

Tietoa luomuruoan ympäristövaikutuksista

Sari Iivonen, Venla Kyttä, Merja Saarinen, Pirjo Kivijärvi ja Ilkka Leinonen

Luonnonvarakeskus Luke

Sisältö

1. Ruoan ympäristövaikutukset	2
1.1. Ruoantuotannon ympäristövaikutukset maataloudessa	2
1.1.1. Ilmastovaikutukset	2
1.1.2. Vesistövaikutukset	3
1.1.3. Vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen	4
1.2. Elinkaariarviointi tuotteiden ympäristövaikutuksien arviointimenetelmänä	5
1.2.1. Periaatteet	5
1.2.2. Elinkaariarvioinnin edut ja haasteet	6
1.2.3. Miten elinkaariarvioinnin tuloksia tulkitaan?	7
2. Luomutuotanto ruoantuotantotapana – ominaispiirteet	9
2.1. Luomu on sertifioitu tuotantotapa, jota valvotaan	9
2.2. Miten luomu eroaa uudistavasta viljelystä?	11
2.3. Luomun tavoitteena on niukkojen resurssien säästeliäs käyttö	12
3. Luomutuotteiden ympäristövaikutukset tutkimustiedon valossa	12
3.1. Ympäristövaikutuksia voidaan tarkastella eri näkökulmista	12
3.2. Esimerkkituotteiden ympäristövaikutuksista	15
3.2.1. Naudanliha ja maito	17
3.2.2. Kananmuna	19
3.2.3. Viljat ja palkokasvit	20
3.2.4. Kasvikset, hedelmät ja kahvi	21

1. Ruoan ympäristövaikutukset

1.1. Ruoantuotannon ympäristövaikutukset maataloudessa

1.1.1. Ilmastovaikutukset

Ilmastovaikutuksilla tarkoitetaan ilmastoamme lämmittävien kasvihuonekaasupäästöjen syntymistä ja vapautumista ilmakehään. Kasvihuonekaasuja ovat hiilidioksidi (CO_2), metaani (CH_4) ja dityppioksidi (N_2O). Meillä on yhteinen ilmakehä ja ilmakehässämme kasvihuonekaasut siirtyvät yli valtioiden rajojen. Siksi ilmastovaikutukset ovat luonteeltaan globaaleja.

Suurin osa ruuan ilmastovaikutuksista syntyy tuotantoketjun alkupäässä maatiloilla. Myöhempien elinkaaren vaiheiden, kuten prosessoinnin ja kuljetusten, osuus on yleensä vähäinen. Suurimpia kasvihuonekaasupäästöjen lähteitä maatiloilla ovat eläinten lannan ja lannoitteiden aiheuttamat dityppioksidipäästöt sekä märehitijöiden ruuansulatuksesta vapautuvat metaanipäästöt. Tuotantopanoksilla on myös suuri merkitys, sillä lannoitteiden valmistus on myös yksi merkittävimpiä päästölähteitä. Erityisesti typpilannoitteiden tuotanto ja kuljetus kuluttaa paljon energiaa synnyttäen samalla ilmastopäästöjä. Suomeenkin tuodaan merkittäviä määriä typpilannoitteita ja niiden valmistuksesta käytettävää ammoniakkia (Järvenranta ym. 2022).

Maailmanlaajuisesti merkittävä kasvihuonekaasupäästöjen lähde on metsän raivaaminen pelloksi. Vaikka Suomessa maankäytön muutosta tapahtuu verrattain vähän, on meilläkin otettu tavoitteeksi vähentää pellonraivausta kansallisten ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi. Peltomaiden laadulla on myös merkitystä kasvihuonekaasupäästöihin. Turvemaiden kasvihuonekaasupäästöt ovat moninkertaisia verrattuna kivennäismaiden päästöihin. Turvemaiden ilmastokestävän viljelyn kehittäminen onkin tunnistettu yhdeksi keskeiseksi maatalouden ilmastokestävyyttä edistäväksi toimeksi Suomessa. Nämä tavoitteet koskevat myös luomutuotannossa olevia turvepeltoja.

Ilmastovaikutuksia voidaan tarkastella tuotantopinta-alaa kohden tai vaihtoehtoisesti elinkaariarvioinnille tyypillisesti tuoteyksikköä kohden. Keskimääräisesti esimerkiksi eri viljojen ilmastovaikutukset ovat samaa suuruusluokkaa pinta-alaa kohden, koska pellolla tehtävät viljelytoimenpiteet ovat eri viljojen tuotannossa saman tyyppisiä ja lannoitustarve ei eroa suuresti viljalajien välillä. Toisin kuin typpeä sitovien palkokasvien, kuten esimerkiksi herneen, ja viljojen välillä. Eri viljojen satoeroista johtuen ilmastovaikutukset tuotettua kiloa kohden kuitenkin vaihtelevat. Tarkemmin tarkastellen, erot käytetyissä tuotantopanoksissa

eri tilojen välillä tai jopa erot vuosittaisissa säiden aiheuttamissa satoeroissa voivat tuottaa eroja vaikutuksissa tuotettua kiloa kohden sekä vuosien että viljojen välillä. Viljojen vaikutukset eroavat myös muiden kasvituotteiden ilmastovaikutuksista erilaisen viljelytavan, panoskäytön ja erisuuruisten satotasojen takia.

Eläintuotteiden ilmastovaikutus syntyy suurelta osin rehujen tuotannosta, jolloin olennaista on rehuntuotannon tehokkuuden lisäksi se, kuinka tehokkaasti eläin muuntaa kuluttamansa rehun lihaksi, maidoksi, tai kananmuniksi. Esimerkiksi broilerin rehuhyötysuhde on verrattain korkea, minkä johdosta myös broilerinlihan ilmastovaikutus on matalampi kuin sian- ja naudanlihan. Naudanlihan ja maidon tuotannossa merkittävä päästöjen lähde on rehujen tuotannon lisäksi niiden ruuansulatuksesta vapautuva metaani, joka muodostaa noin puolet naudanlihan hiilijalanjäljestä.

1.1.2. Vesistövaikutukset

Etenkin ruuan osalta vesistöjä rehevöittävä vaikutus on olennainen ympäristövaikutus. Se aiheutuu typen ja fosforin ravinnepäästöistä pelloilta. Rehevöityminen muuttaa vesiekosysteemien lajistoa ja voi aiheuttaa happikatoa. Suurin osa ruuan elinkaarisista ravinnepäästöistä aiheutuu maataloilla teollisten lannoitteiden ja lannan ravinteiden huuhtoutumisen myötä. Fosfori on kasvinravinne, joka sitoutuu tiukasti maahiukkasiin ja sitä huuhtoutuu vesistöihin kiintoaineen mukana eroosion seurauksena. Myös kalan kasvatuksesta voi aiheutua suurtakin pistemäistä ravinnekuormitusta vesistöihin.

Ravinteiden lisäksi myös erilaisten maatalouskemikaalien, kuten kasvinsuojeluaineiden, jäämiä päätyy maaperän lisäksi vesistöihin, minkä kautta ne vaikuttavat useisiin eliölajeihin. Niitä voi päätyä myös satokasveihin. Kemikaalijäämien pitoisuuksille eri kohteissa onkin asetettu raja-arvoja ja kansalliset viranomaiset valvovat jäämien pitoisuuksia sekä elintarvikkeissa että ympäristössä. Luomuelintarvikkeille on asetettu samat raja-arvot kuin tavanomaisille tuotteille sillä poikkeuksella, että luomutuotteista ei saa löytyä luomulainsäädännön vastaisia tuotejäämiä.

Vesistövaikutukset ovat luonteeltaan paikallisempia, sillä ne kohdistuvat peltojen läheisiin vesistöihin, järviin, jokiin, puroihin ja valuma-alueiden läpi virrattuaan myös laajemmille vesistöalueille. Suomessa Saaristomeren valuma-alue on yksi maatalouden pitkään kuormittama vesistöalue, johon kohdistuvaa ravinnekuormitusta on pyritty vähentämään monien eri toimenpiteiden avulla. Pintavesien lisäksi meillä on erityisiä vesistökohteita, kuten arvokkaita lähteitä ja pohjavesialueita, joiden kuormitusta on pyrittävä minimoimaan.

1.1.3. Vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen

Luonto ja luonnonprosessit ovat elintärkeitä meille ihmisille, sillä elämämme on riippuvaista puhtaan veden ja ravinnon saatavuudesta sekä happirikkaasta hengitysilmastasta. Meitä kaikkialla ympäröivä luonto tuottaa monimutkaisien ja keskenään vuorovaikutuksessa toimivien ekosysteemien luonnonprosessien avulla meille elintärkeitä ekosysteemipalveluita. Sen lisäksi, että kaikki luonnon ekosysteemien lajit ovat lähtökohtaisesti arvokkaita sinänsä, luonnon monimuotoisuutta tarvitaan ekosysteemipalveluiden tuotantoon, kuten ruokakasvien pölytykseen tai orgaanisen aineksen hajotukseen maassa.

Maatalousekosysteemeissä luonnonprosessit on valjastettu palvelemaan ihmisen tarpeita ja lähtökohtaisesti niissä on mahdotonta välttää haitallisia vaikutuksia luonnonvaraisiin eliöihin ja luontotyyppeihin, koska maatalousekosysteemit ovat korvanneet, ja paikoin yhä korvaavat luonnon ekosysteemejä. Maatalousympäristössä luonnon monimuotoisuus eli biodiversiteetti syntyy ihmisen, kotieläinten ja luonnon vuorovaikutuksessa. Se koostuu tuotannollisesta monimuotoisuudesta sekä tuotannon oheisesta monimuotoisuudesta. Biodiversiteettiä voi tarkastella lukuisilla eri tasoilla, kuten geneettisen, laji- sekä luontotyyppien ja ekosysteemien monimuotoisuuden tasoilla.

Tuotannolliseen monimuotoisuuteen kuuluu viljelykasvien ja kotieläinten geneettinen monimuotoisuus ja lajimonimuotoisuus sekä tuotantoekosysteemien monimuotoisuus. Tuotannon oheinen monimuotoisuus käsittää kaiken muun maatalousympäristön biodiversiteetin, esimerkiksi viljelykasvien pölyttäjät, tuholaiset ja niiden luontaiset viholliset, maatalousympäristön linnuston, sekä peltomaiseman viljelemättömien alueiden kuten piennarten ja pellon ja metsän reunavyöhykkeiden eliöyhteisöt. Tämä biodiversiteetti on pääosin maataloustuotantoa palvelevaa tai neutraalia, mutta voi olla osittain myös tuotannolle haitallista. Luomutuotannossa pyritään lisäämään ja hyödyntämään tuotantoa palvelevaa monimuotoisuutta maan kasvukunnon hoidon, pölytyksen ja kasvinsuojelun tukena.

Maataloustuotannon monimuotoisuusvaikutukset ovat kytköksissä tuotantosuuntiin ja tuotantotapoihin. Maatalousekosysteemeissä elää paljon maanpäällä ja maaperässä esiintyviä lajeja, jotka ovat vuorovaikutuksessa keskenään. Lajit reagoivat eri tavoin niiden elinympäristöön kohdistuviin häiriöihin ja siksi vaikutukset eri eliöryhmiin eivät ole samansuuruisia tai edes aina samansuuntaisia. Haitallisia vaikutuksia tapahtuu pelloilla viljelytoimien takia, mutta myös maisemarakenteella ja sen tarjoamilla ravinto- ja lisääntymisresursseilla on merkitystä monien lajien menestymiselle. (Iivonen ym. 2023a)

Viljelymaiseman ja viljelyn yksipuolistuminen, kasvinsuojeluaineiden runsas käyttö, laiduntamisen väheneminen ja voimakas maanmuokkaus heikentävät monien lajien elinolosuhteita. Vastaavasti viljelyvalikoimaa monipuolistamalla ja häiriöitä kuten maanmuokkausta keventämällä tai kasvinsuojeluaineiden käyttöä vähentämällä voidaan lisätä luonnonvaraisten eliöiden tarvitsemia resursseja ja vähentää niihin kohdistuvia stressitekijöitä.

Luomutuotannossa toteutuu jo monet maatalousympäristön monimuotoisuutta tukevat toimet. Näitä ovat laiduntaminen, pidättäytyminen kemiallisten kasvinsuojeluaineiden käytöstä, orgaaninen lannoitus, monivuotisten nurmien viljely ja palkokasvien viljely osana monipuolista viljelykiertoa.

1.2. Elinkaariarviointi tuotteiden ympäristövaikutuksien arviointimenetelmänä

1.2.1. Periaatteet

Elinkaariarviointi (Life Cycle Assessment, LCA) on tuotteiden ympäristövaikutusten arvioimiseen kehitetty menetelmä, joka huomioi kaikki tuotteen elinkaaren aikana aiheutuvat ympäristövaikutukset raaka-aineiden tuotannosta tuotteen käytön jälkeiseen kierrätykseen tai jätteen käsittelyyn asti. Erilaiset elinkaariarvioinnin avulla tuotetut merkinnät ovatkin yleistyneet elintarvikkeiden kestävyysvertailuissa.

Ruokatuotteiden elinkaariarviointi kattaa tyypillisesti maatalouden tuotantopanosten, kuten lannoitteiden ja polttoaineiden, tuotannon, maatilalla syntyvät päästöt, tuotteiden jatkojalostuksen sekä raaka-aineiden ja tuotteiden pakkaukset, varastoinnin ja kuljetukset eri vaiheissa tuotantoketjua. Usein myös esimerkiksi ruoanvalmistus ja ruokahävikki tuotteen kulutusvaiheessa sisällytetään elinkaariarviointiin. Nämä rajaukset ovat kuitenkin tapauskohtaisia ja ne ilmoitetaan aina elinkaariarvioinnin raportoinnissa. Elinkaariarvioinnin menetelmä on ISO-standardoitu ja sitä käytetään hyvin yleisesti.

Hiilijalanjälki, eli tuotteen ilmastovaikutuksen arvioiminen, on nykyisin yleisin elinkaariarvioinnin sovellus, vaikka se jättää huomiotta muut tuotteen elinkaariset ympäristövaikutukset. Tämä seikka on hyvin tärkeää tiedostaa hiilijalanjäljen osalta.



Kuva. 1. Elinkaariarvioinnissa huomioidaan kaikki tuotteen elinkaaren aikana aiheutuvat ympäristövaikutukset raaka-aineiden tuotannosta tuotteen käytön jälkeiseen kierrätykseen tai jätteiden käsittelyyn asti. Kuva: Luonnonvarakeskus.

1.2.2. Elinkaariarvioinnin edut ja haasteet

Elinkaariarvioinnin etu on tuotteen tuotannon ja kulutuksen kaikkien vaiheiden, eli koko elinkaaren, sisällyttäminen tarkasteluun. Tämä antaa kokonaiskuvan tuotteiden ympäristövaikutuksista ja mahdollistaa eniten ympäristövaikutuksia aiheuttavien elinkaaren vaiheiden tunnistamisen. Näin ollen tulokset auttavat mm. kohdistamaan toimenpiteitä niihin vaiheisiin, joissa ympäristövaikutuksen vähennyspotentiaali on suurin. Lisäksi elinkaariarvioinnin avulla voidaan vertailla erilaisia vaihtoehtoisia toimenpiteitä ja näin ollen testata, miten erilaiset kehitystoimenpiteet eri vaiheissa vaikuttaisivat tuotteen lopullisiin ympäristövaikutuksiin. Tuotettu tieto on hyödyllistä esimerkiksi tuotteiden valmistajille, jotka haluavat kehittää tuotantoaan, sekä kuluttajille, jotka haluavat vähentää kulutuksensa ympäristövaikutuksia. Tuotteiden elinkaariarvioinnit mahdollistavat eri tuotteiden ympäristövaikutusten vertailun keskenään.

Elinkaariarvioinnin kattavuus aiheuttaa myös haasteita, sillä usein yksityiskohtaista tietoa ei välttämättä ole saatavilla koko tuotantoketjun osalta. Usein puutteellisia tietoja joudutaan täydentämään tietokannoista tai aiemmista tutkimuksista, jolloin ne eivät välttämättä täysin vastaa kulloinkin arvioitavaa tuotantoketjua. Tiedon saatavuus voi myös rajoittaa sitä, mitä kaikkia ympäristövaikutuksia pystytään arvioimaan. Esimerkiksi hiilijalanjäljen laskemiseen

vaadittavaa tietoa on melko kattavasti saatavilla, kun taas biodiversiteettivaikutukset ovat huomattavasti haastavampia arvioida.

Vaikka elinkaariarviointi on standardoitu menetelmä, sitä voidaan soveltaa eri tavoilla, mikä lisää tuloksiin liittyvää epävarmuutta erityisesti, jos eri tuotteita verrataan toisiinsa.

Elinkaariarvioinnin tulosten vertailtavuutta pyritään kuitenkin parantamaan menetelmän harmonisoinnilla ja esimerkiksi EU-tasolla kehitetään jatkuvasti harmonisointiohjeistusta eri tuoteryhmien elinkaariarviointia varten.

Luomutuotteiden ja tavanomaisten tuotteiden vertailuun elinkaariarvioinnin menetelmien avulla liittyy toistaiseksi vielä paljon epävarmuuksia, sillä nykyisin käytössä olevat elinkaariarvioinnin menetelmät on kehitetty tavanomaisen tuotannon lähtökohdista käsin ja ne eivät pysty huomioimaan ekosysteemipalveluita, joita erityisesti luomutuotanto ylläpitää (Boone ym. 2019, van der Werf 2020). Tarvitaan myös lisää primääridataa ja parempia laskentamalleja kuvaamaan luomutuotantoa, jotta elinkaariarvioinnin menetelmät pystyisivät tarkemmin ja realistisemmin kuvaamaan luomutuotannon ympäristövaikutuksia.

1.2.3. Miten elinkaariarvioinnin tuloksia tulkitaan?

Elinkaariarviointi kertoo tuotteen elinkaaren aikana aiheutuneiden päästöjen ja kulutettujen resurssien negatiivisista vaikutuksista ympäristöön, niinpä tuloksia tulkittaessa pienempi arvo tarkoittaa aina pienempää ympäristövaikutusta. Elinkaariarvioinnin erityispiirteenä on, että aiheutetut ympäristövaikutukset kohdistetaan tuotteille, jolloin tuotantojärjestelmän tuotantovolyymi tulee myös otetuksi huomioon. Käytännössä se tarkoittaa sitä, että ympäristövaikutukset ilmoitetaan aina jotakin (tuotettua) yksikköä kohden.

Tuo yksikkö, jota kutsutaan toiminnalliseksi yksiköksi, toimii myös eri tuotteiden välisen vertailun perustana ja sen on tarkoitus kuvata tuotteen toiminnallisuutta eli tehtävää, jota varten tuote on olemassa. Ruokatuotteiden kohdalla toiminnallisuuden kuvaaminen asettaa kuitenkin haasteita, koska ruoan toiminnallisuus on melkoisen moniulotteinen. Sen takia ruokatuotteiden elinkaariarvioinneissa yksikkönä käytetään useimmiten kiloa tai muuta massaperusteista yksikköä. Viime aikoina on kuitenkin kehitetty myös toiminnallisia yksiköitä, jotka pyrkivät kuvaamaan tuotteiden ravitsemuksellista laatua tai ravintoainesisältöä. Yksinkertaisimmillaan ravitsemuksellinen toiminnallinen yksikkö voi olla esim. 100 kcal tai 1 g proteiinia, kun taas useiden ravintoaineiden samanaikainen huomioonottaminen voi perustua esimerkiksi erilaisten ravintoaineindeksien käyttämiseen. Kun tuotteiden ympäristövaikutuksia vertaillaan ravitsemus huomioiden,

ravintoainerikkaiden ruokien ympäristövaikutukset laskevat suhteessa ravintoköyhiin ruokiin. Tämä johtuu siitä, että ravintoaineköyhiä ruokia tulee kuluttaa määrällisesti enemmän päivittäisten ravintoaineiden saannin täyttämiseksi, jolloin myös ympäristövaikutukset kasvavat. Nämä menetelmät eivät ole vielä vakiintuneita, mutta luultavasti ne tulevat yleistymään, koska ruoan ravitsemuksellinen tehtävä on niin tärkeä ja moninainen. Lisäksi ravitsemus on osa kestävyyttä ja vastuullisuutta siinä missä ympäristövaikutusten vähentäminenkin, joten niiden samanaikainen huomioonottaminen on hyvinkin perusteltua.

Ympäristövaikutusluokkia on useita erilaisia ja useimmiten ne kuvaavat erityyppisten päästöjen potentiaalista vaikutusta eri kohteisiin ympäristössä. Esimerkiksi kasvihuonekaasupäästöt vaikuttavat ilmaston lämpenemiseen ja ravinnepäästöt vesistöjen rehevöitymiseen. Ympäristövaikutuksia laskettaessa kaikki kyseiseen vaikutusluokkaan osallistuvat päästöt yhteismitallistetaan käyttämällä karakterisointikertoimia, jotka kuvaavat kunkin päästön aiheuttaman ympäristövaikutuksen suhteellista voimakkuutta. Esimerkiksi ilmastovaikutusta mitataan hiilidioksidiekvivalentteina, mikä tarkoittaa, että jokainen kasvihuonekaasupäästö on kerrottu karakterisointikertoimella, joka vastaa kyseisen kaasun ilmastoa lämmittävää vaikutusta suhteessa hiilidioksidiin. Hiilidioksidin kerroin on näin ollen yksi ja esimerkiksi maataloudessa yleisesti syntyvien metaanin 27 ja dityppioksidin 273. Metaanin ja dityppioksidin lämmittävä vaikutus on siis moninkertainen verrattuna hiilidioksidiin.

Ilmastovaikutuksen laskentamenetelmä on yksi eniten käytetyistä vaikutusluokista ja tietoa eri tuotteiden ilmastovaikutuksista on saatavilla melko kattavasti. Sen sijaan, esimerkiksi biodiversiteettivaikutusten arviointi on huomattavasti haastavampaa ja uusia arviointimenetelmiä kehitetään jatkuvasti. Niinpä biodiversiteettiarviointien tulokset vaihtelevat riippuen käytetystä laskentamenetelmästä, eikä eri tutkimuksissa saatuja tuloksia voi yleensä verrata toisiinsa.

Myös ympäristövaikutusten paikkasidonnaisuus vaihtelee vaikutuskategorian mukaan. Ilmastovaikutuksen synnylle ei ole merkitystä missä kasvihuonekaasupäästöt syntyvät, sillä vaikutus koko maailman ilmastoon on lopulta sama, mutta esimerkiksi rehevöittävien päästöjen ja luonnon monimuotoisuuden vähenemisen vaikutukset kohdistuvat paikallisesti sinne, missä päästöt syntyvät. Näin ollen tuontituotteiden osalta ympäristövaikutukset voivat ilmetä hyvinkin kaukana niiden käyttöpaikasta.

2. Luomutuotanto ruoantuotantotapana – ominaispiirteet

2.1. Luomu on sertifioitu tuotantotapa, jota valvotaan

Luomu on EU-lainsäädännöllä määritelty ruuan tuotantotapa, joka EU:n yhteisessä luomuasetuksessa esitetyn määritelmän mukaan yhdistää ympäristön kannalta parhaat tuotantotavat, korkeat vaatimukset eläinten hyvinvoinnille sekä kuluttajien toiveet korkealaatuisista ja luonnollisista tuotteista.

Luomu poikkeaa tavanomaisesta maataloustuotannosta siten, että se perustuu EU:n yhteisen luomuasetuksen määrittelemiin tuotantosääntöihin. Suomessa luomutuottajat ja luomutuotteita jalostavat yritykset ovat sitoutuneet Ruokaviraston koordinoimaan luomuvalvontaan. Viranomaiset, Ruokavirasto, alueiden ELY-keskukset ja Valvira vastaavat luomuvalvonnan toteutuksesta Suomessa.

Luomun tuotantosääntöjen mukaan esimerkiksi synteettisten kasvinsuojeluaineiden ja väkilannoitteiden käyttö ei ole sallittua, luomukotieläimet ulkoilevat ja laiduntavat ja niitä ruokitaan luomurehuilla. Muuntogeeniset (geenitekniikan menetelmin muutettu perimä tai ominaisuus) kasvit ja elintarvikevalmistuksessa käytetyt aineet ovat kiellettyjä luomutuotannossa. Raaka-aineiden jalostusvaiheessa luomusäännöt rajaavat lisäaineiden ja jalostuksen apuaineiden käyttöä vain elintarvikkeiden turvallisuuden kannalta välttämättömiin tavoitteena säilyttää raaka-aineiden luontaisia ominaisuuksia. Esimerkiksi keinotekoisten makeutusaineiden, värien ja aromien käyttö ei ole luomuelintarvikkeissa sallittua. Luomun tuotantosäännöt määrittelevät tuotantotapaa ja edellyttävät jäljitettävyyttä koko ruokaketjussa raaka-aineen tuotannosta jalostukseen ja markkinointiin asti.

EU:n luomumerkillä varustettu elintarvike on aina tuotettu luomuhjeiden mukaan ja tuotannossa on käytetty vain luomutuotannossa sallittuja tuotantopanoksia ja lisäaineita. Luomutuotteissa sallitut lisäaineet ja niiden käyttötarkoitus on määritelty tarkkaan (L253/38, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R1165>). Maatalousperäisten raaka-aineiden on oltava pääsääntöisesti luonnonmukaisesti tuotettuja. Tiettyjä tavanomaisesti tuotettuja ainesosia voidaan poikkeuksellisesti ja vähäisissä määrin käyttää luomutuotteissa. Tällaiset ainesosat on lueteltu toimeenpanoasetuksen liitteessä tai ne voivat olla ainesosia, joille on saatu poikkeuslupa Ruokavirastolta. Näiden tavanomaisesti tuotettujen ainesosien yhteenlaskettu määrä saa kuitenkin olla enintään 5 %. Sama koskee myös ulkomailta Suomeen tuotuja luomuelintarvikkeita (täytäntöönpanoasetus (EU) 2021/1165, liite V B).

Luonnosta kerätyt tuotteet, kuten metsämarjat, sienet, villiyrtilit ja koivunmahla ovat luomutuotteita vain silloin, kun ne on kerätty luomusertifioituilta keruualueilta. Tahon, joka hakee keruualueen luomusertifiointia (esim. metsänomistaja), on liityttävä luomuvalvontajärjestelmään sekä myös yritysten, jotka ostavat ja jalostavat luomukeruutuotteita. Suomen luomukeruuala on yksi maailman suurimmista, vuonna 2021 se oli 6,9 milj. hehtaaria. Luomukeruualueeksi voi sertifioida metsiä, soita, peltoja, pientareita ja luonnonlaitumia.

Riistaeläimet ja villikalat eivät voi olla luomua. Ainoastaan kasvatettu kala ja tarhattu riista voivat olla luomua, koska niiden tuotantoa voidaan valvoa. Tällä hetkellä markkinoilla ei ole suomalaista luomuriistaa ja -kalaa.

Luomuraaka-aineiden tuotannossa (alkutuotanto) pidetään huolta ympäristöstä sekä eläinten ja ihmisten hyvinvoinnista. Tuotannossa hyödynnetään luonnon tarjoamia palveluja, kuten ilmakehän tyypeä sitovia kasveja (herne, härkäpapu) ja kasveja vioittavien tuholaisten luontaisten vihollisten suosimista eri viljelytoimenpitein, jolloin tilan ulkopuolelta ostettavien tuotantopanosten käyttö on mahdollisimman vähäistä. Viljelykasvien lannoittamiseen ja kasvinsuojeluun käytetään ainoastaan eloperäisiä ja luonnosta peräisin olevia luomussa sallittuja tuotteita, jotka hajoavat maaperässä. Ruokavirasto ylläpitää luonnonmukaisessa tuotannossa sallittujen lannoitus- ja maanparannusaineiden sekä kasvinsuojeluaineiden listaa. Kasvien lannoittamiseen käytetään myös karjanluntaa ja viherlannoitusta, jolloin pellolla kasvanut nurmi muokataan maahan lisäämään peltomaan ravinteita seuraavaa satokasvia varten. Luomutuotanto ei aiheuta viljely-ympäristölle, elintarvikkeille, eläimille ja ihmisille kemikaalikuormaa.

Kotieläintuotannossa eläimille on luotava mahdollisuus käyttäytyä lajinmukaisesti. Luomukanalat ovat lattiakanaloita, joissa on muun muassa orret ja munintapesät sekä enemmän tilaa kuin tavanomaisissa lattiakanaloissa. Luomusikaloissa emakot porsivat ja imettävät vapaina ilman emakkohäkkiä. Luomunaudat elävät pääsääntöisesti pihattonavetoissa, joissa ne voivat liikkua vapaasti. Kaikki luomueläimet pääsevät ulos sääolosuhteiden ja eri vuodenaikojen antamien mahdollisuuksien mukaan. Naudat ja lampaat laiduntavat pitkän laidunkauden ajan. Siipikarja pääsee ulkotarhaan toteuttamaan lajinmukaista käyttäytymistään, kuopsuttamaan ja tonkimaan maata.

2.2. Miten luomu eroaa uudistavasta viljelystä?

Uudistava eli regeneratiivinen viljely on noussut viime vuosina keskusteluun yhdeksi tuotantomenetelmäksi. Uudistavan viljelyn keskeisenä tavoitteena on parantaa maan kasvukuntoa, esimerkiksi lisäämällä orgaanisen aineen määrää, ja samalla hiilen määrää, maassa sekä vähentää nykyisenkaltaisen maataloustuotannon haittoja maatalousekosysteemille.

Uudistavalla maataloustuotannolla ei toistaiseksi ole laajasti käytössä valvottua sertifiointijärjestelmää kuten luomutuotannolla, mikä tekee uudistavan maatalouden tuotantoperiaatteiden tulkinnasta hyvin laveaa. Uudistavaa viljelyä ei ole myöskään pystytty määrittelemään yksiselitteisesti. Tavoitteena on kuitenkin monin eri toimin pyrkiä parantamaan maan kasvukuntoa ja maatalousympäristön tilaa.

Uudistavassa viljelyssä on paljon samoja elementtejä kuin luomutuotannossa, mutta toisaalta vaativimmillaan uudistava tuotanto voi myös edellyttää luomusertifiointia, jolloin puhutaan uudistavasta luomutuotannosta, kuten ROC - standardissa (<https://regenorganic.org/becoming-regenerative-organic-certified/>).

Eurooppalainen luomujärjestö IFOAM Organics Europe on tuoreessa raportissaan tarkastellut uudistavan ja luomuviljelyn eroja (https://www.organicseurope.bio/content/uploads/2023/02/IFOAMOE_PositionPaper_RA_f inal_202302.pdf?dd). Uudistavan viljelyn menetelmät, kuten viljelykierto, kerääjäkasvien käyttö, orgaaniset lannoitteet ja laidunnus ovat jo pitkälti käytössä luomuviljelyssä. Euroopassa, mukaan lukien Suomi, uudistavan viljelyn menetelmiä otetaan käyttöön tavanomaisessa tuotannossa, mutta soveltuvien osien myötä myös luomutuotannossa mm. peltomaiden kasvukunnon, ravinteiden paremman hyödyntämisen, monimuotoisuuden ylläpidon ja tuotannon kannattavuuden parantamiseksi.

Suomalaisessa tuotannossa selkeänä erona luomutuotannon ja uudistavan tuotannon välillä voidaan pitää sitä, että uudistavassa viljelyssä pyritään hyvin vähäiseen maanmuokkaukseen, kun taas luomussa kestorikkakasvien torjunta perustuu pääasiassa erilaisiin maanmuokkausmenetelmiin. Uudistavassa viljelyssä rikkakasvien ja tuholaisien torjuntaan voidaan käyttää kemiallisia torjuntavalmisteita, toisin kuin luomussa.

Keskeinen ero luomun ja uudistavan viljelyn välillä on Euroopassa se, että luomutuotteiden pitää olla tuotantosääntöjen mukaan tuotettuja. Luomutuotanto on aina kolmannen

osapuolen valvomaa, jolla varmistetaan tuotantotapamerkintöjen luotettavuus, sekä toimijoiden yhdenmukainen kohtelu ja reilu kilpailu markkinoilla. Uudistavalle viljelylle ei ole olemassa sääntöjä, eikä myöskään termin käytölle elintarvikkeiden markkinoinnissa ole toistaiseksi sääntöjä.

2.3. Luomun tavoitteena on niukkojen resurssien säästeliäs käyttö

Luonnonmukaisen kasvinviljelyn perusta on hyvin hoidetussa maassa. Pelloilla noudatetaan viljelykiertoa, mikä ylläpitää eloperäisen aineen määrää maassa. Viljelyssä käytetään myös eloperäisiä lannoitteita (ml. karjanlanta) ja maanparannusaineita, mitkä parantavat maan kasvukuntoa. Useiden tutkimusten mukaan maan eloperäisen aineen määrä on korkeampi luomutiloilla kuin tavanomaisilla tiloilla. Paljon eloperäistä ainesta sisältävä maa pidättää vettä ja ravinteita vähentäen ravinteiden huuhtoutumista ja riskiä pohjaveden pilaantumiselle ja vesistöjen rehevöitymiselle. Maan paremman vedenpidätyksen myötä myös viljeltävien kasvien kastelutarve vähenee. Vaikka meillä ei ole puhtaasta kasteluvedestä vielä pulaa, on ilmastonmuutoksen myötä havahduttu globaalisti puhtaan veden määrän vähenemiseen ja laadun heikkenemiseen, joten meidän on pyrittävä viljelyssä kaikin tavoin veden kulutuksen vähentämiseen ja veden laadun ylläpitämiseen.

3. Luomutuotteiden ympäristövaikutukset tutkimustiedon valossa

3.1. Ympäristövaikutuksia voidaan tarkastella eri näkökulmista

Ilmastovaikutus on globaali vaikutus, jossa päästölähteen sijainnilla ei ole merkitystä vaikutuksen synnylle. Kaasut sekoittuvat ilmakehässä ja aiheuttavat globaalia ilmastovaikutusta. Rehevöittävät vaikutukset vesistöön ja monimuotoisuusvaikutukset ilmenevät sen sijaan paikallisesti tai alueellisesti. Tuotantopinta-alaa kohden laskettu kuormitus kertoo meille paikalliseen ekosysteemiin kohdistuvasta kuormituksesta, kun taas tuoteyksikköä laskettu kuormitus huomioi myös tuotetun ruoan määrän ja on tärkeää globaalin ruoantuotannon kestävyys ja ruokaturvan näkökulmasta. Siksi molemmilla tarkastelutavoilla on paikkansa ruoantuotannon kestävyttä arvioitaessa.

Luomutuotannossa syntyy vähemmän ilmastoa lämmittäviä kasvihuonekaasupäästöjä silloin kun asiaa tarkastellaan tuotantopinta-alaa kohden (Smith ym. 2019), mutta tuotetun ruoan

määrä jää luomussa yleensä selvästi alhaisemmaksi. Koska luomutuotannon sato- ja tuotostasot ovat Euroopassa tyypillisesti alhaisempia kuin tavanomaisessa tuotannossa, tasoittuu luomutuotannon keskimääräinen ilmastovaikutus tuoteyksikköä kohden tarkasteltuna keskimäärin samalle tasolle kuin tavanomaisessa tuotannossa (Tuomisto ym. 2012). Luomun satotasoissa on kuitenkin suuria eroja ja osittain siksi myös tuotteiden välille syntyy eroja. Esimerkiksi Etelä-Euroopassa tuotetut luomusitruunat, subtrooppiset hedelmät tai oliivit ovat osoitettu olevan tuoteyksikköäkin kohden laskettuna ilmastoystävällisempiä kuin tavanomaisesti tuotetut (Aguilera ym. 2015). Tuotantotapojen vertailussa paikallisilla tuotantomenetelmillä ja tuotanto-olosuhteilla on keskeinen rooli ja siksi tuloksia on vaikeaa yleistää.

Ruoantuotannon vesistövaikutukset syntyvät ravinne- ja kemikaalikuormituksesta. Typpi- ja fosforikuormitus on ravinnekuormituksessa keskeisiä ja kemikaalikuormitusta syntyy taas torjunta-aineiden käytöstä. Myös lääkejäämiä voi päätyä maaperään ja vesistöihin kotieläintuotantoketjusta. Jos tarkastellaan vesistökuormitusta tuotantopinta-alaa kohden, syntyy luomutuotannossa vähemmän vesistöihin kohdistuvaa kuormitusta kuin tavanomaisessa tuotannossa, sillä lannoitteita käytetään vähemmän, eläinten tiheys on alhaisempi ja kemiallisia torjunta-aineita ei käytetä (Mondelaers ym. 2009). Tuotettua kiloa tai muuta yksikköä kohden laskettuna erot kuitenkin tasoittuvat tuotantomuotojen välillä. Antibioottien ja muiden lääkeaineiden vähäinen käyttö ja tiukat varoajat luomutuotannossa ehkäisevät ympäristöön kohdistuvaa lääkejäämäkuormitusta.

Luomutuotannossa maan kasvukunnolla on suuri merkitys ja siksi viljelytoimissa pyritään huolehtimaan maaperän hyvinvoinnista. Maan kasvukunto rakentuu fysikaalisista, kemiallisista ja biologista tekijöistä ja niiden yhteisvaikutuksesta. Hyvässä kunnossa oleva maaperä on multavaa, siihen on sitoutunut paljon hiiltä, sen eliötoiminta on aktiivista ja maan rakenne on riittävän huokoinen mahdollistaen juuriston kasvun ja hyvän vesitalouden ylläpidon. Hyväkuntoinen maa ei myöskään ole eroosioherkkä ja kestää hyvin rankkasateita ja kuivuusjaksoja. Tämä on tärkeää vesistökuormituksen hillinnän ja satovarmuuden kannalta.

Maan kasvukunnon hoidon kannalta luomutuotannon menetelmistä monivuotisten nurmien viljely, monipuolinen, ilmakehän tyypeä sitovia, typpiomavaraisia palkokasveja sisältävä viljelykierto ja orgaanisten lannoitteiden käyttö ovat tärkeitä toimia. Luomupelloilla on mitattu yleisesti suurempia maan hiilipitoisuuksia, mikä kertoo maaperän kyvystä varastoida hiiltä ja ylläpitää maan kasvukuntoa (Gattinger ym. 2012, Tuomisto ym. 2012).

Luomutuotannon yhtenä vahvuutena on pidetty maatalousluonnon monimuotoisuuden ylläpitoa. Useat laajat tutkimuskatsaukset ovat tuoneet esille luomutuotannon positiivisia

monimuotoisuusvaikutuksia Suomea lauhkeammilla viljelyalueilla (Tuck ym. 2014, Sanders & Hess 2019, Lichtenberg ym. 2017, Pfiffner & Stöckli 2023). Numeerisia arvioitakin on annettu ja luomutuotannon on todettu lisäävän monimuotoisuutta 30 %:lla tavanomaiseen tuotantoon verrattuna (Tuck ym. 2014). Luomutuotannon positiiviset monimuotoisuusvaikutukset riippuvat kuitenkin eliöryhmästä, tuotantosunnasta ja maankäytön intensiteetistä. Vaikutukset eivät ole kaikkien eliöryhmien osalta yhtä selkeitä ja suuria. Selkeimmin luomutuotanto hyödyttää eliöryhmiä, jotka ovat alttiita suoraan kasvinsuojeluaineille tai joiden ravintoresursseja kasvinsuojeluaineiden käyttö ja yksipuolinen viljely vähentää. Luonnonvarainen kasvillisuus ja pölyttäjähöynteiset hyötyvät selkeimmin luomutuotannosta. Joillakin lajeilla, kuten esimerkiksi päiväperhosilla taas ympäristön rakenne, kuten metsäsaarekkeet tai niittyjen läheisyys vaikuttaa enemmän kuin se millaisia viljelymenetelmiä pellolla hyödynnetään.

Suomesta tai pohjoisilta alueilta on saatavilla erittäin vähän julkaistua tietoa luomutuotannon monimuotoisuusvaikutuksista (Iivonen ym. 2023a). Saatavilla olevan tutkimustiedon valossa monimuotoisuusvaikutukset kuitenkin vaihtelevat neutraalista positiiviseen. Missään eliöryhmässä luomutuotannolla ei ole havaittu negatiivista vaikutusta monimuotoisuuteen tavanomaiseen tuotantoon verrattuna. Eniten luomutuotannosta hyötyy peltojen luonnonvarainen kasvillisuus, mikä selittyy pidättäytymisellä kasvinsuojeluaineiden käytöstä. Kasvit ovat erityisen alttiita kasvinsuojeluaineiden haittavaikutuksille, sillä niillä ei ole samanlaisia mahdollisuuksia liikkua kuten monilla muilla eliöryhmillä. Luomupelloilla luonnonvaraisilla kasveilla on paremmat edellytykset menestyä ja lisääntyä, mikä heijastuu positiivisesti lajirunsauteen ja -monimuotoisuuteen. Tutkimusten perusteella luomutuotannolla on positiivinen tai neutraali vaikutus pölyttäjiin, lintuihin, maaperän mikrobistoon ja maaperäeläimiin. Petoniveljalkaisten ja päiväperhosten lajikirjossa tai yksilömäärässä ei ole havaittu eroja tuotantotapojen välillä. Luomutuotannon hyödyt monille eliöryhmille korostuvat maatalousvaltaisessa maisemassa, ja tästä syystä vaikutukset näkynevät metsävaltaisessa Suomessa heikommin kuin intensiivisemmissä maatalousympäristöissä.

Ruotsissa on tarkasteltu luomuruoan kulutuksen lisäämisen ympäristövaikutuksia (Martin & Brandao 2017). Luomuruoan kulutuksen lisäämisellä ympäristön kemikaalikuormitus vähentyisi merkittävästi verrattuna tavanomaiseen tuotantoon. Luomuruoan kulutuksen lisääminen vähentäisi myös haitallisia vaikutuksia luonnon monimuotoisuudelle, mutta mikäli kaikki ruoka olisi luomutuotettua ja emme olisi valmiita muuttamaan kulutustottumuksiamme, lisääntyisi maan käytön tarve, ilmastovaikutukset ja vesistöjen rehevöitymisriski. Luomutuotannon lisäämisen ja maan käytön tarpeen arvioinnissa olisi hyvin tärkeää huomioida mahdollisuus ihmisten kulutustottumusten muuttaminen siihen

suuntaan, että pärjäisimme vähäisemmällä peltomaankäytöllä. Siksi huomiota pitäisi siirtää ruoan tuotantomääristä sen arvioimiseen, millainen ruokamäärä takaisi meille kaikille riittävän ja tasapainoisen ravitsemuksen, tuottamatta ylen määrin ruokaa ravitsemuksellisiin tarpeisiimme nähden. Ruoan riittävyystarkastelussa kasvispainotteisemman ruokavalion edistäminen ja ruokahävikin vähentäminen ovat keskeisiä asioita, sillä rehuntuotannolla on niin suuri merkitys peltomaan käytössä.

3.2. Esimerkkituotteiden ympäristövaikutuksista

Maito, naudanliha, kananmunat, viljat, palkoviljat, perunat ja kasvikset ovat peruselintarvikkeita, joita päätyy suurkeittiöiden ruokalistoilta luomutuotettuina. Näiden tuotteiden ilmastovaikutuksia on verrattu maailmanlaajuisessa analyysissä (Poore & Nemecek 2018) avaten ympäristövaikutusten laajaa hajontaa tuoteryhmän sisällä ja tuoteryhmien eroja. Vertailu antaa meille suuntaviivoja siitä, millaisia mittakaavaeroja eri tuotteille on ilmasto- ja muissa ympäristövaikutuksissa (Taulukko 1). Esimerkiksi pihvikarjaksi tuotetun naudanlihan kasvihuonekaasvupäästöt ovat keskimäärin 50 kg CO₂ ekvivalenttia 100 g proteiinia kohden, mutta parhailla tiloilla alle puolet siitä, 20 kg CO₂ ekvivalenttia 100 g proteiinia kohden.

Taulukko 1. Esimerkkituotteiden ilmastovaikutuksia. Taulukkoon on merkitty keskiarvo ja 10 %:n alafraktiili, jolla tarkoitetaan lukua, jonka alittaa vain 10 % tuotteista. Lähde: Poore & Nemecek 2018.

Tuote	KHK Päästöt (kg CO ₂ eq per 100 g proteiinia)	
	Keskiarvo	10 % alafraktiili
Nauta (pihvikarja)	50	20
Nauta (maitorotuinen)	17	9,1
Kananmuna	4,2	2,6
Herne	0,4	0,3
Muut palkoviljat	0,8	0,5
Viljat	2,7	1

Kestävyyden kannalta pelkästään ruuan ympäristövaikutusten tarkastelu ei riitä, sillä ruuasta tulisi saada myös riittävästi ravintoaineita. Suomalaisissa ravitsemussuosituksissa esitetty lautasmalli on hyvä lähtökohta monipuolisen ja ravitsevan aterian koostamiseen ja niinpä onkin perusteltua vertailla aterianosakohtaisesti, mistä eri vaihtoehtoista aterian eri osat voidaan koostaa. Valitsemalla proteiinin lähteistä, hiilihydraattien lähteistä ja

kasviksista ympäristöystävällisempiä vaihtoehtoja, voidaan muodostaa aterioita, jotka ovat myös ravitsemuksellisesti tasapainoisia.

Ravintoaineiden saannin huomioon ottaminen tuotteiden ympäristövaikutusten vertailussa saattaa vaikuttaa huomattavasti tuotteiden välisiin eroihin. Saarinen ym. (2017) on vertaillut proteiininlähteiden ilmastovaikutuksia suhteessa tuotteiden ravintoainesisältöön (Taulukko 2). Vertailu osoitti, että ravitsemuksellista yksikköä kohden laskettuna esimerkiksi naudanlihan ilmastovaikutus laskee, ja juuston nousee, suhteessa muihin tuotteisiin.

Taulukko 2. Esimerkkituotteiden ilmastovaikutuksia massayksikköä (100 g) ja ravitsemuksellista yksikköä (FINprot7) kohden laskettuna. Lähde: Saarinen ym. (2017).

Tuote	Ilmastovaikutus (kg CO ₂ ekv.) per 100 g	Ilmastovaikutus (kg CO ₂ ekv.) per ravitsemuksellinen yksikkö (FINprot7)
Herne, kypsä	0,020	0,003
Soijapapu, kypsä	0,062	0,004
Härkäpapu, kypsä	0,067	0,008
Silakkafile, paistettu	0,013	0,001
Ahven, paistettu	0,013	0,002
Tonnikala, säilyke	0,335	0,036
Kananmuna, keitetty	0,198	0,014
Naudanliha, paistettu	1,921	0,137
Sianliha, paistettu	0,608	0,031
Broilerinliha, paistettu	0,686	0,061
Makkara, grillattu	0,728	0,064
Juusto, rasvaa 24–27%	0,750	0,163

Ruokapalvelut suunnittelevat ruokalistoja ravitsemusnäkökulmat huomioiden. Maito, naudanliha, kananmunat, viljat, palkoviljat, perunat ja kasvikset ovat peruselintarvikkeita, joita päätyy ruokalistoilta luomutuotettuina. Seuraavissa kappaleissa tarkastellaan tutkimustiedon valossa luomutuotettujen raaka-aineiden ympäristövaikutuksia verrattuna vaihtoehtoisesti tavanomaisesti tuotettuun. Vaikka ruokapalvelut käyttävät luomuviljaa etenkin puurohiutaleina, ei meillä ole saatavilla riittävästi tietoa viljajalosteiden ympäristövaikutuksista ja tarkastelua onkin tehtävä raaka-aineen tuotannon tasolla. Raaka-aineen tuotannolla on kuitenkin keskeinen rooli ympäristövaikutuksien syntymisessä.

Vertailua lukiessa on tärkeää ymmärtää, että tutkimukset kertovat eroista, joita on havaittu tarkastelussa olevien tilojen välillä. Luomu- ja tavanomaisia tiloja on laaja kirjo vaihdellen hyvinkin paljon ympäristötoimia tekevistä tiloista tiloihin, jotka täyttävät

minimivaatimukset. Tuotanto-olosuhteilla on myös suuri vaikutus. Siksi vertailuihin tulee aina vaihtelua ja tämän vaihtelun vuoksi eri tuotantotapojen erot eivät aina ole suuria. Arviointien taustalla on myös päästömalleja ja primääridataa, joissa on vielä suuria epävarmuuksia erityisesti luomutuotannon osalta. Tämä lisää arvioinnin epävarmuutta.

3.2.1. Naudanliha ja maito

Naudanlihan – ja maidontuotannon ilmastovaikutukset syntyvät merkittävien osin rehuntuotannosta ja märehitijöiden tuottamasta metaanista, jota syntyy pötsikäymisen seurauksena. Näihin voidaan vaikuttaa jossain määrin jalostuksella ja ruokinnalla.

Suomalainen nautaketju perustuu nurmiruokintaan ja nurmirehun osuus ruokinnassa on suuri (Leino ym. 2023), ja ruokinnallisen laadun parantaminen on tärkeää ruoansulatuspäästöjen vähentämisessä. Tähän voidaan vaikuttaa nurmirehun varhaisemmalla korjuulla tai laiduntamisella (Hörtenhuber ym. 2010). Jos rehustuksen energiapitoisuutta nostetaan voimakkaasti lannoitetuilla rehuilla tai tuontirehuilla, voi ympäristökuormitus lisääntyä. Nurmipalkokasvien käyttö lisää biologista typen sidontaa ja vähentää ostolannoitteiden tarvetta. Luomutuotannossa palkokasveja on oltava kaikilla tiloilla viljelykierrossa ja monivuotiset apilanurmet ovat luomunautatiloille tyypillisiä.

Nurmiviljelyyn liittyy monia etuja. Nurmet parantavat maan rakennetta, ylläpitävät ja lisäävät maan hiilivarastoja. Nurmet sitovat tehokkaasti ravinteita ja monivuotiset nurmet vähentävät myös ravinnehuuhtoumien riskiä vesistöihin.

Ilmastovaikutuksiltaan lihakarjana kasvatetulla naudanlihalla 100 g tuotettua proteiinia kohden ilmastovaikutus on keskimäärin 50 kg CO₂ -ekvivalenttia (Poore & Nemecek 2018), mikä on yli kaksinkertainen maidontuotantoketjussa tuotettuun naudanlihaan. Maitoketjusta syntyy myös lihaa sekä lypsylehmistä että osasta vasikoista, sillä kaikista syntyvistä vasikoista ei tule lypsylehmiä. Suomessa lihaketjussa tuotetun naudanlihan ilmastovaikutus on noin 30 % korkeampi teuraskiloa kohden laskettuna kuin maitoketjussa tuotetun naudanlihaan (Hietala ym. 2022). Jauheliha on tyypillinen ruokapalveluissa käytettävä nauhanliha, joka tyypillisesti on Suomessa maitoketjussa syntyvä tuote. Jos verrataan maitorotuisen naudan lihan ilmastovaikutusta kananmunien, herneen tai muiden palkoviljojen ilmastovaikutukseen, on se niihin verrattuna moninkertainen. Herneen ja muiden palkoviljojen ilmastovaikutus on hyvin matala verrattuna muihin proteiiniilähteisiin.

Luomunaudanlihalle on saatu tavanomaista naudan lihaa alhaisempi ilmastovaikutus, joka selittyy pienemmillä tuotantopanosten päästövaikutuksilla (Tuomisto ym. 2012, Casey and

Holden 2006). Sen sijaan rehevöittävä potentiaali oli tavanomaista tuotantoa selvästi suurempi tuotekiloa kohden laskettaessa kansainvälisessä tarkastelussa (Tuomisto ym. 2012).

Maitoa kulutetaan Suomessa merkittäviä määriä juomana. Maitoa korvaavia tuotteita ovat erilaiset kasvijuomat ja vesi, joiden ympäristövaikutukset ovat yleisesti maidon vaikutuksia huomattavasti matalampia litraa kohden laskettuna. Maidon ja kaurajuoman vertailua on pyritty tekemään kaupallisten toimijoiden kiinnostuksesta Suomessakin. Tieteellistä vertailua ollaan parhaillaan tekemässä Suomessa siten, että vertailussa huomioidaan myös eri juomavaihtoehtojen ravitsemukselliset sisällöt.

Luumumaidontuotannon ympäristövaikutuksia suhteessa tavanomaiseen tuotantoon on verrattu joissain kansainväliseen aineistoon perustuvassa meta-analyysitutkimuksissa ja yksittäisissä tutkimuksissa. Meta-analyyseissä on hyödynnetty laajaa eri maista kerättyä aineistoa, joten ne eivät kerro yksittäisen tuotantomaan tilanteesta. Maidontuotannossa rehunkäyttö ja tuotostasot voivat kuitenkin erota merkittävästi riippuen tuotantotavasta. Suomessa esimerkiksi maitotuotokset ovat luomussakin eurooppalaisittain korkealla tasolla (Hietala ym. 2015), huolimatta korkeasta karkearehuvaatimuksesta.

Tuomiston ym. (2012) mukaan luomumaidontuotannon ilmastovaikutukset tuotettua litraa kohden on hieman korkeammat kuin tavanomaisessa tuotannossa, johtuen pienemmästä maitotuotoksesta. Itävallassa tehdyssä tarkastelussa luomumaito oli taas tavanomaista maitoa ilmastoystävällisempää. Luomumaidon kasvihuonepäästöt maitokiloa kohden olivat keskimäärin 11 % pienempiä kuin tavanomaisesti tuotetun maidon (Hörtenhuber ym. 2010). Vertailuissa huomioitiin maaperän hiilivaraston muutokset. Kasvihuonekaasupäästöt vaihtelivat välillä 0,90–1,17 kg CO₂-ekv tavanomaisesti tuotettua maitokiloa kohti ja 0,81 – 1,02 kg CO₂-ekv luomumaitokiloa kohti. Vertailujen haasteena on laskentamenetelmien erot, mikä vaikeuttaa tulosten yhteismitallistamista. On kuitenkin arvioitu, että suomalaisen luomumaidon hiilijalanjälki vaihtelisi 1,14–1,70 kg CO₂ ekv. per 1 kg energiakorjattua maitoa (Hietala ym. 2015). Saarisen ym. (2014) vertailussa suomalainen rasvaton luomumaito ei eronnut ilmastovaikutuksiltaan vastaavasta tavanomaisesta maidosta ja molemmilla ilmastovaikutus oli samaa suuruusluokkaa. Uudempaa tutkimusta tarvittaisiin, sillä luomulehmien keskituotokset ovat Suomessa nousseet lähelle tavanomaisen tuotannon tuotostasoja. Maidoissakin on eroja riippuen niiden rasvapitoisuudesta. Vähärasvaisilla maitotuotteilla on alhaisempi ympäristövaikutus, sillä ne sisältävät enemmän vettä kuin rasvaisemmat maitotuotteet.

Luomutuotantoon liittyy oleellisena osana laidunnus. Laidunnuksella on tutkitusti maatalousympäristön monimuotoisuutta tukevia hyötyjä. Pitkäaikainen laidun on monimuotoinen lantakasojen ja kukkivan kasvillisuuden luoma mosaiikki, mikä luo suotuisat

olosuhteet monimuotoiselle maaperän eliöstölle, pölyttäjille ja hyönteisiä ravintonaan käyttäville linnuille (Mikola ym. 2009, Santangeli ym. 2019). Luomumaidontuotannon vahvuutena ympäristönäkökulmasta katsoen voi pitää nimenomaan laidunnusta, joka toteutuu kaikilla suomalaisilla luomumaitoa ja luomunaudanlihaa tuottavilla tiloilla. Knudsen ym. (2019) nostivat luomumaidontuotannon vahvuudeksi myös tavanomaista tuotantoa selvästi alhaisemman ympäristön kemikaalikuormituksen ja positiivisemmat monimuotoisuusvaikutukset erityisesti silloin, kun tuotanto perustui mahdollisimman suurelta osin nurmiruokintaan ja laidunnukseen.

3.2.2. Kananmuna

Luomukananmunantuotannon ympäristövaikutuksia on tutkittu Italiassa (Constantini ym. 2020), Iso-Britanniassa (Leinonen ym. 2012), Ruotsissa (Cederberg ym. 2009) ja Alankomaissa (Dekker ym. 2011). Luomusiipikarjatuotannossa suurin ympäristökuormitus tulee rehuntuotannosta. Tavanomaiseen tuotantoon verrattuna luomutuotannossa rehunkulutus suhteessa tuotokseen on suurempaa eläinten hitaamman kasvun ja pidemmän eliniän takia. Kananmunantuotannossa luomumunia saadaan vähemmän suhteessa rehunkulutukseen. Luomussa suurempia tilavaatimus eläintä kohti myös lisää energiankulutusta erityisesti pohjoisemmilla alueilla.

Toinen merkittävä luomukananmunien ympäristövaikutuksiin vaikuttava tekijä on rehun koostumus. Alhaisemman satotason vuoksi luomurehun tuotanto vaatii suuremman pinta-alan kuin tavanomaisen rehun tuotanto, mikä saattaa lisätä päästöjä ympäristöön. Toisaalta luomurehun valmistuksessa ei käytetä synteettisiä lannoitteita, mikä vähentää lannoitteiden valmistuksen aiheuttamia päästöjä, jotka johtuvat esimerkiksi typpilannoitteiden valmistamisen korkeasta energiankulutuksesta. Luomutuotannossa vaaditaan myös rehun alkuperän selvittämistä, mikä samalla mahdollistaa sen, että rehun tuotantoon ei liity maankäytön muutoksista aiheutuvia päästöjä, jotka voivat muodostaa merkittävän osan tavanomaisen tuotannon kasvihuonekaasupäästöistä. Rehun koostumuksesta johtuvat ympäristövaikutuksen onkin aina syytä arvioida tapauskohtaisesti, jotta eri tuotantomuotoja voitaisiin luotettavasti vertailla keskenään. Meillä ei toistaiseksi ole riittävästi tietoa suomalaisen tavanomaisen ja luomukananmunantuotannon ympäristövaikutusten vertailuun.

3.2.3. Viljat ja palkokasvit

Suomalaisista luomuleipäviljoista vehnän ja kauran ilmastovaikutukset kiloa kohden laskettuna ovat selkeästi suuremmat kuin tavanomaisten leipäviljojen, mutta rukiilla samalla tasolla (Saarinen ym. 2014). Luomutuotannossa viljojen satotasot jäävät Suomessakin huomattavan paljon alhaisemmiksi kuin tavanomaisessa tuotannossa, mikä vaikuttaa satokiloa kohden laskettuun ympäristövaikutukseen. Myös kansainvälisessä tarkastelussa luomuviljoilla on hieman suurempi ilmastovaikutus satokiloa kohden laskettuna (Tuomisto ym. 2012). Arviointiin liittyy kuitenkin paljon epävarmuuksia, sillä laskennassa käytetyt päästömallit eivät ota huomioon luomumenetelmien vaikutuksia maaperään, joilla saattaa olla merkitystä kasvihuonekaasupäästöjen synnylle.

Nykyisellä laskentamenetelmällä tarkastellen luomuleipäviljojen (ts. kasvintuotantotilojen tuottamien viljojen) rehevöittävät vaikutukset ovat selkeästi suuremmat kuin tavanomaisten leipäviljojen (Saarinen ym. 2014). Tähänkin arvioon liittyy merkittävää epävarmuutta, sillä käytössä ei ole sellaista päästömallia, joka ottaisi huomioon maaperän ja huuhtoumien välisen yhteyden tai perustuisi pitkäaikaisiin mittauksiin luomupelloilta. Käytetyt menetelmät perustuvat mittauksiin tavanomaisilta pelloilta.

Ravinteita huuhtoutuu pelloilta vesistöihin jokaisena vuonna ja kuormituksen määrään vaikuttaa pellolla tehdyt maanmuokkaustoimenpiteet, viljelykierrossa oleva kasvilaji ja sadantaolosuhteet. Siksi ravinnekuormituksesta saadaan realistisin kuva, mikäli kuormitusta voidaan seurata vuosittain samalta pellolla pidemmän ajanjakson aikana. Luken tuottama ravinteiden huuhtoumatutkimus Toholammin pitkäaikaiselta viljelykiertokokeelta osoittaa, että luomuviljatilán kokonaistyyppikuormitus oli 26 % alhaisempaa tavanomaiseen tuotantoon verrattuna (Iivonen ym. 2023b). Samansuuntaisia tuloksia on saatu muuallakin Euroopassa (Sanders & Hess 2019). Eroosio ja fosforikuormitus olivat kentällä alhaiset, ja erot luomun ja tavanomaisen välillä vähäiset. Luomutuotanto ja nurmikasvit kierrossa nostivat maan hiilipitoisuutta ja murukokoa. Maaperäeliöllä voi olla rooli hiilen kerryttämisessä kestäviin muruihin.

Vesistöjä rehevöittävät vaikutukset ilmenevät paikallisesti tai alueellisesti. Ne näkyvät pellon läheisessä vesistössä ja meressä, jonne vesistö laskee. Ensisijaista olisi ottaa huomioon pellon sijainti suhteessa vesistöön ja mahdolliset muut tekijät, jotka vaikuttavat siihen, kuinka paljon ravinteita vesistöön pellolta kulkeutuu.

Luomutuotannon viljelyehtoihin kuuluva palkokasvien (typensitojakasvit) viljely hyödyttää maaperän lisäksi pölyttäjiä: etenkin kimalaisten tiedetään suosivan monia palkokasveja ravinnonlähteenä. Härkäpapu on kasvina pölyttäjien menestymistä tukeva. Suomessakin

tuotantotavan ja viljelykasvin yhdistelmä vaikutti merkitsevästi kukkakärpästen runsauteen, ja korkein kukkakärpästen määrä havaittiin luomuhärkäpapupelloilla (Toivonen ym. 2022). Aikuiset kukkakärpäset ovat pölyttäjiä ja kukkakärpästen toukat ovat petoja, jotka syövät useiden kasvintuholaisten munia ja toukkia.

Suomessa viljellyillä palkokasveilla, kuten härkäpavulla on viljoihin verrattuna alhainen ilmastovaikutus. Hietalan ym. (2022) mukaan rehuina viljeltävällä härkäpavulla ilmastovaikutus oli 0,37 kg CO₂-ekv/kg, kun vastaavasti viljoilla ilmastovaikutus vaihteli 0,47–0,63 ja rypsilä vaikutus oli moninkertainen ollen 1,22 kg CO₂-ekv/kg.

Luomuherneentuotannon ilmastovaikutusta on Suomessa tutkittu yhdessä pro gradu -työssä (Kinnula 2014). Tuotekiloa kohden laskettuna kasvihuonekaasupäästöt olivat tavanomaisessa tuotannossa 396 ja luomutuotannossa vain 149 g CO₂-ekv/kg.

Ruotsalaisessa tutkimuksessa arvioitiin Ruotsissa tuotettujen luomupapujen eduksi ilmastoystävällisyyden ja monimuotoisuusvaikutusten lisäksi vähäisempi ympäristön kemikaalikuormitus verrattuna tavanomaisesti tuotettuihin papuihin (Potter & Rööös 2021).

3.2.4. Kasvikset, hedelmät ja kahvi

Yleisesti kasvien syönnin lisääminen ja eläinproteiinin käytön vähentäminen laskee ruokavalion ympäristövaikutuksia (kg CO₂- ekv per vrk) ja ruokavalion hiilijalanjälkeä (Luke Policy Brief 2021). Kasvien (erityisesti avomaan vihannekset ja peruna) tuotanto on kuitenkin energiantensiivistä tuotantoa, jossa polttoainetta kuluu paljon viljelyn eri työvaiheissa ja energiaa mm. erilaisten tuotantotilojen lämmittämiseen ja jäähdyttämiseen. Suoraan energian kulutukseen (kuten polttoaineet, lämmitysenergia) vaikuttaa enemmän tuotettava satokasvi kuin se, onko kyseessä luomu- vai tavanomainen tuotantotapa. Sen sijaan epäsuora energian kulutus (maatalouden tuotantopanosten valmistukseen käytetty energia) on useiden tutkimusten mukaan vähäisempää luomutuotannossa kuin tavanomaisessa tuotannossa (Fess et al. 2018).

Ympäri vuotinen kasvihuonetuotanto kuluttaa myös paljon energiaa lämmityksen ja valaistuksen tarpeen takia. Luken ja Kauppapuutarhaliiton tutkimuksissa havaittiin, että energiantuotanto on selvästi merkittävin ilmastovaikutusta aiheuttava tekijä kasvihuonetuotannossa. Kasvihuonetuotannon ilmastovaikutusta voidaan pienentää jopa 85 prosenttia siirtymällä uusiutuvaan energiaan. Muiden tuotantovaiheiden osuudet jäävät ilmastovaikutuksiltaan suhteellisen vähäisiksi.

Luomuvihannestuotannossa tuholaisia torjutaan kasvuston päälle levitettävällä harsolla tai verkolla. Kasvustoon kohdistettavat tuholaiden ja kasvitautien torjuntatoimet ovat muutoin

vähäisiä. Rikkakasveja torjutaan mekaanisesti traktorin perään liitettävin haroin, mikä kuluttaa polttoainetta. Tavanomaisessa kasvituotannossa tuholaisia, tauteja ja rikkakasveja voidaan torjua synteettisillä kasvinsuojeluaineilla useita kertoja kesässä, mikä lisää veden ja polttoaineen käyttöä sekä maaperään, ympäristöön ja ihmisiin kohdistuvaa kemikaalikuormaa.

Hedelmät, marjat ja vihannekset ovat elintarvikkeita, joissa todennäköisyys torjunta-ainejäämien esiintymiseen on suuri. Torjunta-ainejäämiä esiintyy erityisesti kolmansista maista tuotavissa elintarvikkeissa, mutta myös Euroopassa ja Suomessa tuotetuissa kasviksissa, joissa määrät kuitenkin ovat harvoin yli sallitun enimmäisrajan. Kotimaisissa tuotteissa määräysten vastainen osuus on pienempi kuin tuontituotteissa. Kasvinsuojeluainejäämiä esiintyy useimmiten mansikoissa ja omenoissa. Luomutuotteissa kasvinsuojeluainejäämiä esiintyy harvoin (www.ruokavirasto.fi).

Luomutuotannon satotasojen nostaminen ja satotasojen vaihtelun pienentäminen vähentäisi satokiloa kohden laskettuja ilmasto- ja ympäristövaikutuksia. Luonnonvarakeskuksen luomukasvihuonetomaatin viljelykoe osoitti, että luomuviljelyssä satotason nosto on mahdollista viljelytekniikassa, jossa viljelytiheyttä voidaan nostaa. Luomulannoitteella saatiin sekä määrällisesti että laadullisesti vähintään yhtä hyvä sato kuin kivennäislannoitteella. Vaikka luomuviljelyssä kasvit saivat laskennallisesti vähemmän ravinteita kuin kivennäislannoituksessa, se ei näkynyt satomäärissä. Kokeessa käytettiin rajoitettuja kasvualustoja (Särkkä ym. 2019).

Amerikkalaisen tutkimuksen mukaan luomuvihannesten (mm. sipuli, kurpitsa) ilmastovaikutukset olivat riippuvaisia tilan koosta ja tilan sijainnista. Pienimuotoisessa tuotannossa vihannesten hiilijalanjälki tuotettua kiloa kohti oli lähes nelinkertainen ja koko tuotannon hiilijalanjälki vuotta ja hehtaaria kohden laskettuna kaksinkertainen verrattuna suuren mittakaavan tuotantoon (Adewale et al. 2019).

Maailmassa neljä miljardia ihmistä kärsii vesiniukkuudesta ainakin yhtenä kuukautena vuodessa. Maatalouden osuus maailman makean veden kulutuksesta on 69 %. Vaikka Suomen vesivarat ovat hyvät, globaali ongelma koskettaa myös suomalaista kuluttajaa rajat ylittävien tuotantoketjujen kautta.

Tuotettujen maataloustuotteiden vedenkulutusta voidaan mitata vesijalanjäljellä (water footprint). Puolalaisen tutkimuksen mukaan luomuporkkanan vesijalanjälki oli yli viisi kertaa pienempi kuin tavanomaisesti tuotetun porkkanan. Ero muodostui pääasiassa tavanomaisessa tuotannossa käytetystä kemiallisesta kasvinsuojelusta ja mineraalilannoituksesta (Kovalczyk & Kubori 2022). Australialaisessa tutkimuksessa puutarhatuotteiden kasteluvien käytön tuottavuus (veden käyttö jaettuna maatalon

nettotulolla) luomussa oli noin 3,5 kertaa parempi kuin tavanomaisen puutarhatuotannon, mutta yleisemmin tavanomainen tuotanto oli kasteluveden käytön suhteen tehokkaampaa (veden käyttö jaettuna tuotetulla satomäärällä) (Wheeler et al. 2015).

Monien tuontihedelmien hiilijalanjälki on pieni, mutta vesijalanjälki suuri. Yhden satokilon tuottamiseen hedelmät vaativat noin kolme kertaa enemmän vettä kuin vihannekset.

Luomuhedelmien tuotannossa suositetaan hedelmäpuurivissä erilaisia eloperäisiä maanpinnan katteita (puuhake, ruohosilppu, olki) rikkakasvien torjunnassa. Käytettävät katteet ylläpitävät myös maan kosteutta ja vähentävät kastelutarvetta. On näyttöä siitä, että kuivissa olosuhteissa luomussa saadaan korkeampia satoja kuin tavanomaisessa (Gomiero et al. 2011). Tätä perustellaan mm. maaperän orgaanisen aineen korkeammalla pitoisuudella ja maan paremmalla vedenpidätyskyvyllä tavanomaiseen tuotantoon verrattuna (Lotter et al. 2003).

Välimeren maista tuodaan Suomeen vihanneksia ja hedelmiä erityisesti talvikaudella. Espanjalaisten luomuhedelmien hiilijalanjäljen on joissakin tutkimuksissa todettu tutkimuksissa olevan alhaisempi kuin vastaavien tavanomaisten tuotteiden, johtuen alhaisemmasta tuotantopanosten käytöstä ja suuremmasta hiilen kertymisestä maahan. Hedelmistä espanjalaiset sitrushedelmät, (mandariinit ja appelsiinit), subtrooppiset hedelmät (mango ja banaani) ja oliivit olivat luomutuotettuina ilmastoystävällisempiä kuin vastaavat tavanomaisesti tuotetut (Aguilera ym. 2015). Myös Italiassa luomusitruunoiden ja -appelsiinien tuotanto on osoitettu olevan ilmastoystävällisempää kuin vastaavien tavanomaisten tuotteiden tuotekiloa kohden tarkasteltuna (Pergola ym. 2013).

Kahvintuotannon luomusertifiointi parantaa useiden ympäristölle parempien käytäntöjen omaksumista, kuten maan kunnosta huolehtimista, kemiallisten lannoitteiden korvaamista lannan ja kierrätysravinteiden käytöllä, varjostavien puiden runsaampaa käyttöä sekä vain luonnonmukaisten torjunta-aineiden käyttöä (Blackman & Naranjo 2012, Ibanez & Blackman 2016, Soto-Pinto & Aguirre-Davila 2015). Näillä käytännöillä on todennetusti monia hyötyjä maan kasvukunnolle, eroosion torjunnalle, vesistöjen tilalle, hiilensidonnalle ja maatalousympäristön monimuotoisuudelle.

Viitteet

- Adewale, C., Reganold, J.P., Higgins, S., Evans, R.D. & Carpenter-Boggs, L. 2019. Agricultural carbon footprint is farm specific: Case study of two organic farms. *Journal of Cleaner Production*, Volume 229. Pages 795-805
- Aguilera, E., Guzmán, G. & Alonso, A. 2015. Greenhouse gas emissions from conventional and organic cropping systems in Spain. II. Fruit tree orchards. *Agron. Sustain. Dev.* **35**, 725–737. <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0265-y>
- Blackman, A. & Naranjo, M.A. 2012. Does eco-certification have environmental benefits? Organic coffee in Costa Rica. *Ecological Economics* 83: 58-66.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.08.001>.
- Boone, L., Roldan-Ruiz, I., Van linden, v., Muylle, H. & Dewulf, J. 2019. Environmental sustainability of conventional and organic farming: Accounting for ecosystem services in life cycle assessment. *Science of the Total Environment* 695, 133841.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133841>
- Casey, J.W., Holden, N.M., 2006. Greenhouse gas emissions from conventional, agrienvironmental scheme, and organic Irish Suckler-beef units. *Journal of Environmental Quality* 35, 231e239.
- Cederberg, C., Sonesson, U., Henriksson, M., Sund, V. & Davis, J. 2009. Greenhouse gas emissions from Swedish production of meat, milk and eggs 1990 and 2005. SIK Report Nr 793. ISBN 978-91-7290-284-8
- Dekker, S. E. M., De Boer, I. J., Vermeij, I., Aarnink, A. J., & Koerkamp, P. G. 2011. Ecological and economic evaluation of Dutch egg production systems. *Livestock Science*, 139(1-2), 109-121.
- Costantini, M., Lovarelli, D., Orsi, L., Ganzaroli, A., Ferrante, V, Febo, P., Guarino, M. & Bacenetti, J. 2020. Investigating on the environmental sustainability of animal products: The case of organic eggs, *Journal of Cleaner Production*, Volume 274, 2020, 123046, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123046>.
- Fess, Tiffany L. and Benedito, Vagner A. 2018. Organic versus Conventional Cropping Sustainability: A Comparative System Analysis. Review. *Sustainability* 2018: 10, 272.
<https://www.mdpi.com/2071-1050/10/1/272>
- Gattinger, A., Muller, A., Haeni, M., Skinner, C., Fliessbach, A., Buchmann, N., Mäder, P., Stolze, M., Smith, P., Scialabba, N. & Niggli, U. 2012. Enhanced top soil carbon stocks under organic farming. *PNAS* 109 (44): 18226-18231.
- Gomiero, T., Pimentel, D., Paoletti, M.G. 2011. Is there a need for a more sustainable agriculture? *Crit. Rev. Plant Sci.* 30, 6–23.
- Hietala, S., Smith, L., Knudsen, M.T., Kurppa, S., Padel, S. & Hermansen, J.E. 2015. Carbon footprints of organic dairying in six European countries – real farm data analysis. *Organic Agriculture* 5: 91-100.

Hietala, S., Heusala, H., Katajajuuri, J.-M., Järvenranta, K., Virkajärvi, P., Huuskonen, A. & Nousiainen, J. 2021. Environmental life cycle assessment of Finnish beef – cradle-to-farm gate analysis of dairy and beef breed beef production. *Agricultural Systems* 194, 103250. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103250>.

Hörtenhuber, S., Lindenthal, T., Amon, B., Markut, T., Kirner, L. & Zollitsch, W. 2010. Greenhouse gas emissions from selected Austrian dairy production systems—model calculations considering the effects of land use change. *Renewable Agriculture and Food Systems* 25 (4): 316-329. <https://doi.org/10.1017/S1742170510000025>

Ibanez, M. & Blackman, A. 2016. Is Eco-Certification a Win–Win for Developing Country Agriculture? Organic Coffee Certification in Colombia. *World Development* 82: 14-27. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.01.004>.

Iivonen, S., Ekroos, J., Hagner, M., Hyvönen, T., Järvinen, A., Palojarvi, A. & Toivonen, M. 2023a. Luomutuotannon vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen pohjoisessa maatalousympäristössä : Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 5/2023, 45 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-598-9>

Iivonen, S., Koikkalainen, K., Miettinen, A. & Autio, S. 2023b. Tavoite 5: Luonnonmukaisen maatalouden piiriin kuuluva maatalousmaa ja agroekologisten käytäntöjen käyttö. Julkaisussa: Kärkkäinen, L. & Koljonen, S. (toim.). Arvio EU:n biodiversiteettistrategian vaikutuksista Suomessa (2. painos). Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 33/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. s. 92–107.

Järvenranta, K., Kapuinen, P., Keskitalo, M., Kykkänen, S., Känkänen, H., Luostarinen, S., Mattila, P., Niskanen, O., Palojarvi, A., Pennanen, T., Pesonen, L., Pussi, K., Pyykkönen, V., Rasa, K., Salo, T., Schulman, A., Seppänen, A-M., Suokannas, A., Tampio, E., Tanhuanpää, P., Termonen, M., Viitala, S., Virkajärvi, P., Winqvist, E. & Lehto, J. 2022. Maatalouden typpihaaste – vaihtoehtoja ja ratkaisuja: Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 53/2022, 68 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-458-6>

Kinnula, S. 2014. Herneen viljelyn kasvihuonekaasupäästöt tavanomaisessa ja luonnonmukaisessa tuotannossa. Maisterintutkielma. Helsingin yliopisto. Maataloustieteen laitos, Agroekologia 70 s.

Knudsen, M., Teodora Dorca-Preda, Sylvestre Njakou Djomo, Nancy Peña, Susanne Padel, Laurence G. Smith, Werner Zollitsch, Stefan Hörtenhuber, John E. Hermansen, 2019. The importance of including soil carbon changes, ecotoxicity and biodiversity impacts in environmental life cycle assessments of organic and conventional milk in Western Europe, *Journal of Cleaner Production*, Volume 215, 2019, Pages 433-443, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.273>

Kovalczyk, Z. & Kubori, M. 2022. Assessing the impact of water use in conventional and organic carrot production in Poland. www.nature.com/scientificreports

Leino, M., Huuskonen, A., Jansik, C., Järvenranta, K., Mehtiö, T. ja Viitala, S. (toim.) 2023. Synteesi suomalaisen nautakarjatalouden kestävydestä : Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 7/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 123 s.

Leinonen, I., Williams, A.G., Wiseman, J., Guy, J. & Kyriazakis, I. 2012. Predicting the environmental impacts of chicken systems in the United Kingdom through a life cycle assessment: Egg production systems, *Poultry Science* 91: 26-40.

<https://doi.org/10.3382/ps.2011-01635>.

Lichtenberg, E.M., Kennedy, C.M., Kremen, C., Batáry, P., Berendse, F., Bommarco, R., Bosque-Pérez, N.A., Carvalheiro, L.G., Snyder, W.E., Williams, N.M., Winfree, R., Klatt, B.K., Åström, S., Benjamin, F., Brittain, C., Chaplin-Kramer, R., Clough, Y., Danforth, B., Diekötter, T., Eigenbrode, S.D., Ekroos, J., Elle, E., Freitas, B.M., Fukuda, Y., Gaines-Day, H.R., Grab, H., Gratton, C., Holzschuh, A., Isaacs, R., Isaia, M., Jha, S., Jonason, D., Jones, V.P., Klein, A.M., Krauss, J., Letourneau, D.K., Macfadyen, S., Mallinger, R.E., Martin, E.A., Martinez, E., Memmott, J., Morandin, L., Neame, L., Otieno, M., Park, M.G., Pfiffner, L., Pocock, M.J.O., Ponce, C., Potts, S.G., Poveda, K., Ramos, M., Rosenheim, J.A., Rundlöf, M., Sardiñas, H., Saunders, M.E., Schon, N.L., Sciligo, A.R., Sidhu, C.S., Steffan-Dewenter, I., Tscharrntke, T., Veselý, M., Weisser, W.W., Wilson, J.K. & Crowder, D.W. 2017. A global synthesis of the effects of diversified farming systems on arthropod diversity within fields and across agricultural landscapes. *Global change biology*, 23(11), 4946–4957.

<https://doi.org/10.1111/gcb.13714>

Lotter, D.W., Seidel, R. & Liebhardt, W. 2003. The performance of organic and conventional cropping systems in an extreme climate year. *Am. J. Altern. Agric.* 18, 146–154.

Luke Policy Brief 1/2021. Maltillisella ruokavalion muutoksella jo merkittäviä terveys- ja ympäristöhyötyjä. 4 s. Luonnonvarakeskus. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-136-3>

Martin, M. & Brandão, M. 2017. Evaluating the Environmental Consequences of Swedish Food Consumption and Dietary Choices. *Sustainability* 9 (12):2227.

<https://doi.org/10.3390/su9122227>

Mikola, J., Setälä, H., Virkajärvi, P., Saarijärvi, K., Ilmarinen, K., Voigt, W. & Vestberg, M. 2009. Defoliation and patchy nutrient return drive grazing effects on plant and soil properties in a dairy cow pasture. *Ecological Monographs*, 79: 221-244. <https://doi.org/10.1890/08-1846.1>

Mondelaers, K., Aertsens, J. & Van Huylenbroeck, G. 2009. "A meta-analysis of the differences in environmental impacts between organic and conventional farming", *British Food Journal*, Vol. 111 Issue: 10, pp.1098-1119,

<https://doi.org/10.1108/00070700910992925>

Pergola, M., D'Amico, M., Celano, G., Palese, A.M., Scuderi, A., Di Vita, G., Pappalardo, G. & Inglese, P. 2013. Sustainability evaluation of Sicily's lemon and orange production: An energy, economic and environmental analysis. *Journal of Environmental Management* 128: 674-682. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.06.007>.

Pfiffner, L. & Stöckli, S. 2023. Agriculture and biodiversity. Impacts of different farming systems on biodiversity. FiBL article no.: 1548 DOI: 10.5281/zenodo.7743951

Poore, J. & Nemecek, T. 2018. Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science* 360, 6392: 987-992. <https://doi.org/10.1126/science.aag0216>

Potter, H. & Rööß, E. 2021. Multi-criteria evaluation of plant-based foods –use of environmental footprint and LCA data for consumer guidance, *Journal of Cleaner Production*, Volume 280, Part 1, 124721, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124721>.

Ruokavirasto. Elintarvikkeiden kasvinsuojeluainejäämät (torjunta-ainejäämät), <https://www.ruokavirasto.fi/elintarvikkeet/elintarvikeala/vierasaineet-ja-jaamat/kasvinsuojeluainejaamat/>

Saarinen, M., Sinkko, T., Joensuu, K., Silvenius, F. & Ratilainen, A. 2014. Ravitsemus ja maaperävaikutukset ruoan elinkaariarvioinnissa. MTT Raportti 146. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-487-540-0>

Saarinen, M., Fogelholm, M., Tahvonen, R., Kurppa, S., 2017. Taking nutrition into account within the life cycle assessment of food products. *Journal of Cleaner Production* 149, 828–844. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.062>

Sanders, J. & Hess, J. (eds) 2019. Lesitungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 364 p, Thünen Rep 65, DOI: 10.3220/REP1547040572000Santangeli A, Lehikoinen A, Lindholm T, Herzon I (2019) Organic animal farms increase farmland bird abundance in the Boreal region. *PLoS ONE* 14(5): e0216009. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216009>

Santangeli A, Lehikoinen A, Lindholm T, Herzon I. 2019 Organic animal farms increase farmland bird abundance in the Boreal region. *PLoS ONE* 14(5): e0216009. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216009>

Smith, L. G., Kirk, G. J., Jones, P. J., & Williams, A. G. 2019. The greenhouse gas impacts of converting food production in England and Wales to organic methods. *Nature communications*, 10(1), 1-10. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-12622-7>

Soto-Pinto, L., & Aguirre-Dávila, C. M. (2015). Carbon stocks in organic coffee systems in Chiapas, Mexico. *Journal of Agricultural Science (Toronto)*, 7(1), 117-128.

Särkkä, L., Halla, H., Koponen, A., Turpeinen, L. Piha, S., Tuomola, P. ja Jokinen, K. 2019. Luomuvihannesten ammattimaisen kasvihuonetuotannon ja arvoketjun edistäminen. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 81/2019. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 53 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-870-8>

Toivonen, M., Huusela, E., Hyvönen, T., Marjamäki, P., Järvinen, A. & Kuussaari, M. 2022. Effects of crop type and production method on arable biodiversity in boreal farmland. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 337, 108061. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108061>

Tuomisto, H., Hodge, L.D., Riordan, P. & Macdonald, D.W. 2012. Does organic farming reduce environmental impacts? -A meta-analysis of European research. *Journal of Environmental Management* 112: 309-320. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.08.018>

Tuck, S.L., Winqvist, C., Mota, F., Ahnström, J., Turnbull, L.A. & Bengtsson, J. 2014. Land-use intensity and the effects of organic farming on biodiversity: A hierarchical meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 51, 746–755. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12219>

van der Werf, H.M.G., Knudsen, M.T. & Cederberg, C. 2020. Towards better representation of organic agriculture in life cycle assessment. *Nature Sustainability*, 3(6), 419–425.
<https://doi.org/10.1038/s41893-020-0489-6>

Wheeler, S. A., Zuo, A. & Loch, A. 2015. Watering the farm: Comparing organic and conventional irrigation water use in the Murray-Darling Basin, Australia. *Ecological Economics* 112 (2015): 78-85