupäästöistä Suomessa. Maatalouden nykyisistä päästöistä noin kolmannes on peräisin turvepelloilta. Arviot ovat erittäin epävarmoja, koska sekä viljelyksessä olevien turvemaiden pinta-alat että ominaispäästöjen suuruus tunnetaan huonosti. SILMU-tutkimusohjelmassa arvioidut  $CO_2$ -päästöt olivat yli kaksinkertaiset tässä työssä esitettyihin arvioihin nähden. Myös uudemmat Suomessa, Ruotsissa ja Hollannissa tehdyt tutkimukset tukevat IPCC-ohjeiden oletuspäästökertoimia suurempien päästökerrointen käyttöä. Turvemaiden pinta-alatietojen tarkentaminen olisikin ensisijaisen tärkeää, samoin kuin tutkimus päästökerrointen suuruudesta Suomen oloissa.

Kotieläinten ruoansulatuksen  $CH_4$ -päästöt ovat noin viidenneksen, kalkituksen  $CO_2$ -päästöt noin 6 % ja lannankäsittelyn  $CH_4$ -päästöt noin 3 % maatalouden nykyisistä päästöistä. Kyseisten päästöarvioiden epävarmuudet ovat edellä mainittuihin päästöihin verrattuna pienempiä.

Suomessa maatalouden kasviuonekaasupäästöt ovat kokonaisuudessaan noin 10 % ihmisen toiminnan kasviuonekaasupäästöistä, kun mm. maatalouden energiankulutuksesta ja lannoitteiden valmistuksesta aiheutuvien epäsuorien päästöjen vaikutusta ei oteta huomioon. Luvussa ei myöskään ole mukana kivennäismaiden viljelystä aiheutuvia kasviuonekaasupäästöjä, koska määrällisiä arvioita näistä päästöistä ei vielä ole saatavilla. Maatalouden päästöt ovat vähentyneet yli 10 % 1990-luvulla maatalouden volyymin pienentymisen (mm. kotieläinten lukumäärän ja lannoitteiden käytön vähentymisen) takia.

Tutkimuksessa tarkasteltujen vähentämistoimenpiteiden pääpaino oli ruokinnan vaikutusten arvioimisessa. Muuttamalla kotieläinten ruokintaa voidaan maidon ja lihantuotantoa tehostaa, jolloin kasvihuonekaasupäästöt tuotettua maito- ja lihakiloa kohti vähenevät. Toimenpiteet vähentävät useimmissa tapauksissa tuotantokustannuksia, mutta niiden toteuttaminen voi vaatia tiloilta lisäinvestointeja.

Vaikka kasvihuonekaasupäästöt ja typen erityis tuotantoa tehostaessa vähenevät tuotettua maito- ja lihakiloa kohti, lisääntyvät päästöt eläintä kohti. Tämä voi aiheuttaa paikallisesti ammoniakki- ja vesistöpäästöjen lisääntymistä, vaikkakin kansallisella tasolla nämäkin päästöt vähentyisivät. Kyseisiin päästöihin voidaan vaikuttaa merkittävästi erilaisilla toimenpiteillä, kuten kattamalla lietalanta-säiliöt, sijoittamalla lanta maahan levityksen yhteydessä ja oikein mitoitettujen suojakaistojen avulla. Monet näistä toimenpiteistä lisäävät maaperän typpikuormitusta (mm. ammoniakkipäästöjen vähentymisen takia) ja siten myös N<sub>2</sub>O-päästöjä. Ottamalla lisääntynyt typpikuormitus huomioon levitysmäärissä (määrä hehtaaria kohti) ja lisäksi tarvittavassa väkilannoituksen määrässä, voidaan lisääntyneiltä N<sub>2</sub>O-päästöiltä ainakin osittain välttyä. Tämä edellyttää sitä, että tiloilla on käytössä eläinmäärään nähden riittävä peltopinta-ala, sekä lisääntyvää analysointia ja suunnitelmallisuutta niin lannan kuin väkilannoitteiden käytössä.

Maatalouden päästöt ovat vähentyneet Suomessa 1990-luvulla yli 10 %. Ruokintaa tehostamalla arvioidaan voitavan vähentää vuotuisia päästöjä noin 0,5 Tg CO<sub>2</sub>-ekv. vuoteen 2010 mennessä, mikä on noin 7 % maatalouden kokonaispäästöistä vuonna 1998. Päästöjen vähentäminen ruokintaa muuttamalla on arvioitu myös erittäin kustannustehokkaaksi toimenpiteeksi, mutta on muistettava, ettei työssä tarkasteltu erikseen tiloilla tarvittavia investointia ja niiden takaisinmaksuaikaa. Tarpeelliset investoinnit voivat olla kannattamattomia etenkin pienillä tiloilla.

Lannankäsittelyä muuttamalla päästöihin voidaan vaikuttaa vähemmän, osittain siksi, että toimenpiteiden vaikutukset CH<sub>4</sub>- ja N<sub>2</sub>O-päästöihin ovat suurelta osin vastakkaiset. Kyseisten toimenpiteiden kustannukset ovat myös suuret vähennettyä kasvihuonekaasupäästö määrää kohti laskettuna.

Turvemaiden viljelyn lopettamista ja metsittämistä on esitetty keinoksi vähentää maatalouden kasvihuonekaasupäästöjä. Toimenpiteen vaikutus päästöihin on kuitenkin hyvin epävarma ja kustannuksiltaan toimenpide on arvioitu kalliiksi tavaksi vähentää kasvihuonekaasupäästöjä. Vaikutukset maisemaan ja luonnon monimuotoisuuteen sekä alueelliset, sosiaaliset ja tuotantovaikutukset voivat myös olla esteenä toimenpiteen hyväksyttävyydelle.

## 5.2 Jatkotutkimusehdotukset

Tutkimuksessa arvioitiin, että muuttamalla kotieläinten ruokintaa, voitaisiin maatalouden kokonaiskasvihuonekaasupäästöjä alentaa kustannustehokkaasti vajaat 10 % nykytasosta kokonaistuotannon säilyessä ennallaan. Nykyinen Suomen kasvihuonekaasuinventaarien laadinnassa käytetty laskentamenetelmä laskee kyseiset päästöt epäsuorasti eläinten painonnousuun ja maidontuotantoon suhteutettuina, eikä esimerkiksi ruokinnan muuttumisen seurauksena muuttunutta typeneritystä lantaan pystytä ottamaan huomioon laskuissa. Mahdollisuuksia muuttaa inventaarien laadinnassa käytettävää laskentamenetelmää siten, että eläinten ruokintatavoissa tapahtuvat muutokset tulisivat suoraan huomioitua vuosittaisissa inventaareissa, tulisi selvittää.

Esitetyt laskelmat ruokinnan vaikutuksesta kasvihuonekaasupäästöihin perustuvat suppeaan tarkasteluun, jota tulisi monipuolistaa. Tulosten luotettavuus tulisi myös varmentaa mittauksin.

Turvemaat muodostavat merkittävän osan Suomen maatalouden kasvihuonekaasupäästöistä. Kyseiset päästöt ovat erittäin epävarmoja: turvemaiden pinta-alatiedot ovat puutteelliset ja päästökerrointiedot epävarmat. Pinta-alatietojen tarkistaminen ja niissä tapahtuneiden muutosten arviointi vuodesta 1990 alkaen olisi tärkeää sekä inventaarien luotettavuuden parantamiseksi että päästötrendien tarkentamiseksi. IPCC-ohjeiden oletuspäästökertoimet ovat mm. suomalaisissa tutkimuksissa saatujen tulosten valossa alhaiset, ja kansallisten päästökertoimien määrittämistä ja käyttöä kasvihuonekaasuinventaareissa tulisi selvittää.

Maaperän typpikuormituksesta aiheutuvien  $N_2O$ -päästöjen laskenta perustuu suurelta osin IPCC-ohjeissa annettujen oletuspäästökertoimien käyttöön. Näiden kertoimien soveltuvuus meidän oloihimme ja suomalaiseen maatalouskäytäntöön tulisi selvittää päästöjen suuren merkityksen ja arvioitujen suurten epävarmuuksien takia. Typpihuuhtouman määrän ajallinen kehittyminen ja jo toteutettujen sekä suunniteltujen toimenpiteiden vaikutus tulisi selvittää.

# Lähdeluettelo

Bouwman, A. F. 1993. The global source distribution of nitrous oxide. In: Amstel, A. R. van (ed.) 1993. Methane and nitrous oxide. International IPCC Workshop, Amersfoort, The Netherlands, 3–5 Febr. 1993. Bilthoven, the Netherlands: National Institute of Public Health and Environmental Protection. S. 261–272.

Cowell, D. & ApSimon, H. 1996. The MARACCAS Project - Assessing the potential and cost of ammonia emission abatement in Europe. London: Imperial College, Centre for Environmental Technology. 43 s.

ECETOC 1994. Ammonia emissions to air in Western Europe. Brussels: ECETOC (European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals). 196 s. (Technical Report No. 62.)

EPA 1993. Option for reducing methane emissions internationally. Environmental Protection Agency. Report to congress. (EPA 430-R-93-006 A + B.)

EPA 1999. U.S. Methane emissions 1990–2020: Inventories, projection, and opportunities for reductions. Environmental Protection Agency. (EPA 430-R-99-013.)

Esala, M. 1994. Fate of <sup>15</sup>N-labelled nitrogen as affected by the amount of fertilizer applied to spring wheat. 15th World Congress of Soil Science. Transactions, Vol. 5b. S. 211–212.

Gibbs, M. J. & Kaestle, C. 1996. The ruminant livestock efficiency program. Washington, 7.–10.10.1996. The ruminant livestock efficiency program: Annual Conference Proceedings. S. 3–11.

Gibbs, M. J. & Leng, R. A. 1993. Methane emissions from livestock. In: Amstel, A. R. van (ed.) 1993. Methane and nitrous oxide. International IPCC Workshop, Amersfoort, The Netherlands, 3–5 Febr. 1993. Bilthoven, the Netherlands: National Institute of Public Health and Environmental Protection. S. 73–79.

Grönroos, J., Nikander, A., Syri, S., Rekolainen, S. & Ekqvist, M. 1998. Maatalouden ammoniakkipäästöt. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. 68 s. (Suomen ympäristö 206.)

Heinonen, R., Hartikainen, H., Aura, E., Jaakkola, A. & Kemppainen, E. 1992. Maa, viljely ja ympäristö. Helsinki: WSOY. 334 s.

Hogan, K. 1993. Options for reducing methane emissions. In: Amstel, A. R. van (ed.) 1993. Methane and nitrous oxide. International IPCC Workshop, Amersfoort, The Netherlands, 3–5 Febr. 1993. Bilthoven, the Netherlands: National Institute of Public Health and Environmental Protection. S. 187–201.

Houghton, J. T., Meira Filho, L. G., Lim, B., Tréanton, K., Mamaty, I., Bonduki, D. J., Griggs, D. J. & Callander, B. A. 1997. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. London: IPCC, OECD & IEA. Vol. 1–3.

IPCC 1996. Climate change 1995 - Impacts, adaptations and mitigation of climate change: Scientific-Technical Analyses. New York: Cambridge University Press. 879 s.

IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. 1995. London: IPCC, OECD & IEA. Vol. 1–3.

Keränen, S. & Niskanen, R. 1987. Typpilannoituksen vaikutus happamoitumiseen Suomessa. Helsinki: Ympäristöministeriö (HAPRO). 64 s.

Klemedtsson, L., Klemedtsson, Å. K., Esala, M. & Kulmala, A. 1999. Inventory of N<sub>2</sub>O emissions from farmed European peatlands. In: Freibauer, A. & Kaltschmidt, M. (eds.). Approaches to greenhouse gas inventories of biogenic sources in agriculture. Proceedings of the Workshop at Lökeberg, Sweden, 9.–10.7. 1998. S. 79–94. (EU Consorted action FAIR3-CT96-1877 "Biogenic emissions of greenhouse gases caused by arable and animal agriculture". Band 53, Stuttgart, Universität Stuttgart/IER.)

Kuusisto, E., Kauppi, L. & Heikinheimo, P. (toim.) 1996. Ilmastonmuutos ja Suomi. Helsinki, Suomalainen ilmaveikänmuutosten tutkimusohjelma (SILMU). 265 s.

Kyoto Protocol 1997. Kyoto Protocol to the Convention on Climate Change. United Nations' Framework Convention on Climate Change. 34 s.

Käyhkö, V., Klemetti, V. & Kokkonen, J. 1994. Suopeltojen käyttömahdollisuus turvetuotantoon – eri lähteissä olevat tiedot ja niiden saatavuus ja käytettävyys turvetutkimuksessa. Oulu: Suo Oy. 44 s. + liitt.

Lehtilä, A. & Tuhkanen, S. 1999a. Integrated cost-effectiveness analysis of greenhouse gas emission abatement. the case of Finland, Espoo: Technical Research Centre of Finland. 145 s. + liitt. 15 s. (VTT Publications 374.)

Lehtilä, A. & Tuhkanen, S. 199b. Skenaarioita Suomen kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamisesta. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 47 s. (Tutkimusselostus ENE6/19/99.)

Lehtonen, H., Linjakumpu, H., Knuutila, M. & Marttila, J. 1999. Maatalouden rakennekehitys vuoteen 2008. Helsinki: Maatalouden taloudellinen tutkimuslaitos. 137 s. (Tutkimuksia 232/1999.)

Maatilatilastollinen vuosikirja. 1998. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. 266 s. (Maa- ja metsätalous 1998:5.)

Maljanen, M., Silvola, J., Hytönen, J. & Martikainen, P. 1999. Viljeltyjen ja metsitettyjen turvemaiden kasvihuonekaasupäästöt. Kuopio: Kuopion yliopisto. 30 s. (Raportti maa- ja metsätalousministeriön rahoittamasta projektista 1998–1999, Dnro 4299/92/97.)

Manninen, M. 1998. Erityyppisten kylmien tuotantotilojen soveltuvuus charolais-ayshire-emoille: Teoksessa: Kotieläintieteen päivät, Helsinki, 26–27.5.1998. Maaseutukeskusten Liiton julkaisu 924. Helsinki: Maaseutukeskusten Liitto. S. 281–287.

MKL 1993. Ympäristöhoitosuunnitelmat 1990–1992. Helsinki: Maaseutukeskusten Liitto. 11 s.

MMM 1996. Maatalouspoliittisen työryhmän väliraportti. Helsinki. 127 s. (Työryhmämuistio 1996:14.)

Nikander, A. & Wallenius, S. 1995. Imperial Collegen Suomen lannankäsittelyä koskevan kyselyn täyttäminen. (kirjallinen tiedonanto).

OECD 1991. Estimation of greenhouse gas emissions and sinks. Final report from the OECD expert meeting, 18–21 February 1991. Prepared for the Intergovernmental Panel on Climate Change. Revised August 1991.

Pipatti, R. 1997. Suomen metaani- ja dityppioksidipäästöjen rajoittamisen mahdollisuudet ja kustannustehokkuus. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 62 s. + liitt. 4 s. (VTT Tiedotteita 1835.)

Pipatti, R. 1994. Metaanin ja typpioksiduulin päästöarviot, päästöjen kehitys ja rajoituspotentiaali. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 68 s. (VTT Tiedotteita 1548.)

Rekolainen, S., Pitkänen, H., Bleeker, A. & Felix, S. 1995. Nitrogen and phosphorus fluxes from Finnish agricultural areas to the Baltic Sea. *Nordic Hydrology*, 26, s. 55–72.

Roinila, P. 1995. Kattamisen vaikutus ravinnetappioihin karjanlannan aumakompostoinnissa. Helsinki: Helsingin Yliopisto. 57 s. (Pro gradu -tutkielma.)

Savolainen, I., Tähtinen, M., Wistbacka, M., Pipatti, R. & Lehtilä, A. 1996. Happamoittavan laskeuman taloudellinen rajoittaminen vähentämällä päästöjä Suomessa, Virossa ja Venäjällä. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 60 s. (VTT Tiedotteita - Meddelanden - Research Notes 1744.)

Selin, P. 1999. Turvevarojen teollinen käyttö ja suopohjien hyödyntäminen Suomessa. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto. 239 s. (Jyväskylä studies in biological and environmental science 79.)

Seppänen, H. & Matinlassi, T. 1998. Maatilojen ympäristönhoito-ohjelmat 1995–1997. Helsinki: Maaseutukeskusten Liitto. 19 s.

Suomen ympäristökeskus 1995. Ehdotus vesiensuojelun tavoitteiksi vuoteen 2005. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. 172 s.

Tilastokeskus 1998. Tavaroiden tuotanto 1996. (Teollisuus 1998:6.)

Tähtinen, M., Lehtilä, A., Pipatti, R., Wistbacka, M. & Savolainen, I. 1997. Economic reduction of acidifying deposition in Finland by decreasing emissions in Finland, Estonia and Russia. *The Science of the Total Environment* 204, s. 177–192.

Tuori, M. et al. 1996. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset: Märehtijät, siat, siipikarja, turkiseläimet, hevoset. Helsinki: Helsingin yliopisto.

Vanhatalo, A. 1997. Aminohapoilla lisää tuotosta ympäristöä säästäten. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A. No. 27. S. 76–85.

Vasander, H. (toim.). 1996. Peatlands in Finland. Helsinki: Finnish Peat Society. 168 s.



UNFCCC 1992. Convention on Climate Change. Geneva: UNEP/IUC. 30 s.

YM 1995. Finland's national report under the United Nations' Framework Convention on Climate Change. 32 s.

YM 1997. Finland's second report under the United Nations' Framework Convention on Climate Change. 63 s.

YM 1999. Finland's national greenhouse gas inventory to the UN's Framework Convention on Climate Change. Years: 1990, 1995–1997.



Tekijä(t) Pipatti, Riitta, Tuhkanen, Sami, Mälkiä, Pirjo & Pietilä, Riitta			
Nimeke <b>Maatalouden kasvihuonekaasupäästöt sekä päästöjen vähentämisen mahdollisuudet ja kustannustehokkuus</b>			
Tiivistelmä <p>Tutkimuksessa arvioitiin maatalouden kasvihuonekaasupäästöjä sekä niiden vähentämisen mahdollisuuksia ja kustannuksia Suomessa.</p> <p>Maatalouden kasvihuonekaasupäästöt ovat noin 10 % ihmisen toiminnan aiheuttamista kasvihuonekaasupäästöistä Suomessa. Maaperän ja vesistöjen tyyppikuormituksen sekä lannankäsittelyn aiheuttamat dityppioksidipäästöt (N<sub>2</sub>O) muodostavat merkittävimmän osan Suomen maatalouden päästöistä, yhteensä noin 40 %. Turvemaiden viljelystä aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt (hiilidioksidi (CO<sub>2</sub>) ja N<sub>2</sub>O, vähäisemmässä määrin metaani (CH<sub>4</sub>)) muodostavat noin kolmanneksen, kotieläinten ruoansulatuksen CH<sub>4</sub>-päästöt puolestaan noin viidenneksen, kalkituksen CO<sub>2</sub>-päästöt noin 6 % ja lannankäsittelyn CH<sub>4</sub>-päästöt noin 3 % maatalouden arvioituista nykyisistä päästöistä.</p> <p>Päästöarvioihin liittyvät epävarmuudet ovat suuret. Etenkin turvemaiden osalta sekä pinta-alatiedot että käytetyt päästökertoimet ovat hyvin epävarmoja. Kokonaispäästöarviossa ei ole mukana kivennäismaiden viljelystä aiheutuvia CO<sub>2</sub>-päästöjä, koska määrällisiä arvioita näistä ei ole vielä saatavilla.</p> <p>Maatalouden päästöt ovat vähentyneet 1990-luvulla yli 10 %. Syynä vähennykseen ovat sekä tuotannon alentuminen että sen tehostuminen, joiden seurauksena kotieläinten määrä sekä väkilannoituksen käyttö ovat vähentyneet. Tutkimuksen mukaan mahdollisuudet vähentää maatalouden kasvihuonekaasupäästöjä edelleen ovat hyvät. Ruokinnan tehostaminen on tutkimuksen mukaan kustannustehokas tapa vähentää kasvihuonekaasupäästöjä. Lannankäsittelyn päästöjen vähentäminen kompostoinnin tai biokaasutuksen avulla on merkitykseltään vähäisempi ja huomattavasti kalliimpi toimenpide Suomessa. Turvemaiden viljelyn lopettamista, esimerkiksi metsittämällä pellot tai muuttamalla ne luonnon laitumiksi, on esitetty keinoiksi vähentää maatalouden kasvihuonekaasupäästöjä. Keinojen vaikutukset päästöihin tunnetaan kuitenkin huonosti. Myös vaikutukset maisemaan ja luonnon monimuotoisuuteen sekä arvioituiden suuret kustannukset voivat olla esteenä turvemaiden metsittämisen hyväksyttävyydelle.</p> <p>Tutkimuksen tulokset perustuvat osittain suppeaan ja epävarmaan tutkimusaineistoon, jota tulisi monipuolistaa ja varmentaa mittauksin sekä lähtötietojen keruuta ja tilastointia parantamalla.</p>			
Avainsanat agriculture, emissions, greenhouse gases, cultivation, fertilisation, manure, nitrous oxide, methane, carbon dioxide, Finland			
Toimintayksikkö VTT Energia, Energiajärjestelmät, Tekniikantie 4 C, PL 1606, 02044 VTT			
ISBN 951-38-5017-X (soft back ed.) 951-38-5018-8 (URL: <a href="http://www.inf.vtt.fi/pdf/">http://www.inf.vtt.fi/pdf/</a> )		Projektinumero	
Julkaisu-aika Huhtikuu 2000	Kieli suomi, engl. tiiv.	Sivuja 72 s.	Hinta B
Projektin nimi		Toimeksiantaja(t) Maa- ja metsätalousministeriö	
Avainnimeke ja ISSN VTT Julkaisuja – Publikationer 1235-0613 (nid.) 1455-0857 (URL: <a href="http://www.inf.vtt.fi/pdf/">http://www.inf.vtt.fi/pdf/</a> )		Myynti VTT Tietopalvelu PL 2000, 02044 VTT Puh. (09) 456 4404 Faksi (09) 456 4374	

Published by



Vuorimiehentie 5, P.O.Box 2000, FIN-02044 VTT, Finland  
Phone internat. +358 9 4561  
Fax +358 9 456 4374

Series title, number and  
report code of publication

VTT Julkaisuja 841  
VTT-JULK-841

Author(s) Pipatti, Riitta, Tuhkanen, Sami, Mälkiä, Pirjo & Pietilä, Riitta			
Title <b>Agricultural greenhouse gas emissions and abatement options and costs in Finland</b>			
Abstract Agricultural greenhouse gas emissions, and abatement options and costs in Finland are presented.  Agricultural greenhouse gas emissions cause about 10 % of the total anthropogenic greenhouse gas emissions in Finland. N <sub>2</sub> O emissions from increased nitrogen input to soils and waters are the most important emissions and cause about 40 % of the total agricultural emissions. Commercial nitrogen fertilization and manure management and application are about equally important emission sources. Greenhouse gas emissions (CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O and to a smaller degree CH <sub>4</sub> ) from the cultivation of organic soils cause about one third, CH <sub>4</sub> emissions from enteric fermentation about one fifth, CO <sub>2</sub> emissions from liming about 6 % and CH <sub>4</sub> emissions from manure management about 3 % of total agricultural emissions in Finland today.  The uncertainties associated with the emissions are large, especially concerning cultivation of organic soil where both the area of cultivation and the emission factors are known poorly. The emissions from cultivation of mineral soils are not included in the total emissions due to lacking data.  The agricultural greenhouse gas emissions have declined by approximately 10 % since 1990. The possibilities to reduce the emissions further are estimated to be good. More intensive feeding of the animals is a cost-effective measure to reduce the emissions according to the study. Reduction of the emissions from manure management by composting or anaerobic digestion is of lesser importance and more costly in Finland. Afforestation of cultivated organic soils or changing them into natural pastures have been put forward as measures to reduce the greenhouse gas emissions from agriculture. The impact of the measures on the emissions is, however, known poorly. Afforestation may also not be acceptable due to the impact on the scenery and biodiversity, and because it is estimated to be very costly.  The result of the study are based on partly limited and uncertain data. More analyses, measurements and better routines for collection of activity data are needed.			
Keywords agriculture, emissions, greenhouse gases, cultivation, fertilisation, manure, nitrous oxide, methane, carbon dioxide, Finland			
Activity unit VTT Energy, Energy Systems, Tekniikantie 4 C, P.O.Box 1606, FIN-02044 VTT, Finland			
ISBN 951-38-5017-X (soft back ed.) 951-38-5018-8 (URL: <a href="http://www.inf.vtt.fi/pdf/">http://www.inf.vtt.fi/pdf/</a> )			Project number
Date April 2000	Language Finnish, Engl. abstr.	Pages 72 p.	Price B
Name of project		Commissioned by Ministry of Agriculture and Forestry	
Series title and ISSN VTT Julkaisuja – Publikationer 1235-0613 (soft back ed.) 1455-0857 (URL: <a href="http://www.inf.vtt.fi/pdf/">http://www.inf.vtt.fi/pdf/</a> )		Sold by VTT Information Service P.O.Box 2000, FIN-02044 VTT, Finland Phone internat. +358 9 456 4404 Fax +358 9 456 4374	