

VAASAN YLIOPISTO
KAUPPATIETEELLINEN TIEDEKUNTA
LASKENTATOIMEN JA RAHOITUKSEN YKSIKKÖ

Riikka-Maria Saarinen x103041

RUOANTUOTANTO JA KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖT

Taloustieteen maisteriohjelma

VAASA 2020

SISÄLLYSLUETTELO

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO	5
KÄSITELUETTELO	9
1. JOHDANTO	13
2. PÄÄSTÖT JA NIIDEN TALOUDELLISET VAIKUTUKSET	15
2.1. Kasvihuonekaasupäästöt.....	15
2.2. Maatalouden kasvihuonekaasupäästöt.....	18
2.2.1. Karjatalous.....	33
2.2.2. Luomutuotanto	40
2.3. Päästöjen vaikutus talouteen.....	44
3. MAATALOUDEN KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖJEN VÄHENTÄMINEN .	55
3.1. Kulutusvalintojen muuttaminen.....	56
3.1.1. Säättely	61
3.1.2. Haittaverot	67
3.1.3. Tuuppaus	75
3.1.4. Tuuppaus vs. verotus	85

4. JOHTOPÄÄTÖKSET	86
LÄHDELUETTELO.....	87

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1 Skotlannin kasvihuonekaasupäästöjen lähteet eri laskentatavoin 2009 (Bell ym.)	21
Kuva 2 Skotlannin maatalouden kasvihuonekaasupäästöjen lähteet eri laskentatavoin 2010 (Bell ym.)	22
Kuva 3 Ympäristön Kuznetsin käyrä (Environmental Kuznets Curve) (Brown & McDonough)	45
Kuva 4 Siirtymätalouksien kasvihuonekaasupäästöjen ja BKT:n suhde (Huang ym. 2008)	47
Kuva 5 Teollistuneiden maiden kasvihuonekaasupäästöjen ja BKT:n suhde (Huang ym. 2008)	47
Taulukko 1 Ruokatuotteiden estimoidut kasvihuonekaasuintensiteetit nykyisellä (noin 2010) teknologialla ja maltillisella ja optimistisella teknologian kehityksellä 2050 (Bryngelsson ym. 2015)	24
Taulukko 2 Tuoreruokakategorioiden ilmastoja lämmittävän indeksin arvoja (kgCO ₂ -ekv/kg tuotetta tai luutonta lihaa (Clune ym.))	31
Taulukko 3 Kahden tilan hiilijalanjäljet (CO _{2ekv} /elävän eläimen paino kg) (Buratti ym.)	44
Taulukko 4 Kasvihuonekaasupäästöt eri ruokavalioskenaarioissa (van de Kamp ym.)	59
Taulukko 5 Tapoja vähentää ruoan kasvihuonekaasupäästöjä (Garnett)	64
Taulukko 6 Jaotellut päästömäärät (Säll & Gren)	73

Taulukko 7 Tuotteiden kysynnän aleneminen haittaveron käyttöönoton jälkeen (Säll&Gren)	
.....	74
Taulukko 8 Suhteellinen ominaisuuksien tärkeys segmenteittäin (Apostolidis & McLeay)	78
Taulukko 9 Tuuppauskeinojen ryhmittely (Valatin ym.)	80

KÄSITELUETTELO

Anaerobinen (anaerobic)	Hapettomissa oloissa tapahtuva
Hiilidioksidi (Carbon dioxide):	CO ₂ on väritön kaasu, joka koostuu hiilestä ja hapesta.
Hiilidioksidiekvivalentti (Carbon dioxide Equivalent):	CO ₂ ekv on suure, joka kuvaa ihmisen tuottamien kasvihuonekaasupäästöjen ilmastovaikutusta.
Hiilinielu (Carbon sink):	Hiiltä sitova varasto; pääasiallisesti kasvit ja muut organismit, jotka kasvussaan sitovat hiiltä biomassansa ilmakehästä
Kasvihuonekaasu (Greenhouse gas):	Kaasu, joka ilmakehässä ollessaan päästää lähes kaiken auringonsäteilyn lävitseen, mutta absorboi ison osan Maan pinnalta lähtevästä lämpösäteilystä. Kasvihuonekaasut kasvattavat Maan pinnan lämpötilaa.
Metaani (Methane):	CH ₄ on hiilivety ja alkaani; se on kasvihuonekaasu.
Metsäkato (Deforestation):	Metsän muuttuminen puuttomaksi alueeksi.
Nitrifikaatio (Nitrification):	Kemiallinen prosessi, jossa typpi muuntuu nitriitti- ja nitraattimuotoiseksi happamoittaen ympäristöä.
Rikkidioksidi (Sulfur dioxide)	SO ₂ on rikin ja hapen yhdiste, jota syntyy muun muassa eräitä fossiilisia polttoaineita.
Sininen vesijalanjälki (blue water footprint):	Vesi, joka on peräisin pinta- tai pohjavesivaroista ja se sisällytetään tuotteeseen tai otetaan yhdestä vesilähteestä ja siirretään toiseen vesilähteeseen eri aikaan.
Typpioksidi (Nitric oxide):	NO on tyypestä ja hapesta koostuva kaasumainen yhdiste. Kutsutaan myös typpimonoksidiksi.

VAASAN YLIOPISTO**Kauppateollinen tiedekunta**

Tekijä:	Riikka-Maria Saarinen	
Tutkielman nimi:	Ruoantuotanto ja kasvihuonekaasupäästöt	
Ohjaaja:	Hannu Piekkola	
Tutkinto:	Kauppateiden maisteri	
Oppiaine:	Taloustiede	
Koulutusohjelma:	Taloustieteen maisteriohjelma	
Aloitusvuosi:	2014	
Valmistumisvuosi:	2020	Sivumäärä: 98

TIIVISTELMÄ

Pro gradu -tutkielma käsittelee ruoantuotantoa ja siitä johtuvia kasvihuonekaasupäästöjä sekä niiden vaikutusta talouteen. Tutkielmassa käsitellään myös keinoja, joilla ruoantuotannon kasvihuonekaasupäästöjä voitaisiin vähentää.

Maatalous itsessään tuottaa kasvihuonekaasupäästöjä, mutta peltoala voi toimia myös hiilinieluna sekä karjan lantaa voidaan käyttää energiantuotannossa. Maataloutta on myös pakko olla, jotta ihmiset saavat ravintoa. Ilmaston lämpenemisellä tulee olemaan kielteisiä vaikutuksia maataloussektorille; sadot saattavat pienentyä ja maaperästä saattaa tulla haastava viljeltävä tai viljelysmaaksi kelpaamaton. Myös maataloussektorin tulee pienentää hiilijalanjälkeään ja tuottaa entistä enemmän ravintoa alati kasvavalle ihmismäärälle entistä pienemmin kasvihuonekaasupäästöin.

Maatalouden suurin kasvihuonekaasupäästöjen lähde on karjatalous. Karjatalouden kasvihuonekaasupäästöjä nostaa erityisesti märehäivä karja. Ihmisten lihan kulutus on myös noussut talouskasvun myötä ja nousee edelleen sekä on nousemassa kehittyvissä maissa. Kasvispohjaisen ruokavalion kasvihuonekaasupäästöt ovat pääsääntöisesti pienemmät kuin eläinperäisiä tuotteita sisältävän ruokavalion. Ruokahävikki aiheuttaa suuret kasvihuonekaasupäästöt. Kasvihuonekaasupäästöillä saattaa olla kielteisiä seurauksia joidenkin maiden talouskasvuun.

Ruoantuotannon kasvihuonekaasupäästöjä voidaan pyrkiä vähentämään erilaisilla keinoilla; keinoja voidaan kohdistaa suoraan tuottajiin tai kuluttajiin tai molempiin. Sääntelyn avulla voidaan vähentää kasvihuonekaasupäästöjä, suuripäästöisille tuotteille voi laittaa haittaveron ja kuluttajia voidaan ohjata muokkaamaan omaa kulutuskäyttäytymistä tuuppauskeinoja käyttäen. Jokainen kuluttaja pystyy pienentämään omaa hiilijalanjälkeään ruokatuotteiden osalta ilman ruokavaliomuutoksiakin.

AVAINSANAT: ruoantuotanto, maatalous, kasvihuonekaasupäästöt, tuuppaus, haittavero

1. JOHDANTO

Tämä pro gradu-tutkielma käsittelee ruoantuotantoa, sen kasvihuonepäästöjä, päästöjen vaikutuksia talouteen sekä miten ruoantuotannon kasvihuonekaasupäästöjä voitaisiin vähentää. Maatalous liittyy suoraan ilmaston muutokseen ympäristöllisillä, taloudellisilla ja sosiaalisilla ulottuvuuksilla. Ilmasto vaikuttaa maatalouden tuottavuuteen, kun taas maataloustoiminta on osallisena kasvihuonekaasupäästöihin ja samanaikaisesti toimii hiilinieluna. Näin ollen ilmaston muutoksen ja maatalouden välillä on monimutkaisia sidoksia. (Dace & Blumberga 2016). Maatalouden kasvihuonekaasupäästöt globaalilla tasolla ylittävät liikenteen päästöt, kuitenkin maatalous ei ole päästökaupan alainen, niin kuin moni muu runsas päästöinen ala on.

Suurin osa ruoantuotannon päästöistä tulee eläinperäisestä ruoantuotannosta. (FAO 2016). Eläinperäisen ruoantuotannon aiheuttamilla kasvihuonekaasupäästöillä, kuten dityppioksidilla (N_2O) ja metaanilla (CH_4), on huomattavasti suuremmat ilmaston lämpenemisvaikutukset kuin hiilidioksidilla (McAllister, Beauchemin, Ho, McGinn & Robinson 2011). Tutkielmassa tutkitaan sitä, miten ruoantuotantoa voisi muuttaa, jotta sen kasvihuonekaasupäästöjä voitaisiin vähentää.

Maailman väestönkasvun seurauksena myös maatalouden tuotanto on lisääntynyt vastaamaan kasvavan ihmisjoukon tarvetta ravinnolle. Vuodesta 1960 vuoteen 2010 maatalouden lihantuotanto on nelinkertaistunut ja viljan tuotanto kolminkertaistunut. Ruoan tuotannon odotetaan myös kasvavan vähintään 50 prosentilla vuoteen 2050 mennessä. Tämä asettaa haasteita maatalouden kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiselle. (Bell, Cloy & Rees 2014). Maailman väestön odotetaan kasvavan yhdeksään miljardiin vuoteen 2050 mennessä. Ihmisten elintason odotetaan myös nousevan, mikä yleisesti on johtanut lihansyönnin lisääntymiseen eikä ole odotettavissa, että ihmiset yhtäkkiä alkaisivat merkittävässä määrin suosia kasvisruokavaliota lihaa sisältävän ruokavalion sijaan. (McAllister ym. 2011). Maataloustuotteiden kysyntä ei ole kovin joustavaa, koska ravintoa tarvitsevat kaikki riippumatta yksilön taloudellisesta asemasta (Lenzen ym. 2009).

Tutkielmassa käsitellään myös maatalouden kasvihuonekaasupäästöjen vaikutusta talouteen ja talouskasvuun. Esimerkiksi ympäristön Kuznetsin käyrän (Environmental Kuznets Curve) mukaan, kasvihuonekaasupäästöt tulevat laskemaan, kun bruttokansantuote on saavuttanut tietyn tason (Grossman & Krueger 1991). Päästöjen ja talouskasvun suhde ei kuitenkaan ole niin yksiselitteinen kuin ympäristön Kuznetsin käyrä antaa ymmärtää.

Maatalouden kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisen keinoja, kuten tuuppausta, haittaveroa ja sääntelyä käsitellään omassa luvussaan. Tutkielmassa tutkitaan, miten nämä eri keinot vaikuttaisivat ruoantuotantoon ja ihmisten elämäntapavalintoihin.

2. PÄÄSTÖT JA NIIDEN TALOUDELLISET VAIKUTUKSET

2.1. Kasvihuonekaasupäästöt

Kasvihuonekaasupäästöt vaikuttavat maapallon ilmaston lämpenemiseen. Kasvihuonekaasut pitävät lämpöä alailmakehässä tehden maapallosta lämpimämmän kuin mitä se olisi ilman näitä kaasuja. Kasvihuonekaasujen määrä ilmakehässä on noussut 30 prosenttia sitten teollisen vallankumouksen. Kasvihuonekaasupäästöt ovat erilaisia kuin muut saasteet, sillä niiden vaikutukset ovat maailmanlaajuisia eivätkä paikallisia. (Ansuategi & Escapa, 2001.)

Hallitusten välinen ilmastonmuutospaneeli (IPCC=Intergovernmental Panel on Climate Change), jonka tavoitteena on analysoida tieteellisesti tutkittua tietoa ilmastonmuutoksesta, sen vaikutuksista ja hillitsemismahdollisuuksista sekä siihen sopeutumisesta poliittista päätöksentekoa varten, on arvioinut, että ilmakehä on vuosien 1880 ja 2012 välillä lämmennyt 0,85 astetta ja mikäli kasvihuonekaasupäästöt tulevat kasvamaan nykyisellä vauhdilla, niin maapallon keskilämpötila saattaa nousta jopa yli 4,5 astetta vuosisadan loppuun mennessä (Ilmatieteenlaitos 2019). IPCC julkaisi lokakuussa 2018 erikoisraportin 1,5 Celsiusasteen maapallon keskilämpötilan nousun vaikutuksista. Erikoisraportin mukaan ihmisestä johtuva toiminta on vuoteen 2018 mennessä aiheuttanut noin yhden Celsiusasteen verran ilmastonlämpenemistä, kun taas vuosikymmenellä 2006-2015 ihmisen aiheuttama ilmastonlämpeneminen oli 0,87 Celsius astetta. Ilmaston arvioidaan saavuttavan 1,5 Celsius asteen lämpenemisen rajan aikaisintaan 2030 ja ennen vuotta 2052 (IPCC 2018.)

Edellä mainitun IPCC:n julkaiseman erikoisraportin mukaan ilmaston lämpenemisen pysäyttäminen 1,5 Celsius asteeseen on tärkeää, sillä jo kahden Celsius asteeseen nousulla on rajuja seurauksia, kuten äärimmäisien lämpötilojen ja kuivuuksien lisääntyminen. Kahden Celsius asteen nousu lisää myös biodiversiteetin heikentymistä, lajien sukupuuttoa, eri eläin- ja kasvilajit myös tulevat menettämään enemmän ilmastollisesti suotuisaa elintilaansa sekä

koralliriutat saattavat kadota lähes kokonaan. Ilmaston lämpeneminen vaikuttaa luonnon ohella myös ihmisten terveyteen, elinkeinoihin, ruokaturvaan (food security), vesihuoltoon (water supply), inhimilliseen turvallisuuteen (human security) ja talouskasvuun. Mikäli ilmaston lämpenee puoli astetta enemmän kuin 1,5 Celsius astetta, niin helleaaltojen aiheuttama kuolleisuus nousee ja jotkin sairaudet, kuten malaria ja dengue-kuume yleistyvät. Mitä enemmän ilmasto lämpenee, sitä kielteisempi vaikutus sillä ennakoitaan olevan vehnä, riisi- ja maissisatojen suuruuteen. Ilmaston lämpenemisen myötä tapahtuvat muutokset rehun laadussa, tautien leviämässä ja vesivarojen saatavuudessa tulevat vaikuttamaan karjatalouteen haitallisesti. (IPCC 2018). Ilmaston lämpenemistä voidaan ehkäistä vähentämällä päästöjä ja panostamalla hiilinieluihin. Hiilinielut ovat esimerkiksi metsiä ja viljelysmaita. Kasvun yhteydessä kasvit sitovat hiilidioksidia ilmakehästä (Työ- ja elinkeinoministeriö 2014).

On olemassa kolme strategiaa, joilla ilmaston lämpenemistä voidaan pyrkiä maailmanlaajuisesti ehkäisemään; (1) ilmastotekniikka (climate engineering), (2) sopeutuminen (adaptation), ja (3) vähentäminen (mitigation). Ilmastotekniikka jakautuu kahteen eri osa-alueeseen; (1) hiilidioksidin poistamiseen ja (2) auringonsäteilyn hallintaan. (1) Hiilidioksidin poistamisessa etsitään keinoja poistaa hiilidioksidin kertymistä erilaisin tekniikoin ja (2) auringonsäteilyn hallinnassa pyritään viilentämään Maata siten, että auringonsäteily heijastuisi Maasta pois päin esimerkiksi suihkuttamalla stratosfääriin aerosoleja. Vaikkakin tutkimus ilmastotekniikasta jatkuu, niin sillä ei nähdä olevan tällä hetkellä ilmaston lämpenemistä ehkäisevää ratkaisua. (2) Sopeutumisstrategiat pitävät sisällään muun muassa uudisrakentamisen vain alueille, joihin nousevan merenpinnan ei pitäisi yltää, sekä varautumisen siihen, että lämpimämpi ilmasto saattaa aiheuttaa kasvua ihmisten sairastavuuteen. (3) Vähentäminen tähtää siihen, että ilmaston lämpeneminen voidaan pysäyttää vähentämällä kasvihuonekaasupäästöjä tai lisäämällä Maan luonnollista kykyä imeä kasvihuonekaasuja itseensä. (Tietenberg & Lewis 2015:427). Ilmaston lämpenemiseen sopeutuminen on hankalampaa, mikäli ilmasto lämpenee kaksi Celsiusastetta kuin jos ilmasto lämpenee 1,5 astetta. (IPCC 2018).

Yhdistyneiden kansakuntien ilmastopöytäkirjan Kioton pöytäkirja ja Euroopan unionin sisäinen 2020- ilmasto- ja energiapaketti ohjaavat Euroopan unionin ilmastopolitiikkaa vuoteen 2020 asti. Kioton pöytäkirjan tavoitteena on alentaa sopimusosapuolien päästöjä, Euroopan unionin päästövähennystavoite vuoteen 2020 mennessä on 20 prosenttia vuoden 1990 päästöjen tasosta. Tavoitteena on vähentää päästöjä vähintään 40 prosenttia vuoden 1990 tasosta vuoteen 2030 mennessä. Euroopan unionin ilmasto- ja energiapaketti sisältää muun muassa päästökauppajärjestelmän paljon energiaa kuluttaville aloille, mutta on myös aloja, jotka eivät ole päästökauppajärjestelmässä mukana. Näitä ovat muun muassa rakentaminen, liikenne ja maatalous. Euroopan unionin jäsenmaiden yhteinen tavoite on vähentää päästökauppajärjestelmän ulkopuolisten toimialojen kasvihuonepäästöjä vuoden 2005 tasosta kymmenellä prosentilla vuoteen 2020 mennessä. (Ympäristöministeriö 2016.)

Mailla on maakohtaiset päästövähennystavoitteet, ja Suomen tavoite on 16 prosenttia. Vuoteen 2030 mennessä, Euroopan unioni on asettanut tavoitteekseen vähentää vähintään 40 prosenttia kasvihuonekaasupäästöjä vuoden 1990 tasosta. Päästökauppa-alojen päästövähennystavoite on 43 prosenttia ja päästökaupan ulkopuolisten alojen tavoite on vähentää 30 prosenttia päästöistä vuoden 2005 tasosta. Kioton pöytäkirja ei koske vuoden 2020 jälkeistä aikaa, minkä takia YK:n uudesta ilmastopöytäkirjasta sovittiin Pariisissa joulukuussa 2015. Pariisin sopimus astuu voimaan, mikäli ainakin 55 maata, joiden osuus maailmanlaajuisista kasvihuonekaasupäästöistä on yhteensä 55 prosenttia, hyväksyy sopimuksen. Sopimus astui voimaan marraskuussa 2016. Maan keskilämpötilan nousun rajoittaminen alle kahteen Celsiusasteeseen verrattuna esiteolliseen aikaan sekä pyrkiä toimiin, jotta lämpeneminen rajoittuisi 1,5 asteeseen ovat Pariisin ilmastopöytäkirjan tavoitteet. Jotta tavoitteet toteutuisivat, niin Pariisin ilmastopöytäkirja edellyttää sopimuksen hyväksyviltä mailta tehokkaita toimenpiteitä kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi ja ilmaston muutokseen sopeutumiseksi. Pariisin sopimukseen ei kuitenkaan kuulu määrälliset vähennystavoitteet, vaan jokainen maa määrittää itse tavoitteensa ja on velvollinen saavuttamaan ne. Pariisin sopimuksen toimeenpanon säännöistä sovittiin Katowicessa joulukuussa 2018. Katowicessa sovittiin esimerkiksi päästövähennystavoitteita kirittävän

mekanismin toimeenpanosta; raportointia, tarkastusta ja arviointia käsittelevistä ohjeista sekä sopimuksen täytäntöönpanoa ja noudattamista edistävän komitean säännöistä. Pariisin sopimuksen tavoitteiden toteutuminen edellyttää, että siihen osallistuvat maat pyrkivät edelleen vähentämään päästöjään, sillä toistaiseksi maiden ilmoittavat päästövähennystavoitteet ja -toimet ovat riittämättömiä. (Ympäristöministeriö 2019.)

2.2. Maatalouden kasvihuonekaasupäästöt

Hiilidioksidipäästöjen vähentäminen fossiilisten polttoaineiden käytöstä ja metsäkadosta on tärkeää, sillä niiden vaikutus maailman kokonaispäästöissä on noin 75 prosenttia kaikista kasvihuonekaasupäästöistä. Maatalouden päästöillä on myös oma roolinsa kokonaispäästöjen vähentämisessä. Maatalous Euroopan unionin jäsenmaissa vastaa noin kymmentä prosenttia EU-alueen kasvihuonepäästöistä (De Cara & Jayet 2006). Eräässä tutkimuksessaan De Cara ja Jayet (2011) laskivat, että maatalouden päästöjen vähentämisellä on merkittävä vaikutus kokonaispäästöjen vähentämiseen. Maatalouden sivutuotteena syntyy erityisesti metaani- ja typpioksidipäästöjä.

O'Mara (2011) tutki kuinka merkittävästi karja vaikuttaa maailmanlaajuisesti kasvihuonekaasupäästöihin nyt ja tulevaisuudessa. Eri laskentatapojen mukaan karjatalous vastaa 8-18 prosenttia maailmanlaajuisista kasvihuonekaasupäästöistä. O'Maran mukaan päästöt huomioiden ruoantuotanto on tehokkainta Länsi-Euroopassa, Pohjois-Amerikassa ja Euroopan unioniin kuulumattomissa entisissä Neuvostoliittoon kuuluneissa valtioissa, jotka tuottivat maailmanlaajuisesti 46,3 prosenttia märehitijöiden lihasta sekä maidosta tuottaen vain 25,5 prosenttia enteerisistä metaanipäästöistä vuonna 2005.

Koska väestön odotetaan kasvavan tulevaisuudessa, niin myös ruoantuotannon sekä sen aiheuttamien päästöjen odotetaan kasvavan. Enteeristen metaanipäästöjen odotetaan kasvavan yli 30 prosenttia vuodesta 2000 vuoteen 2020 mennessä. Enteerisillä

metaanipäästöillä tarkoitetaan märehitijöiden ruoansulatusprosessissa syntyvää metaania (FAO 2020). Lihatuotteiden kulutus yleensä kasvaa elintason noustessa, joten maailmanlaajuisesti myös lihatuotteiden kulutuksen odotetaan kasvavan vaurauden lisääntyessä. Mikäli maatalouden päästöjä ei pyritä vähentämään, niin maatalouden päästöjen odotetaan nousevan vuoden 2005 5,6 miljardista tonnista hiilidioksidiekvivalenttia 8,2 miljardiin tonniin CO_{2ekv} vuoteen 2030 mennessä. O'Maran mukaan teknologian kehitykseen on panostettava, jotta karjatalouden kasvihuonekaasupäästöjä voidaan vähentää. (O'Mara 2011).

Dace ja Blumberga (2016) tutkivat kuinka paljon kasvihuonekaasupäästöjä Euroopan unionin jäsenmaiden maataloussektori tuottaa. Euroopan unionin maatalouden kasvihuonekaasupäästöt muodostuvat pääosin kolmesta eri lähteestä; (1) noin 42 prosenttia muodostuu märehitivien eläinten ruoansulatusprosessista (enteric fermentation), (2) noin 38 prosenttia muodostuu maatalouskäytössä olevan maaperän hoidosta (agricultural soil management), (3) 16 prosenttia muodostuu lannan käsittelystä (manure management), ja jäljelle jäävät neljä prosenttia muodostuu muista lähteistä. Yhteenlaskettua kasvihuonekaasupäästöastetta käytetään yleisesti mittaamaan maatalouden vaikutusta ilmastolle. Vuodesta 2005 vuoteen 2013 EU-maat ovat pystyneet vähentämään maatalouden yhteenlaskettua kasvihuonekaasupäästöastetta 3,1 prosenttia.

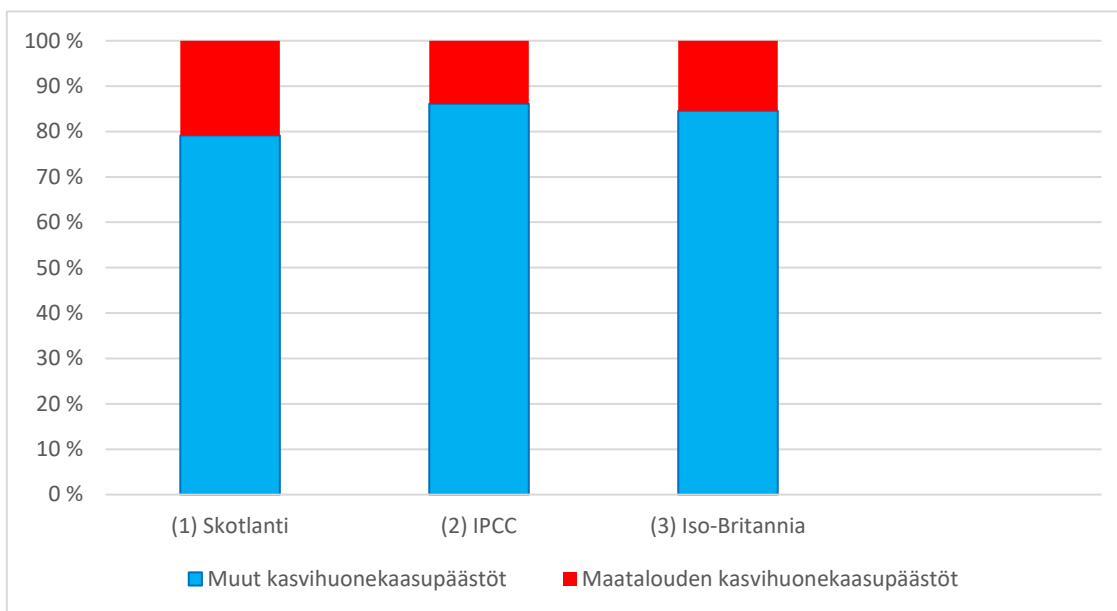
Dace ja Blumberga (2016) analysoivat eri EU-maiden maatalouden kasvihuonekaasupäästöjen intensiteetin kehitystä kolmen vuoden välein vuodesta 2005 vuoteen 2013 kolmen suurimman lähteen osalta. Maatalouskäytössä olevan maaperän hoidon kasvihuonekaasupäästöjen intensiteetti ei ole joissakin maissa muuttunut ollenkaan ja esimerkiksi Itävallassa se on noussut vuoden 2005 lähtötilanteesta 19 prosenttia vuoteen 2013 mennessä. Kuitenkin esimerkiksi Kyproksella ja Irlannissa intensiteetti on laskenut 26 prosenttia havaintovälin aikana ja keskiarvallisesti EU-alueen maataloudessa on maaperän hoidon kasvihuonekaasupäästöjen intensiteetti laskusuunnassa. Havaintovälin aikana eläinten ruoansulatusprosessin kasvihuonekaasupäästöjen intensiteetti on noussut 21 EU-

maassa ja EU-maiden intensiteetin keskiarvokin on noussut 1,7 prosenttia. Dacen ja Blumbergan analyysin tulokset kuitenkin osoittavat, että maatalouden päästöjen intensiteetiltään jokainen EU-maa on hyvin erilainen. Tulokset myös osoittavat, että suurimmassa osassa EU-maista maatalouden päästöjen intensiteetit ovat kasvussa, mikä viittaa siihen, että yhteenlasketun kasvihuonekaasupäästöasteen muutokset ovat harhaanjohtavia. EU-maiden yhteenlaskettu kasvihuonekaasupäästöaste on laskenut pääasiallisesti maatalouden tuotannon vähentämisen takia, eikä sinällään tarkoita, että maatalouden tuotannosta olisi tullut vähäpäästöisempää. Ruoan tuonti EU-alueelle on myös lisääntynyt merkittävästi, joten maatalouden päästöjen väheneminen on luultavimmin tapahtunut siirtämällä tuotantoa Euroopan unionin ulkopuolelle. Dacen ja Blumbergan mukaan maatalouden kasvihuonekaasupäästöjä ei tulisi mitata yhteenlasketulla kasvihuonekaasupäästöasteella, eikä sitä tulisi käyttää päästöjen vähentämistavoitteiden arvona. Heidän mukaansa kasvihuonekaasupäästöjä tulisi mitata eri maatalouden toimintojen intensiteeteillä ja asettaa tavoitteeksi vähentää eri toimintojen intensiteettejä.

Myös Bell, Cloy ja Rees (2014) tutkivat kuinka suuri on maatalouden tosiasiallinen osuus kasvihuonekaasupäästöistä. He toteavat, että vuonna 2007 41 prosenttia Euroopan unionin maa-alasta oli maatalouden käytössä. Heidän mukaansa myös Euroopan viljantuotanto on kolminkertaistunut vuodesta 1960 vuoteen 2010 ja lihantuotanto on nelinkertaistunut samalla aikavälillä. Ruoantuotannon odotetaan kasvavan ainakin 50 prosentilla vuoteen 2050 mennessä.

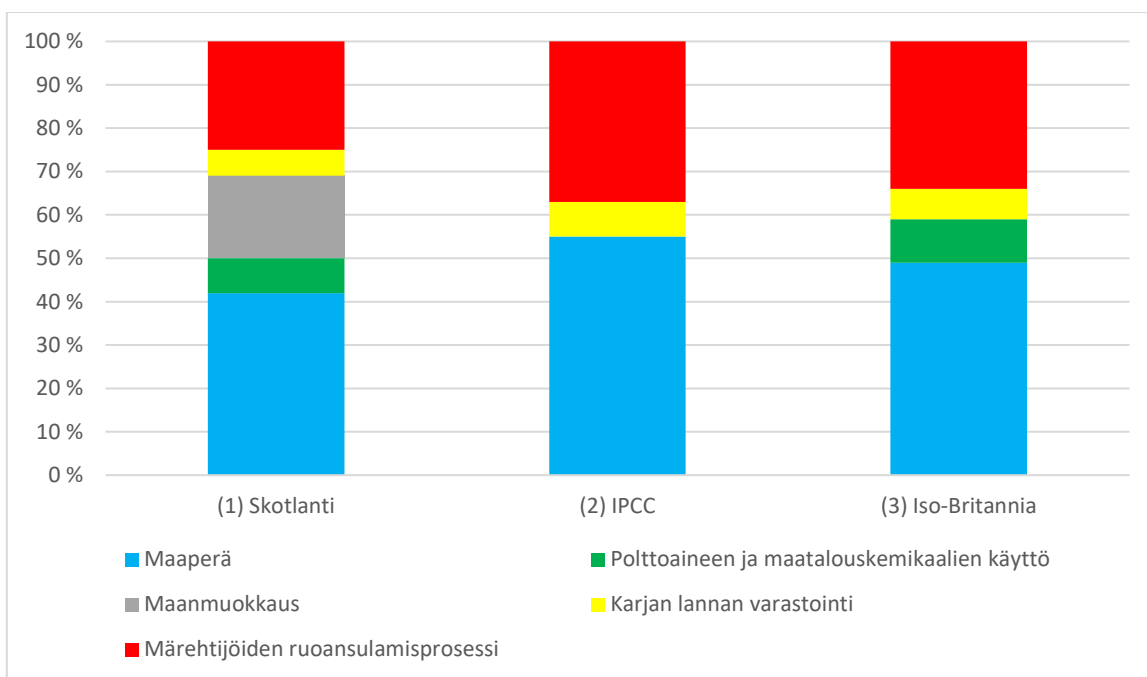
Bellin ym. (2014) mukaan erilaiset kasvihuonekaasupäästöjen laskentatavat antavat erilaisia tuloksia kasvihuonekaasupäästöjen määrästä johtuen siitä, mitä laskentaan otetaan mukaan. He vertailevat millaisia tuloksia eri laskentatavat antavat Skotlannin maatalouden kasvihuonekaasupäästöistä vuosina 2009 ja 2010. Laskentatavat ovat (1) Skotlannin hallinnon uusi laskentatapa; (2) kansainvälisen ilmastopaneelin (IPCC) tapa; sekä (3) Yhdistyneen kuningaskunnan energia ja ilmaston muutosviraston tapa. (1) Skotlannin

hallinnon laskentatavassa otetaan muun muassa huomioon maaperän muuntaminen viljelysmaaksi, jota muut edellä mainitut laskentatavat eivät huomioi ollenkaan.



Kuva 1 Skotlannin kasvihuonekaasupäästöjen lähteet eri laskentatavoin 2009 (Bell ym.)

Bell ym. (2014) toteavat, että Skotlannin hallinnon uusi maatalouden kasvihuonekaasupäästöjä mittaava tapa mittaa päästöjä laajemmin kuin kansainvälisen ilmastopaneelin ja kansallisen energia ja ilmaston muutosviraston laskentatavat, kuten ylläolevasta kuvasta voi todeta. Vuonna 2009 (1) Skotlannin hallinnon laskentatavan mukaan maataloudesta aiheutui yhteensä 10,63 megatonnia hiilidioksidiekvivalenttia ($\text{CO}_{2\text{eq}}$) kasvihuonekaasupäästöjä, kun taas ilmastopaneelin laskentatavan mukaan maatalouden kasvihuonekaasupäästöt olivat 7,06 Mt $\text{CO}_{2\text{ekv}}$.



Kuva 2 Skotlannin maatalouden kasvihuonekaasupäästöjen lähteet eri laskentatavoin 2010 (Bell ym.)

Vuonna 2010 Skotlannin maatalouden tuottamat kasvihuonekaasupäästöt olivat (1) Skotlannin hallinnon laskentatavan mukaan 10,46 Mt CO_{2ekv}; (2) ilmastopaneelin laskentatavan mukaan 7,14 Mt CO_{2ekv}; ja (3) kansallisen laskentatavan mukaan 7,95 Mt CO_{2ekv}. Yllä olevasta kuvasta 2 huomaa, että (1) Skotlannin laskentatavassa huomioidaan maatalouden kasvihuonekaasupäästöjä useammasta eri lähteestä kuin (2) kansainvälisen ilmastopaneelin ja (3) Iso-Britannian laskentatavoissa. Laskentatavasta riippuu myös se, kuinka paljon maatalouden kasvihuonekaasupäästöt ovat vähentyneet. (Bell ym. 2014.)

Schwarzer, Witt ja Zommers (2013) toteavat artikkelissaan, että maatalous edesauttaa ympäristöongelmien syntyä, kuten ilmaston muutosta. Heidän mukaansa laskentatavoista riippuen maatalouden päästöjen osuuden maailmanlaajuisista kasvihuonekaasupäästöistä arvioidaan olevan 10-35 prosenttia. Maailmanlaajuinen lihan kulutus on noussut 50 vuoden

aikana 300 prosentilla ja sen arvioidaan nousevan 65 prosentilla seuraavien 40 vuoden aikana. Schwarzerin ym. mukaan, mikäli maatalouden kasvihuonekaasupäästöjä vähennetään, niin lihan kulutuksen kasvu ei voi jatkua.

Franks ja Hadingham (2011) tutkivat millä tavoilla maatalouden tuottamia kasvihuonekaasupäästöjä voidaan vähentää. Kyselyjen perusteella 38 prosenttia Yhdistyneen kuningaskunnan maanviljelijöistä uskoo ilmastonmuutoksen vaikuttavan heidän maanviljelysmaahansa, 57 prosenttia heistä odottaa sen vaikuttavan heidän maanviljelysmaahansa seuraavan kymmenen vuoden kuluessa, 47 prosenttia heistä on ryhtynyt toimiin ehkäistäkseen ilmaston muutosta, sekä 36 prosenttia heistä on kiinnostunut mittauttamaan tilansa hiilijalanjäljen. Franksin ja Hadinghamin mukaan pahimmat kasvihuonekaasupäästöjä tuottavat maatilat tulee tunnistaa sekä niiden tulee vähentää päästöjään kustannustehokkaimmilla keinoilla.

Franks ja Hadingham (2011) tutkivat kymmenen englantilaisen maatilan päästöjä vuosina 2007 ja 2008. 47,6 prosenttia tutkittujen tilojen kasvihuonekaasupäästöistä muodostui typpilannoitteen käytöstä; 24,2 prosenttia viljelyn jäämän maatumisesta; 12,7 prosenttia lannasta; 10,1 prosenttia energiasta; sekä muista pienemmistä eristä. Franks ja Hadingham toteavat, että vaikka otos on pieni, niin siitä voi silti vetää johtopäätökset, että saastuttavimpien maatilojen tunnistaminen on hankalaa, sekä päästöjen vähentämiseen tähtäävien menettelytapojen tulee huomioida maataloudessa oleva päästöjen ja tuotoksen välinen yhteys. Yksittäisille maatiloille ei myöskään kannata asettaa vuosittaista päästötavoitetta, koska tuotannossa on kausittaista ja vuosittaista vaihtelua.

Franksin ja Hadinghamin (2011) mukaan Kioton pöytäkirja (Kyoto Protocol) tekee maailmanlaajuisen tehokkaiden päästöjen vähentämistoimien tunnistamisesta hankalaa, koska (1) siinä käytetään alueellista tuotannon mukaista päästöjen laskentatapaa eikä kulutuksen mukaista päästöjen laskentatapaa; eikä (2) sen metodologia huomioi ulkomailla tapahtuvan maankäytön muutoksista johtuvia päästöjä elintarvikkeita maahantuovien

valtioiden maatalouden päästöissä. Kioton pöytäkirjan mukaan valtio vähentää päästöjään, mikäli päästöt vähentyvät valtion alueella vähentäen kotimaista tuotantoaan ja lisäten tuontia ulkomailta, vaikka valtion kulutuksesta johtuvat päästöt pysyisivät samana tai jopa lisääntyisivät. Franksin ja Hadinghamin mukaan esimerkiksi Ison-Britannian päästöt ovat Kioton pöytäkirjan laskentatavan mukaan 3-4 prosenttia tavoitetta alemmat, mutta jos huomioidaan kulutuksesta johtuvat päästöt, niin Iso-Britannian päästöt ovat 19 prosenttia tavoitetta suuremmat. Tuotannon siirtäminen ulkomaille voi myös laskea maailmanlaajuisia päästöjä, mikäli tuotannon ja rahdin päästöjen intensiteetti on pienempi kuin lähtömaassa. (Franks & Hadingham 2011).

Maatalouden päästöjä voidaan Bryngelssonin ym. (2015) mukaan vähentää ainakin neljällä tavalla; (1) parantamalla maatalouden tuottavuutta ja tehokkuutta; (2) toteuttamalla erityisiä teknologiavaihtoehtoja; (3) muuttamalla ihmisten ruokavalioita sisältämään vähemmän päästöjä aiheuttavaa ruokaa; sekä (4) vähentämällä ruokajätettä. (Bryngelsson ym. 2015.)

Euroopan unionin jäsenmaissa maatalouden tuottavuus on pääosin jo suhteellisen korkea, joten tuottavuuden kasvattamisella tuskin saadaan aikaan merkittävää tulosta päästöjen vähenemisen suhteen. Erityisten teknologiavaihtojen toteuttaminen saattaa vähentää kasvihuonekaasupäästöjä merkittävästi. Esimerkiksi lannan käsittelyyn liittyvän teknologian kehittymisellä voi olla merkittäviä vaikutuksia. Toisaalta nitrifikaation ehkäisemiseksi, joka vähentää maaperään muodostuvia typpipäästöjä, ja märehäivien eläinten metaanipäästöjen ehkäisemiseksi ei ole olemassa teknologiaa, joka todistetusti pitkällä ajanjaksolla vaikuttaisi kasvihuonekaasupäästöjä vähentävällä tavalla. Näin ollen uuden teknologian käyttöönotosta ei liene merkittävää päästöjä vähentävää vaikutusta EU-alueella. (Bryngelsson ym. 2015.)

Taulukko 1 Ruokatuotteiden estimoidut kasvihuonekaasuintensiteetit nykyisellä (noin 2010) teknologialla ja maltillisella ja optimistisella teknologian kehityksellä 2050 (Bryngelsson ym. 2015).

		Nykyinen (gCO ₂ -ekv/MJ)	Maltillinen (gCO ₂ -ekv/MJ)	Optimistinen (gCO ₂ -ekv/MJ)
Märehäivien liha	Häränliha (ei maitotalous)	7800	6100	4200

	Maitotaloussonni	3900	2800	1700
	Maitotalouslehmä	3200	2800	1800
	Lammas	7000	5600	4200
Muut lihat	Possu	1100	880	390
	Siipikarja	440	300	190
	Kananmunat	170	120	79
	Kalat ja merenelävät (luonnonvarainen)	640	430	250
	Kalat ja merenelävät (kasvatettu)	870	580	340
Kasviproteiinit	Palkokasvit	35	26	17
	Pähkinät ja siemenet	47	22	11
	Soijamaito	130	57	34
Maitotaloustuotteet	Nestemäiset tuotteet	490	340	220
	Juusto	720	490	320
	Voi	360	270	210
	Kasviöljyt	58	43	26
Viljatuotteet	Riisi	120	91	68
	Leipä	41	25	16
	Pasta	38	25	16
	Muut vilja- ja jauhotuotteet	21	15	10
Vihannekset	Vihreät vihannekset ym.	960	700	430
	Kaalit, sipulit ym.	160	120	73
	Perunat, juurekset	47	34	21
Hedelmät	Maahantuodut hedelmät	290	210	130
	Kotimaiset hedelmät	85	62	32
Välipalat ym.	Sokeri	240	170	100
	Alkoholi	1100	390	190
	Välipalat	100	42	23
	Makeiset	110	78	46
	Virvoitusjuomat	280	190	110

Bryngelsson ym. (2015) analysoivat erilaisia vaihtoehtoja mallissaan muun muassa ruokavaliosta ja kehittyvästä teknologiasta. Edellisessä taulukossa 1 on sekä maltillisen että optimistisen teknologian kehityksen mukaiset arviot eri ruokatuotteiden kasvihuonekaasuintensiteetistä megajoulea kohden. He toteavat, että teknologian kehitys ei tule yksin riittämään optimistisimmassakaan skenaariossa alentamaan maatalouden kasvihuonekaasupäästöjä Euroopan unionin tavoitteiden tasolle. Ruokajätteen vähentämisellä oli eri skenaariossa vain minimaalinen prosentti tai enimmillään kolmen prosentin kasvihuonekaasupäästöjä vähentävä vaikutus. Edellä mainituista syistä johtuen ruokavaliomuutoksilta ei pystytä kokonaan välttymään. On erittäin todennäköistä, että paljon saastuttavaa märehäntäjien lihankulutusta tulee vähentää ainakin puolella sen odotetusta kulutuksesta. Toisaalta esimerkiksi vähemmän saastuttavien sian- ja siipikarjan lihaa sekä maitotuotteita voidaan kuluttaa jatkossakin, mutta suuri maitotuotteiden kulutus edellyttää suurta teknologian kehitystä. (Bryngelsson ym 2015.)

Ruokavaliomuutosten ja teknologian kehittymisen kasvihuonekaasupäästöjä vähentävät vaikutukset lisääntyvät, mikäli maanviljelykseltä jäävälle tilalle istutetaan metsää ja annetaan sen siirtyä luonnontilaan. Näin luodaan lisää hiilinielua, kasvien kykyä sitoa hiilidioksidia itseensä kasvuprosessissaan. (Bryngelsson ym 2015). De Cara ja Jayet (2006) laskivat tutkimuksessaan, että kuinka paljon hiilinielua pystytään potentiaalisesti hyödyntämään päästöjen vähentämisessä. He päätyivät lopputulokseen, että myös vaihtoehtoisilla maanmuokkaus toimilla on hiilidioksidipäästöjä sitovia vaikutuksia.

Grewer ym. (2016) tutkivat myös hiilinielua maataloudessa päätyen lopputulokseen, että viljelymenetelmillä on merkitystä hiilen sitoutumisen kannalta. Huomattavaa myös on, että esimerkiksi eri viljelykasvit ja viljelypaikka vaikuttavat hiilen sitoutumiseen. Nämä tulisi ottaa huomioon, mikäli maataloussektori tulee esimerkiksi päästökaupan alaiseksi.

Muutkin tekijät kuin vain eläinperäiset tuotteet vaikuttavat yksilöiden ruokavalioiden kasvihuonekaasupäästöihin. Hess ym. (2015) tutkivat brittien ruokavaliomuutosten

vaikutusta sinisen vesijalanjäljen (blue water footprint) niukkuuteen ja kasvihuonekaasupäästöihin perunan, pastan ja riisin osalta. He käyttivät tutkimuksessaan elinkaariarviointia perunan, pastan ja riisin tuotannon ja jakelun eri vaiheiden kasvihuonekaasupäästöistä ja sinisestä vesijalanjäljestä.

Hessin ym. (2015) tutkimuksessa tuoreen perunan tuotanto tapahtui Isossa-Britanniassa, kuivan durumvehnäpastan tuotanto puolestaan Italiassa ja kuiva basmatiriisi tuotettiin Intiassa. Riisillä oli selvästi suurin sininen vesijalanjälki, kun taas tuoreilla perunoilla se oli hieman kuivapastaa suurempi. Annosta kohden riisillä on myös suurimmat tuotannon kasvihuonekaasupäästöt kuin myös jakelun suurimmat kasvihuonekaasupäästöt (0,17 hiilidioksidiekvivalenttia). Tuoreen perunan tuotannon ja jakelun annosta kohden mitatut kasvihuonekaasupäästöt ovat selkeästi pienimmät (0,05 CO₂-ekv). Kuivapastan kasvihuonekaasupäästöt (0,12 CO₂-ekv) annosta kohden ovat alemmalla tasolla kuin riisin, mutta kuitenkin yli kaksinkertaiset tuoreeseen perunaan verrattuna. Riisin suosio brittikuluttajien keskuudessa on noussut ja perunoiden suosio on laskenut viime vuosikymmenten aikana, mikä lisää ruokavalioiden kasvihuonekaasupäästöjä Isossa-Britanniassa. Hessin ym. mukaan ruoan kulutuksen kielteisiä vaikutuksia ympäristöön voidaan vähentää myös valitsemalla vähäpäästöisempiä vaihtoehtoja eri elintarvikeryhmien sisällä eikä vain keskittyä karsimaan tiettyjä runsaspäästöisiä elintarvikeryhmiä.

Schmidt Rivera, Espinoza Orias ja Azapagic (2014) vertasivat valmisruokien ja kotona valmistettujen aterioiden ympäristövaikutuksia elinkaariarviointia käyttäen Isossa-Britanniassa. Esimerkkiateriana oli paistettua kanaa, kasviksia ja tomaattikastiketta. Heidän tutkimuksensa mukaan kyseinen ateria on kotona valmistettuna aiheuttaa vähemmän kielteisiä ympäristövaikutuksia kuin teollisesti valmistettu ateria. Pääsyyt kotona valmistetun aterian vähäisempiin ympäristövaikutuksiin ovat tehdaskäsittelyn vähäisyys, kylmävarastoinnin vähäisyys ja pienempi jätemäärä. (Schmidt Rivera ym. 2014.)

Tutkimuksessa tutkituista valmisruokavaihtoehdoista vähiten ympäristövaikutuksia oli pakasteerialla, joka oli tehty tuoreista raaka-aineista ja joka lämmitettiin kotona mikroaaltouunissa (Schmidt Rivera ym. 2014). Suurimmat ympäristövaikutukset puolestaan oli pakastetulla valmiserialla, joka valmistettiin pakastetuista raaka-aineista ja joka lämmitettiin kotona sähkökäyttöisellä uunilla. Suurimmat erot eri valmisateriaiden ympäristövaikutuksista tulivat tuotteen lämmittämistavasta, esimerkiksi pakasteaterian lämmittämällä sähkökäyttöisessä uunissa on 6,5 kertaa isompi ilmastoja lämmittävä potentiaali (Global Warming Potential) kuin jäädytetyn valmisaterian lämmittämällä mikroaaltouunissa. Myös sillä, onko ateria pakaste vai jäädytetty on merkitystä. Jäädytetyn aterian ilmastoja lämmittävä potentiaali on 15 prosenttia suurempi kuin pakasteen samalla lämmittämistavalla. Toimitusketjokin vaikuttaa aterioiden ympäristövaikutuksiin, eritoten jäädytysaineet ja pakkausmateriaalit. (Schmidt Rivera ym. 2014.)

Schmidt Rivera ym. (2014) toteavat, että ruoan alkuperälläkin on merkitystä aterian ympäristövaikutuksiin. Luonnonmukaisesti viljeltyjen ja kasvatettujen aineiden ympäristövaikutukset ovat suuremmat kuin tavanomaisen maatalouden tuotteiden ympäristövaikutukset tuotettua yksikköä kohden. Brittiläisen esimerkkiaterian kanan kasvattaminen ja tuominen Brasiliasta on ympäristövaikutuksiltaan vähäisempää kuin Isossa-Britanniassa kasvatetun kanan käyttäminen. Myös esimerkkiateriaan kuuluvan tomaatin viljeleminen ja tuominen Espanjasta on ympäristövaikutuksiltaan vähäisempään kuin Isossa-Britanniassa viljellyn tomaatin käyttäminen. Schmidt Rivera ym. toteavat, että heidän tutkimuksensa tulos osoittaa, ettei kuljetuksen osuudella ole merkittäviä ympäristövaikutuksia ja muita elinkaaren vaiheita tulisi mainita kuluttajille ruoan ympäristövaikutuksia vähentävänä tekijänä kuin lähiruokaa, jota yleisesti ympäristövaikutuksia vähentävänä tekijänä kuluttajille mainostetaan.

Schmidt Riveran ym. (2014) tutkimuksen mukaan jokainen tuottaja, vähittäiskauppias ja kuluttaja pystyvät vähentämään ruoan ympäristövaikutuksia tekemällä tietoisia valintoja. Tuottajat voivat tulla tietoisimmiksi eri aineiden ympäristövaikutuksista sekä työskennellä

yhdessä vähittäiskauppioiden kanssa tehostaakseen pakkausmateriaalien käyttöä ja jätteen määrää toimitusketjun eri vaiheissa. Myös aikaa, jona tuotteet pidetään viilennettyinä, voivat sekä tuottajat että vähittäiskauppiat pyrkiä optimoimaan. Vähittäiskauppiat voivat tehostaa viilennystä tekemällä avoimista kylmähyllystä ovellisia. Kuluttajat puolestaan voivat valita tehdä ateriansa itse kotona ja olla ostamatta valmisaterioita. Kuluttajat voivat myös valita käyttää kaasulla toimivia kodinkoneita sähkökäyttöisten sijaan tai hyödyntää mikroaaltouunia ruokaa laittaessaan. Kuluttajat voivat myös vähentää ruokajätteen määrää, mikä vähentäisi koko ketjun kielteisiä ympäristövaikutuksia. Ruokajätteen määrän vähentäminen on sinänsä yksinkertainen toimenpide, sillä se ei vaadi elämäntapamuutoksia ja ruokajätteen vähentämisellä on myös suoria myönteisiä taloudellisia vaikutuksia kuluttajalle. Schmidt Riveran ym. mukaan kuluttajat eivät yleensä huomioi ruokajätteen kielteisiä ympäristövaikutuksia, joten tehokas tietoisuutta lisäävä kampanja voisi vähentää kuluttajien ruokajätteen määrää. (Schmidt Rivera ym. 2014.)

Lenzen ym. (2009) mallinsivat taloudellisen aktiivisuuden, kasvihuonekaasupäästöjen, biodiversiteetin ja maatalouden tuotannon välisiä vuorovaikutuksia. Heidän mukaansa ihmisten toiminnasta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt aiheuttavat ilmaston lämpenemistä. Jotkut lajit hyötyvät ilmaston lämpenemisestä ja jotkut lajit eivät kykene sopeutumaan siihen. Maatalouden tuottavuuden odotetaan nousevan kylmemmillä alueilla ilmaston lämpenemisen myötä, kun taas pääsääntöisesti sen tuottavuus todennäköisesti laskee yleistyvien lämpöaaltojen, kuivuuden, maastopalojen, tulvien, hetkellisten äärimmäisten sääolosuhteiden ynnä muiden sellaisten takia. Maailmanlaajuinen maataloustuotanto on historian aikana kasvanut samassa suhteessa tai nopeammin kuin väestön määrä on kasvanut ja voidaan olettaa niin tapahtuvan jatkossakin. Maataloustuotannon kysyntä on suhteellisen joustamatonta, joka johtuu ravinnon tarpeellisuudesta taloudellisesta tilanteesta riippumatta.

Viimeisten vuosikymmenten aikana maatalouden tuottavuus on maailmanlaajuisesti noussut lannoitteiden käytön, maanviljelytekniikoiden ja muiden tehostamistoimien myötä. Maatalouden tuottavuutta pitäisi pystyä kasvattamaan entisestään, jotta pystyttäisiin

tuottamaan riittävä määrä ruokaa yhä kasvavalle maapallon väestölle, jonka arvioidaan olevan yli yhdeksän biljoonaa ihmistä vuoteen 2050 mennessä. Maailman viljan tuotanto on kolminkertaistunut 60 vuoden aikana, karjataloudessa märehijöistä tulevien tuotteiden tuotanto on laskenut, kun taas muista eläimistä tulevien tuotteiden tuotanto on kasvanut. Märehijöiden tuotannon odotetaan edelleen laskevan ja kulutuksen suuntautuvan enemmän muiden eläinten lihatuotteisiin. Lihatuotteiden kulutus on kasvamassa niin yksikköä kohden kuin myös prosenttiosuutena ruokavaliosta. Karjataloudesta johtuvat kasvihuonepäästöt ovatkin lisääntyneet 80 prosentilla vuosien 1970 ja 2005 välillä. (Lenzen ym. 2009.)

Maan muuntamisesta viljelymaaksi tulee myös kasvihuonekaasupäästöjä, kun poistettua biomassaa poltetaan heti tai se osittain maatuu vuosien kuluessa. Ihmisen muuntelema maaperä myös päästää aiemmin sitomaansa hiilidioksidia yli 20 vuotta. Lenzenin ym. mallinnuksen mukaan maatalouden ja rakennetun maa-alueen ennustetaan kasvavan nykyisestä noin 50 prosentista maapallon kokonaismaa-alasta noin 60 prosenttiin vuoteen 2050 mennessä. Maailmanlaajuisesti viljelymaan odotetaan kasvavan 11 prosenttia nykyisestä ja laidunmaan neljä prosenttia. Maatalouden tuottavuuden odotetaan nousevan 15 prosenttia nykyisestä vuoteen 2050 mennessä. Maankäytössä tapahtuu muutosta erityisesti kehittyvissä maissa ja kehittyneiden maiden maankäytön kasvu on hitaampaa. Euroopassa maatalouden käytössä olevan maa-alueen ennustetaan pienentyvän joitakin prosentteja ja metsäalan lisääntyvän noin prosentin verran. Luomumaatalous voi myös lisääntyä Euroopassa ihmisten kulutuspreferenssien muuttumisen myötä. Absoluuttisen biotuotannon ennustetaan kasvavan vuodesta 2005 30 prosenttia vuoteen 2050 mennessä. Kuitenkin yksikköä kohden tuotanto laskenee noin kymmenen prosenttia samalla ajanjaksolla. (Lenzen ym. 2009.)

Clune, Crossin ja Verghese (2016) tutkivat eri tuoreruokakategorioiden kasvihuonekaasupäästöjä maailmanlaajuisesti elinkaariarviointi metodin avulla käyttäen 369 eri tutkimusta, joissa oli ilmaston lämpenemisen -indeksin (Global Warming Potential=GWP) arvoja 168 ruokatuotteelle vuosilta 2000-2015. Heidän tutkimuksensa

mukaan pienimmät ympäristövaikutukset olivat pellolla kasvaneilla vihanneksilla (0,37 kg hiilidioksidiekvivalentti/kg (carbon dioxide equivalent)), toiseksi pienimmät pellolla kasvaneilla hedelmillä (0,42 kg CO₂-ekv/kg) ja kolmanneksi pienimmät olivat vilja- ja palkokasveilla (0,50-0,51 kg CO₂-ekv/kg) paitsi riisillä (2,55 kg CO₂-ekv/kg), jonka ympäristövaikutukset ovat isoimmat kaikista kasvipohjaisista pellolla kasvaneista viljelykasveista. Riisin ympäristövaikutukset ovat myös hieman korkeammat kuin lämmitetyissä kasvihuoneissa kasvaneiden hedelmien ja vihannesten päästöt (2,13 kg CO₂-ekv/kg). Pähkinöiden ympäristövaikutukset ovat pienemmät kuin kasvihuonekasvatettujen hedelmien ja vihannesten ympäristövaikutukset (1,20 kg CO₂-ekv/kg). Märehtimättömällä karjalla, kuten kalalla (3,49 kg CO₂-ekv/kg), kanalla (3,65 kg CO₂-ekv/kg) ja sialla (5,77 kg CO₂-ekv/kg) on keskin kertaiset ympäristövaikutukset, vaikka pelkällä maidolla ne ovat matalat. Märehtivän karjan, kuten lampaan (25,58 kg CO₂-ekv/kg) ja naudan (26,61 kg CO₂-ekv/kg) ympäristövaikutukset ovat suuremmat kuin märehittömällä karjalla. Yhteenveto eri tuoreruokakategorioiden ilmastoalämmittävän indeksin arvoista on alla olevassa taulukossa 2.

Taulukko 2 Tuoreruokakategorioiden ilmastoalämmittävän indeksin arvoja (kgCO₂-ekv/kg tuotetta tai luutonta lihaa (Clune ym.))

Nimi	Medi- aani	Keski- arvo	Keski- hajon- ta	Keski- poik- kea- ma	Min	Max	Q1	Q3	Elin- kaari- arviointi- tutki- musten määrä	GWP- indeksi arvojen määrä
Vihannekset (pelloilla kasvatetut)	0,37	0,47	0,39	83%	0,04	2,54	0,19	0,60	33	140
Hedelmät (pelloilla kasvatetut)	0,42	0,50	0,32	64%	0,08	1,78	0,28	0,63	77	250
Viljat	0,50	0,53	0,22	42%	0,11	1,38	0,38	0,63	31	90
Palkokasvit	0,51	0,66	0,45	67%	0,15	2,46	0,36	0,83	16	51
Kasvihuone- kasvatetut	1,10	1,02	0,49	48%	0,32	1,94	0,54	1,35	5	15

hedelmät ja vihannekset										
Kaikki pähkinät	1,20	1,42	0,93	66%	0,43	3,77	0,61	2,13	7	21
Maito (maailman keskiarvo)	1,29	1,39	0,58	41%	0,54	7,5	1,14	1,50	77	262
Lämmitetyssä kasvihuoneessa kasvatetut hedelmät ja vihannekset	2,13	2,81	1,61	57%	0,84	7,4	1,74	3,7	18	53
Riisi	2,55	2,66	1,29	48%	0,66	5,69	1,64	3,08	12	27
Munat	3,46	3,39	1,21	36%	1,30	6,00	2,45	4,05	19	38
Kala (kaikki lajit)	3,49	4,41	3,62	82%	0,78	20,86	1,99	5,16	47	148
Kana	3,65	4,12	1,72	42%	1,06	9,98	2,77	5,31	29	95
Kerma	5,64	5,32	1,62	31%	2,10	7,92	3,82	7,14	3	4
Possu (maailman keskiarvo)	5,77	5,85	1,63	28%	3,20	11,86	4,50	6,59	38	130
Katkaravut	7,8	14,85	12,37	83%	5,25	38,00	6,76	20,20	7	11
Juusto	8,55	8,86	2,07	23%	5,33	16,35	7,79	9,58	22	38
Voi	9,25	11,52	7,37	64%	3,70	25,00	7,28	12,41	4	8
Lammas (maailman keskiarvo)	25,58	27,91	11,93	43%	10,05	56,70	17,61	33,85	22	56
Nauta (maailman keskiarvo)	26,61	28,73	12,47	43%	10,74	109,5	22,26	31,57	49	165

Clune ym. (2016) tutkivat miten keskimääräisen neljän hengen australialaisperheen viikon ruokaostoksia voisi muuttaa ympäristöä säästävämpään suuntaan kolmen eri skenaarion avulla. Ensimmäinen (1) skenaario pohjautuu tämän hetkiseen ruokavalioon; toisessa (2) liha korvataan vaihtoehtoisilla vähemmän ympäristöä kuluttavilla lihoilla; ja kolmannessa (3) luodaan vaihtoehtoinen kasvis- ja kalapohjainen ruokavalio. Lihan korvaaminen vähäpäästöisemmällä vaihtoehdoilla pienentää ruokavalion ympäristövaikutuksia noin 30

prosentilla. Vaihtoehtoinen kasvis- ja kalapohjainen ruokavalio puolestaan vähentää ruokavalion ympäristövaikutuksia alkuperäiseen verrattuna keskimäärin 52 prosenttia.

Clune ym. (2016) toteavat tutkimuksessaan, että keskimääräisesti kasvipohjaisilla tuoreruoilla on pienemmät ympäristövaikutukset kuin eläinperäisillä tuoreruoilla. He myös tutkivat, mikä on tavallisen nelihenkisen australialaisperheen viikon ruokaostosten ilmastoalämmittävä vaikutus todeten, että yli puolet siitä koostuu lihasta, kalasta ja kananmunista sekä 13 prosenttia maitotuotteista. Heidän mukaansa tavallinen australialainen perhe voi pienentää ruokaostostensa ilmastoalämmittävää vaikutusta suosimalla märehittämättömän karjan lihaa märehittävän karjan lihan sijasta sekä valitsemalla esimerkiksi seitin jonkun muun kalalajin sijaan.

Popp ym. (2010) huomauttavat, että maatalous vaikuttaa epäsuorasti myös muiden alojen kasvihuonekaasupäästöihin. Esimerkiksi lannoitteiden tuotanto on paljon energiaa vievää ja aiheuttaa noin prosentin maailman kokonaiskasvihuonekaasupäästöistä. Maatalousmaan lisääminen on myös yleinen metsäkadon aiheuttaja, eikä viljelymaan hiilinielu ole yhtä suuri kuin esimerkiksi metsän hiilinielu. (Popp ym. 2010.)

2.2.1. Karjatalous

Joyce ym. (2014) tutkivat ravitsemuksellisten valintojen vaikutusta ilmaston lämpenemiseen. He toteavat, että eläinperäisten tuotteiden kulutuksella ja maatalouden kasvavilla kasvihuonekaasupäästöillä on yhteys sekä ruokavalioiden muuttamisella saadaan vähennettyä maatalouden kasvihuonekaasupäästöjä.

Ruokavaliolla on merkittävä vaikutus kasvihuonepäästöihin, sillä kasvisproteiinilähteiden tuottaminen luo vähemmän kasvihuonekaasupäästöjä kuin eläinperäisten proteiinilähteiden tuottaminen. Erityisesti märehittäjien, kuten lehmän ja lampaan, lihan tuottaminen aiheuttaa

paljon kasvihuonekaasupäästöjä, jopa enemmän kuin suurin osa muista ruoka-aineista. Tämän takia ruokavalio muutoksilla on merkittävä vaikutus kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen. Toisaalta kuluttajien preferenssien muuttaminen vähemmän kasvihuonekaasupäästöjä aiheuttavaan ruokavalioon saattaa olla lyhyellä tähtäimellä haasteellista. (Bryngelsson ym 2015.)

Scarborough ym. (2014) tutkivat lihansyöjien, kalansyöjien, kasvissyöjien ja vegaanien ruokavalioiden vaikutusta kasvihuonekaasupäästöihin Isossa-Britanniassa. Lihansyöjät he jakoivat kolmeen ryhmään (1) paljon lihaa syövät (100 grammaa tai enemmän vuorokaudessa), (2) kohtalaisesti lihaa syövät (50-99 grammaa vuorokaudessa), ja (3) vähän lihaa syövät (alle 50 grammaa vuorokaudessa). Tulokseksi he saivat, että paljon lihaa syövien ruokavalioiden kasvihuonekaasupäästöt ovat noin kaksinkertaiset vegaaniruokavaliota noudattaviin verrattuna. Heidän analyysinsä myös osoittaa, että ruokavalioiden kasvihuonekaasupäästöjen määrällä ja eläinperäisten tuotteiden kulutuksella on positiivinen suhde. Täten, he toteavat, että lihan ja muiden eläinperäisten tuotteiden kulutuksen pienentämisellä voi olla arvokas panos ilmaston muutoksen lieventämiseen. Heidän mukaansa valtioiden tulisi huomioida tämä ruokavaliosuosituksissaan ja suositella eläinperäisten tuotteiden vähentämistä.

Horgan ym. (2016) tutkivat miten voidaan mahdollisimman vähäisin muutoksin nykyisiin ruokavalioiden sekä saavuttaa ravintosuositukset sekä vähentää ruoan kasvihuonekaasupäästöjä. Heidän mallinuksensa mukaan terveellinen ruokavalio ei itsessään vähennä ruoan kasvihuonekaasupäästöjä merkittävästi, joten ruokavaliosuosituksissa tulisi erikseen huomioida ympäristön kestävyys. Suosituksissa tulisi myös huomioida ihmisten erilaiset ruokatottumukset, joita ohjaavat sosiaaliset, henkilökohtaiset ja kulttuuriset tekijät. Mikäli ruokavaliosuosituksissa huomioidaan ihmisten nykyinen ruokavalio ja pyritään muokkaamaan sitä mahdollisimman vähän, voitaneen saada enemmän ihmisiä muuttamaan ruokavaliotaan ympäristöystävällisempään ja

terveellisempään suuntaan. Myös erilaisille ihmisryhmille voisi olla kohdennettu erilaisia ruokavaliosuosituksia.

Popp, Lotze-Campen ja Bodirsky (2010) tutkivat ruokavalioiden vaikutusta maataloustuotannon kasvihuonekaasupäästöihin. Bryngelssonin ym. (2015) tavoin, Popp ym. mallinsivat asiaa eri skenaarioiden avulla. Heidän mukaansa tulevaisuuden maatalouden kasvihuonekaasupäästöihin vaikuttavat sekä tulevat ruoankulutusvalinnat että tekninen kehitys maataloussektorilla. Maatalouden kasvihuonekaasupäästöjen uskotaan nousevan vuosikymmeniä eteenpäin. Tähän vaikuttavat maapallon väestön kasvu, sillä mitä enemmän ihmisiä niin sitä isompi on ruoankulutuksen tarve, sekä lihan- ja maitotuotteiden kulutuksen kasvu. Etenkin kehittyvissä maissa lihan- ja maitotuotteiden kulutus kasvaa nousevan tulotason myötä, minkä takia myös erityisesti metaanipäästöt kasvavat. Mikäli liha- ja maitotuotteita kulutettaisiin vähemmän, niin maatalouden kasvihuonekaasupäästöt olisivat pienemmät. (Popp ym. 2010.)

Karjatalouden kasvihuonekaasupäästöjä voidaan madaltaa karjan tuottaman lannan hyötykäytöllä. Oehmichen ja Thrän (2017) tutkivat lannan hyötykäyttöä energiantuotannossa Saksassa. Karjan lannasta voi tuottaa biokaasua. Tämä vähentäisi kasvihuonekaasupäästöjä sekä maataloudessa että energiantuotannossa. Oehmichenin ja Thränin mallinnuksen mukaan lannan hyötykäyttö energian tuotannossa Saksassa vähentää 1,448 kg hiilidioksidiekvivalenttia lannasta tuotettua kilowattituntia kohden. He laskevat, että Saksassa lannan hyötykäytön tuoma kasvihuonekaasupäästöjen vähennyspotentiaali on noin 3,5 miljoonaa tonnia hiilidioksidiekvivalenttia. (Oehmichen & Thrän 2017.)

Westhoek ym. (2014) laskivat tutkimuksessaan kuinka suuria vaikutuksia olisi, jos eurooppalaiset alentaisivat eläinperäisten tuotteiden kuluttamista 50 prosentilla. He olettivat, että tämä vähentäisi myös eläinperäisten tuotteiden tuotantoa Euroopassa 50 prosentilla, eikä kävisi niin, että eurooppalaiset tuottajat tuottaisivat edelleen saman määrän ja myisivät ylijäämän Euroopan ulkopuolelle. He laskivat, että Euroopan unionin maatalouden

kasvihuonekaasupäästöt vähentyisivät 25-40 prosenttia ja typen päästöt noin 40 prosenttia. Tuotantoeläinten väheneminen tarkoittaisi myös soijan tuonnin vähentymistä 75 prosentilla. Maatalouden kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisellä olisi selkeitä positiivisia vaikutuksia ympäristöön. Lihankulutuksen vähentäminen ei vaikuta vain ympäristöön, vaan sillä olisi myös positiivisia kansanterveydellisiä vaikutuksia. (Westhoek ym. 2014.)

Davis ym. (2016) tutkivat miten nykyisillä maatalouden käytössä olevilla resursseilla pystytään vastaamaan tulevaisuuden kasvavaan ruoan kysyntään. He mallinsivat ruoantuotantoon liittyvät veden, kasvihuonekaasupäästöjen, typen ja maan ympäristövaikutukset vuodelle 2050 erilaisin ruokavalioskenaarioin hyödyntäen FAOSTATin tietokantaa. Ruokavalioskenaarioihin lukeutuvat: (1) Välimeren ruokavalio, (2) pescovegetaristinen ruokavalio (pescetarian) sekä (3) kasvisruokavalio.

Davis ym. (2016) estimoivat, että 776 m³ vettä (H₂O), 15.3 kg typpeä (N), 299 kg hiilidioksidiekvivalenttia (CO₂-ekv) ja 0.85 hehtaaria (ha) maata vaaditaan vuosittain tuottamaan yksi maailmanlaajuisesti keskimääräinen ruokavalio. Suurin osa keskimääräisen nykyisen ruokavalion kuormituksesta ympäristölle koostuu eläinperäisistä tuotteista: vedestä 43 prosenttia, tyyppistä 58 prosenttia, kasvihuonekaasupäästöistä 74 prosenttia ja maasta 87 prosenttia. Eläinperäiset tuotteet vastaavat kuitenkin keskimäärin vain 18 prosentista yksilön kalorien saannista ja 39 prosentista proteiinin saannista nykyään. He estimoivat, että Välimeren ruokavaliolla veden tarve ja typpipäästöt kasvavat, mutta maan tarve ja kasvihuonekaasupäästöt laskevat nykyisestä ruokavaliosta, kun taas pescovegetaristinen ja kasvisruokavaliot laskevat kuormitusta kaikilla osa-alueilla keskimääräisestä ruokavaliosta.

Ruoan kysyntä ei voi kasvaa bruttokansantuotteen kasvun kanssa samalla nopeudella ilman, että maatalouden resurssit ja kasvihuonekaasupäästöt kasvavat huomattavasti. Davis ym. (2016) toteavat, ettei olemassa olevien teknologioiden ja tuotantojärjestelmien tehokkuuden parantumiseen voi luottaa maatalouden kielteisten ympäristövaikutusten estämisessä varakkuuden ja väestön kasvaessa. Ruokavalioiden muuttaminen ympäristöystävällisempään

suuntaan ehkäisee maatalouden kielteisiä ympäristövaikutuksia. Ruokavaliot ovat nyt jo muuttuneet märehvien eläinten lihaa suosivasta esimerkiksi sian- ja kananlihaa suosivaksi, mikä laskee kasvihuonekaasupäästöjä ja maa-alan tarvetta, mutta nostaa typpipäästöjä. Historiallisesti ruokavaliomuutoksiin ovat vaikuttaneet enemmän saatavuus, hinta ja teknologia kuin huoli ympäristöstä tai valtion ohjelmat. (Davis ym. 2016.)

Wirsenius, Azar ja Berndes (2010) tutkivat kuinka paljon maatalousmaata tarvitaan maailmanlaajuisesti ruoantuotantoon eri skenaarioissa vuonna 2030. Heidän tutkimuksensa skenaarioihin kuuluvat: (1) vertausarvoskenaario perustuen FAO:n ennusteeseen vuodelle 2030; (2) karjan tuottavuuden kasvu; (3) märehijöiden lihatuotteiden korvaaminen muilla lihatuotteilla; ja (4) lihatuotteiden korvaaminen kasvisvaihtoehdoilla sekä ruokajätteen vähentäminen.

FAO:n ennuste on, että maatalousmaa-ala kasvaa runsaasti nykyisestä 5,1 miljardista hehtaarista noin 5,4 miljardiin hehtaariin vuoteen 2030 mennessä kasvattaen myös kasvihuonekaasupäästöjä ja todennäköisesti lisäksi metsäkatoa. Wirseniuksen ym. tutkimuksen mukaan toisenlainen tulevaisuus on myös mahdollinen, mikäli eläinruoan tuottavuus kasvaa nopeammin kuin FAO olettaa; ja 20 prosenttia märehijöiden lihatuotteiden kulutuksesta korvautuu muilla lihatuotteilla; sekä 25 prosenttia lihankulutuksesta korvataan kasvisvaihtoehdoilla korkean elintason maissa, että ruokajäte pienenee 15-20 prosenttia nykyisestä. Edellä mainittujen tekijöiden avulla käytössä olevan maatalousmaan pinta-ala voisi vähentyä jopa yli miljardilla hehtaarilla. Wirsenius ym. myös toteavat, että koska maatalousmaan tarve kasvaa, mikäli muutoksia ei tehdä, niin maa-alasta tulee kalliimpaa, mikä saattaa aiheuttaa maatalouden tuottavuuden parantumista ja paljon maa-alaa vaativien ruokatuotteiden kuluttajahintojen nousua. (Wirsenius ym. 2010.)

Notarnicola ym. (2016) tutkivat ruoan kulutuksen ympäristövaikutuksia Euroopassa elinkaariarviointi metodin avulla (life cycle assessment method). Tutkimuksen datansa he muodostivat vuosien 2000 ja 2010 välisen ajan EU27-maiden asukkaiden kulutetuimmista

ruokatuotteista ja muodostivat niistä tuotekorin (basket of products), joka kuvaa noin 60 prosenttia eurooppalaisten ruoan kulutustottumuksista. Tutkimuksessa otettiin huomioon kolme elinkaaren vaihetta: (1) maatalous- ja jalostusvaihe; (2) teollinen käsittely ja pakkaus; ja (3) muut vaiheet. Heidän tutkimuksensa mukaan suurin vaikutus ympäristöön on lihatuotteilla (nauta, sika ja siipikarja) ja maitotuotteilla (juusto, maito ja voi). Määrällisesti esimerkiksi nautatuotteita ei kuluteta niin paljon kuin sikatuotteita, mutta sen vaikutus ympäristöön on silti suuri naudan lihan tuotannon korkeiden kasvihuonekaasupäästöjen takia. Toisaalta maidon ympäristövaikutus on suhteellisen alhainen, mutta koska maitoa kulutetaan paljon, niin sen vaikutus ympäristöön on suuri.

Notarnicolan ym. (2016) tutkimuksen mukaan suurin osa ruoan kulutuksen ympäristövaikutuksista syntyy maatalous- ja jalostusvaiheessa kaikkien tuotekorin tuotteiden osalta. He toteavatkin, että ruoan kulutuksen vaikutusta ympäristöön voi alentaa kolmella tavalla: (1) ympäristöllisesti kestävä kasvu maatalouden tuottavuudessa sekä toimenpiteet, joilla pyritään vähentämään ilmaan, veteen ja maaperään kohdistuvia päästöjä; (2) muutokset ruokavalioon (esimerkiksi liha- ja maitotuotteiden kulutuksen vähentäminen); ja (3) parantaa tehokkuutta ruokajätteen vähentämisessä ja ruokajätteen käsittelyssä.

Bellarby ym. (2012) tutkivat elinkaariarviointimenetelmällä karjatalouden aiheuttamia kasvihuonekaasupäästöjä sekä niiden vähentämispotentiaalia Euroopassa. He tutkivat vuoden 2007 materiaalilla Euroopan unionin karjatalouden kasvihuonekaasupäästöt sekä estimoivat eläinperäisten tuotteiden valmistuksesta ja kulutuksesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt huomioiden myös tuonnin, viennin ja hävikin. Kasvihuonekaasupäästöjä karjataloudessa voidaan vähentää esimerkiksi laajentamalla hiilinieluja laidunmailla ja teknisillä ratkaisuilla karjan lannan hallinnoinnissa.

Kuluttajat voivat Bellarbyn ym. mielestä myös vaikuttaa karjatalouden kasvihuonekaasupäästöihin omilla kulutusvalinnoillaan sekä pienentämällä ruokajätteen määrää. He toteavat, että kulutusvalintojen muuttaminen vähentämällä lihatuotteiden

kulutusta voi myös olla hyödyllistä kansanterveyden kannalta. Heidän tutkimuksensa mukaan päättäjien kannattaa panostaa päästöjen vähentämiseen sekä tuotannon että kulutuksen osalta. He suosittelevat (5) viittä keinoa vähentää kasvihuonekaasupäästöjä maataloudessa: (1) vähentämällä ruokajätettä; (2) tukea sademetsien hakkuun kasvun vastustamista Etelä-Amerikassa; (3) muuttaa yksilöiden kulutustapoja; (4) viljely- ja laidunmaiden hoitoa pitäisi muuttaa ja suosia lannoitteiden vähentämistä; sekä (5) ruokajätteen ja eläinten lannan anaerobinen hajottaminen. Bellarby ym. arvioivat, että EU:n karjatalouden kasvihuonekaasujen vähentämispotentiaali vastaa 12-61 prosenttia EU:n kokonaiskasvihuonepäästöistä, mikä vastaa 0,5-2 prosenttia estimoiduista maailmanlaajuisista kasvihuonekaasupäästöistä vuonna 2050. (Bellarby ym. 2012.)

Fazeni ja Steinmüller (2011) tutkivat ruokavaliomuutosten vaikutusta maan käytettävyyteen, energian kysyntään ja maatalouden kasvihuonekaasupäästöihin Itävallassa. Itävaltalaiset kuluttavat lihatuotteita suosituksia enemmän ja lihatuotteiden kulutuksen odotetaan kasvavan nykyisestä. Karjatalous vaatii paljon maatalousmaata ja lihatuotteiden kulutuksen kasvaessa maatalousmaan riittävydestä voi tulla ongelma. Nykyään uusiutuvien energian lähteiden tuotanto vaatii myös maata yhä enemmän bioenergian ja -polttoaineiden suosion kasvaessa. Bioenergian tuotanto vie maa-alaa ruoantuotannolta lisäten tarvetta mukauttaa ihmisten ruokavalioita vähemmän maatalousmaata vaativaan suuntaan.

Fazeni ja Steinmüller (2011) käyttivät tutkimuksessaan elinkaariarviointia (life cycle assessment) vuosien 2001-2006 keskiarvoilla arvioimaan Itävallan tavanomaisen maatalouden kasvihuonekaasupäästöjä. He olettivat, että eri skenaarioiden lähtötilanteessa itävaltalaisien ruokavaliot noudattavat virallisia ruokavaliosuosituksia. Tämä tarkoittaisi esimerkiksi lihan kulutuksen laskua noin 60 prosenttia nykyisestä ja hedelmien sekä vihannesten kulutuksen kasvua noin 50 ja 60 prosentilla.

Fazeni ja Steinmüller (2011) käyttivät kahta (2) pääskenaariota tutkimuksessaan: (1) omavaraisuuden skenaario, jossa Itävalta tuottaa 100 prosenttia maataloustuotteistaan sekä

(2) viennin/tuonnin skenaario, jossa vienti säilyy vuosien 2001-2006 keskiarvon tasolla, mutta tuonti mukautuu. Pääskenaarioiden lisäksi Fazeni ja Steinmüller kehittivät kolme erillistä alaskenaariota molempiin pääskenaarioihin: (a) maatalouden tuotanto on pelkkää ruoan tuotantoa ja uusiutuvan energian tuotanto pysyy samana kuin vuosien 2001-2006 keskiarvo; (b) ruoantuotannon lisäksi maatalous tuottaa raaka-aineita bioenergiaan ja -polttoaineisiin; ja (c) kaikki tarpeeton maatalousmaa käytetään bioenergian raaka-aineiden tuottamiseen. Kaikissa skenaarioissa maatalouden hiilidioksidipäästöt pienenevät tämän hetkiseen tilanteeseen verrattuna. Parhaassa tapauksessa maatalouden kasvihuonekaasupäästöt vähenivät 37 prosenttia ja maatalouden energian tarve väheni 38 prosenttia.

Fazenin ja Steinmüllerin (2011) mukaan ruokavaliomuutoksilla on suuri vaikutus maatalouden energian kulutukseen ja kasvihuonekaasupäästöihin. Lihan kulutuksen väheneminen tarkoittaisi myös laskua maatalouden kielteisiin ympäristövaikutuksiin. Karjatalouden väheneminen tarkoittaisi myös, että maatalousmaata vapautuisi bioenergian ja -polttoaineiden tuotantoon, mikä vähentäisi myös energiantuotannon ja liikenteen kasvihuonekaasupäästöjä. Kuitenkin suurin osa Itävallan maatalousmaasta jää ruoantuotantoon.

2.2.2. Luomutuotanto

Weiske ym. (2005) tutkivat kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä eurooppalaisilla sekä tavanomaisilla että luomumaitotiloilla. Tutkimuksessa oli maitotiloja viideltä eri Euroopan alueelta ja päästöjen vähentämistapoja oli neljä: (1) lypsyeläinten optimaalinen käyttöikä; (2) tiuha lannan poistaminen ja kaavinta; (3) biokaasun tuotanto anaerobisella hajottamisella; sekä (4) parannetut lannan levitysmenetelmät. Keskimäärin luomumaitotiloilla tuotetussa maidossa oli kymmenen prosenttia suuremmat kasvihuonekaasupäästöt kuin tavanomaisilla maitotiloilla tuotetussa maidossa. Toisaalta yhdellä luomumaitotilalla tuotettu maito oli

tutkimuksen vähäpäästöisintä maitoa, mutta myös toisen luomutilan maito oli tutkimuksen runsaspäästöisintä.

Weisken ym. (2005) tutkimuksessa luomumaitotiloilla tuotetun maidon kasvihuonekaasupäästöissä oli enemmän hajontaa kuin tavanomaisilla maitotiloilla tuotetun maidon päästöissä. Tulosten hajanaisuuden vuoksi, ei voida tehdä päätelmää siitä, että luomumaidon tuotanto tuottaisi enemmän kasvihuonekaasupäästöjä kuin tavanomaisen maidon tuotanto. Edellä mainittujen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistapojen käyttöönotto tiloilla myös vähensi kaikkien tilojen maidon tuotannon kasvihuonekaasupäästöjä. Suurimmat päästöjä vähentävät vaikutukset olivat biokaasun tuotannolla ja lypsyeläinten käyttöiän optimoinnilla.

Bos ym. (2014) tutkivat energian käytön ja kasvihuonekaasupäästöjen eroja tavanomaisessa ja luomumaataloustuotannossa Alankomaissa. He toteavat, että maatalous toimii sekä hiilinieluna että kasvihuonekaasupäästöjen aiheuttajana. Tutkimukseen osallistui kahdeksan luomumaitotilaa ja kuusi tavanomaista maitotilaa; yksi tavanomainen ja luomuviljelytila savipohjaisilla mailla, joilla viljellään perunaa, sokerijuurikasta, vehnää, porkkanaa, sipulia ja hernettä; sekä yksi tavanomainen ja luomuviljelytila hiekkapohjaisilla mailla, joilla viljellään purjoa, papua, porkkanaa, mansikkaa, salaattia ja kiinankaalia.

Tulokseksi Bos ym. (2004) saivat, että energian käyttö tuotettua yksikköä kohden oli luomumaitotiloilla noin 25 prosenttia alhaisempaa kuin tavanomaisilla maitotiloilla, ja myös kasvihuonekaasupäästöt olivat 5-10 prosenttia alemmat. Viljatioilla tilanne on päinvastainen energian käytön ollessa 10-30 prosenttia suurempaa luomutiloilla kuin tavanomaisilla tiloilla. Myös luomuvihannestilojen energian käyttö on 40-50 prosenttia suurempaa. Kasvihuonekaasupäästöt ovat luomuviljatioilla 0-15 prosenttia korkeammat kuin tavanomaisilla tiloilla ja myös luomuvihannestilojen kasvihuonekaasupäästöt ovat 35-40 prosenttia korkeammat tavanomaisiin vihannestiloihin verrattuna. He laskivat energian käytön ja kasvihuonepäästöt tuotettua yksikköä kohden eivätkä esimerkiksi hehtaaria

kohden. Bos ym. toteavat, että luomumaatalous vaatii enemmän maa-alaa tuotettua yksikköä kohden kuin tavanomainen maatalous.

Adevale ym. (2016) analysoivat pienten luomuvihannestilojen pääasialliset kasvihuonekaasupäästöjä aiheuttavat toiminnot elinkaariarvioinnin avulla Yhdysvalloissa. Luomutilalla viljeltiin ruista, kurpitsaa, perunaa, tarhapapua, lehtimangoldia, kesäkurpitsaa, paprikkaa, keltasipulia ja kukkakaalia. He toteavat, että suurin hiilijalanjälki on viljelyssä 31,6 prosenttia, lannoituksessa 29,2 prosenttia ja kastelussa 18,3 prosenttia. Valtaosa viljelyn hiilijalanjäljestä muodostuu polttoaineen käytöstä. Luomumaatalouden hiilijalanjälkeä saisi pienennettyä siirtymällä käyttämään biodieseliä, mutta heidän mukaansa se ei ole maailmanlaajuisesti toimiva ratkaisu, koska viljelyalan tarve kasvaisi lisäten metsämaan muuntamista viljelymaaksi. Adewalen ym. mukaan kastelun hiilijalanjälkeä voi pienentää hyödyntämällä aurinkopaneeleja sähköverkosta tulevan energian sijaan.

Chiriaco ym. (2017) vertailivat luomutuotetun vehnäleivän ja tavanomaisesti tuotetun vehnäleivän hiilijalanjälkeä elinkaariarvioinnin avulla. Data tutkimukseen kerättiin vuonna 2013 Keski-Italiassa. Tutkimuksessa ei otettu huomioon viljelysmaan toimimista hiilinieluna ja sen vaikutusta kasvihuonekaasupäästöihin. He totesivat, että kilo luomuvehnäleipää aiheuttaa 1,55 kg hiilidioksidiekvivalenttia päästöjä, kun taas tavanomaisesti tuotettu kilo vehnäleipää aiheuttaa 1,18 kg CO₂-ekv päästöjä. Mikäli hiilijalanjälki mitataan viljeltyä peltohehtaaria kohden, niin luomuvehnän viljely aiheuttaa 60 prosenttia vähemmän kasvihuonekaasupäästöjä hehtaaria kohden kuin tavanomainen vehnän viljely. Tavanomaisen vehnänviljelyn selvästi suurin yksittäinen päästöerä muodostuu lannoitteiden valmistuksesta, kun taas luomuviljelyssä ei käytetä teollisia lannoitteita. Luomuvehnän viljelystä johtuvat suurimmat päästöt ovat suorat ja epäsuorat päästöt maaperään sekä polttoaineen tuotanto ja kulutus. Valmiin luomuleivän suuremmat kasvihuonekaasupäästöt johtuvat luomutuotannon alemmasta tuotoksesta hehtaaria kohden. (Chiriaco ym. 2017.)

Buratti ym. (2016) vertailivat tavanomaisen ja luomunaudanlihan tuotantoa kasvihuonekaasupäästöjen osalta elinkaariarvioinnin avulla kahdella italialaisella karjatilalla. He vertailevat kasvihuonekaasupäästöjen määrää kiloa naudan elopainoa kohden. Tulokseksi he saivat, että luomunaudanlihan tuotannon hiilijalanjälki on suurempi kuin tavanomaisesti kasvatetun naudanlihan tuotannon hiilijalanjälki. Luomukarjalla on tavanomaisesti kasvatettua karjaa suuremmat päästöt märehtijöiden ruoansulatusprosessissa (enteric fermentation) sekä lannan käsittelyssä. Tavanomaisesti kasvatetulla karjalla puolestaan on suuremmat päästöt rehun tuotannossa. (Buratti ym. 2016.)

Luomukarjatilalla rehun tuotannossa ei käytetä lannoitteita, mikä vähentää rehun tuotannon kasvihuonekaasupäästöjä. Luomutilalla viljellään myös eri rehukasveja kuin tavanomaisella karjatilalla. Märehtijöiden ruoansulatusprosessin metaanipäästöjen taso riippuu suurelta osin siitä, mitä niiden ruokavalio sisältää, esimerkiksi hyvin kuitupitoinen ruokavalio lisää märehtijöiden metaanipäästöjä. Tutkimuksen tavanomaisella karjatilalla, nautaeläimet eivät saaneet kovin kuitupitoista rehua, kun taas luomukarjatilalla nautaeläinten rehu oli hyvin kuitupitoista. Nautaeläinten ruokavalio vaikuttaa myös lannan käsittelystä johtuviin päästöihin, erityisesti typpipäästöihin. Myös lannan varastoinnista aiheutuvat metaanipäästöt lukeutuvat lannan käsittelyn päästöihin. Luomu- ja tavanomaisella tilalla olivat melko samansuuruiset lannan käsittelyn typpipäästöt, mutta luomutilan metaanipäästöt olivat yli kaksinkertaiset tavanomaiseen karjatilaa verrattuna. Buratti ym. arvioivat tutkimuksessaan rehun tuotannosta johtuvan viljelyalana käytetyn maaperän hiilinielukapasiteetin. He arvioivat hiilinielun olevan lähes samansuuruinen sekä tavanomaisella että luomukarjatilalla vähentäen 0,19 CO₂-ekv kasvihuonekaasupäästöjä tavanomaisella tilalla ja 0,18 CO₂-ekv luomutilalla. Burattin ym. tutkimuksen maatalojen hiilijalanjäljet on eritelty seuraavalla sivulla olevassa taulukossa 3. (Buratti ym. 2016.)

Taulukko 3 Kahden tilan hiilijalanjäljet (CO_{2ekv}/elävän eläimen paino kg) (Buratti ym.)

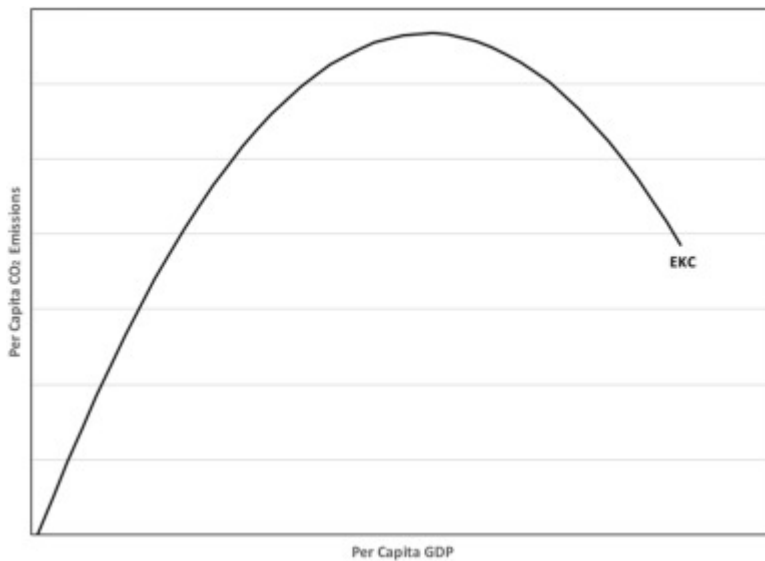
	Rehun tuotanto	Lihan tuotanto		Lannan käsittely		Vältetyt typpi- päästöt	Kokonais- hiilijalan- jälki
		Ruoansulatus- prosessi	Energian kulutus	Metaani- päästöt	Typpi- päästöt		
Tavan- omainen	4,5	9,3	0,9	2,5	1,2	-0,19	18,21
Luomu	3,6	13,8	0,9	5,2	1,3	-0,18	24,62

Burattin ym. (2016) mukaan nautaeläintilojen kasvihuonekaasupäästöjä voidaan vähentää esimerkiksi muuttamalla eläinten ruokavaliota ja lisäämällä siihen kemiallisia lisäaineita (kuten tanniinia ja saponiineja), jotka muokkaavat märehtijän pötsin mikrobista ruoansulatusprosessia. Ruokavalion muuttamisella voidaan vähentää jopa 30 prosenttia ruoansulatusprosessin metaanipäästöistä. Myös raakaproteiinin vähentämisellä voidaan vähentää typpipäästöjä lannan varastoinnin aikana. Lannan käsittelyssä voidaan vähentää kasvihuonekaasupäästöjä myös käsittelemällä lanta biokaasukeittimessä ennen varastointia. (Buratti ym. 2016.)

2.3.Päästöjen vaikutus talouteen

Grossman ja Krueger (1991) alun perin kehittivät ympäristön Kuznetsin käyrän (Environmental Kuznets Curve, EKC). Yksinkertaisimmillaan ympäristön Kuznetsin käyrä asettuu käänteiseen U-muotoon kuvaten päästöjä asukasta kohden (kuten hiilidioksidi) suhteessa bruttokansantuotteeseen asukasta kohden (tai suhteessa tuloihin asukasta kohden). Suhteellisen alhaisella tasolla BKT:n kasvaessa asukasta kohden, kasvaa myös päästöt asukasta kohden. BKT:n asukasta kohden saavuttaessa tietyn tason, päästöt asukasta kohden kasvavat hidastuvalla tahdilla. Kun päästöt asukasta kohden ovat saavuttaneet maksimitasonsa, ne alkavat laskea BKT:n asukasta kohden yhä kasvaessa. Grossman ja

Krueger eivät käyttäneet mitään muodollista teoriaa EKC:n kehittämiseksi, vaan he selittivät, että teollistumisen kasvamiseen liittyy alkuvaiheen talouskasvun aikaansaama päästöjen asukasta kohden ja tulojen asukasta kohden kasvaminen. Lopulta tulon asukasta kohden kasvu ja siirtyminen pois raskasteollisuudesta johtaisi päästöjen asukasta kohden ja tulon asukasta kohden kielteiseen suhteeseen.

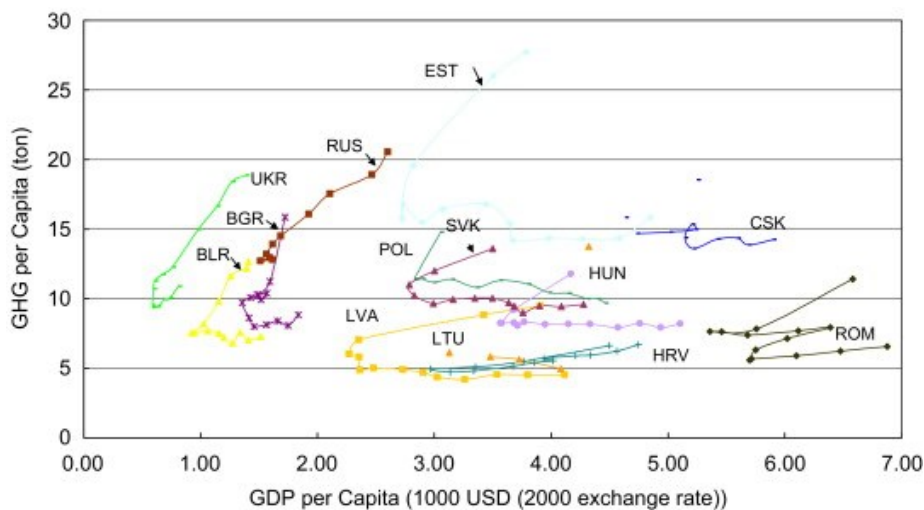


Kuva 3 Ympäristön Kuznetsin käyrä (Environmental Kuznets Curve) (Brown & McDonough).

Brown ja McDonough (2016) pohtivat ympäristön Kuznetsin käyrän käyttöä energia politiikan arvioinnissa. He huomauttavat, että yksinkertainen EKC toimii käytännössä hyvin vain aikasarja-aineistolla tai suhteellisen pitkän ajanjakson paneeliaineistolla. He päätyvät lopputulokseen, että vaikka ekonometrinen testaus olisi pätevä ja EKC:n ääriarvo ja luottamusvälit tiedossa, niin EKC:sta on vain vähän hyötyä säädettäessä menettelytapoja, kun otetaan huomioon EKC:n estimoinnin pelkistetyn muodon luonne.

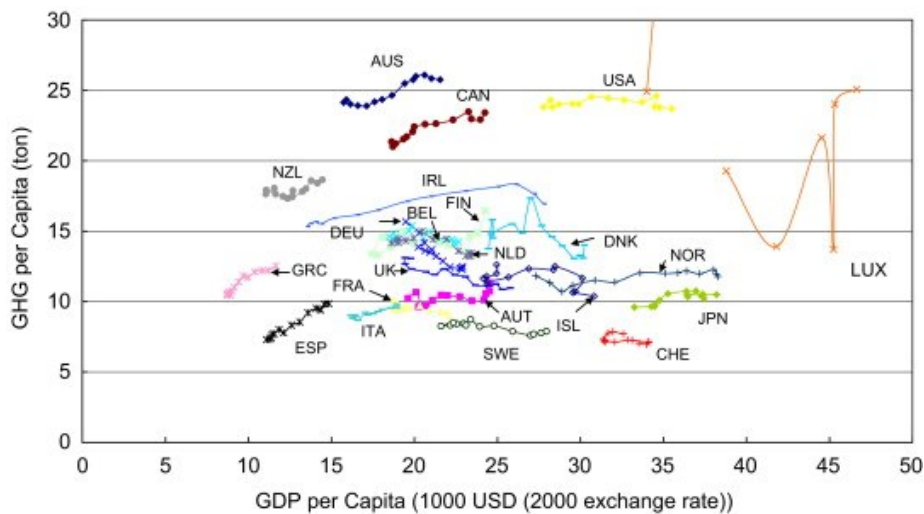
Fosten, Morley ja Taylor (2011) tarkastelivat tutkimuksessaan päästöjen käyttäytymistä niiden ollessa epätasapainossa ympäristön Kuznetsin käyrän suhteen. Aineistona he käyttivät Yhdistyneen kuningaskunnan hiilidioksidipäästöjä vuosina 1751-2007 ja rikkidioksidipäästöjä vuosina 1850-2002. He toteavat, että on olemassa merkittävää näyttöä siitä, että ympäristön Kuznetsin käyrän käänteinen U-muoto pätee sekä hiilidioksidi- ja rikkidioksidipäästöjen suhteen Yhdistyneessä kuningaskunnassa tutkimusaineiston aikavälillä. He kuitenkin myös toteavat, että tämä saattaa johtua ympäristön suojeleun tähtäävästä sääntelystä, jonka tuloksena päästötkin vähentyvät. Myös Saboori, Sulaiman ja Mohd (2012) tutkivat talouskasvun ja hiilidioksidipäästöjen suhdetta pitkällä aikavälillä. Heidän aineistonsa oli Malesiasta aikaväliltä 1980 -2009. Heidän tutkimuksensa mukaan talouskasvu ja hiilidioksidipäästöjen suhde pitkällä aikavälillä muodostavat ympäristön Kuznetsin käyrän mukaisen käänteisen U-muodon.

Huang, Lee ja Wu (2008) tutkivat kasvihuonekaasupäästöjä ja bruttokansantuotteen kasvua Kioton pöytäkirjan päästöjen vähentämistavoitteiden kannalta. He havainnoivat tutkimuksessaan, että taloudellinen kehitys ja kasvihuonekaasupäästöt eivät asetu ympäristön Kuznetsin käyrän mukaisesti siirtymävaiheessa olevissa talouksissa, vaan niiden käyrä muodostuu jääkiekkomailan (hockey-stick curve) mukaisesti. Siirtymävaiheen talouksien jääkiekkomailaa muistuttava käyrä muodostuu, kun kasvihuonekaasupäästöt kasvavat talouskasvun mukana, mitä on kuvattu seuraavalla sivulla olevassa kuvassa 4.



Kuva 4 Siirtymätalouksien kasvihuonekaasupäästöjen ja BKT:n suhde (Huang ym. 2008)

Huang, Lee ja Wu (2008) eivät myöskään havainnoineet Kuznetsin käyrän mukaista käänteistä U-muotoa kaikilla teollistuneilla valtioilla (kuva 5). Heidän tutkimuksensa data koostui vuodesta 1990 vuoteen 2003.



Kuva 5 Teollistuneiden maiden kasvihuonekaasupäästöjen ja BKT:n suhde (Huang ym. 2008)

Farhani ym. (2014) tutkivat ympäristön Kuznetsin käyrää ja kestäväää kehitystä vuosien 1990-2000 aineistolla kymmenessä Lähi-Idän ja Pohjois-Afrikan maassa. He havaitsivat, että tulojen ja ympäristön pilaantumisen suhde noudattaa Kuznetsin käyrän käänteistä U-muotoa. Farhani ym. muodostivat myös muokatun ympäristön Kuznetsin käyrän kuvaamaan kestävään kehityksen ja inhimillisen kehityksen suhdetta. Tämäkin suhde muodostuu käänteiseksi U-muotoiseksi käyräksi. He toteavat, että käyriä muokkaavat muut tekijät kuten energia ja kaupankäynti.

Farhani ym. (2014) päättelevät, että valtion ollessa ensimmäisessä kehitysvaiheessa riittävän kestävään kehityksen saavuttaminen samanaikaisen pääoman kertymisen yhdistäminen on erittäin hankalaa. He toteavat myös, että inhimillinen kehitys on tapa saavuttaa korkeampi kestävään kehityksen taso tulevaisuudessa.

Kim (2012) tutki päästöjen ja tulon suhdetta todeten, että pääsääntöisesti niiden suhde noudattaa ympäristön Kuznetsin käyrää. Hiilidioksidipäästöt eivät tosin noudata ympäristön Kuznetsin käyrää johtuen Kimin mukaan siitä, että hiilidioksidipäästöjen vaikutukset eivät ole paikallisia vaan maailmanlaajuisia. Millimet, List ja Stengos (2003) toteavat tutkimuksessaan, että rikkidioksidipäästöjen osalta ympäristön Kuznetsin käyrän mallinnus on ongelmallista, koska käyrän estimoidun huipun sijainti on herkkä mallinnusoletuksille. Mills Busa (2013) puolestaan totesi tutkimuksessaan, ettei ympäristön Kuznetsin käyrä kuvaa ympäristön suojelun todellista tilaa: vaikkakin vauraat maat näyttävät käyrän mukaan alentavan päästöjään, niin silti vauraat maat edesauttavat metsäkatoa köyhemmissä maissa.

Ympäristön Kuznetsin käyrästä on myös kehitelty erilaisia tarkempia käyriä, kuten hiilen Kuznetsin käyrä (carbon Kuznets Curve). Hiilen Kuznetsin käyrän hypoteesi on, että hiilidioksidipäästöt aluksi kasvavat talouskasvun myötä, mutta myöhemmin niiden suhteesta tulee käänteinen. Itkonen (2012) estimoi hiilen Kuznetsin käyrää tutkimuksessaan. Itkonen toteaa, että hiilen Kuznetsin käyrä antaa liian valoisan kuvan hiilidioksidipäästöjen vähenemisestä pelkästään talouskasvun myötä. Mikäli hiilidioksidipäästöt alkavat

väheneään, niin ääriarvo on myöhemmin kuin on odotettu sekä ennen ääriarvon saavuttamista, tuotos kasvaa päästöjä nopeammin. Ääriarvon saavuttamisen jälkeen hiilidioksidipäästöt laskevat hitaammin kuin on ennakoitu. (Itkonen 2012.)

Hiilen Kuznetsin käyrää tutkivat myös Burnett, Bergström ja Wetzstein (2013). He tutkivat hiilidioksidipäästöjen, energian tuotannon ja kansallisen tulon suhteita Yhdysvalloissa vuosien 1981-2003 aineistolla. Heidän tutkimuksensa saattaa osoittaa, että talouskasvu vähentää hiilidioksidipäästöjen intensiteettiä Yhdysvalloissa, mutta ei vähennä absoluuttisia päästöjä. He toteavat, että bruttokansantuotteen kasvu itsessään ei ole riittävä keino vähentämään hiilidioksidipäästöjä. Siitä johtuen talouden elvytyksen keinoihin voisi liittää keinoja vähentää hiilidioksidipäästöjä, kuten energiansäästölinjauksia. Burnett ym. kiinnittivät huomiota myös olemassa olevien hiilidioksidipäästötutkimusten ongelmiin. Yksi isoimmista ongelmista on hiilidioksidipäästöjen erilaiset estimointitavat, jotka saattavat luoda ongelmia ekonometristen analyysien tulosten tulkinnassa.

Wang (2012) mallinsi öljylähtöisten hiilidioksidipäästöjen ja talouskasvun välistä epälineaarista suhdetta käyttäen aineistoa 98 maasta vuodesta 1971 vuoteen 2007. Hänen pitkän aikavälin estimaationsa tulos osoittaa, että öljylähtöisten hiilidioksidipäästöt ja talouskasvu ovat suhteellisen irrallaan toisistaan, eikä ympäristön Kuznetsin käyrän hypoteesi päde. Lyhyen tähtäimen estimaatiossaan Wang havainnoi mallissaan epälineaarisen kaksoisraja-arvovaikutuksen; talouskasvun ollessa negatiivinen, öljylähtöisten hiilidioksidipäästöjen kasvu vähentyy, kun taas talouskasvun ollessa keskinkertainen, niin myös öljylähtöiset hiilidioksidipäästöt kasvavat bruttokansantuotteen kasvun mukana. Korkean talouskasvun aikana, bruttokansantuotteen kasvu ei merkittävästi vaikuta öljylähtöisten hiilidioksidipäästöjen kasvuun. Wang huomasi mallinnuksessaan myös, että väestön kasvu vauhdittaa öljylähtöisten hiilidioksidipäästöjen kasvua. Kyseisten päästöjen kasvun alentamiseksi Wang ehdottaa muun muassa etsimään vaihtoehtoisia energialähteitä ja vähentämään väestönkasvua.

Kim, Lee ja Nam (2010) tutkivat hiilidioksidipäästöjen ja talouskasvun suhdetta Koreassa tammikuusta 1992 lokakuuhun 2006 ulottuvalla ajanjaksolla. Heidän mallinnuksessaan hiilidioksidipäästöjen ja talouskasvun välillä ei ollut lineaarista kausaliteettia, mutta niiden välillä kuitenkin on kaksisuuntaista epälineaarista kausaliteettia. Hiilidioksidipäästöjen tulee heidän tutkimuksensa mukaan vaikuttamaan negatiivisesti talouskasvuun. Tämä tulisi ottaa huomioon hiilidioksidipäästöjen vähentämistä tavoittelevissa menettelytavoissa ja pyrkiä korvaamaan hiilidioksidipäästöjä aiheuttavat energiamuodot vähemmän päästöisillä energiamuodoilla.

Päästöillä on kielteinen vaikutus luontoon. Myös esimerkiksi rikkidioksidi-, typpidioksidi-, hiilimonoksidi- sekä esimerkiksi lyijyn ja kadmiumin pienhiukkaspäästöt saattavat nousta paikallisesti sellaiselle tasolle, joka on haitallista ihmisten terveydelle. Tämän vuoksi edellä mainittujen yhdisteiden päästöjä on säännelty. Hiilidioksidipäästöjen sääntelyä puolestaan on perusteltu sillä, että päästöillä on vaikutusta muun muassa maapallon keskilämpötilan nousuun ja merien pintavedenkorkeustasoon. Yleensä on oletettu, ettei globaaleilla hiilidioksidipäästöillä ole paikallisia vaikutuksia, kuitenkin sittemmin on todistettu, että hiilidioksidipäästöt lisäävät esimerkiksi pienhiukkaspäästöjä. (Barassi & Spagnolo 2012.)

Koska pienhiukkaspäästöjä on säännelty niiden kielteisten terveysvaikutusten vuoksi, niin voitaneen olettaa, että tulevaisuudessa myös hiilidioksidipäästöjä tullaan sääntelemään entistä enemmän samasta syystä. Tämän vuoksi, on tärkeää tutkia, millaisia vaikutuksia hiilidioksidipäästöjen sääntelemisellä on talouteen. Tutkimuksissa on todettu, että toisaalta suurempi taloudellinen aktiivisuus tarvitsee enemmän panoksia ja sen tuloksena tulee myös enemmän epäsuotavia sivutuotteita, jonka tuloksena saattaa olla ympäristön tilan heikkeneminen. Kuitenkin toisaalta, suurempien tulojen johdosta puhtaan ympäristön arvostus kasvaa, minkä takia kulutuksesta saattaa tulla inferiorinen hyödyke. On myös mahdollista, että talouskasvu saattaa johtaa muutokseen talouden rakenteessa tai puhtaampaa teknologiaa tulee markkinoille. (Barassi & Spagnolo 2012.)

Aiemmissa tutkimuksissa on selvinnyt, että hiilidioksidipäästöjen ja talouskasvun suhde ei ole yksiselitteinen; joissakin maissa tulojen per capita kasvu on johtanut hiilidioksidipäästöjen vähentymiseen, kun taas joissakin maissa tulojen per capita kasvu on johtanut hiilidioksidipäästöjen kasvamiseen. Tutkimuksissa on usein otettu lähtökohdaksi, että jotta saataisiin enemmän tuloa, niin täytyy tuottaa enemmän ja tuotannon seurauksena tulee päästöjä. Tässä ajattelumallissa päästöt ovat ikään kuin yksi panos tulojen luomisessa, koska ilman päästöjä tulot eivät kasva. Kuitenkin on mahdollista, että ympäristön saastuminen alentaa tuotannon tuotosta per panos, sillä mikäli työvoiman sairastavuus kasvaa, niin tuotannon kulut nousevat. (Barassi & Spagnolo 2012.)

Omassa mallinnuksessaan Barassi ja Sagnolo (2012) saivat tulokseksi, että joillakin mailla bruttokansantuote per capitaa ja hiilidioksidipäästöt per capitaa välillä on kausaliteettia ja joillakin mailla kausaliteettia ei ole havaittavissa. Mallinnuksesta kävi myös ilmi, että maissa, joissa kausaliteettia oli havaittavissa, päästöillä oli kielteinen ja merkittävä vaikutus talouskasvuun. Ainoa poikkeus suhteellisen pienessä otoksessa oli Italia, jolla päästöillä oli myönteinen ja merkittävä vaikutus talouskasvuun.

Barassi ja Sagnolo (2012) tutkivat päästöjen ja talouskasvun suhdetta omassa mallinnuksessaan. He tutkivat asiaa hiilidioksidipäästöjen, bruttokansantuotteen, väestön määrän ja öljyn hintojen kautta. Öljyn hinta oli eksogeeninen muuttuja ja muut olivat endogeenisiä muuttujia. Heidän datansa oli 135 vuoden ajalta. Loppupäätelmänä Barassi ja Sagnolo toteavat, että hiilidioksidipäästöjä tulisi pyrkiä pienentämään sekä maailmanlaajuisesti että paikallisesti, koska suurentuvilla päästöillä saattaa olla kielteisiä vaikutuksia talouteen.

Giannadaki ym. (2017) arvioivat maatalouden ilmansaasteen vähentämisen taloudellisia ja terveydellisiä hyötyjä. Jopa pienet määrät pienhiukkaspäästöjä voivat aiheuttaa kielteisiä terveysvaikutuksia ihmisille. Maatalouden lisäksi muita pienhiukkaspäästöjen lähteitä ovat esimerkiksi liikenteen prosessien palamisreaktiot, energialaitokset, biomassan polttaminen,

teollisuus ja kotitalouksien energian käyttö. Maatalous tuottaa suhteellisesti eniten pienhiukkaspäästöjä ja on pääsyynä ilmaansaasteista johtuviin kuolemiin muun muassa Euroopassa. Arvioidaan, että Euroopassa noin 173 000 ihmistä kuolee pienhiukkaspäästöjen seurauksena vuosittain, jonka kustannus arvioidaan olevan 504 miljardia Yhdysvaltain dollaria. Maailmanlaajuisesti joka viides pienhiukkaspäästöistä johtuva kuolema voitaisiin välttää, mikäli maatalouden pienhiukkaspäästöt poistettaisiin. (Giannadaki ym. 2017.)

Ammoniakki on maatalouden pienhiukkaspäästöjen suurin tuottaja. Ammoniakkia syntyy karjanhoidosta ja karjan lannan käsittelystä sekä lannoitteiden käytöstä. Euroopassa noin 90 prosenttia ammoniakkipäästöistä on lähtöisin maataloudesta. Ammoniakkipäästöjen osuus pienhiukkaspäästöistä tiheään asutuilla alueilla Euroopassa vaihtelee 10 ja 20 prosentin välillä ollen paljon suurempi intensiivisillä karjankasvatuksen alueilla. Ammoniakkipäästöjen lisäksi maatalous tuottaa muitakin pienhiukkaspäästöjä maatalousjätteiden palamisreaktioiden ja traktoreiden sekä muiden koneiden ja laitteiden käyttämisestä johtuvien päästöjen kautta. (Giannadaki ym. 2017.)

Giannadaki ym. (2017) mallintavat eri skenaarioin, miten maatalouden päästöjen pienentämisen vaikutuksia kansanterveydelle ja -taloudelle Euroopassa, Amerikassa ja Aasiassa vuoden 2010 aineistolla. Skenaarioissa maatalouden pienhiukkaspäästöjä vähennetään (1) 50 prosenttia, (2) 75 prosenttia ja (3) 100 prosenttia. Maatalouden pienhiukkaspäästöjen vähentäminen 50 prosentilla alentaisi pienhiukkasista johtuvaa kuolleisuutta ja niiden kustannuksia Euroopan unionin alueella noin 14 prosenttia. Tämän skenaarion (1) suurin vaikutus olisi Virossa vähentäen kuolleisuutta 70 prosentilla. Toisessa skenaariossa (2) maatalouden pienhiukkaspäästöjen 75 prosentin vähennyksellä pienhiukkaspäästöjen aiheuttama kuolleisuus vähenisi 36 prosentilla. Teoreettisessa kolmannessa skenaariossa (3) maatalous ei aiheuta pienhiukkaspäästöjä, mikä vähentää pienhiukkaspäästöistä johtuvaa kuolleisuutta EU:ssa 140 000 ihmisellä vuodessa vähentäen niistä johtuvia kustannuksia 407 miljardia Yhdysvaltain dollaria.

Giannadaki ym. (2017) tutkivat myös tapoja vähentää ammoniakkipäästöjä; (1) typen vähentäminen sikojen ravinnosta; (2) eläinten suojien päästöjen vähentäminen siirtämällä lanta tehokkaammin lannan varastointiin tarkoitettuihin tiloihin; (3) lannan käsittelyn tehostaminen ja varastoinnin tehostaminen; sekä (4) lannoitteiden vaihtaminen. Giannadaki ym. laskevat, että kaikkien edellä mainittujen keinojen käyttöönotto lisäisi kustannuksia, mutta vähentäisi kuolleisuutta ja niistä johtuvia kustannuksia, että EU-alueen nettohyöty olisi 85,3 miljardia Yhdysvaltain dollaria. Heidän mukaansa ihmisiä pitäisi tiedottaa enemmän maatalouden päästöistä ja niiden vaikutuksista taloudelle ja ihmisten terveydelle, jotta päästöjen vähentämistoimenpiteillä olisi yleinen hyväksyntä. (Giannadaki ym. 2017.)

Holtz-Eakin ja Selden (1995) puolestaan totesivat, että taloudellisen kasvun ja suurenevien hiilidioksidipäästöjen välillä on korrelaatiota. He mallinsivat vuoden 1985 aineistolla, että mitä nopeammin bruttokansantuote kasvaa, niin sitä enemmän hiilidioksidipäästöt kasvavat. Sheldon (2017) toisti ja laajensi Holtz-Eakinin ja Seldenin (1995) tutkimusta lisäten otokseen lähes 20 vuotta ja 25 maata. Hän päätyi lopputulokseen, että hiilidioksidipäästöt tulevat kasvamaan vielä tulevina muutamina vuosikymmeninä, mutta vähemmän kuin alkuperäisessä tutkimuksessa estimoitiin, mikä saattaa viitata siihen, että jossain vaiheessa maailmanlaajuinen taloudellinen kehitys voi johtaa hiilidioksidipäästöjen alenemiseen. Tähän kuitenkin vaikuttaa esimerkiksi väestönkasvu.

Myös Stolyarova (2009) päätyi suhteellisen laajassa empiirisessä tutkimuksessaan lopputulokseen, että hiilidioksidipäästöjen per capita kasvu on positiivisesti riippuvainen bruttokansantuotteen per capita kasvusta sekä negatiivisesti riippuvainen eri energialähteiden yhdistelmän kasvusta. Odhiambo (2011) tutki talouskasvun ja hiilidioksidipäästöjen yhteyttä Etelä-Afrikassa vuosien 1980 ja 2004 välisenä aikana. Hän päätyi tulokseen, että talouskasvun suhde hiilidioksidipäästöihin on kausaalinen, mutta hiilidioksidipäästöjen suhde talouskasvuun ei ole kausaalinen. Hänen mukaansa hiilidioksidipäästöjä voidaan vähentää sen välttämättä vaikuttamatta talouskasvuun.

Myös Shandl ym. (2016) päätyivät mallinnuksessaan siihen, että maailmanlaajuisesti on mahdollista vähentää kasvihuonepäästöjä niin radikaalisti, ettei maailman keskilämpötila nouse enää kahta Celsius-astetta enempää, vain vähäisillä tai olemattomilla vaikutuksilla bruttokansantuotteen kasvuun. Tämä tosin vaatii merkittäviä toimia uusiutuvien energian lähteiden käytössä, päästöjen vähentämisessä ja vähäpäästöisen teknologian kehittämisessä.

3. MAATALOUDEN KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖJEN VÄHENTÄMINEN

Euroopan Komission raportti taloudellisesta arviosta Euroopan unionin maatalouden kasvihuonekaasupäästöjen vähentämispolitiikan vaihtoehtoista (2015) käsittelee sitä, millaisia vaikutuksia on eri maatalouden kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisellä. Viime vuosikymmeninä Euroopan unionin jäsenmaiden maatalouden kasvihuonekaasupäästöt ovat vähentyneet muun muassa tuottavuuden kasvun ja karjan määrän vähenemisen vuoksi. Raportti käsittelee kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä viiden tavan kautta: (1) maataloittain ja yhteisöittäin oleva eläinten lannan ja lietteen varastointi anaerobisissa olosuhteissa metaanipitoisen biokaasun tuottamiseksi; (2) nitrifikaation estäjien käyttö lisäämään typen käytön tehokkuutta ja myös vähentämään mineraalipitoisten lannoitteiden typpioksidipäästöjä; (3) lannoitusten ajankohdan parantaminen, toisin sanoen viljasatoa voidaan lisätä tai lannoitemäärää vähentää lannoitusten oikealla ajoituksella; (4) tarkkuusviljelyn käyttöönottoa vastaamaan viljelykasvien keskinäistä ja sisäistä vaihtelua; sekä (5) muutokset eläinten ruokavalioissa, esimerkiksi märehäivien eläinten rehuseoksen muuttaminen säilyttäen tarvittavan ravitsemuksellisen saannin, mikä mahdollistaa eläinten ruoansulatuksen aika syntyvien metaanipäästöjen vähentämisen. (van Doorslaer ym. 2015.)

Edellä mainitussa raportissa mallinnettiin eri skenaarioin, miten saadaan vähennettyä maatalouden kasvihuonekaasupäästöjä joko 19 prosenttia tai 28 prosenttia vuoden 2005 tasosta vuoteen 2030 mennessä. Edellä mainitut viisi keinoa eivät kuitenkaan riitä vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä Euroopan unionin päästötavoitteiden mukaisesti. Raportissa ratkaisuna on yksinkertaisesti alentaa EU-maatalouden tuotantoa ja lisäämään maataloustuotteiden tuontia EU-alueelle yhteisön ulkopuolisista maista. Tällä kuitenkin saattaa olla kielteinen vaikutus maailmanlaajuisen maatalouden kasvihuonekaasupäästöihin ja saattaa esimerkiksi lisätä metsäkatoa. (van Doorslaer ym. 2015.)

Franks ja Hadingham (2011) ehdottavat kolmen vaiheen mallia kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen maataloudesta. Ensimmäinen (1) vaihe on kaikkein eniten kasvihuonekaasupäästöjä tuottavien maatalojen tunnistaminen; toinen (2) vaihe on selvittää soveltuvat päästöjä vähentämiskeinot jokaiselle maatilalle; ja kolmas (3) vaihe on valita soveltuvista vaihtoehdoista kustannustehokkaimmat.

Ruohonjuuritason keinojen lisäksi maatalouden kasvihuonekaasupäästöjä voidaan vähentää muuttamalla ihmisten ruoankulutustottumuksia. Lihankulutusta vähentämällä voidaan saada aikaan merkittäviä vähennyksiä maatalouden kasvihuonekaasupäästöihin (Westhoek ym. 2014). Eri ruokaryhmien sisällä voidaan myös tehdä vähemmän ympäristöä rasittavia kulutusvalintoja, eikä vain rajata suurempi päästöisiä ruokaryhmiä pois ihmisten ruokavalioista (Hess ym. 2015.)

3.1. Kulutusvalintojen muuttaminen

Saatavuus, hinta ja teknologia ovat historiallisesti vaikuttaneet yksilöiden ruoankulutusvalintoihin enemmän kuin valtioiden ohjelmat tai ympäristövaikutukset. (Davis ym. 2016). Yhteiskunta vaikuttaa saatavuuteen, hintaan ja teknologiaan muun muassa maataloustukien kautta. Vuonna 2018 EU-maataloustukia jaettiin Suomessa yli 310 miljoonaa euroa pelkästään eläimiin kohdistuvassa maataloustuotannossa (johon ei lasketa muita maanviljelijän saamia tukia, kuten investointitukia ja nuoren viljelijän tukea), kun taas lannankäytön tehostamistukea ja maidontuotannon vähentämistukea jaettiin vain 1,44 miljoonaa euroa. EU-tukien lisäksi myös Suomen valtio tukee maataloustuotantoa kansallisin tuin. (Ruokavirasto 2019.)

Kulutusvalintojen muuttamiseksi esimerkiksi Popp ym. (2010) sekä Vinnari ja Tapio (2011) ehdottivat jonkinlaista haittaveroa (Pigouvian tax) suuripäästöisille maataloustuotteille. Tällaisia tuotteita olisivat esimerkiksi lihatuotteet. Heidän mukaansa haittavero edistäisi

kasvihuonekaasupäästöjen vähentymistä ja kannustaisi ihmisiä tekemään vähäpäästöisempiä ruoankulutusvalintoja. Toisaalta Nilsson ja Sandsborg (2016) tutkivat lihatuotteisiin kohdistuvan haittaveron kustannuksia ja hyötyjä Ruotsissa ja saivat tulokseksi, etteivät lihan haittaverosta koituvat hyödyt kata siitä koituvia kustannuksia.

Keinoja, joilla valtio voi vaikuttaa ihmisten kulutusvalintoihin, on monia. Nämä keinot voidaan jaotella kolmeen pääkategoriaan: (1) yksilön lainsäädännöllinen sääntely; (2) yksilöön kohdistuvat verotukselliset toimenpiteet; ja (3) muut kuin lainsäädännölliset ja verotukselliset keinot, jotka kohdistuvat yksilöön. Yksilön lainsäädännölliseen sääntelyyn kuuluvat valintojen kieltäminen ja rajoittaminen. Näitä voivat olla tiettyjen tuotteiden tai palvelujen kieltäminen kokonaan, esimerkiksi tiettyjen huumeiden kokonaisvaltainen kieltäminen, tai niiden rajoittaminen, kuten tupakoinnin kieltäminen julkisilla paikoilla. Yksilöön kuuluviin verotuksellisiin keinoihin kuuluvat verokannustimet ja verotukselliset rasitteet. Verokannustimien tarkoituksena on tehdä tietynlaisesta käyttäytymisestä kannattavampaa, esimerkkinä verovähennykset tai alempi arvonlisävero. Verotuksellisten rasitteiden tarkoitus on vastaavasti tehdä tietynlaisesta käyttäytymisestä kannattamattomampaa, kuten haittaverot tietyille tuotteille tai palveluille. Haittaverosta lisää luvussa 3.1.2 Haittaverot. (Young & Middlemiss 2012.)

Muihin kuin lainsäädännöllisiin ja verotuksellisiin yksilöön kohdistuviin keinoihin kuuluvat: verotuksettomat kannustimet ja rasitteet; suostuttelu; informaation tarjoaminen; muutokset fyysisessä ympäristössä; muutokset ”oletustoimintatapaan” (default policy); ja sosiaalinen normien ja huomattavuuden käyttö. Edellä mainituista muut ovat tuuppausta (nudging) pois lukien verotuksettomat kannustimet ja rasitteet; ja suostuttelu. Verotuksettomat kannustimet ja rasitteet ovat menettelytapoja, jotka joko palkitsevat tai rankaisevat tietynlaisia käyttäytymismalleja, kuten esimerkiksi saada vapaa-aikaa työstä, jotta yksilö voi tehdä vapaaehtoistyötä. Suostuttelua on suostutella yksilöä muuttamaan käyttäytymistään perusteluiden avulla. Esimerkiksi lääkäri voi suostutella potilastaan

syömään eri tavalla terveystieteistä syistä. Tuuppaukseksi luokitelluista keinoista lisää luvussa 3.1.3. Tuuppaus. (Young & Middlemiss 2012.)

Panzone ym. (2010) tutkivat erilaisia keinoja saada ruoan kulutuksesta ympäristöä säästävempään suuntaan Isossa-Britanniassa. He kokeilivat Suur-Lontoon alueella kuluttajien suhtautumista (1) hiilidioksidipäästöjen merkitsemiseen pakkauksissa; (2) vähäpäästöisempien tuotevaihtoehtojen hinnanalennuksiin; sekä (3) tuoteryhmittäin joidenkin runsaspäästöisimpien tuotevaihtoehtojen poistamiseen kaupasta seuraavien tuotevalikoimien osalta: (a) cola-juomat, (b) maito, (c) kanan- ja naudanliha, sekä (d) voi ja margariini.

Kokeilun tulokseksi Panzone ym. (2010) saivat, että tehokkain tapa saada kuluttajat tekemään ympäristön kannalta parhaita valintoja oli (3) poistaa runsaspäästöisimmät tuotevaihtoehdot kaupasta. He toteavat, että tätä vaihtoehtoa on sellaisenaan hankala kuitenkin käytännössä toteuttaa. (2) Vähäpäästöisempien tuotevaihtoehtojen hinnanalennukset eivät tuottaneet hyvää tulosta ja syynä voi olla se, että kuluttajat saattavat ajatella, että koska tuote on ympäristöystävällinen, niin sitä voi kuluttaa enemmän sekä kuluttajat saattavat ajatella valtion puuttuvan heidän kulutusvalintoihinsa alentamalla tiettyjen tuotteiden hintoja. (1) Ympäristöystävällisten tuotteiden merkitseminen havaittiin olevan hyvä tapa auttaa ympäristön tilasta huolissaan olevia kuluttajia tekemään arvojensa mukaisia kulutusvalintoja. Panzone ym. myös toteavat, että kuluttajien motiivit ja uskomukset ilmaston muutoksesta eivät juuri vaikuta kuluttajien alttiutta ruokavaliomuutoksille ja demografiset ominaisuudetkin vaikuttavat vain vähän. Tästä he päättelivät, että tuotteen ominaisuudet ja politiikan konteksti ovat johtavia tekijöitä suuren mittakaavan ruokavaliomuutoksen saavuttamiseksi.

Aston, Smith ja Powles (2012) mallintavat prosessoidun punaisen lihan syömisestä aiheutuvia vaikutuksia sairastumisriskiin ja kasvihuonekaasupäästöihin Yhdistyneessä kuningaskunnassa. He toteavat, että prosessoidun punaisen lihan syöminen on merkittävä

myötävaikuttaja ruoankulutuksen kasvihuonekaasupäästöissä ja suuren määrän syöminen prosessoitua punaista lihaa lisää riskiä sairastua moniin kroonisiin sairauksiin. He suosittelevat virallisten ravintosuositusten muuttamista siten, että ihmisiä kehoitettaisiin välttämään prosessoidun punaisen lihan syömistä sairastumisriskiin vedoten. Tällä tavalla voidaan samalla vähentää myös ruoankulutuksesta johtuvia kasvihuonekaasupäästöjä. He toteavat, että vaikkakin tämän hetken kasvihuonekaasupäästöt vaikuttavat ilmaston muutokseen, niin silti ihmiset eivät ehkä yleisesti ottaen koe ilmastonmuutoksen ehkäisyä hyvänä motivaationa ruokavaliomuutoksille. Ihmiset kokevat, ettei ilmastonmuutos koske heitä henkilökohtaisesti.

Van de Kamp ym. (2017) tutkivat myös erilaisten ruokavalioiden aiheuttamia kasvihuonekaasupäästöjä. Heidän tutkimuksessaan oli viisi erilaista ruokavaliokeskenariota; (1) tämänhetkinen keskiverto hollantilaisen ruokavalio vuosien 2007-2010 ruoan kulutuksen perusteella, (2) tavallinen Hollannin viranomaisten laatimien ravintosuositusten mukainen ruokavalio, (3) kestävän kulutuksen mukainen ja ravintosuositukset täyttävä ruokavalio, (4) lihaton ja ravintosuositukset täyttävä ruokavalio, ja (5) kestävän kulutuksen mukainen, lihaton ja ravintosuositukset täyttävä ruokavalio. Tutkimuksen yksikkönä käytettiin kasvihuonekaasupäästöjen kilogramma hiilidioksidiekvivalenttia arvioimaan ruoan kulutuksen ympäristövaikutusta. Ruoan kulutuksen kokonaisympäristövaikutusta estimoitiin elinkaariarvioinnilla.

Taulukko 4 Kasvihuonekaasupäästöt eri ruokavaliokeskenarioissa (van de Kamp ym.)

		(1) Nykyinen ruokavalio (kaikki)	Nykyisen ruokavaliion ravinto- suositusten mukainen osuus	(2) Tavallinen terveellinen ruokavalio	(3) Kestävän kulutuksen mukainen terveellinen ruokavalio	(4) Lihaton terveellinen ruokavalio	(5) Lihaton kestävän kulutuksen mukainen terveellinen ruokavalio
Miehet 19- 30v	Päästöt (kg CO ₂ - ekv/pvä	5,9	1,7	4,2	3,0	2,8	2,3

	Päästöt /2000 kcal (kg CO ₂ - ekv)	4,3	5,4	4,0	2,9	2,7	2,3
	Energia- sisältö (kcal/pvä)	2722	644	2089	2065	2068	2043
Mie- het 31- 50v	Päästöt (kg CO ₂ - ekv/pvä)	5,8	2,2	4,2	3,0	2,8	2,3
	Päästöt /2000 kcal (kg CO ₂ - ekv)	4,6	5,9	4,0	2,9	2,7	2,3
	Energia- sisältö (kcal/pvä)	2537	731	2089	2065	2068	2043
Nai- set 19- 30v	Päästöt (kg CO ₂ - ekv/pvä)	4,3	1,6	4,0	2,8	2,5	2,1
	Päästöt /2000 kcal (kg CO ₂ - ekv)	4,4	6,2	4,6	3,3	3,0	2,5
	Energia- sisältö (kcal/pvä)	1936	519	1745	1684	1724	1663
Nai- set 31- 50v	Päästöt (kg CO ₂ - ekv/pvä)	4,4	1,9	4,0	2,8	2,5	2,1
	Päästöt /2000 kcal (kg CO ₂ - ekv)	4,5	6,2	4,6	3,3	3,0	2,5
	Energia- sisältö (kcal/pvä)	1932	596	1745	1684	1724	1663

Edellisillä sivuilla olevan taulukon 4 ruokavalioskenaariot kattavat noin 85 prosenttia ihmisen energian tarpeesta. Loput 15 prosenttia energiasta tulee ruokavaliosuositusten ulkopuolisista lähteistä, kuten herkuista ja alkoholista. (2) Tavallinen Hollannin viranomaisten laatimien ravintosuositusten mukaisen ruokavalion kasvihuonekaasupäästöt ovat kolme prosenttia pienemmät kuin (1) nykyisen keskiverto hollantilaisen ruokavalion kasvihuonekaasupäästöt. (3) Kestävän kulutuksen mukainen ja ravintosuosituksen täyttävä ruokavalio on puolestaan 28 prosenttia vähäpäästöisempi kuin (2) tavallinen ravintosuositusten mukainen ruokavalio. Kun taas (4) lihaton ja ravintosuositukset täyttävä ruokavalio on (2) sitä 34 prosenttia vähäpäästöisempi. Suurin kasvihuonekaasupäästövähenys saavutettiin (5) kestävän kulutuksen mukaisella, lihattomalla ja ravintosuositukset täyttävällä ruokavaliolla. Se tuottaa 46 prosenttia vähemmän kasvihuonekaasupäästöjä kuin (2) tavallinen ravintosuositusten mukainen ruokavalio. Van de Kamp ym. toteavat, että nykyinen ravintosuositus ei juuri vähennä ruokavaliosta johtuvia kasvihuonekaasupäästöjä. (3) Nykyiset ravintosuositukset täyttäviä vähemmän päästöjä tuottavilla ruokavaliolla kuitenkin pystyttäisiin merkittävästi vähentämään ruoan aiheuttamia kasvihuonekaasupäästöjä. Virallisiin ravintosuosituksiin pitäisi sisällyttää tietoa myös ruoan kasvihuonekaasupäästöistä ja suosia vaihtoehtoja, joiden tuottaminen aiheuttaa mahdollisimman vähäiset päästöt. (van de Kamp ym. 2017.)

3.1.1. Sääteley

Garnett (2011) tutki ruokajärjestelmän kasvihuonekaasupäästöjä elinkaariarvioinnin avulla tunnistuen kasvihuonekaasupäästöintensiteetiltään suuria ruokatyyppisiä sekä suuria ruokajärjestelmän vaiheita. Vuonna 2008 Yhdistyneessä kuningaskunnassa 40 prosenttia ruokajärjestelmän kasvihuonekaasupäästöistä aiheutui maataloudesta, viisi prosenttia lannoitteiden valmistamisesta, 12 prosenttia ruoan teollisesta tuotannosta, seitsemän

prosenttia pakkauksista, 12 prosenttia kuljettamisesta, yhdeksän prosenttia kotitalouksien ruokaan liittyvät päästöt, seitsemän prosenttia vähittäiskaupasta, kuusi prosenttia pitopalveluista sekä kaksi prosenttia jätteiden hävittämisestä.

Garnett (2011) tarkastelee tutkimuksessaan viittä erilaista lähestymistapaa kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen. Näitä ovat (1) hiilen poiston tehostaminen; (2) ravinteiden käytön optimointi; (3) tehokkuuden parantaminen; (4) tuotosten, kuten lannan, hallinnointi ja siitä hyötyminen; sekä (5) vähentää polttoaineiden käytön hiilen intensiteettiä (carbon intensity). Hänen mukaansa parhaat kasvihuonekaasupäästöjen vähennyspotentiaalit ovat (1) hiilen poiston tehostamisella ja (3) tehokkuuden parantamisella.

(1) Hiilen poiston tehostamisella tarkoitetaan hiilen sitomista maaperään, esimerkiksi luomalla hiilinieluja. Orgaanisen hiilen sisällyttäminen maaperään tuo myös lisäetuja, sillä se parantaa maaperän laatua johtaen parempiin satoihin. On kuitenkin myös hiilen sitomisen lisäämiseksi tarkoitettuja toimintoja, jotka saattavat vaikuttaa maataloustuotantoon kielteisesti; kuten viljelyskelpoisen maan muuttamista ruohomaaksi tai metsäksi. Tämä saattaa lisätä painetta saada isompia satoja tai muuttaa metsää viljelymaaksi muualla. Garnett huomauttaa myös, että tiettyjen lannoitteiden käyttö viljelyssä saattaa sitoa enemmän hiiltä maaperään, mutta samalla myös typpipäästöt kasvanevat. Hiiltä ei voi myöskään sitoa maaperään loputonta määrää, vaan maaperällä on rajattu kapasiteetti. Täten, Garnett toteaa, että hiilen sitominen maaperään ei ole lopullinen ratkaisu, mutta se on keino, jolla voi pitkittää aikaa löytää pysyvämpiä ratkaisuja esimerkiksi teknologian kehityksestä. (Garnett 2011.)

(3) Tehokkuuden parantamisella tarkoitetaan, että tuotettua maataloustuotetta saadaan enemmän, mutta vähäpäästöisemmin kuin ennen. Lajikkeita voidaan pyrkiä jalostamaan parantaen niiden tuholaisten ja tautien sietokykyä sekä parantaen niiden ravintoaineiden käyttöä. Tämä saattaa Garnettin mukaan johtaa vain muutamien lajikkeiden kasvattamiseen vähentäen maanviljelyn monimuotoisuutta. Maatalousmaata jää myös muuhun käyttöön, jos

pienemmältä maa-alueelta saa jalostetuilla lajikkeilla entistä suuremman sadon. (Garnett 2011.)

80 prosenttia maailman maatalousmaasta on karjatalouden käytössä. Kehitysmaiden karjatalouden tehokkuutta saadaan parannettua ruokkimalla karja paremmalla rehulla huonolaatuisen heinän sijasta. Kehittyneissä maissa karjan jalostusta ja ruokintaa on pyritty tehostamaan mahdollisimman paljon. Tehokkaasti kasvatettu karja tuottaa vähemmän syötävää tuotetta kasvihuonekaasupäästöihinsä nähden sekä aiheuttaa metsän hävittämistä maatalousmaaksi. Erityisesti märehävällä karjalla on suuret metaanipäästöt, joita ei ole esimerkiksi siipikarjalla ja sioilla. Siipikarjan ja sikojen kasvatus vaatii myös vähemmän maa-alaa kuin märehävän karjan kasvatus. Garnett toteaa, että siipikarjan ja sikojen kasvatusta pitäisi suosia märehävän karjan sijasta. (Garnett 2011.)

Kehittyneissä maissa myös ruoan prosessointi ja jakelu aiheuttavat huomattavan määrän kasvihuonekaasupäästöjä. Ruoan kylmäketju tuottaa kasvihuonekaasupäästöjä, joita voidaan Garnettin mukaan vähentää esimerkiksi parantamalla energiatehokkuutta uudistamalla laitteita ja vähentämällä kylmäaineiden vuotoja. Ruoantuotantolaitoksia ja elintarvikeliikkeitä voidaan rakentaa ekologisemmin ratkaisuin ja energian käytössä voidaan hyödyntää uusiutuvia energian lähteitä, kuten tuulivoimaa ja aurinkokennoja. Elintarvikkeiden kuljetuksissa voidaan Garnettin mukaan vähentää kasvihuonekaasupäästöjä esimerkiksi tehostamalla reittisuunnittelua, vaihtamalla liikennemuotoa vähemmän kasvihuonekaasupäästöjä aiheuttaviin ajoneuvoihin sekä kouluttamalla kuljettajia. (Garnett 2011.)

Pakkausmateriaaleja voidaan vaihtaa ympäristöystävällisemmiksi ja kevyemmiksi. Joitakin elintarvikkeita voi myös kuljettaa ja myydä irtonaisina pakkausten sijaan. Kotitaloudetkin voivat vähentää kasvihuonekaasupäästöjään käyttämällä vähäpäästöisempiä ja energiaa säästäviä kodinkoneita sekä pyrkimällä energiaa säästävämpään ruoanlaittotapaan. Garnettin mukaan ruokajätteen vähentäminen on teoreettisesti hyvä tapa vähentää ruoasta aiheutuvia

kasvihuonekaasupäästöjä. Hän kuitenkin huomauttaa, että mikäli kotitaloudet vähentävät ruokajätettä ja säästävät samalla tuloja, niin kotitaloudet saattavat alkaa kuluttamaan kalliimpia tuotteita, jotka saattavat olla hiilijalanjäljeltään suurempi, kuten liha tai lentokonerahdina tuodut tuotteet. (Garnett 2011.)

Garnett (2011) myös toteaa, että mikäli halutaan vähentää ruoantuotannon kasvihuonekaasupäästöjä merkittävästi, niin ei vain voi puuttua siihen, miten ruoka tuotetaan ja miten se jaetaan, vaan pitää myös käsitellä sitä mitä ihmiset syövät. Hänen mukaansa ihmisten pitää kohtuullistaa eläinperäisten ruokien kulutusta, mutta on muitakin keinoja, joilla yksilö voi keventää ruokavalionsa hiilijalanjälkeä. Näitä keinoja on lueteltu alla olevassa taulukossa 5.

Taulukko 5 Tapoja vähentää ruoan kasvihuonekaasupäästöjä (Garnett)

Tärkeys	Keino	Vaikutus	Ongelmakohdat
Korkea	Liha- ja maitotuotteiden kulutuksen vähentäminen	Typpi- ja metaanipäästöt; maan raivaustarpeen vähentäminen; fossiilisten polttoaineiden käyttö	Kotimaisen ja ulkomaisen tuotannon täytyy vähentyä; kalakannat voivat vähentyä, jos ihmiset korvaavat lihaa kalalla
Korkea	Ei saa syödä itseään ylipanoiseksi	Ylimääräinen syöminen stimuloi ylimääräisen ruoantuotantoa	Riski yksittäisten ihmisten painostuksen alaisesti joutumisesta
Keskinkertainen /Korkea	Ruokajätteen vähentäminen ja lajittelu oikein	Ruokajätteen väheneminen tarkoittaa ruoantuotannon vähenemistä	Rahaa jää enemmän kulutettavaksi ja sitä voidaan kuluttaa enemmän kasvihuonekaasupäästöjä aiheuttavalla tavalla
Keskinkertainen	Satokauden sekä vähän kuljetusta ja kylmäsäilytystä vaativien tuotteiden suosiminen	Vähentää kylmennystä, kuljetusta ja hävikkiä	Vähän kuljetusta vaativien tuotteiden suosiminen saattaa heikentää kehitysmaiden viljelijöiden elantoa

Keskinkertainen	Ruokien tekeminen useammalle kuin yhdelle ja monelle päivälle kerralla	Vähentää energian käyttöä	Vaatii ennakkointia ja voi olla hankalaa yksin elävien kotitalouksissa
Keskinkertainen	Tarjonnan vaihtelun hyväksyminen	Tarjonnassa ei tarvitse olla tuotteita, joiden hiilijalanjälki on hetkellisesti korkeampi	Saattaa lisätä ruokajätettä
Keskinkertainen	Ravintoarvoltaan alhaisten tuotteiden kulutuksen vähentäminen (esim. suklaa, alkoholi, kahvi, tee)	Näitä tuotteita ei tarvita ruokavaliossa, joten niitä ei tarvitse valmistaa	Tuotteiden valmistus tuo elannon monille kehitysmaissa
Keskinkertainen	Ruoan valmistus ja säilöntä energiaa säästävällä tavalla	Energian käytön väheneminen kotona	Vaikutus vähäinen, mutta hyödyllinen
Vähäinen	Ruokaostosten tekeminen kävellen tai internetissä	Vähentää energian tarvetta	Tutkimukset internetostosten hyödyistä ovat varovaisen myönteisiä

Ihmisiä pitäisi ohjata kuluttamaan vähemmän kasvihuonekaasupäästöjä tuottavia ruokia, mutta päättäjät eivät ole laittaneet kulutuskäyttäytymiseen puuttumista tärkeysjärjestyksessään korkealle. Garnettin mielestä on tärkeää puuttua sekä kehittyneiden maiden kulutuskäyttäytymisen muuttamiseen että kehittyvien maiden kulutuskäyttäytymisen muokkaamiseen vähemmän kasvihuonekaasupäästöjä aiheuttavaan suuntaan. Kehittyvien maiden tukeminen kulutuskäyttäytymisen muokkaamisessa on tärkeää, jotta ne välttyvät länsimaisen ruokavalion aiheuttamilta ympäristö- ja terveysongelmilta. (Garnett 2011.)

Euroopan unioni tukee maataloutta eri tarkoituksiin tarkoitettuihin maataloustukien muodossa. Myös jotkin EU-jäsenmaat tukevat omaa kansallista maatalouttaan Suomi mukaan luettuna. Maatalouspolitiikan tavoitteita ja toimeenpanoa tarkastellaan ja mukautetaan vastaamaan

kuluttajien, ympäristön ja yhteiskunnan tavoitteita. Maataloustukien tarkoituksena on taata paikallisten elintarvikkeiden tuotanto, kuluttajahintojen säilyminen kohtuullisena, maanlaajuinen maataloustuotanto sekä maaseudun elinvoimaisuus. EU maksaa maataloustuottajille perustukea, viherryttämisen tukea, nuoren viljelijän tukea ja tuotantosidonnaista tukea. Suomalaiset maataloustuottajat saavat EU maataloustukien lisäksi Suomen valtion kustantamaa kansallista tukea. Kansallinen tuki on lähinnä kohdistettu eläinperäiseen maataloustuotantoon. Myös sokerijuurikkaan tuotantoa tuetaan kansallisin maataloustuin. (Maa- ja metsätalousministeriö 2020). Myös valtaosa EU:n myöntämästä tuotantosidonnaisesta tuesta kohdistuu karjatuotantoon ja esimerkiksi vuonna 2018 vain 13,4 prosenttia kohdistui tiettyjen peltokasvien viljelyyn. (Maa- ja metsätalousministeriö 2019).

Barnes ym. (2015) tutkivat kuinka muutokset EU:n maataloustuissa vaikuttavat skotlantilaisten maanviljelijöiden aikomuksiin oman tilansa ruoantuotannon suhteen. He tutkivat asiaa kahdella (2) eri skenaariolla: (1) jos suorat maataloustuet nousevat 25 prosenttia; ja (2) jos suorat maataloustuet laskevat 25 prosenttia verrattuna maanviljelijän saamiin tukiin vuonna 2013 olettaen, että muut kaupalliset olosuhteet säilyvät samanlaisina (Barnes ym. 2015.)

Barnes ym. (2015) toteavat, että yleisesti ottaen maanviljelijät ovat haluttomia muuttamaan ruoantuotantotapojaan, koska tiloilla on tietty omaisuus rakenne, jonka muuttaminen on kallista. Barnesin ym. tutkimuksen mukaan maanviljelijät ovat halukkaampia muuttamaan toimintatapojaan, kun maataloustuet muuttuvat. Esimerkiksi osa viljelijöistä vähentää karjansa määrää, mikäli maataloustuen määrä pienenee (Barnes ym. 2015.)

Coderoni ja Esposti (2018) tutkivat EU:n maataloustukien ja maatalouden kasvihuonekaasupäästöjen suhdetta Italiassa vuosien 2003-2007 datalla. Heidän analyysinsä mukaan maataloustukien irrottaminen tuotannosta yleensä vähentää tilan kasvihuonekaasupäästöjä paitsi silloin, kun kyseessä ei ole suora maataloustuki, vaan vapaaehtoisesti haettavat toisen pilarin alaiset maataloustuet. He toteavat, että EU:n

maataloustuilla on ollut vaikutus maatilojen kasvihuonekaasupäästöjen kehityksessä, mutta vaikutuksen suunta saattaa vaihdella eri maatilojen välillä (Coderoni & Esposti 2018.)

3.1.2. Haittavero

Yksi ehdotettu lähestymistapa vähentää maatalouden kasvihuonekaasupäästöjä on asettaa haittavero korkeapäästöisille tuotteille. Popp ym. (2010) toteavat, että tarvitaan kannustimia, jotta maataloussektori tulee vähentämään kasvihuonekaasupäästöjään. Maataloussektorille voisi esimerkiksi kohdentaa päästöveron (environmental tax) tai tämänkin sektorin tulisi osallistua päästökauppaan. Tämä toimisi kannustimena tuottaa vähemmän kasvihuonekaasupäästöjä aiheuttavaa ruokaa ja toisaalta myös keksimään pienempi päästöistä teknologiaa maatalouden tarpeisiin. Teknologisten uudistusten kasvihuonekaasupäästöjä vähentävä potentiaali ei tosin ole yhtä suuri kuin ruoankulutustottumuksien muuttamisen kasvihuonekaasupäästöjä vähentävä potentiaali on. Mikäli maataloussektori joutuisi maksamaan päästöistään jonkinlaista maksua, niin tämä tulisi vaikuttamaan myös ruoan kuluttajahintoihin, mikä tulisi vaikuttamaan ihmisten kulutustottumuksiin. Lihankulutuksen lasku voisi toisaalta vaikuttaa kielteisesti kalakantoihin. (Popp ym. 2010.)

Vermont ja De Cara (2009) tutkivat kuinka kallista on maatalouden kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen. He laskivat, että maatalouden päästöjen vähentäminen yleensä vähentää tuotosta ja kasvattaa hintaa. Heidän datansa ja mallinuksensa mukaan maatalouden kasvihuonekaasupäästöt reagoivat päästöjen hintaan. Mikäli kasvihuonekaasupäästöille asetettaisiin haittavero, niin maataloudenkin päästöt pienentyisivät.

Vinnari ja Tapio (2011) ehdottavat myös tutkimuksessaan haittaveroa (Pigouvian tax) tietyille ruokatuotteille. Lihatuotteille voisi määrätä haittaveron perustuen niiden haitalliseen

vaikutukseen ympäristölle ja eläimille koituneiden eettisten haittojen vuoksi. Lihatuotteiden haittaverossa pitäisi myös huomioida tuotantoeläimien hyvinvointi ja alentaa haittaveroa sitä mukaa kun tuotantoeläimen elinolosuhteet paranevat. Tällä tavoin edistettäisiin myös lihantuotannon eettisyyttä, eikä vain ympäristöhaittojen vähentämistä. Heidän mukaansa valtio voisi ostaa suoraan maansa viljelijöiltä sen määrän halvimpia mahdollisia ruokatuotteita kattamaan kansakunnan ruokatarpeet ja myydä ne ensisijaisesti kotimaassa ja ylijäämän ulkomaille. Näin pystytään varmistamaan sekä ruokaturva (food security) että ruoan tuotannon riittävyys. (Vinnari & Tapio 2011.)

Pigoun veron (Pigouvian tax) tarkoituksena on lisätä hyvinvointia kannustamalla eri toimijoita sisäistämään ulkoisen tekijän sosiaaliset kustannukset. Päästöjen vähentämiseen kohdistettuja haittaveroja kutsutaan myös ympäristöveroiksi (environmental tax). Ihmiset ovat aiemmissa tutkimuksissa suhtautuneet suhteellisen kielteisesti ympäristöveroihin ja yleensä eivät näe haittaverojen tehokkuutta vaan kokevat niiden olevan vain valtion uusi tapa kerätä rahaa ympäristön suojelun sijaan. Ihmiset ajattelevat ympäristöverojen olevan vain tavanomaista verotusta, jos niitä ei ole korvamerkitty käytettäväksi ympäristötoimenpiteisiin. Cherry, Kallbekken ja Kroll (2014) tutkivat empiirisesti kokeilujaksoilla ympäristöverojen yleisen hyväksynnän tasoa kahden teoreettisesti saman tasoisella Pigoun veromallilla. (1) Toisessa mallissa vero oli yksikköä kohden aina samansuuruinen ja (2) toisessa vero astui voimaan vasta tietyn alarajan jälkeen. Tutkimuksen empiirinen osa suoritettiin 2009 ja siihen osallistui 170 koehenkilöä, joista kaikki olivat opiskelijoita Kööpenhaminan yliopistossa.

Tulokseksi Cherry ym. (2014) saivat, että ihmiset ovat vastahakoisia ympäristöveroja kohtaan. Ihmisten vastahakoisuus kuitenkin vähentyy jonkin verran kokeilujakson jälkeen. He myös havainnoivat, että mikäli testijakso on ollut (1) tasaveromallilla, niin (2) alarajamallin hyväksyntä kasvaa verrattuna tilanteeseen, jos kokeilujaksoa ei olisi ollut tai kokeilujakso olisi ollut (2) alarajamallilla. (1) Tasaveromallin kannatukseen ei kuitenkaan vaikuta kokeilujakso (1) alarajamallilla. Kaiken kaikkiaan (1) tasaveromallin kannattajia koehenkilöistä oli 24 prosenttia ja (2) alarajamallin kannattajia puolestaan oli 76 prosenttia.

Cherry ym. (2014) toteavat, että kokeilujakso lisää yleistä hyväksyntää ympäristöveroille riippumatta siitä onko kyseessä (1) tasaveromalli vai (2) alarajamalli. Kuitenkin (2) alarajamalli on yleisesti hyväksyttävämpi kuin (1) tasaveromalli ennen kokeilujaksoja. He toteavat myös, että yleisen hyväksynnän lisääntyminen kokeilujakson jälkeen on osoitus siitä, että vastahakoisuus ympäristöveroja kohtaan saattaa johtua ennakkoluuloista ja väärinkäsityksistä, joista voidaan päästä eroon. Jos ihmiset luulevat, että kokeilujakso jää pysyväksi käytännöksi riippumatta kokeilujakson tuloksista, niin myös kokeilujaksoa saatetaan vastustaa. (Cherry ym. 2014.)

Uudemmassa tutkimuksessaan Cherry, Kallbekken ja Kroll (2017) tutkivat miten ihmisten erilaiset kulttuuriset maailmankatsomukset vaikuttavat ympäristöä parantavien menettelytapojen vastustukseen. Menettelytapoina heillä oli (1) Pigoun vero, (2) tuet ja (3) määrän sääntely. Kulttuurista maailmankatsomusta mitattiin kysymällä yksilöiltä kysymyksiä kahdesta dimensiosta; (1) hierarkia – egalitarismi sekä (2) individualismi – kommunitarismi. Cherryn ym. tutkimus osoittaa, että ihmiset vastustavat markkinoita ympäristön parantamiseksi muuttavia menettelytapoja. Heidän tutkimuksensa tulokset myös osoittavat, että erilaiset maailmankatsomukset omaavien ihmisten vastustus menettelytapoihin on merkittävästi eri tasolla. (1) hierarkia – egalitarismi – dimension vaikutus näkyy erityisesti suhtautumisessa varojen uudelleen jakoon liittyvissä menettelytavoissa sekä (2) individualismi – kommunitarismi – dimension vaikutus näkyy pakottavien määrän sääntelyn tukemisessa tai tukemattomuudessa. Cherryn ym. mukaan asiantuntijoiden tulee ottaa huomioon yksilöiden kulttuuristen maailmankatsomusten vaikutus suunnitellessaan ympäristöä parantavia menettelytapoja ja viestintää. (Cherry ym. 2017.)

Ympäristöveroja on kohdistettu muun muassa sähköön ja polttoaineisiin. Niiden on kritisoitu lisäävän yritysten kustannuksia ja haittaavan talouskasvua. Kehittyneissä maissa joitakin ympäristöveroja, kuten sähköveroa, on myös vaikeampi vältellä kuin esimerkiksi tuloveroa. Liu (2013) tutki veronkiertoa ja optimaalisia ympäristöveroja. Hän toteaa, että veronkierto

on ongelmallista esimerkiksi Kiinassa, Intiassa, Brasiliassa ja Indonesiassa, jotka myös ovat suuria saastuttajia kasvihuonekaasupäästöjen osalta. Mikäli edellä mainitut kehittyvät suuret taloudet saisivat vähennettyä veronkiertoa ja lisättyä ympäristöveroja, niin maiden ympäristön tila paranisi ja päästöt vähentyisivät. Veronkierron ongelmaan kannattaisi Liun mukaan puuttua, vaikka valtio ei olisi kiinnostunut vähentämään päästöjään, koska veronkierto vie valtiolta tuloja. (Liu 2013.)

Jiang (2001) tutki Pigoun veron optimaalisuutta ja päästömaksujen korvamerkitsemistä ympäristön suojelua varten. Tavanomainen Pigoun ratkaisu on asettaa haittavero kielteiselle ulkoisvaikutukselle, joka on samansuuruinen kuin ulkoisvaikutuksen rajakustannus (marginal cost) sekä verotulot tulisi käyttää jotakin tiettyä tarkoitusta varten. Tavanomainen Pigoun vero ei kuitenkaan ota kantaa siihen, mihin haittaveroina kerätyt tulot tulisi käyttää. ”Kaksinkertaisen jaettavan –hypoteesin” (double-dividend hypothesis) ajatuksena on, että haittaveroina kerättävät tulot tulisi käyttää korjaamaan nykyisiä vääristymiä; esimerkiksi kerättyjen ympäristöverojen tulot voidaan käyttää parantamaan ympäristön tilaa samanaikaisesti parantaen taloudellista tehokkuutta vähenevien verovääristymien kautta.

Jiang (2001) tutkii kolmea erilaista Pigoun vero-ohjelmaa etsien optimaalista päästöverojärjestelmää; (1) puhdas päästöverojärjestelmä, jossa päästöverojen tulot siirretään valtion yleiseen budjettiin, eikä niitä kuluteta ympäristön suojeluun; (2) täysin korvamerkitty päästöverojärjestelmä, jonka kaikki tulot käytetään ympäristötarkoituksiin; ja (3) yleinen tuloverojärjestelmä, joka ei aseta ehtoja verotulojen käyttötarkoituksille. Hän toteaa, että optimaalisessa päästöverojärjestelmässä tulisi olla vaihtoehtona, että päästöverojen tuloja voisi korvamerkitä ympäristönsuojeluun tai päästöjen puhdistukseen. (1) puhdas päästöverojärjestelmä on optimaalinen vain silloin, jos ympäristön rajahyöty (marginal utility) on riittävän pieni, eli kun ympäristövarat ovat runsaat. Kuitenkin, mikäli ympäristön rajahyöty on suhteellisen korkea kulutukseen nähden, niin (2) korvamerkitty päästöverojärjestelmä on parempi kuin (1) puhdas päästöverojärjestelmä. Jiang huomasi myös, ettei perinteinen Pigoun veron suuruus välttämättä ole optimi, jos kyseessä on (2)

korvamerkitty haittavero. Hän kuitenkin toteaa, että tällä hetkellä optimi todennäköisesti on korvamerkitä päästöverojen tulot ympäristön suojeluun. (Jiang 2001.)

Metcalf (2001) tutki ympäristömaksuja ja verovääristymiä mallintamalla Pigoun veron optimitasoa puhtaille ja likaisille tuotteille ottaen huomioon ympäristön ulkoisvaikutukset. Hänen analyysinsä mukaan verovääristymien lisääntyminen johtaa optimaalisen Pigoun veron pienentymiseen, vaikka samanaikaisesti ympäristön laatu kohenee. Hän toteaa, että talouden muutosten takia, optimaalisen ympäristöverokannan muutoksien ohjaamisen tietämys ei riitä ymmärtämään vaikutuksia ympäristön laatuun. (Metcalf 2001.)

Aigner (2013) tutki ympäristöveroja sekä niiden tulojen uudelleenjakoa. Hänen mukaansa Pigoun veron ainoa tarkoitus on palauttaa epäpuhtaiden tuotteiden kulutus tehokkaalle tasolle. Epäpuhtaiden tuotteiden kulutus on omalla sosiaalisesti optimaalisella tasolla vain, mikäli yksityinen nettorajahyöty on täsmälleen yhtä suuri kuin sosiaalinen rajahaitta. Hänen mukaansa myöskään haittaverotulojen uudelleenjakoa ja ympäristön suojelua ei välttämättä pitäisi pitää eri tavoitteina. Ympäristöveropolitiikassa pitäisi ottaa huomioon haittaverotuloista muodostuva hyvinvointi. Aignerin mukaan optimaalinen verotaso muodostuu ulkoisen haitan ja hyödyllisten verotulojen vaihtokaupasta. Aignerin mukaan esimerkiksi sekä kokonaistulot että kotitalouksien maksamat ympäristöverot ovat merkityksettömiä Pigoun veron optimaaliselle tasolle. Hänen mukaansa veroasteen tulisi olla sama kaikille kotitalouksille.

Yoshida (2002) tutki Pigoun verojärjestelmiä, joissa kulutuksesta ja tuotannosta johtuva ympäristön pilaantumisen sukupolvien väliset ulkoisvaikutukset on sisäistetty verotukseen. Hänen sukupolvet ylittävässä mallinnuksessaan yksilöt tarjoavat työtään endogeenisesti sekä ensimmäisellä periodilla (nuorina) että toisella periodilla (vanhoina). Mallinnuksessa yksilöiden tekemät valinnat toisella periodilla vaikuttavat myös samaan aikaan olevalle nuorella sukupolvelle. Mallissa yksilön työn tuottavuuden määrittää ympäristön laatu, joka peritään edeltävältä sukupolvelta ja jota voidaan parantaa maksamalla Pigoun veroa tuloista

ja jota myös yksilön oma sukupolvi heikentää kulutuksesta tasosta riippuen seuraavalle sukupolvelle. Hän vertasi kahta eri Pigoun verojärjestelmää keskenään; (1) ympäristön laatu on julkisena välillisenä hyödykkeenä, ja (2) ympäristön laatu julkisena kulutushyödykkeenä. (Yoshida 2002.)

Yoshida (2002) totesi, että vaikka lyhytaikaisen valtionjohdon ympäristöverotus olisikin koituihin pitkäaikaisiin vaikutuksiin. Molemmilla tutkituilla verojärjestelmillä voi luoda sukupolvet ylittävän toimivan ympäristöverojärjestelmän. Verojärjestelmissä on eroja tuloverojen ja kulutusverojen painotuksissa. Optimaaliseen Pigoun veron suuruuteen vaikuttaa myös ympäristön laadun optimaalinen taso. (Yoshida 2002.)

Chang ym. (2009) tutkivat optimaalista veropolitiikkaa, markkinoiden epätäydellisyyttä ja ympäristölle koituvia ulkoisvaikutuksia. Heidän mallinuksensa mukaan optimaalinen pääomaveron ja tuloveron taso kohdistuu vain tuotannon tehottomuuteen, kun taas ympäristölle koituvien ulkoisvaikutuksien verottaminen kohdistuu sekä tuotannon tehottomuuteen että ympäristön heijastusvaikutuksiin. Heidän mallinuksensa mukaan yrityksille suunnatut ympäristöverot ovat sitä tehokkaampia mitä suurempi kyseisen yrityksen monopolivoima on.

Nordström ja Thunström (2011) tutkivat voiko kohdennetuilla ruoan haittaveroilla ja tuilla parantaa eritulotasolla olevien kuluttajien ruokavalioita. He tutkivat lisääkö vähäkuituisten elintarvikkeiden haittaverot ja runsaskuituisempien elintarvikkeiden tukeminen haittaveron tuotoilla kuluttajien kuidun saannin määrää. Tutkimusaineisto koostui eri tuloluokkien ruotsalaisten kotitalouksien viljatuotteiden ostoista. Mallinuksensa tulokseksi Nordström ja Thunström saivat, että vähäkuituisten elintarvikkeiden haittaverot ja runsaskuituisten elintarvikkeiden tukeminen lisäsi kuidunsaannin määrää jokaisessa tuloluokassa. Kuitenkin alhaisimmassa tuloluokassa myös rasvan, suolan ja sokerin saanti lisääntyi sekä kaikissa tuloluokissa ravinto muuttui entistä kaloripitoisemmaksi. He toteavatkin, että haitallisten

elintarvikkeiden haittaveron ja parempien elintarvikkeiden tukemisen kaikki vaikutukset välttämättä ole myönteisiä.

Säll ja Gren (2015) puolestaan tutkivat liha- ja maitotuotteille kohdistetun haittaveron vaikutusta niiden kulutukseen Ruotsissa. Tutkimuksen lihatuotteiksi valikoituivat nauta-, possu- ja kanatuotteet ja maitotuotteiksi maito, hapatetut maitotuotteet, kerma ja juusto. Maatalouden aiheuttamista päästöistä tutkimukseen otettiin hiilidioksidipäästöt (CO₂), typpipäästöt (N), ammoniakkipäästöt (NH₃) sekä fosforipäästöt (P). Haittaveron suuruuden Säll ja Gren johtivat tuotteen tuottamisesta Ruotsissa aiheutuvien päästöjen määrän mukaan huomioiden myös tuotteen ravintoarvon.

Taulukko 6 Jaotellut päästömäärät (Säll & Gren)

	CO ₂ ekv	N _{maaperä}	N _{paikallinen} keskiarvo	N _{Itämeri}	NH ₃ kaikki	NH ₃ Itämeri	P _{kaikki}	P _{paikallinen} keskiarvo	P _{Itämeri}
Nauta	24,29	0,142	0,023	0,014	0,095	0,015	0,039885	0,00065	0,00027
Possu	3,74	0,044	0,007	0,004	0,029	0,005	0,02801	0,00046	0,00019
Kana	1,93	0,028	0,005	0,003	0,019	0,003	0,01103	0,00017	0,00007
Maito	1,29	0,009	0,001	0,001	0,006	0,001	0,00215	0,00003	0,00001
Hapatetut tuotteet	1,29	0,009	0,001	0,001	0,006	0,001	0,00215	0,00003	0,00001
Kerma	4,79	0,032	0,005	0,003	0,022	0,003	0,00795	0,00013	0,00005
Juusto	9,58	0,065	0,011	0,006	0,043	0,007	0,01590	0,00026	0,00011

Ylläolevassa taulukossa 6 on jaoteltu tuotteiden tuottamisesta aiheutuvat päästöt tuotteittain ja päästöittäin. Maaperällä tarkoitetaan maahan sitoutunutta typpeä. Paikallisella keskiarvolla tarkoitetaan paikallisia keskimääräisiä päästötasoja, kun vuodot on otettu huomioon. Itämerellä tarkoitetaan päästöjä, jotka huuhtoutuvat Itämereen. Kaikella tarkoitetaan kokonaispäästöjä. Säll ja Gren laskivat, että naudanlihan haittaveron on 33,3 prosenttia; possun 11,3 prosenttia; kanan 8,9 prosenttia; maidon 22,4 prosenttia; hapatettujen

maitotuotteiden 17,4 prosenttia; kerman 18,9 prosenttia, ja juuston 17,4 prosenttia alkuperäisistä hinnoista. (Säll & Gren 2015.)

Säll ja Gren (2015) laskivat myös haittaveron vaikutusta liha- ja maitotuotteiden kulutukseen Ruotsissa sekä niiden tuotannon kasvihuonekaasupäästöihin. Alla olevassa taulukossa 7 on eritelty heidän tuloksensa tuotteiden kysynnän muutoksesta haittaveron käyttöönoton jälkeen. Kaikkien tuotteiden kulutus vähenee jonkin verran haittaveron käyttöönoton myötä, erityisesti naudanlihan kulutus vähenee.

Taulukko 7 Tuotteiden kysynnän aleneminen haittaveron käyttöönoton jälkeen (Säll&Gren)

	Kaikki hintavaikutukset %	Kaikki hintavaikutukset kg/yksikkö/vuosi	Substituutio-vaikutus %	Substituutio-vaikutus kg/yksikkö/vuosi
Nauta	-19,0	-4,7	-17,9	-4,5
Possu	-8,0	-2,9	-4,2	-1,5
Kana	-4,7	-0,8	-3,2	-0,6
Maito	-5,9	-5,7	-4,6	-4,4
Hapatetut Tuotteet	-4,4	-1,5	-7,9	-2,7
Kerma	-6,1	-0,7	-2,6	-0,3
Juusto	-6,3	-1,2	-7,2	-1,3

Liha- ja maitotuotteiden kulutuksen väheneminen vähentää myös niiden tuotannosta johtuvia kasvihuonekaasupäästöjä. Säll ja Gren laskevat, että haittaveron käyttöönoton alentaa karjataloudesta aiheutuvia hiilidioksidipäästöjä 12 prosenttia sekä typen, fosforin ja ammoniakkin päästöjä yli kymmenen prosenttia. Heidän mallinuksensa mukaan, eniten hiilidioksidipäästöjä alentava vaikutus oli naudanlihan tuominen haittaverotuksen piiriin. He toteavat, että mikäli haittaveron koskee Ruotsissa tuotettuja liha- ja maitotuotteita, niin haittaveron käyttöönotto saattaa sekä vähentää kasvihuonekaasupäästöjä että parantaa kansanterveyden tilaa. Sällin ja Grenin mukaan haittaveron pitäisi verrata muihin päästöjen alentamiskeinoihin, jotta päästöjen vähentämistavoitteet saavutetaan. (Säll & Gren 2015).

3.1.3. Tuuppaus

”Tuuppaus” (nudge) on tapa vaikuttaa yksilöiden kulutusvalintoihin. Tuuppaamisessa on kyse siitä, että päättäjät ohjeistavat ihmisiä käyttäytymään eri tavalla, koska se on hyväksi sekä yksittäiselle ihmiselle itselleen kuin myös kaikille muille ihmisille. Tämän lähestymistavan mukaan ihmisille voidaan tarjota ”valintarakenne” (choice architecture), joka kannustaa heitä käyttäytymään tavalla, joka tuo hyötyä sekä heille itselleen että muillekin. Ihmiset ovat päämäärätietoisia, ymmärtävät elinympäristönsä realistisin termein ja pystyvät mukautumaan vaihtuviin olosuhteisiin. Heillä kuitenkin on kognitiivisia rajoitteita estäen heitä olemasta täysin menestyviä mukautuessa vaihtuviin olosuhteisiin. Ihmismielen kognitiiviset rajoitteet ehdollistavat päätöksentekoa. Päätöksenteossa ihmiset eivät ajattele kaikkia mahdollisia vaihtoehtoja, eivätkä tee itselleen kaikista optimaalisinta päätöstä hyötynsä kannalta. Heidän kognitiivinen sisäinen maailmansa auttaa heitä keskittymään joihinkin asioihin ja olemaan välittämättä muista asioista. Sitä ohjaavat tottumukset, nyrkkisäännöt ja tunteet. Nämä ihmismielen rajoitteet sitovat rationaalisuutta. Ihmiset kuitenkin ovat rationaalisia siinä mielessä, että he ovat yleisesti päämäärätietoisia ja heillä on yleensä syynsä tehdä asioita omalla tavallaan. (John, Smith & Stoker 2009.)

Tuuppauksessa ajatellaan, että ihmisten preferenssit ovat vakioita ja ne eivät muutu, jos ihmisiä ei kannusta muuttamaan niitä. Ihmisillä kuitenkin on piileviä preferenssejä siitä, että maailma voisi olla parempi paikka. Tuuppauksen avulla nämä piilevät preferenssit voidaan tuoda esiin ja valtion rooli on olla opettajana ja ohjata ihmisiä oikeaan suuntaan, joka on hyödyllinen sekä yksilölle että koko yhteiskunnalle. On viisi tapaa hyödyntää tuuppausta muuttamaan ihmisen käyttäytymistä. (1) päättäjien tulee tunnistaa, että ihmisillä on yleensä oletusvalinta (default), jonka he tekevät, mikäli muita vahvoja signaaleja valita toisin ei ole. (2) päättäjien tulisi odottaa virheitä ja suunnitella järjestelmiä, jotta ihmiset voivat oppia välittömästi ja tehokkaasti virheistään. (3) on tärkeää antaa palautetta oikeaan aikaan ja tehokkaalla tavalla, jotta ihmiset ymmärtävät tekojensa seuraukset. (4) päättäjät voivat tukea ihmisiä parantamaan päätöksenteon ajattelumalleja edistäen parempien päätösten tekemistä.

(5) päättäjät voivat tarjota mahdollisuuksia kollektiiviselle seulonnalle, jossa ihmiset voivat oppia toisiltaan, miten muut ihmiset tekevät päätöksiä heitä vastaavissa tilanteissa. Tuuppausstrategioiden pitää olla kustannuksiltaan alhaisia, muuten ihmiset eivät suostu niitä hyödyntämään. Tuuppauksessa ihmisiltä ei myöskään odoteta suuria muutoksia, vaan kun kaikki ihmiset tekevät pienen muutoksen, niin yhteisvaikutus on suuri. (John ym. 2009.)

Young ja Middlemiss (2012) tutkivat erilaisia keinoja muuttaa yksilöiden toimintaa vähentämään heidän toimintansa tuottamia kasvihuonekaasupäästöjä. Tuuppauskeinoiksi he luokittelivat informaation tarjoamisen, muutokset fyysisessä ympäristössä, muutokset ”oletustoimintatapaan” (default policy), ja sosiaalinenormien ja huomattavuuden käyttö. Informaatiota voidaan tarjota esimerkiksi lehtisin ja kulutushyödykkeissä olevin tarroin, jotka kertovat hyödykkeen hiilijalanjäljestä (carbon footprint). Muutokset fyysisessä ympäristössä voivat esimerkiksi olla epäterveellisten tuotteiden mainostamisen kieltämistä tai hissien määrän vähentämistä uusissa rakennuksissa. Muutokset oletus toimintatapaan voidaan tehdä esimerkiksi muuttamalla oletusvalintaa. Esimerkiksi aterian oletuslisuke voidaan vaihtaa salaatiksi. Sosiaalinenormeja ja huomattavuutta voidaan hyödyntää esimerkiksi antamalla yksilölle informaatiota hänen omasta hiilijalanjäljestään ja mikä on hänen elinympäristössään yksilön keskimääräinen hiilijalanjälki. Youngin ja Middlemissin mielestä ei pidä käyttää vain yhtä keinoa muuttaa yksilöiden toimintaa vähemmän päästöiseen suuntaan, koska muutosta on tällä saralla erittäin vaikea stimuloida.

Guthrie, Mancino ja Lin (2015) tutkivat miten tuuppauksesta voisi olla apua kuluttajien ruoankulutustapojen muuttamisessa. Tiedon antaminen kuluttajille heidän ruokavalinnoistaan on tärkeä osa ruoankulutuksen muuttamista. Tietoa tuotteista voi esimerkiksi lisätä pakkaukseen. Yleisen tiedon lisääminen saattaa vaikuttaa myös ruoantuottajiin, jotka saattavat kehittää ja markkinoida parempia tuotteita, koska osa kuluttajista niitä haluaa ja täten myös tehdä hyvien ruoankulutusvalintojen tekemisestä helpompaa myös vähemmän valvutuneille kuluttajille. Toisaalta tietoa hyvistä ruoankulutusvalinnoista voi olla vaikea välittää kaikille kuluttajille, koska tieto voi olla liian

monimutkaista ja sitä voi olla hankala välittää selvällä tavalla. Tieto yksistään ei välttämättä riitä muuttamaan kulutustottumuksia. Vaikka kuluttajat ymmärtäisivätkin tiedon merkityksen, niin he silti saattavat valita huonompia tuotteita, koska ne saattavat olla halvempia tai maistua paremmalta.

Apostolidis ja McLeay (2016) tutkivat lihan kulutuksen vähentämistä lihaa korvaavien tuotteiden avulla Isossa-Britanniassa. Heidän mukaansa lihaa korvaavat tuotteet ovat ekologisempi vaihtoehto lihalle hiilidioksidipäästöjen, maankäytön ja energian kulutuksen näkökulmista. Lihaa korvaavissa tuotteissa on yleensä vähemmän suolaa ja rasvaa kuin lihassa ollen joidenkin kuluttajien mielestä terveellisempi vaihtoehto lihalle. Apostolidis ja McLeay tutkivat mitkä liha- ja lihaa korvaavien tuotteiden ominaisuudet saavat erilaiset kuluttajat tekemään ostopäätöksen. Tutkimuksessaan he hyödynsivät satunnaisen hyödyn teoriaa (random utility theory) ja valitsivat tuotteiden seitsemän ominaisuutta; (1) rasvapitoisuus, (2) hiilijalanjälki, (3) jauhelihan tai sen korvikkeen tyyppi, (4) brändi, (5) valmistustapa, (6) hinta ja (7) alkuperä.

Apostolidiksen ja McLeayn (2016) tutkimuksen kuluttajakyselyyn vastasi 200 lihaa syövää, 33 lihansyöntiä vähentävää ja 14 kasvisruokavaliota noudattavaa kuluttajaa, jotka suurin piirtein vastasivat kaikkia brittiläisiä väestönryhmiä. Kuluttajakyselyyn vastanneista 70 prosenttia vastasi pääsääntöisesti kotitalouden ruokaostoksista. Kuluttajien tärkein kriteeri lihan tai lihaa korvaavaan tuotteen ostossa oli (3) jauhelihan tai sen korvaavaan tuotteen tyyppi (23,4 prosenttia), jonka jälkeen tärkeimpiä kriteerejä olivat (1) rasvapitoisuus (20,0%) ja (7) alkuperä (19,7%). Apostolidis ja McLeay luokittelivat vastaajat kuuteen (6) eri segmenttiin heidän ostopäätöksiinsä vaikuttavien tuoteominaisuusmieltymysten mukaisesti; (1) hintatietoisiin 42,5 prosenttia, (2) vihreisiin 17 prosenttia, (3) kulinaristeihin 14,6 prosenttia, (4) terveellisiin 10,5 prosenttia (5) luomua suosiviin 9,7 prosenttia ja (6) kasvissyöjiin 5,7 prosenttia. Seuraavalla sivulla olevassa taulukossa 8 on jaoteltu, mitä ominaisuuksia kukin segmentti painottaa ostopäätöksissään.

Taulukko 8 Suhteellinen ominaisuuksien tärkeys segmentteittäin (Apostolidis & McLeay)

	Hinta-tietoiset	Vihreät	Kulinaristit	Terveelliset	Luomua suosivat	Kasvis-syöjät
Rasvapitoisuus	17,5	14,7	10,9	32,1	30,9	26,0
Hiilijalanjälki	9,6	26,6	6,0	6,6	12,3	7,8
Lihan/korvikkeen tyyppi	27,0	15,0	27,3	20,4	24,3	32,4
Brändi	3,4	7,6	19,2	12,6	3,6	7,8
Valmistustapa	1,5	6,5	8,7	4,3	12,1	8,3
Alkuperä	21,4	19,0	14,7	16,8	2,5	9,6
Hinta	19,6	10,7	13,2	7,3	14,3	8,2

Apostolidis ja McLeay (2016) toteavat, että heidän tutkimukseensa vastanneiden joukon mieluisin tuote on halpa, vähärasvainen naudan jauheliha, joka on tuotettu Isossa-Britanniassa. Tutkimukseen vastaajat, lukuun ottamatta kasvissyöjiä, eivät olleet kovin kiinnostuneita lihaa korvaavista tuotteista. Kuitenkin vastaajat pitivät lihaa korvaavien tuotteiden ominaisuuksista, kuten vähärasvaisuudesta, pienemmästä hiilijalanjäljestä sekä kotimaisuudesta. Apostolidiksen ja McLeayn mukaan on mahdollista korvata osa kulutetusta lihasta lihaa korvaavilla tuotteilla, mikäli ruokaostoksilla käyntiä voidaan muovata tavaksi otetusta tapahtumasta tuotteiden ominaisuudet huomioon ottavaksi tapahtumaksi. He suosittelevat erityisesti terveellisille ja vihreille kuluttajille kohdennettuja informaatiokampanjoita lihan korvaamiseksi lihaa korvaavilla tuotteilla. Informaatiokampanjoiden tulee luoda taipumusta vähentää lihansyöntiä ja lisätä tietoutta lihan ympäristövaikutuksista. Elintarvikkeiden merkintöihin pitäisi esimerkiksi lisätä tietoa tuotteen hiilijalanjäljestä ja alkuperämaasta. Merkintöjen pitäisi olla selkeitä ja tieto luotettavaa. Tieto tuotteen hiilijalanjäljestä saattaa esimerkiksi lisätä vihreiden kuluttajien halua ostaa lihaa korvaavia tuotteita.

Elintarvikemarkkinan isoin kuluttajasegmentti on hintatietoiset kuluttajat. Hintatietoisessa kuluttajasegmentissä on paljon pienituloisia kuluttajia. Heidän lihaostosten korvaamista lihaa

korvaavilla tuotteilla voidaan lisätä esimerkiksi henkilökohtaisten tukien kautta, kuten ruokakupongeilla. Lihatuotteidenkin hintaa voi nostaa lisäämällä sen veroa tai vähentämällä lihatuotannon tukia. Kulinaristit saattavat innostua lihaa korvaavista tuotteista, mikäli ne ovat hyvin lihan kaltaisia, kuten Quorn, tai ne ovat sekamuoto lihasta ja lihaa korvaavasta tuotteesta. Myös lihaa korvaavien tuotteiden parempi esillepano ruokakaupassa saattaa rohkaista kuluttajia ostamaan niitä enemmän. (Apostolidis & McLeay 2016.)

Costa ja Kahn (2013) tutkivat miten erilaiset ihmiset reagoivat energiansäästötuuppaukseen Yhdysvalloissa. Heidän tutkimuksessaan taloissa asujille annettiin tietoa heidän omasta sähkön kulutuksestaan ja millä tasolla he ovat verrattuna vastaavanlaisissa taloissa asujiin. Poliittiselta mielipiteeltään liberaalit vähensivät sähkönkulutustaan enemmän kuin konservatiivit. Myös ihmiset, jotka maksoivat uudistuvasta energiasta tai lahjoittivat jollekin ympäristönsuojelujärjestölle tai tekivät molempia, vähensivät sähkötalutustaan enemmän kuin muut saman poliittisen mielipiteen omaavat ihmiset. Costa ja Kahn päätyivät lopputulokseen, että erilaisille ihmisryhmille pitää antaa erilaiset viestit, jotta tuuppaus olisi mahdollisimman tehokasta. He toteavat myös, että ympäristötuuppaukset ovat kaikkein tehokkaimpia suhteellisen liberaaleissa yhteisöissä.

Valatin, Moseley ja Dandy (2016) tutkivat tuuppauskeinojen hyödyntämistä kannustamaan metsämaa-alan luomista ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi. Toimintatapatuuppaukset ovat keinoja, joilla rohkaistaan tai opastetaan käytöstä. Niiden päämääränä on vaikuttaa yksilöiden päätöksiin poistamatta vaihtoehtoja tai havaittavasti muuttamatta niiden suhteellista kustannusta. Toimintatapatuuppaukset voivat olla kustannustehokas tapa muuttaa käytöstä joko yksin tai yhdessä perinteisempien ”keppi ja porkkana”-keinojen kanssa. Tuuppauskeinot on ryhmitelty seuraavan sivun taulukossa 9.

Taulukko 9 Tuuppauskeinojen ryhmittely (Valatin ym.)

Helppous	Oletustoimintatapa	Yksinkertaistaminen	Kitkan poistaminen		
Kiinnostavuus	Tärkeiden kohtien painottaminen	Viestintuoja	Yksilöllistäminen	Tunnereaktion aikaansaaminen	Kannusteet
Sosiaalisuus	Normit	Verkostot	Sitouttaminen		
Oikea-aikaisuus	Pohjustaminen	Lokerointi	Avainhetket		

Valatinin ym. (2016) mukaan toimiviksi todettuja tuuppauskeinoja on monia. Heidän mukaansa tuuppauskeinot voidaan jakaa neljään eri ryhmään yllä olevan taulukon mukaisesti. Helppous-ryhmään kuuluvat: (1) oletustoimintatapa, (2) yksinkertaistaminen ja (3) kitkan poistaminen. (1) Oletustoimintatavan voi muuttaa halutuksi, koska ihmiset harvoin muuttavat oletuksia. Esimerkiksi maissa, joissa elintenluovutus pitää erikseen kieltää, elintenluovutus on yleisempää kuin maissa, joissa siihen pitää erikseen antaa suostumus. (2) Asioiden tekeminen käyttäjälle yksinkertaisemmaksi on myös toimiva tuuppauskeino; esimerkiksi Isossa-Britanniassa palautuslinkin lisääminen internetissä täytettävälle veroilmoitukselle lisäsi veroilmoitusten palautusprosenttia 22 prosentilla. (3) Kitkan poistaminen lisää yksilöiden halukkuutta toimia toivotunlaisella tavalla. Esimerkiksi Isossa-Britanniassa kampanjoinnista huolimatta ihmiset eivät lisäeristäneet asuntojaan, koska heidän olisi pitänyt tyhjentää varastotiloja eristämistoimenpiteen ajaksi, mutta kun eristyksiä myyvät yritykset alkoivat tarjota palveluna myös varastotilojen tyhjennystä, niin ihmiset alkoivat hankkia lisä-eristyksiä asuntoihinsa vaikkakin palvelu oli asiakkaalle maksullista.

Kiinnostavuus-ryhmään lukeutuvat seuraavat tuuppauskeinot: (4) tärkeiden kohtien painottaminen, (5) viestintuoja, (6) yksilöllistäminen, (7) tunnereaktion aikaansaaminen sekä (8) kannusteet. (4) Tärkeiden kohtien painottaminen ja selventäminen auttaa ihmisiä huomaamaan tärkeän informaation tai heiltä vaaditut toimenpiteet; esimerkiksi Isossa-

Britanniassa tätä käytettiin nostamaan lääkäreiden ja hammaslääkäreiden veroilmoitusten täyttämisen- ja palautusmääriä, mikä johti 14 prosentin kasvuun palautuksissa ja vähensi lisäkyselyiden kustannuksia yli miljoonalla punnalla. (5) Viestintuojalla on myös suuri merkitys yksilöille, esimerkiksi paikalliset energiatehokkuuden mestarit saivat kampanjallaan yhteisönsä kiinnostuneeksi energiatehokkuudesta ja oppimaan siitä lisää. (6) Viestien yksilöllistäminen lisää niihin reagoitua, esimerkiksi Ison-Britannian oikeusministeriö lisäsi saajan nimen tekstiviestimuistutuksiin sakkojen maksusta, mikä lisäsi sakkojen maksua kymmenellä prosentilla verrattuna nimettömiin tekstiviestimuistutuksiin. (7) Tunnereaktion aikaansaaminen yksilössä aikaansaa muutosta käyttäytymiseen; erityisesti vastenmielisen tunteen aikaansaaminen on tehokasta. Ripulin vaivaamassa Ghanassa esimerkiksi näytettiin mainos, jossa äidit lapsineen wc-käynnin jälkeen koskivat esineitä, jotka alkoivat hohtaa violettina, sai aikaan niin inhottavan reaktion ihmisissä, että se onnistui kolminkertaistamaan wc-käynnin jälkeen kätensä pesevien ihmisten määrän. (8) Taloudelliset kannusteet saattavat myös toimia tuuppauskeinona. Esimerkiksi Yhdysvalloissa kokeiltiin antaa opettajille taloudellisia bonuksia etukäteen, jotka piti maksaa takaisin, jos oppilaiden koemenestys jäi tietyn tason alle, mikä johti koetulosten paranemiseen. (Valatin ym. 2016.)

(9) Normit, (10) verkostot ja (11) sitouttaminen on luokiteltu sosiaalisuuden-ryhmään. (9) Sosiaaliset normit vaikuttavat yksilöiden käytökseen ja jos yksilöitä informoidaan siitä, kuinka oikein ja hyvin muut ihmiset toimivat, niin hekin haluavat toimia oikein ja hyvin. Esimerkiksi Isossa-Britanniassa tiedote siitä, että yhdeksän kymmenestä tietyllä alueella maksaa veronsa ajallaan, johti 15 prosentin kasvuun veronsa ajallaan maksavien määrässä kyseisellä alueella. (10) Verkostot voivat toimia myös tuuppauskeinona. Esimerkiksi Lontoossa viranomaiset kokeilivat mitä vaikutusta on lisätä energiatehokkuustuotteissa sitä mukaa, kuinka moni ottaa tarjouksen vastaan. Ideana oli saada yksilöt suostuttelemaan toisiaan ottamaan tarjouksen vastaan yhdessä tehden tuotteen halvemmaksi molemmille. (11) Tuuppausta on myös yksilön sitouttaminen ja antaa hänen kokea olevan esimerkkinä muille.

Sitouttaminen on tehokkaampaa, mikäli yksilö tekee sitoumuksen joko toisen yksilön tai ryhmän kanssa. (Valatin ym. 2016.)

Valatinin ym. (2016) mukaan oikea-aikaisuuden ryhmään kuuluvat (12) pohjustaminen, (13) lokerointi sekä (14) avainhetket. (12) Ihmismielen pohjustaminen toimimaan tietyllä tavalla on yksi tuuppauskeino. Alitajuiset vihjeet vaikuttavat yksilön päätöksiin; esimerkiksi Singaporen metrossa ihmisiä pohjustettiin valitsemaan portaat rullaportaiden sijaan muuttamalla rullaportaat toimimaan vain silloin kun joku siihen astui, mikä johti isomman ihmismäärän valitsemaan portaat rullaportaiden sijaan. (13) Ihmismielen mentaalitilinpitoa (mental accounting) voidaan hyödyntää tuuppauksessa; yksilöt lokeroivat asioita erillisille mentaalitileille, joskus jopa epärationaalisesti. Esimerkiksi ihminen saattaa laittaa saman summan säästöön matkakassaan kuin aina ennenkin, vaikka eräännytynyt luottokorttilasku on maksamattomana rahan puutteen takia. (14) Asioiden tekeminen oikealla hetkellä voi ohjata yksilöiden käytöstä, esimerkiksi Kolumbiassa aloitettiin ohjelma, jossa kolmasosa lapsiperheiden sosiaalityöstä maksettiin juuri ennen kouluvuoden alkua johtaen lasten kouluun ilmoittautumisien nousuun kahdella prosentilla. (Valatin ym. 2016.)

Valatinin ym. (2016) mukaan edellä mainittuja tuuppauskeinoja voi hyödyntää metsämaa-alan lisäämisessä seuraavilla tavoilla. (1) Muutetaan oletukseksi pyytää maanomistajia rekisteröimään kaikki maa-alat, nykyisin vain tukia saavat maa-alat pitää rekisteröidä Isossa-Britanniassa. (2) Varmistetaan, että informaatio on helppo ymmärtää ja kieli niissä on selkeää. Lomakkeet lähetetään esitetytteinä. (3) Tunnistetaan mahdolliset hidasteet ja epäkäytännöllisyydet metsämaa-alan lisäämisen byrokraattisissa ja operatiivisissa prosesseissa sekä tarjotaan palvelua niiden hoitamisessa. (4) Korostetaan metsämaa-alan lisäämisen roolia ilmastonmuutoksen hillitsemisessä ja sopeutumistavoitteissa sekä korostetaan vähemmän tunnettuja metsän omistamisesta johtuvia etuja (esimerkiksi veroedut) ja mahdollisuuksia saada lisätuloja päästömarkkinoilta. (5) Kannustetaan maanomistajia aktivoitumaan ”metsämestareiksi” ja vahvistamaan metsän istuttamista sosiaalisena normina. (6) Lisätään käsinkirjoitetut ohjeet ja yhteystiedot

informaatiopaketteihin ja hakemuksiin. (7) Korostetaan alueita tai yritystyyppisiä, joilla on korkea hiilijalanjälki sekä korostetaan niiden kielteisiä ympäristövaikutuksia samalla korostaen metsämaa-alan lisäämisen tarjoamia mahdollisuuksia. (8) Uudistetaan metsän istutuksen kannustimia etupainotteisiksi ja soveltumaan hyvin muiden hoitotavoitteiden saavuttamiseksi. (9) Korostetaan maanomistajan naapurien ja vertaisten, jotka istuttavat metsää, ”yhteisen edun mukaista” käytöstä. (10) Kannustetaan yhteisöllistä kiinnostusta metsän istutukseen, esimerkiksi lisäämällä avustuksia, kun metsämaa-alan lisäyksen kynnystaso on saavutettu paikkakunnalla. (11) Kannustetaan julkisia sitoumuksia metsämaa-alan lisäämiseen, jotka julkaistaan internet-sivustoilla, sekä kannustetaan muiden esimerkeillä ja julkisilla sitoumuksilla lisäämään metsämaa-alaa. (12) Pohjustetaan yleisöjä lisäämään metsämaa-alaa menestystarinoilla ja esittelyillä. (13) Mainostetaan vaihtoehtoja, jotka mahdollistavat ihmisten ajatella metsämaa-alan lisäämisen erillisenä henkisenä tilinä, kuten eläkerahastona. (14) Ajoitetaan toimenpiteet ilmaston muutosuutisoinnin tai tulvien ynnä muiden sellaisten jälkeen tai sellaisiin elämänvaiheisiin, kun metsänomistajat ovat avoimia muutoksille, kuten esimerkiksi eläkkeelle siirtymiseen aktiivisesta maataloustoiminnasta tai uusien maaostojen jälkeen. He myös toteavat, että eri maissa eri tuuppauskeinot saattavat toimia eri tavoin sekä myös muitakin kuin tuuppausta voidaan tarvita muutoksen aikaansaamiseksi.

Rommel ym. (2015) tutkivat empiirisesti motivaation synnyttämisteoriaa (Motivation crowding theory) ympäristöystävälliseen käytökseen kannustamisessa. Motivaation synnyttämisteorian mukaan kannusteilla voidaan synnyttää luontaista motivaatiota. Rommel ym. lähettivät ”ei mainoksia”-tarroja yli 800 kotitalouteen vähentääkseen turhan paperijätteen määrää kyseisissä talouksissa tammi-helmikuussa vuonna 2014 kolmessa naapurustossa Berliinissä, Saksassa.

(1) Ensimmäisellä kierroksella kotitalouksiin lähetettiin kaksi ”ei mainoksia”-tarraa sekä viestin, jossa luki, että vuosittain postilaatikkoon kertyy jopa 30 kiloa paperijätettä. (2) Toisella kierroksella kotitaloudet saivat viestin, johon oli lisätty, että jakajat tulisivat kahden

viikon päästä katsomaan, kuinka moni oli kiinnittänyt tarran. (3) Kolmannella kierroksella, viestiin lisättiin, että kotitaloudet, jotka olivat lisänneet tarran, saivat pienen symbolisen lahjan. Viestit oli kirjoitettu saksaksi, turkiksi ja englanniksi. Jokaisen kierroksen jälkeen tutkijat tarkastivat, kuinka moni kotitalous oli kiinnittänyt ”ei mainoksia”-tarran. Tutkimuksen mukaan eri kierrokset eivät merkittävästi lisänneet ”ei mainoksia”-tarrojen määrää postilaatikoissa, minkä johdosta Rommel ym. toteavat, etteivät he löytäneet todisteita tukemaan motivaation synnyttämisteoriaa kannustamaan ympäristöystävällistä käytöstä. (Rommel ym. 2015.)

Kallbekken ja Sælen (2013) tutkivat miten tuupata hotellivieraita kohti ympäristöystävällisempää käytöstä. Heidän otoksensa oli 52 hotellia, jotka keräsivät dataa tutkimukseen kesäkuun alusta elokuun 15. päivään asti vuonna 2012. He kokeilivat kahta tapaa lisätä vieraiden ympäristöystävällistä käytöstä. (1) Ensimmäinen tapa oli pienentää lautasen kokoa 24 sentin halkaisijasta 21 sentin halkaisijaan tarkoituksena vähentää ruokajätteen määrää. (2) Toinen tapa oli laittaa näkyville kyltti, jossa luki seitsemällä eri kielellä ”Tämä on parempi tapa kuin ottaa paljon kerralla” (”Welcome back! Again! And again! Visit our buffet many times. That’s better than taking a lot once”).

Tutkimuksen tulokseksi Kallbekken ja Sælen saivat, että (1) lautasen pienentäminen vähentää ruokajätettä 19,5 prosenttia ja (2) kyltin laittaminen näkyville vähentää ruokajätettä 20,5 prosenttia. Lautasen halkaisijan pienentäminen yhdellä sentillä vähentää 2,5 kiloa ruokajätettä. Hotellit myös hyötyvät rahallisesti ruokajätteen vähentymisestä ja molemmat tavat ovat suhteellisen halpoja, koska jokaisen ravintolan on uusittava lautasiaan aika ajoin ja pienten julisteiden tai kylttien tekeminen ei aiheuta suurta kustannusta. Kallbekkenin ja Sælen mielestä molemmat tavat voidaan ottaa käyttöön kaikissa buffet-ruokailua tarjoavissa ravintoloissa. (Kallbekken & Sælen 2013.)

3.1.4. Tuuppaus vs. verotus

Ouvrard ja Spaeter (2016) tutkivat teoreettisesti mallintamalla kumpi on parempi vaihtoehto; tuuppaaminen vai Pigou'n vero. Ouvrard ja Spaeter ottavat mallissaan huomioon vain optimistiset kuluttajat, jotka yleensä käyttäytyvät keskimäärin ympäristöä vähemmän kuormittavalla tavalla mutta vaihtelevasti.

Ouvrardin ja Spaeterin (2016) mallissa yksilöt voivat vapaaehtoisesti ja taloudellisesti edesauttaa ympäristön tilaa. Tulokseksi Ouvrard ja Spaeter saavat, että optimistinen yksilö uskoo, että päästöjen riski on alhaisempi mitä viranomaiset antavat ymmärtää, mikä saa hänet aliarvioimaan päästöjen riskisyyttä. Käsitelmä riskisyydestä ei kuitenkaan Ouvrardin ja Spaeterin mukaan ole ainut selittävä tekijä erilaisten yksilöiden myötävaikutuksen tasojen välillä vaan tunteellisuus ympäristöä kohtaan vaikuttaa myös. Mallinnuksessa tuuppaus toimii joissakin tilanteissa paremmin kuin verotus. Tunteellisuus ympäristöä kohtaan vaikuttaa suoraan yksilöiden reaktioihin tuuppausta kohtaan. Ouvrardin ja Spaeterin mukaan ihanteellisen veroasteen laskeminen vaatii päättäjiltä täydellistä tietoa jokaisen yksilön ympäristöä kohtaan kokeman tunteellisuuden tasosta sekä riskin käsityksestä. Kun taas tuuppaus ei vaadi niin paljon tietoa jokaisesta yksilöstä. Ouvrard ja Spaeter myös huomauttavat, että tuuppauksella ei välttämättä ole pitkäjänteistä vaikutusta, mutta sen käyttöönotto on edullisempaa.

4. JOHTOPÄÄTÖKSET

Maatalous sekä tuottaa kasvihuonekaasupäästöjä että toimii hiilinieluna. Maatalouden kasvihuonekaasupäästöjä voidaan vähentää kuin myös hiilinielunomaisuutta voidaan tehostaa. Yksittäiset maanviljelijät tuskin kuitenkaan päästötalkoisiin ryhtyvät, ellei joku heitä siinä tue tai joku heidän saamiaan maataloustukia pois vie. Maataloustukien äkkinäinen muutos saattaa kuitenkin heikentää ruokaturvaa. Maataloustukia voitaisiin kohdentaa vähemmän ympäristöä rasittavien elintarvikkeiden tuottamiseen ja parempana hiilinieluna toimivan metsäalan lisäämiseen peltoalan lisäämisen sijasta.

Ihmisten on käytettävä maataloustuotteita elääkseen. Jokainen ihminen kuitenkin kykenee muuttamaan kulutustottumuksiaan vähäpäästöisempään suuntaan esimerkiksi vähentämällä omaa ruokahävikkiään. Ihmiset, jotka ovat halukkaita muuttamaan kulutustottumuksiaan ympäristöystävällisemmiksi eivät välttämättä tiedä miten sen tekisivät. Elintarvikkeissa ei ole pakollisia merkintöjä kertomassa tuotteiden hiilijalanjäljistä. Lähellä tuotettu ei välttämättä ole vähäpäästöisempää kuin ulkomailla tuotettu vastaava elintarvike eikä luomuvaihtoehto välttämättä ole vähäpäästöisempää kuin tavanomaisesti tuotettu vastaava tuote.

Vähäpäästöisestä elintarvikkeiden kulutuksesta on tehtävä kuluttajille helppoa, jotta kuluttajat osaisivat valita vähäpäästöisemmän vaihtoehdon ostaessaan elintarvikkeita. Elintarvikkeisiin voitaisiin esimerkiksi merkitä tuotteen kokonaispäästöt tai niihin voitaisiin ruokakategorioittain lisätä vähäpäästöisyysmerkinnät. Vähäpäästöisyysmerkinnät saattaisivat rohkaista myös elintarvikkeita valmistavia yrityksiä kehittämään yhä vähäpäästöisempiä tuotteita.

Ilmaston lämpeneminen on uhka talouskasvulle. Ilmaston lämpenemisen pysäyttämiseksi maailmanlaajuisia kasvihuonekaasupäästöjä on vähennettävä. Maatalous on yksi osa-alue, josta kasvihuonekaasupäästöjä voidaan vähentää teknologian kehityksellä ja toiminnan tehostamisella, mutta myös kulutusta muuttamalla.

LÄHDELUETTELO

Adewale Cornelius, Higgins Stewart, Granatstein David, Stöckle Claudio O., Carlson Bryan R., Zaher Usama E. & Carpenter-Boggs Lynne (2016). *Identifying hotspots in the carbon footprint of a small scale organic vegetable farm*. Agricultural Systems

Aigner Rafael (2013). *Environmental Taxation and Redistribution Concerns*. Public Finance Analysis

Ansuategi Alberto & Escapa Marta (2001). *Economic growth and greenhouse gas emissions*. Ecological Economics

Apostolidis Chrysostomos & McLeay Fraser (2016). *Should we stop meating like this? Reducing meat consumption through substitution*. Food Policy

Aston Louise M., Smith James N. & Powles John W. (2012). *Impact of a reduced red and processed meat dietary pattern on disease risks and greenhouse gas emissions in the UK: a modelling study*. BMJ Open

Barassi Marco & Spagnolo Nicola (2012). *Linear and Non-Linear Causality between CO₂ Emissions and Economic Growth*. The Energy Journal

Barnes Andrew, Sutherland Lee-Ann, Toma Luiza, Matthews Keith & Thomson Steven (2015). *The effect of the Common Agricultural Policy reforms on intentions towards food production: Evidence from livestock farmers*. Land Use Policy

Bell M.J., Cloy J.M. & Rees R.M. (2014). *The true extent of agriculture's contribution to national greenhouse gas emissions*. Environmental Science Policy

Bellarby Jessica, Tirado Reyes, Leip Adrian, Weiss Franz, Lesschen Jan Peter & Smith Pete (2012). *Livestock greenhouse gas emissions and mitigation potential in Europe*. Global Change Biology

Bos Jules F.F.P., de Haan Janjo, Sukkel Wijnand & Schils René L.M. (2014). *Energy use and greenhouse gas emissions in organic and conventional farming systems in the Netherlands*. NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences

Brown Stephen P.A. & McDonough Ian K. (2016). *Using the Environmental Kuznets Curve to evaluate energy policy: Some practical considerations*. Energy Policy

Bryngelsson David, Wirsenius Stefan, Hedenus Fredrik & Sonesson Ulf (2015). *How can the EU climate targets be met? A combined analysis of technological and demand-side changes in food and agriculture*. Food Policy

Buratti C., Fantozzi F., Barbanera M., Lascaro E., Chiorri M. & Cecchini L. (2016). *Carbon footprint of conventional and organic beef productions systems: An Italian case study*. Science of the Total Environment

Burnett J. Wesley, Bergstrom John C. & Wetzstein Michael E. (2013). *Carbon dioxide emissions and economic growth in the U.S*. Journal of Policy Modelling

Chang Juin-Jen, Chen Jhy-Hwa, Shieh Jhy-Yuan & Lai Ching-Chong (2009). *Optimal Tax Policy, Market Imperfections, and Environmental Externalities in a Dynamic Optimizing Macro Model*. Journal of Public Economic Theory

Cherry Todd L., Kallbekken Steffen & Kroll Stephan (2014). *The impact of trial runs on the acceptability of environmental taxes: Experimental evidence*. Resource and Energy Economics

Cherry Todd L., Kallbekken Steffen & Kroll Stephan (2017). *Accepting market failure: Cultural worldviews and the opposition to corrective environmental policies*. Journal of Environmental Economics and Management

Chiriaco Maria Vincenza, Grossi Giampiero, Castaldi Simona & Valentini Riccardo (2017). *The contribution to climate change of the organic versus conventional wheat farming; A case study on the carbon footprint of wholemeal bread production in Italy*. Journal of Cleaner Production

Clune Stephen, Crossin Enda & Verghese Karli (2016). *Systematic review of greenhouse gas emissions for different fresh food categories*. Journal of Cleaner Production

Coderoni Silvia & Esposti Roberto (2018). *CAP payments and agricultural GHG emissions in Italy. A farm-level assessment*. Science of the Total Environment

Costa, Dora L. & Kahn, Matthew E. (2013). *Energy Conservation "Nudges" and Environmentalist Ideology: Evidence from a Randomized Residential Electricity Field Experiment*. Journal of the European Economic Association

Davis Kyle F., Gephart Jessica A., Emery Kyle A., Leach Allison M., Galloway James N. & D'Odorico Paolo (2016). *Meeting future food demand with current agricultural resources*. Global Environmental Change

De Cara Stéphane & Jayet Pierre-Alain (2011). *Marginal abatement costs of greenhouse gas emissions from European agriculture, cost effectiveness, and the EU non-ETS burden sharing agreement*. Ecological Economics

De Cara Stéphane & Jayet Pierre-Alain (2006). *Mitigation of greenhouse gas emission in EU agriculture: An assessment of the costs of reducing agricultural emissions and enhancing carbon sinks in agricultural soils*. European Commission INSEA 2006

Faizeni Karin & Steinmüller Horst (2011). *Impact of changes in diet on the availability of land, energy demand, and greenhouse gas emissions of agriculture*. Energy, Sustainability and Society

Farhani Sabhi, Mrizak Sana, Chaibi Anissa & Rault Christophe (2014). *The environmental Kuznets curve and sustainability: A panel data analysis*. Energy Policy

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2016). *Key facts and findings* [online] FAO. Saatavana World Wide Webistä: <<http://www.fao.org/news/story/en/item/197623/icode/>>

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2020). *What is enteric methane* [online] FAO. [siteerattu 18.2.2020] Saatavana World Wide Webistä: <<http://www.fao.org/in-action/enteric-methane/background/what-is-enteric-methane/en/>>

Fosten Jack, Morley Bruce, Taylor Tim (2011). *Dynamic misspecification in the environmental Kuznets curve: Evidence from CO₂ and SO₂ emissions in the United Kingdom*. Ecological Economics

Franks Jeremy R. & Hadingham Ben (2011). *Reducing greenhouse gas emissions from agriculture: Avoiding trivial solutions to a global problem*. Land Use Policy

Garnett Tara (2011). *Where are the best opportunities for reducing greenhouse gas emissions in the food system (including the food chain)?* Food Policy

Giannadaki Despina, Giannakis Elias, Pozzer Andrea & Lelieveld Jos (2017). *Estimating health and economic benefits of reductions in air pollution from agriculture*. Science of the Total Environment

Grewer U, Bockel L, Galford G, Gurwick N, Nash J, Pirolli G, Wollenberg E. (2016). *A methodology for greenhouse gas emission and carbon sequestration assessments in agriculture: Supplemental material for info note series analysing low emissions agricultural practices in USAID development projects* [online] [siteerattu 7.12.2016]. Saatavana World Wide Webistä: <<http://www.fao.org/3/a-i6422e.pdf>>

Grossman Gene M. & Krueger Alan B. (1991). *Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement*. NBER Working Paper No. 3914

Guthrie, Joanne Mancino, Lisa & Lin Chung-Tung Jordan (2015). *Nudging Consumers toward Better Food Choices: Policy Approaches to Changing Food Consumption Behaviours*. Psychology & Marketing

Hess Tim, Chatterton Julia, Daccache Andre & Williams Adrian (2015). *The impact of changing food choices on the blue water scarcity footprint and greenhouse gas emissions of the British diet: the example of potato, pasta and rice*. Journal of Cleaner Production

Holtz-Eakin Douglas, Selden Thomas M. (1995) *Stoking the fires? CO2 emissions and economic growth*. Journal of Public Economics

Horgan Graham W., Perrin Amandine, Whybrow Stephen & Macdiarmid Jennie (2016). *Achieving dietary recommendations and reducing greenhouse gas emissions: modelling diets to minimize the change from current intakes*. International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity

Huang Wei Ming, Lee Grace W. M. & Wu Chih Cheng (2007). *GHG Emissions, GDP growth and the Kyoto Protocol: A revisit of Environmental Kuznets Curve Hypothesis*. Energy Policy

Ilmatieteenlaitos (2019). *IPCC tukee ilmastopoliittista päätöksentekoa*. [online] Ilmatieteenlaitos.Saatavana World Wide Webistä: <<https://ilmatieteenlaitos.fi/ipcc-ilmastopaneeli>>

IPCC (2018). *Summary for Policymakers.In: Global Warming of 1,5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1,5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and effort to eradicate poverty*. [online] IPCC. Saatavana World Wide Webistä: <<https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/spm/>>

Itkonen Juha V. A. (2012). *Problems estimating the carbon Kuznets curve*. Energy

Jiang Tingsong (2001). *Earmarking of pollution charges and the suboptimality of the Pigouvian tax*. The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics.

John, Peter Smith, Graham & Stoker, Gerry (2009). *Nudge Nudge, Think Think: Two Strategies for Changing Civic Behaviour*. The Political Quarterly

Joyce Andrew, Hallett Jonathan, Hannelly Toni & Carey Gemma (2014). *The impact of nutritional choices on global warming and policy implications: examining the link between dietary choices and greenhouse gas emissions*. Energy and Emission Control Technologies

Kallbekken Steffen & Sælen Håkon (2013). *'Nudging' hotel guests to reduce food waste as a Win-win environmental measure*. Economics Letters

Kim Kun Ho (2012). *Inference of the environmental Kuznets curve*. Applied Economics Letters

Kim Sei-wan, Lee Kihoon & Nam Kiseok (2010). *The relationship between CO₂ emissions and economic growth: The case of Korea with nonlinear evidence*. Energy Policy

Lenzen Manfred, Dey Christopher, Foran Barney, Widmer-Cooper Asaph, Ohlemüller Ralf, Williams Moira & Wiedemann Thomas (2012). *Modelling Interactions Between Economic Activity, Greenhouse Gas Emissions, Biodiversity and Agricultural Production*. Springer

Liu Antung Anthony (2013). *Tax evasion and optimal environmental taxes*. Journal of Environmental Economics and Management

Maa- ja metsätalousministeriö (2019). *EU:n tuotantosidonnaisten palkkioiden lopulliset tasot vahvistettu vuodelle 2018* [online] [siteerattu 25.1.2020]. Saatavana World Wide Webistä: <https://mmm.fi/artikkeli/-/asset_publisher/eu-n-tuotantosidonnaisten-palkkioiden-lopulliset-tasot-vahvistettu-vuodelle-2018>

Maa- ja metsätalousministeriö (2020). *Tuet ja avustukset* [online] [siteerattu 25.1.2020]. Saatavana World Wide Webistä: <<https://mmm.fi/ruoka-ja-maatalous/tuet-ja-avustukset>>

McAllister T.A., Beauchemin K.A., Hao X., McGinn S.M. & Robinson P.H. (2011). *Greenhouse gases in animal agriculture – Finding a balance between food production and emissions*. Animal Feed Science and Technology

Metcalf Gilbert E. (2001). *Environmental levies and distortionary taxation: Pigou, taxation and pollution*. Journal of Public Economics

Millimet Daniel L., List John A. & Stengos Thananis (2003). *The Environmental Kuznets Curve: Real Progress or Misspecified Models?* Review of Economics & Statistics

Mills Busa Julianne H. (2013). *Dynamite in the EKC tunnel? Inconsistencies in resource stock analysis under the environmental Kuznets curve hypothesis*. Ecological Economics

Nilsson Hannes, Sandsborg Joel (2016). *Meat the Future – A Cost-Benefit Analysis of a Pigouvian Tax on Meat in Sweden*. Lund University School of Economics and Management

Nordström Jonas & Thunström Linda (2011). *Can targeted food taxes and subsidies improve the diet? Distributional effects among income groups*. Food Policy

Notarnicola Bruno, Tassielli Giuseppe, Renzulli Pietro Alexander, Castellani Valentina & Sala S. (2016). *Environmental impacts of food consumption in Europe*. Journal of Cleaner Production

O'Mara F.P. (2011). *The significance of livestock as a contributor to global greenhouse gas emissions today and in the near future*. Animal Feed Science and Technology

Odhiambo Nicholas M. (2011). *Economic Growth And Carbon Emissions In South Africa: An Empirical Investigation*. International Business & Economics Research Journal

Oehmichen Katja & Thrän Daniela (2017). *Fostering renewable energy provision from manure in Germany – Where to implement GHG emission reduction incentives*. Energy Policy

Ourard Benjamin & Spaeter Sandrine (2016). *Environmental Incentives: Nudge or Tax?* FAERE Working Paper Ouvrardin ja Spaeterin (2016) mallissa yksilöt voivat vapaaehtoisesti ja taloudellisesti edesauttaa ympäristön tilaa. Ensiksi mallissa ei ole ulkopuolisia kannusteita myötävaikuttamiseen, mutta seuraavaksi malliin tuodaan veropolitiikka.

Panzone Luca, Perino Crischa, Swanson Timothy & Leung Denise (2010). *Testing for the Best Instrument to Generate Sustainable Food Consumption*. International Journal on Food System Dynamics

Popp Alexander, Lotze-Campen Hermann & Bodirsky Benjamin (2010). *Food consumption, diet shifts and associated non-CO₂ greenhouse gases from agricultural productions*. Global Environmental Change

Rommel Jens, Buttmann Vera, Liebig Georg, Schönwetter Stephanie & Svart-Gröger Valeria (2015). *Motivation crowding out theory and pro-environmental behavior: Experimental evidence*. Economics Letters

Ruokavirasto (2019). *EU-tukitietojen hakupalvelu* [online]. Helsinki: Ruokavirasto. Saatavana World Wide Webistä: https://tietopalvelu.mavi.fi/QvAJAXZfc/opendoc.htm?document=Published/raportointi.qvw&Sheet=SH_INTRO&anonymous=true

Saboori Behnaz, Sulaiman Jamalludin & Mohd Saidatulakmal (2012). *Economic growth and CO₂ emissions in Malaysia: A cointegration analysis of the Environmental Kuznets Curve* Energy Policy

Scarborough Peter, Appleby Paul N., Mizdrak Anja, Briggs Adam D. M., Travis Ruth C., Bradbury Kathryn E. & Key Timothy J. (2014). *Dietary greenhouse gas emissions of meat-eaters, fish-eaters, vegetarians and vegans in the UK*. Climatic Change

Schandl Heinz, Hatfield-Dobbs Steve, Wiedmann Thomas, Geschke Arne, Cai Yiyong, West James, Newth David, Baynes Tim, Lenzen Manfred & Owan Anne (2016) *Decoupling global environmental pressure and economic growth for energy use, materials use and carbon emission*. Journal of Cleaner Production

Schmidt Rivera Ximena C., Espinoza Orias Namy & Azapagic Adisa (2014). *Life cycle environmental impacts of convenience food: Comparison of ready and home-made meals*. Journal of Cleaner Production

Schwarzer Stefan, Witt Ron & Zommers Zinta (2013). *Growing greenhouse gas emissions due to meat production*. Environmental Development

Sheldon Tamara L. (2017). *Carbon emissions and economic growth: A replication and extension*. Energy Economics

Stolyarova, Elena (2009). *Carbon Dioxide Emissions, economic growth and energy mix: empirical evidence from 93 countries*. Climate Economics Chair

Säll Sarah & Gren Ing-Marie (2015). *Effects of an environmental tax on meat and dairy consumption in Sweden*. Food Policy

Tietenberg, Tom & Lewis, Lynne (2015). *Environmental & Natural Resource Economics*. 10. painos. Harlow : Pearson Education Ltd.

Työ- ja elinkeinoministeriö (2014). *Energia- ja ilmastotiekartta 2050 – Parlamentaarisen energia- ja ilmastokomitean mietintä 16. päivänä lokakuuta 2014* [online] Työ- ja elinkeinoministeriö. Saatavana World Wide Webistä: <<https://tem.fi/documents/1410877/2628105/Energia-+ja+ilmastotiekartta+2050.pdf/1584025f-c5c7-456c-a912-aba0ee3e5052>>

Valatin Gregory, Moseley Darren & Dandy Norman (2016). *Insights from behavioural economics for forest economics and environmental policy: Potential nudges to encourage woodland creation for climate change mitigation and adaptation?* Forest Policy and Economics

van de Kamp Mirjam E., van Dooren Corné, Hollander Anne, Geurts Marjolein, Brink Elizabeth J., van Rossum Caroline, Biesbroeck Sander, de Valk Elias, Toxopeus Ido B. & Temme Elisabeth H.M. (2017). *Healthy diets with reduced environmental impact? – The*

greenhouse gas emissions of various diets adhering to the Dutch food based dietary guidelines. Food Research International

van Doorslaer Benjamin, Witzk Peter, Huck Ingo, Weiss Franz, Fellmann Thomas, Salputra Guna, Jansson Torbjörn, Drabik Dusan & Leip Adrian (2015). *An economic assessment of GHG mitigation policy options for EU agriculture.* European Commission Joint Research Centre

Vermont Bruno, De Cara Stéphane (2009) *How costly is mitigation of non-CO₂ greenhouse gas emissions from agriculture?: meta-analysis.* Ecological Economics

Vinnari Markus & Tapio Petri (2011) *Sustainability of diets: From concepts to governance.* Ecological Economics

Ympäristöministeriö (2016). *Euroopan unionin ilmastopoliittika* [online] Ympäristöministeriö. Saatavana World Wide Webistä: <http://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Ilmasto_ja_ilma/Ilmastonmuutoksen_hillitseminen/Euroopan_unionin_ilmastopolitiikka>

Ympäristöministeriö (2019). *Pariisin ilmastopöytäkirja* [online] Ympäristöministeriö. Saatavana World Wide Webistä: <www.ym.fi/pariisi2015>Yoshida Masatoshi (2002). *Intergenerational Pigovian Tax Systems.* The Japanese Economic Review

Wang Kuan-Min (2012). *Modelling the nonlinear relationship between CO₂ emissions from oil and economic growth.* Economics Modelling

Weiske A., Vabittsch A., Olesen J.E., Schelde K., Michel J., Friedrich R. & Kaltschmitt, M. (2005). *Mitigation of greenhouse gas emissions in European conventional and organic dairy farming.* Agriculture, Ecosystems and Environment

Westhoek Henk, Lesschen Jan Peter, Rood Trudy, Wagner Susanne, De Marco Alessandra, Murphy-Bokern Donal, Leip Adrian, van Grinsven Hans, Sutton Mark A. & Oenema Oene (2014). *Food choices, health and environment: Effects of cutting Europe's meat and dairy intake*. Global Environmental Change

Wirsenius Stefan, Azar Christian & Berndes Göran (2010). *How much land is needed for global food production under scenarios of dietary changes and livestock productivity increases in 2030?* Agricultural Systems