

Ravitsemus ja maaperävaikutukset ruoan elinkaariarvioinnissa

SustFoodChoice-hankkeen loppuraportti

Merja Saarinen, Taija Sinkko, Katri Joensuu,
Frans Silvenius, Anna Ratilainen



**Ravitseminen ja
maaperävaikutukset ruoan
elinkaariarvioinnissa**

**SustFoodChoice-hankkeen
loppuraportti**

**Merja Saarinen, Taija Sinkko, Katri Joensuu,
Frans Silvenius, Anna Ratilainen**

ISBN: 978-952-487-540-0 (verkkojulkaisu)

ISSN 1798-6419

URN: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-487-540-0>

<http://www.mtt.fi/mtraportti/pdf/mtraportti146.pdf>

Copyright: MTT

Kirjoittajat: Merja Saarinen, Taija Sinkko, Katri Joensuu, Frans Silvenius, Anna Ratilainen

Julkaisija ja kustantaja: MTT, 31600 Jokioinen

Julkaisuvuosi: 2014

Kannen kuva: Anne Nissinen / MTT:n arkisto

Ravitsemus ja maaperävaikutukset ruoan elinkaariarvioinnissa

Saarinen, Merja¹, Sinkko, Taija², Joensuu, Katri², Silvenius, Frans², Ratilainen, Anna²

¹MTT, Biotekniikka- ja elintarviketutkimus, Myllytie 1, 31600 Jokioinen, etunimi.sukunimi@mtt.fi

²MTT, Biotekniikka- ja elintarviketutkimus, Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki, etunimi.sukunimi@mtt.fi

Tiivistelmä

SustFoodChoice-hanke pyrki edistämään kestäviä ruokavalintoja kehittämällä tietopohjaa niiden tueksi. Hankkeessa tuotettiin viitekehys ruokatuotteiden kokonaiskestävyyden arvioinnin pohjaksi ja kehitettiin menetelmiä ravitsemuksen ja maaperävaikutuksen kytkemiseksi elinkaariarviointiin. Hanke edisti myös luomutuotteiden elinkaariarviointia ja toi esille siihen liittyviä menetelmien kriittisiä kehitystarpeita. Hankkeessa tehtiin 13 case-tuotteen elinkaariarvioinnit ilmastovaikutuksen ja rehevöittävän vaikutuksen vaikutusluokissa tukemaan menetelmäkehitystä. Case-tuotteet olivat makaroni, tumma makaroni, kaurapuuro, luomukaurapuuro, luomuruisvuokaleipä, luomugrahamvuokaleipä, hapatettu luomukauravalmiste, luomuhapankaali, rasvaton maito, rasvaton luomumaito, maustamaton luomujogurtti, rypsiöljyn ja luomurypsiöljy. Lisäksi hankkeessa kartoitettiin ravitsemukseen ja ympäristövaikutuksiin liittyviä tuotekohtaisia markkina-argumentteja ja ideoitiin kestävyuden viestintää.

Hankkeessa luotu tuotekohtaisen kestävyuden arvioinnin viitekehys sisältää ekologiset ja sosiaalis-taloudelliset tekijät. Useilla ekologisen kestävyuden alueilla ja kaikilla sosiaalis-taloudellisen kestävyuden alueilla tarvitaan mittareiden kehittämistä ennen kuin tuotekohtaisessa kestävyudessa voidaan puhua kokonaiskestävyyden arvioimisesta. Tämä hanke tuki tuota mittarien kehittämistä.

Hankkeessa kehitetty menetelmä ravitsemuksen liittämiseksi ympäristövaikutusten arviointiin, E/N-indeksi, kertoo ruoan ympäristövaikutuksen ravintoaineindeksin yksikköä kohden. Ravintoaineindeksit puolestaan kertovat tuotteen yleisestä terveellisyydestä. Yleisen E/N-indeksin lisäksi hankkeessa kehitettiin viisi tuoteryhmäkohtaista indeksiä, joita voidaan soveltaa tuoteryhmien sisäisiin tarkasteluihin. Yleistä E/N-indeksiä voidaan soveltaa einesten ja aterioiden tarkasteluun. Hankkeessa tehtiin testilaskentoja monille eri tuotteille yleisten tietojen pohjalta ja lopuksi sovellettiin kehitettyä menetelmään case-tuotteisiin spesifien tietojen pohjalta. Tehtyjen laskentojen perusteella ei voi vielä vetää lopullisia johtopäätöksiä tuotteiden välisistä eroista, koska varsinkin tuoteryhmäkohtaiset E/N-indeksit vaativat jatkokehittämistä, jotta tuotteiden ravitsemuksellisia eroja voidaan saada vielä selkeämmin esille ja ravitsemuksen vaikutusta lopullisessa E/N indeksissä vahvemmaksi. Tarkastelun perusteella voidaan kuitenkin sanoa, että E/N-indeksit pystyvät korjaamaan kestävien ruokavalintojen kannalta karkeimpia virheitä, joita elinkaariarvioinnin nykykäytäntö tuottaa. Esimerkiksi makkaran ilmastovaikutus per kg tuotetta on yleensä pienempi kuin sianlihan. Liha on kuitenkin ravitsemuksellisesti selvästi makkaraa parempi vaihtoehto. E/N-indeksi antaa lihalle pienemmän ilmastovaikutuksen kuin makkaralle, eli korjaa viestin. E/N-indeksi pystyy myös kaventamaan eroa esimerkiksi rypsiöljyn ja oliiviöljyn välillä. Rypsiöljyn ympäristövaikutukset ovat selvästi korkeammat kuin oliiviöljyn, mutta paremman ravintoainesisältönsä ansiosta se saavuttaa oliiviöljyä, kun tarkastelu perustuu E/N-indeksiin.

Case-tuotteiden ympäristövaikutukset per kg tuotetta olivat lähellä vastaavien tuotteiden muissa tutkimuksissa saatuja tuloksia, mutta eroja silti oli. Myös case-tuotteiden ravintoainesisällöt poikkesivat vastaavien tuotteiden tiedoista Elintarvikkeiden koostumustietopankki Finelin® tiedoista. Case-tuotteiden E/N-indekseissä oli jonkin verran eroa testilaskennan vastaaviin tuotteisiin. Näyttää siltä, että tuotteiden välillä on eroja, jotka johtuvat tuotantoketjun toimintatavoista, ja niin ollen tuotantoketjukohtaisen tiedon käyttäminen arvioinneissa luo pohjaa tuotteiden erilaistamiselle ja tuotekohtaiselle viestinnälle.

Raaka-aineen käytettyjä luomuviljoja tarkasteltiin omana kokonaisuutenaan ja niitä verrattiin vastaaviin tavanomaisiin viljoihin. Luomuleipäviljat olivat keskimääräin kuormittavampia kuin tavanomaiset, mutta rehuviljoissa eroja ei juuri ollut. Luomutuotteiden tuloksiin pitää kuitenkin suhtautua suurin varauksin,

koska luomutuotteiden elinkaarimallinnukseen liittyy suuria haasteita liittyen lähtötietoihin ja käytössä oleviin päästömalleihin. Luomutuotteiden elinkaariarviointeja ei siksi voi pitää täysin luotettavina.

Hankkeessa testattiin kolmen keskeisen maaperävaikutuksen, maan orgaanisen aineksen määrän muutoksen, tiivistymisen ja eroosion, arviointia ja liittämistä elinkaariarviointiin. Vaikutukset arvioitiin YAS-SO07-, COMPSOIL- ja VIHMA-mallilla. Eroosion ja orgaanisen aineksen muutoksen arvioinnissa käytetyt mallit todettiin käyttökelpoisiksi elinkaariarvioinnissa, vaikkakin orgaanisen aineksen mallinnus vaatii vielä tarkennusta. Sen sijaan tiivistymisen mallin, COMPSOIL, todettiin epäluotettavaksi ja liian vaikeaksi käyttää. Testilaskennat antoivat viitteitä eroista luomutuotannon ja tavanomaisen tuotannon välillä, mutta ne eivät olleet systemaattisia jommankumman eduksi. Paremman kuvan saamiseksi tarvitaan parempiin lähtötietoihin perustuvaa jatkotutkimusta.

Avainsanat:

Elinkaariarviointi, ravintoainesisältö, ravitsemus, maaperävaikutus, maan laatu, luomuvilja, luomutuote, ravintoaineindeksi, ilmasto vaikutus, rehevöittävä vaikutus

Nutrition and soil quality impacts in life cycle assessment of food

Saarinen, Merja¹, Sinkko, Taija², Joensuu, Katri², Silvenius, Frans², Ratilainen, Anna²

¹MTT, Biotechnology and Food Research, Myllytie 1, FI-31600 Jokioinen, firstname.lastname@mtt.fi

²MTT, Biotechnology and Food Research, Latokartanonkaari 9, FI-00790 Helsinki, firstname.lastname@mtt.fi

Abstract

The SustFoodChoice project aimed at to promote sustainable information on food choices. A framework of sustainable food choices was introduced and a procedure to link nutrition to the life cycle assessment (LCA) of food was developed. Also soil quality indicators for LCA were evaluated and tools of soil quality assessment were tested. LCAs regarding climate impact and eutrophication for 13 case products (macaroni, whole grain macaroni, organic rye bread, organic whole grain wheat bread, organic fermented-oat snack, organic sauerkraut, skimmed milk, organic skimmed milk, organic natural yoghurt, turnip rape seed oil and organic turnip rape seed oil) were conducted, many of which were organic products. The project identified critical targets for development of LCA of organic products.

The framework of sustainable food choices consists on ecological and social-economical factors. Development of indicators for many of ecological and all of social-economical factors is needed in order to achieve the ability to assess total sustainability of a product. The project contributed to that development.

The method created in the project to link nutrition to the LCA of food, the E/N index, expresses a relation of certain environmental impact of a product to a nutrient index unit of the product. The nutrient index, in turn, expresses a general nutritional quality of the product. Five product group specific E/N indexes were developed in addition to a general E/N index. They can be applied to considerations between products within product groups, whereas the general E/N index can be applied to consideration of meals and ready-to-eat meals. These indexes as well as other type of indexes found in the literature were tested by calculations of several products based on information from public sources before applying the indexes created in the study to case products using specific information. Final conclusions about differences between products cannot be made based on the study, because the method needs further development and validation before full application. Especially the product group specific E/N indexes should be further developed based on up-to-date and even developing nutritional knowledge regarding, for example, bioactive compounds of fruits, berries and vegetables. Although, it can be said that the E/N index already is capable of correcting the roughest misleading sustainability information that LCA currently produces. For example, climate impact of (finnish style) sausage per kg is lower than climate impact of meat. Nutritional quality of meat is, however, more beneficial. The E/N index gives lower climate impact for meat than for sausage, and thus correct the information. The E/N index is also capable to narrow the gap between turnip rape seed oil and olive oil. Environmental impacts of turnip rape seed oil per kg is higher than the impacts of olive oil, but due to better nutritional quality turnip rape seed oil reaches olive oil when consideration is based on then E/N index.

Environmental impacts per kg and nutrient composition of case products differed slightly from the reference values. Accordingly, the E/N index values of case products differed from the reference products. It seems that there are differences between products derived from differences production methods, and thus the use of production chain specific information forms a basis for a differentiation of products and a product based marketing.

Organic cereals (used as raw material of the case products) were considered separately and compared to conventional cereals. Organic bread cereals caused more environmental impacts than conventional ones, while there was no difference between organic and conventional cereals for feed. However these results are not reliable because of major challenges related to LCA of organic cultivation, mainly related to emission models and quality of source information.

Linking of three soil quality impacts, soil organic matter (SOM), compaction and erosion, to food LCA was also tested. Impacts were assessed by YASSO07 (regarding SOM), COMPSOIL (regarding compaction) and VIHMA (regarding erosion) models. The models for SOM and erosion were concluded to be usable, although model for SOM (YASSO07) requires correctives. The model for compaction, COMPSOIL, concluded to be unreliable and too complicated to use. Test calculations implicate unsystematic differences between organic and conventional cultivation, but more reliable results presume further research based on better source information.

Keywords:

Life cycle assessment, nutrient composition, nutrition, soil impact, soil quality, organic cereal, organic product, nutrient index, climate impact, eutrophication

Alkusanat

Käsillä oleva raportti on SustFoodChoice-hankkeen loppuraportti. MTT:n Kestävä biotalous -tiimin tutkijat Merja Saarinen (vastuullinen johtaja), Taija Sinkko, Katri Joensuu, Frans Silvenius ja Anna Ratilainen toteuttivat hankkeen vuosina 2010-2014. Hankkeeseen osallistuivat lyhyemmän aikaa myös tutkijat Kirsi Silvennoinen ja Heta-Kaisa Koivupuro ja harjoittelijat Salla Kaustell, Katri Kaunismaa ja Anne Rätty. Anne Rätty toteutti markkinaväittäminen kartoituksen osana yliopistoharjoitteluaan. Hankkeen rahoitti Maa- ja metsätalousministeriön Maatilatalouden kehittämisrahasto (MAKERA), MTT ja mukana olleet seitsemän elintarvikealan yritystä. Hanke kuului MTT:n Vastuullinen ruokaketju – hyvinvoiva kuluttaja – tutkimusalalle.

Hankkeen tieteelliset tavoitteet asetettiin varsin korkealle ja siksi hankkeeseen nimettiin tieteellinen ohjausryhmä. Sen jäseninä olivat Helsingin yliopiston professorit Juha Helenius (agroekologia) ja Mikael Fogelholm (ravitsemustiede) ja MTT:n professorit Raija Tahvonen (ravitsemustiede) ja Sirpa Kurppa (maatalouden ympäristövaikutukset). Tieteellinen ohjausryhmä pohti erityisesti ravitsemusosion ratkaisuja.

Hanke toteutettiin tutkimusryhmän tiiviinä yhteistyönä ravitsemusosiota lukuun ottamatta. Merja Saarinen toteutti ravitsemusosion yhteistyössä tieteellisen ohjausryhmän kanssa ja osana tohtorin tutkintoon tähtääviä jatko-opintoja. Tutkimusryhmä pohti yhdessä erityisesti luomun ympäristövaikutusten arvioimiseen liittyviä ratkaisuja. Niistä keskusteltiin myös muiden MTT-läisten asiantuntijoiden kanssa. Heistä on syytä mainita Arja Nykänen (joka sittemmin siirtyi ProAgrian luomuneuvojaksi), Tapio Salo ja Riitta Lemola. Tutkimusryhmästä Taija Sinkko lopulta toteutti luomun mallintamisen yhteisesti päätettyjen menettelyjen mukaisesti. Sinkko vastasi myös suurimmasta osasta case-tuotteiden elinkaarimalleja ja teki pohjatyötä maaperäosiossa. Katri Joensuu teki maaperäosion testilaskennat. Myös maaperäosion ratkaisusta keskusteltiin MTT:n ja Helsingin yliopiston asiantuntijoiden kanssa. Heistä mainittakoon Jaakko Heikkinen, Visa Nuutinen, Merja Mylly, Pentti Seuri, Laura Alakukku, Helinä Hartikainen ja Markku Yli-Halla.

Lisäksi Frans Silvenius teki osan case-tuotteiden elinkaarimallinnuksista ja Anna Ratilainen käsitteli ProAgrian lohkotietopankin viljelyaineistot.

Hankkeeseen osallistui seitsemän suomalaista elintarvikealan yritystä. Jokaisesta niistä oli edustaja hankkeen ohjausryhmässä. Heitä olivat Janne Sahlstein Valiolta, Soile Käkönen HK Ruokatalosta, Aki Finér Raisiolta, Perttu Korolainen Kankaisten öljykasveilta, Juhani Tenhunen Samsarasta, Heli Ahonen Juvan Luomusta ja Merja Scharlin Biofermeltä. Lisäksi hankkeeseen osallistui yrityksistä muitakin henkilöitä. Heistä aktiivisimmin osallistuivat Mikko Korhonen ja Tuula Tuure Valiolta ja Mira Povelainen Raisiolta. Ohjausryhmän puheenjohtajana toimi rahoittajan edustaja, neuvotteleva virkamies Suvi Ryyänen MMM:stä. Lisäksi ohjausryhmään kuului tieteellisen ohjausryhmän edustajat ja MTT:n edustajana yksikön johtaja Eeva-Liisa Ryhänen.

Suuri kiitos kaikille edellä mainituille henkilöille korvaamattomasta panoksesta hankkeen toteutuksessa!

Hankkeen toteuttaminen oli sitä mitä tutkimus on parhaimmillaan, suuri seikkailu, ennalta arvaamaton ja yllätyksiä tarjoava. Se avasi myös paljon uusia näkymiä, joita kartoittamaan pääsyä tuskin maltamme odottaa.

Jokioinen ja Helsinki 1.7.2014

Tekijät

Sisällysluettelo

1 Johdanto.....	10
1.1 Mitä ruoan kestävyys on?.....	10
1.2 Hankkeen tavoitteet ja toteutus	12
1.3 Raportin rakenne	13
2 Case-tuotteiden ilmastovaikutusten ja rehevöittävien vaikutusten arviointi	14
2.1 Tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely.....	14
2.1.1 Case -tuotteet.....	14
2.1.2 Toiminnallinen yksikkö ja allokointimenettelyt	17
2.1.3 Tiedon laatuvaatimukset, oletukset ja rajoitukset	17
2.1.4 Vaikutusarvioinnin menetelmä	18
2.2 Inventaarioanalyysi	18
2.2.1 Lähtötietojen kerääminen.....	18
2.2.2 Luomujogurtin tilamallit	19
2.2.3 Rasvattoman maidon ja rasvattoman luomumaidon tilamallit.....	19
2.2.4 ProAgrian lohkotietopankkiaineisto ja sen käsittely	21
2.2.5 Peltoviljelyn päästölaskenta	23
2.2.6 Päästölaskennan epävarmuudet.....	24
2.3 Vaikutusarvioinnin tulokset ja tulosten tulkinta.....	25
2.3.1 Case-tuotteiden ilmastovaikutukset.....	25
2.3.2 Case-tuotteiden rehevöittävät vaikutukset	27
2.3.3 Luomuviljojen ilmastovaikutukset suhteessa tavanomaisiin viljoihin ja arvioinnin epävarmuudet.....	29
2.3.4 Luomuviljojen rehevöittävät vaikutukset suhteessa tavanomaisiin viljoihin ja arvioinnin epävarmuudet	32
2.3.5 Tuotteen ilmastovaikutuksen muutos prosessoinnin asteen mukaan	35
2.3.6 Case- tuotteiden ilmastovaikutukset ja rehevöittävät vaikutukset annosta kohden.....	38
2.4 Ravitsemuksellisen laadun mittaaminen	40
2.5 Ravintoaineindeksien vertailu – Sopivan toiminnallisen yksikön valinta.....	43
2.6 Ravintoaineindeksi elinkaariarvioinnin toiminnallisena yksikkönä – E/N –indeksin kehittäminen ja testaaminen.....	48
2.6.1 Testilaskennan tulokset 1 – Tyypin 1 E/N-indeksit	50
2.6.2 Testilaskennan tulokset 2 – Tyypin 2 yleiset E/N-indeksit.....	53
2.6.3 Testilaskennan tulokset 3 – Tyypin 2 tuoteryhmäkohtaiset E/N-indeksit.....	55
2.6.4 Tulosten tulkintaa.....	57
2.6.5 Case-tuotteiden E/N –indeksit.....	58
2.7 Johtopäätökset	62
3 Maaperävaikutuksen sisällyttäminen elinkaariarviointiin	63
3.1 Maan laadun indikaattorit elinkaariarvioinnissa	63
3.2 Pellon kestävä käytön indikaattorit: eroosio, orgaanisen aineksen määrä ja tiivistyminen.....	64
3.3 Indikaattorien testaaminen rypsiä ja viljaa sisältävillä viljelykierroilla	66
3.3.1 Aineisto ja menetelmät.....	66
3.3.2 Tulokset.....	70
3.3.3 Tulosten tulkinta - Eroosiomallin käyttökelpoisuus elinkaariarvioinnissa	73
3.3.4 Tulosten tulkinta - Orgaanisen aineksen mallin käyttökelpoisuus elinkaariarvioinnissa.....	74
3.3.5 Tulosten tulkinta - Tiivistymismallin käyttökelpoisuus elinkaariarvioinnissa.....	75
3.3.6 Muu arviointimenetelmien kehitystarve.....	75
3.4 Johtopäätökset	76

4	Markkinoinnin kehittäminen	77
4.1	Markkina-argumenttien kartoitus	77
4.1.1	Ravitsemus-, terveys- ja ympäristövaittamien yleisyys	78
4.1.2	Ravitsemus-, terveys- ja ympäristövaittamat tuoteryhmittäin	79
4.2	Markkinoinnin kehittäminen	80
4.3	Johtopäätökset	81
5	Yleiset johtopäätökset – Vastaukset tutkimuskysymyksiin	83
5.1	Miten terveys- ja ympäristövaikutukset vaihtelevat eri tuotteiden välillä samaan tarkoitukseen käytettävien ruokien kesken?	83
5.2	Miten raaka-aineiden valinta ja prosessointi vaikuttavat tuotteen ravintosisältöön ja ympäristövaikutuksiin?	84
5.3	Miten luomuun liittyvät ratkaisut näyttäytyvät tuotetason ravintosisällössä ja ympäristövaikutuksissa?	85
5.4	Minkälaista ruoan terveys- ja ympäristövaikutuksista kertovan kuluttajainformaation pitäisi olla?	87
6	Kirjallisuus	88
7	Liitteet	98

1 Johdanto

Kukapa ei haluaisi tehdä kestäviä kulutusvalintoja? No, totuuden nimissä ei varmastikaan kaikki kuluttajat, mutta kuitenkin merkittävä osa kuluttajista. Suomessakin 2000-luvulla rytinällä esiin marssinut LOHAS- kuluttajasegmentti (Lifestyles on Health and Sustainability) arvostaa terveyttä ja hyvää kuntoa, ympäristöä, itsensä kehittämistä, kestäväää elämäntapaa ja sosiaalista oikeudenmukaisuutta. Heitä on viimeaikaisten tutkimusten mukaan jopa kolmannes kuluttajista (Yrittäjälinja 2014).

Kestävien kulutusvalintojen tekeminen ei kuitenkaan ole aina helppoa. Houkutusia on paljon eikä tietoa-kaan ole aina saatavilla. SustFoodChoice-hankkeessa keskityttiin kestäviä kulutusvalintoja tukevan tietoperustan parantamiseen.

Julkisessa keskustelussa ja tuotekohtaisessa viestinnässä ruoan kestävyys kiteytyy tällä hetkellä kahteen asiaan: hiilijalanjälkeen eli tuotteen ilmastovaikutukseen ja luomuun. Nämä kaksi asiaa ovat hyvin eritasoisia. Toinen puhuu yhdestä ympäristövaikutusluokasta ja toinen säädelystä tuotantotavasta. Ne menevät myös keskenään ristikkäin siinä mielessä, että luomutuotteellakin on jonkin suuruinen ilmastovai-utus, vaikka sen suuruudesta ei yksiselitteistä kuvaa olekaan pystytty piirtämään.

Tämä hanke lähti liikkeelle siitä näkemyksestä, että pelkästään ilmastovaikutuksen arvioiminen ei riitä ruokatuotteen kestävyuden arvioimiseen ja siitä viestimiseen. Se tuo esille hyvin kapea-alaisen kuvan laaja-alaisesta asiasta. Kaiken kukkuraksi vallitseva käytäntö ilmoittaa ilmastovaikutuksen yleensä yhtä tuotekiloa tai 100 g kohden, jolloin ruoan tehtävä jää huomiotta. Luomu pärjää siinä mielessä paremmin, että se on kestävyteen pyrkivä tuotantojärjestelmä, mutta sen ongelmana on, ettei sen vaikutuksia eri kestävyuden osa-alueisiin ole pystytty yksiselitteisesti osoittamaan. Ei edes sitä ilmastovaikutusta.

1.1 Mitä ruoan kestävyys on?

Ruoan kestävyuden tarkasteluun on ehdotettu ja osin sovellettu lukuisia erilaisia viitekehyksiä, jotka hahmottavat kestävyuden kokonaisuutta (esim. DEFRA 2009; Heikkurinen ym. 2012; Leach 2003; SAI 2010). Eri viitekehysten näkökulmat ja laajuudet vaihtelevat. Ne on tarkoitettu joko yksittäisen tuotanto-keijun vaiheen, kuten maatilan (Leach 2003), tai koko ruokajärjestelmän tarkasteluun (DEFRA 2009; FAO 2012; SAI 2010). Viitekehukset pohjautuvat usein ns. Brundtlandin komission jaotteluun, ekologinen, sosiaalinen ja taloudellinen kestävyys, mutta ne voivat olla myös sitä laajempia sisältäen esim. kulttuurisen kestävyuden (esim. Leach 2003). Viitekehysten käyttötarkoitus ja kohderyhmä määrittää pitkälti viitekehysten sisältöä, koska esimerkiksi ruokajärjestelmän yhteiskunnalliseen arviointiin tarvitaan eri- lainen viitekehys kuin maatilan johtamisen tueksi. Toisaalta eri viitekehyksissä on paljon yhteistä.

Kuluttajainformaatiossa kuluttajan näkökulma ja ostopäätöksen konteksti korostuvat. Kuluttajan näkö- kulma sisältää laajan viitekehysten, jossa on suoraan kuluttajaa itseään koskevia asioita, kuten tuotteen ravitsevuus, ja laajempia yhteiskunnallisia asioita, kuten tuotteen tuotannossa työskentelevien työnteki- jöiden oikeudet. Nämä molemmat näkökulmat tarvitaan, koska kulutusvalinta tehdään viimekädessä siksi, että sillä hankitaan jotakin itselle, mutta toisaalta kulutusvalinnoilla on yhteiskunnallisia vaikutuksia. Valinnalla vaikutetaan molempiin asioihin.

Ekologista kestävyyttä on kenties laajimmin käsitelty YK:n globaalissa ekosysteemien tilan arvioinnissa *Millennium ecosystem assessment* (MEA) (2002). Sen mukaan suurimmat ihmisen aiheuttamat ekosys- teemien muutostekijät ovat maankäytön muutos, ilmastomuutos, ilman ja veden saastuminen, happa- moittava laskeuma, maaperän eroosio, suolaantuminen ja ravinteikkuuden muutos, (viljelysten) kastelu, lannoitteiden käyttö, sadonkorjuu (laajasti ymmärrettynä), pysyvien orgaanisten kemikaalien käyttö ja ei- alkuperäisten lajien käyttöönotto. Nämä ovat ylätasoa käsitteitä, jotka kuvaavat yleisellä tasolla ekologi- sen järjestelmän muutosta. Maaperän osalta tuohon listaan voisi lisätä myös maan rakenteen heikkenemi- sen, joka on yhteydessä niin kasvukuntoon kuin veden suodattumiseen ja samalla puhdistumiseen, maan biologisen toiminnan heikkenemisen ja orgaanisen aineksen vähenemisen. Ne ovat kaikki keskeisiä teki- jöitä ruoan tuotannon näkökulmasta.

Viljelysmaalla on erityisen keskeinen merkitys ruoan tuotannossa (Doran 2002). Tärkeimpiin maan ylläpitämiin toimintoihin kuuluvat ravinteiden ja hiilen kierto sekä ilman ja veden laadun ylläpito. Maan laatu, eli sen kyky suorittaa toimintojaan (Karlen ym. 1997) on todettu tärkeimmäksi kestävä maankäytön indikaattoriksi (Doran 2002). Euroopan komissio on määrittänyt tiedonannossaan ”Kohti maaperän suojelun teemakohtaista strategiaa” (2002) kahdeksan maaperään kohdistuvaa uhkaa: eroosio, orgaanisen aineksen väheneminen, pilaantuminen, suolaantuminen, tiivistyminen, biologisen monimuotoisuuden väheneminen, maaperän sulkeminen rakentamisella, maanvyörymät ja tulvat. Komission ehdotuksessa maaperän suojelun direktiiviksi (2006) näistä ovat mukana muut paitsi biologisen monimuotoisuuden väheneminen ja tulvat. Maaperän biologisesta monimuotoisuudesta todetaan, että siitä tiedetään liian vähän, jotta erityisiä säännöksiä voitaisiin antaa.

Rockströmin ym. (2009) mukaan tärkeimmät globaalit ympäristöongelmat ovat ilmastonmuutos, biodiversiteettikato, typen ja fosforin kierron häiriintyminen, otsonikerroksen oheneminen, merten happamointuminen, globaali makean veden käyttö, maakäytön muutokset ja kemikalisoituminen. Ne kaikki liittyvät ruokaketjun toimintaan kuten myös Millennium Ecosystem Assessmentin (2002) esittämät muutostekijät.

Yksi laajimmista **sosiaalisen kestävyiden** viitekehyksistä on UNEP/SETAC:n ohje *Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products* (2009). Sen viitekehys rakentuu sidosryhmäajattelun pohjalle. Vaikutukset kattavat sosiaaliset ja sosiaalis-taloudelliset tekijät. Keskeiset sidosryhmät ja niihin liittyvät vaikutusluokat ovat: 1) työntekijät – ihmisoikeudet, 2) paikallisyhteisö – työolosuhteet, 3) yhteiskunta – terveys ja turvallisuus, 4) kuluttajat – kulttuuriperintö ja 5) arvoketjun toimijat – hallinnointi ja sosiaalis-taloudelliset seuraamukset. Kukin vaikutusluokka jakautuu vielä alaluokkiin. Vaikutusluokkia kuvaamaan tarvitaan vaikutusluokkaindikaattorit, mutta niitä ohje ei anna, koska niiden kehittäminen on vielä kesken.

MEAn (2002), Rockströmin ym. (2009) ja UNEP/SETACin (2009) viitekehykset kattavat melko hyvin tuotteiden tuotannon ekologiset ja yhteiskunnalliset ulkoisvaikutukset, jotka eivät heijastu tuotteen hintaan ja joista sen(kin) takia tarvitaan informaatiota. Taulukossa 1 on kuvattu niihin perustuva tuotteen ekologisten ja sosiaalisen-taloudellisten vaikutusten yleinen viitekehys.

Pohjimmiltaan vaikutusten arvioinnissa on kyse negatiivisten vaikutusten näkyväksi tekemisestä. Tuote sinällään tarjoaa jotakin positiivista, syyn sen kuluttamiselle. Elinkaariarvioinnissa tuotteen kuluttamisen tarkoitus sisältyy oleellisena osana menetelmään, koska vaikutukset kohdistetaan ”kuluttamisen syyllä”, tuotteelle ja sen tuottamalle palvelulle. Ruoan kohdalla syy kuluttamiselle on ravinnon saanti ja se kietoutuu tiiviisti yhteen yhden sosiaalisen vaikutuksen osa-alueen, terveyden, kanssa.

Kuluttajille ei pystytä tällä hetkellä tarjoamaan tietoa kaikista edellä mainituista ekologisista ja sosiaalisen-taloudellisista vaikutuksista. Sekä ekologisten että varsinkin sosiaalisen-taloudellisten vaikutusten indikaattoreita pitää kehittää, jotta ne kuvaisivat sitä globaalisti ja paikallisesti keskeisiä vaikutuksia, joita päätöksentekohetkellä halutaan tarkastella.

Tässä hankkeessa pyrittiin edistämään ravitsemuksen ja maaperävaikutusten kytkemistä elinkaariarviointiin. Nämä molemmat ovat erityisesti ruoalle keskeisiä asioita, joita ei ole riittävästi otettu huomioon ruoan elinkaariarvioinnissa.

Elinkaariarvioinnin periaatteiden mukaan ympäristövaikutukset arvioidaan tuotteen koko elinkaaren aikana ulottaen tarkastelu ns. luonnosta luontoon. Maankäytön muutokseen liittyvissä vaikutuksissa, jollaisia myös maaperävaikutukset ovat, tarkastelujakso on näin ollen luonnontilasta, maan muutetun käytön kautta palautumiseen luonnontilaan (Mila i Canals et al. 2007). Ympäristövaikutukset arvioidaan koko tältä ajalta ja suhteutetaan maasta saatavaan hyötyyn. Tämä näkökulma on sopiva maankäytön suunnittelua ajatellen, ja voi johtaa esimerkiksi sellaiseen johtopäätökseen, että osa pelloista on syytä poistaa peltoviljelystä, koska ne aiheuttavat ympäristövaikutuksia, joita ei voi hyväksyä. Tämä tilanne voi olla esimerkiksi turvepohjaisten peltokohdalla, koska ne ovat merkittäviä hiilidioksidin- ja dityppioksidipäästöjen lähteitä ja niin ollen voimistavat ilmastonmuutosta. Luonnosta–luontoon -ajattelu on kuitenkin ongelmallinen silloin, kun tarkastellaan ruoan tuotannon kestävyttä eikä ns. absoluuttista ympäristömuutosta laajemmin. Kestävässä ruoantuotannossa on ensisijaisen tärkeää, että pelto pysyy sellaisessa kunnossa, että siinä voidaan tuottaa ruokaa jatkossakin. Tässä tutkimuksessa haetaan menetelmää kestävä ruoantuotantoon liittyvän maaperävaikutusten arvioimiseksi osana elinkaariarviointia

Taulukko 1. Tuotteen ekologisen ja sosiaalis-taloudellisen kestävyuden yleinen viitekehys.

Ekologinen kestävyys		Sosiaalis-taloudellinen kestävyys ⁴	
Elementti	Vaikutus/vaikutusluokka	Sidosryhmä	Vaikutus/vaikutusluokka
Ilma	<ul style="list-style-type: none"> - ilmastomuutos^{1,2} - otsonikerroksen ohentuminen² - ilman saastuminen¹ 	Työntekijät	<ul style="list-style-type: none"> - kokoontumis- ja yhdistymisvapaus - lapsityövoima - reilu palkkaus - työaika - pakkotyö - syrjintä - terveys ja turvallisuus
Vesi	<ul style="list-style-type: none"> - makean veden käyttö² - merten happamoituminen² - vesien saastuminen¹ 	Kuluttaja	<ul style="list-style-type: none"> - terveys ja turvallisuus - yksityisyys - läpinäkyvyys - tuotteen hävittämisen vastuu
Maa	<ul style="list-style-type: none"> - eroosio¹ - suolaantuminen¹ - ravinteikkouden muutokset¹ - maan rakenteen muutokset³ - maan biologisen toiminnan väheneminen³ - maan orgaanisen aineksen väheneminen³ - happamoituminen¹ - maankäytön muutokset^{1,2} 	Paikallisyhteisö	<ul style="list-style-type: none"> - aineellisten resurssien saatavuus - aineettomien resurssien saavutettavuus - uudelleensijoittelu, maasta/maahan muutto - kulttuuriperintö - turvalliset ja terveelliset asuinolosuhteet - alkuperäiskansojen oikeudet - yhteisöllisyys - paikallinen työllisyys - turvatut asuinolosuhteet
Eliöstö	<ul style="list-style-type: none"> - biodiversiteettikato - ei-alkuperäisten² lajien käyttöönotto ja leviäminen¹ 	Yhteiskunta	<ul style="list-style-type: none"> - julkisen hallinnon sitoutuminen kestävyteen - taloudellinen kehitys - aseellisten konfliktien estäminen ja liennyttäminen - teknologinen kehitys - lahjonta
Aineet ja ainekierrot	<ul style="list-style-type: none"> - kemikalisoituminen^{2,1} - N ja P kierron häiriintymisen^{1,2} 	Arvoketjun toimijat	<ul style="list-style-type: none"> - reilu kilpailu - sosiaalisen vastuun edistäminen - tavarantoimittajasuhteet - immateriaalioikeuksien kunnioittaminen

¹Millenium Ecosystem Assessment 2005

²Röckström et al. 2009

³Euroopan komissio 2002

⁴UNEP/SETAC 2009

1.2 Hankkeen tavoitteet ja toteutus

Hanke pyrki edistämään tietämystä ja kuluttajainformaatiota ruoan kestävydestä painottaen ympäristövaikutusten ja terveysvaikutusten suhteita. Hankkeen ensisijaisena tavoitteena oli kehittää tiedontuotannon metodologioita. Toissijaisena tavoitteena oli tuottaa uutta tietoa ruoan kestävydestä, pyrkimällä vastaamaan seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. miten terveys- ja ympäristövaikutukset vaihtelevat eri tuotteiden välillä samaan tarkoitukseen käytettävien ruokien kesken,
2. miten raaka-aineiden valinta ja prosessointi vaikuttavat tuotteen ravintosisältöön ja ympäristövaikutuksiin,

3. miten luomuun liittyvät ratkaisut näyttäytyvät tuotetason ravintosisällössä ja ympäristövaikutuksissa,
4. minkälaista kuluttajainformaatiota ruoan terveys- ja ympäristövaikutuksista tuotemarkkinoilla tällä hetkellä annetaan ja
5. minkälaista tuotteisiin liittyvän terveys- ja ympäristövaikutuksia koskevan kuluttajainformaation pitäisi olla, jotta kestävyuden eri aspektit tulisivat tarkoituksenmukaisesti esille.

Hankkeen ohjausryhmä rajasi tutkimuksen alkuvaiheessa tutkimuskysymystä 2 päättämällä, että ravintoainesisältöä ei analysoida arvoketjun eri vaiheissa. Ravintoaineanalyysit tehtiin vain teollisuuden tarjoamille case-tuotteille, ts. niille joita kuluttajat ostavat kaupasta. Raaka-aineita ei analysoitu eikä syönteivalmiita tuotteita niissä tapauksissa, joissa ostettu tuote vaatii vielä kuluttajan kypsennyksen. Prosessoinnin vaikutusta ympäristövaikutusten muodostumiselle kuitenkin analysoitiin ketjuista kerätyn aineiston pohjalta.

Tiedontuotannon metodologian kehittäminen liittyi tutkimuskysymyksiin 1-3 vastaamiseen. Metodologian kehittämisessä tavoiteltiin:

1. ruoan kestävyuden viitekehystä, joka luo teoreettisen ja käsitteellisen pohjan (hankkeessa kehitettävälle) uusille metodologioille,
2. elinkaariarviointiin liittyvää metodologiaa, jonka avulla maaperään liittyvät ekosysteemivaikutukset voidaan liittää ruoan ympäristövaikutusten arviointiin ja
3. elinkaariarviointiin liittyvää metodologiaa, jonka avulla ruoan terveysnäkökulma voidaan liittää ruoan ympäristövaikutusten arviointiin ja viestintään.

Hanke keskittyi tuotetason tarkasteluun. Tuotetaso antaa kuitenkin vain suuntaa ruoan vaikutuksista ravitsemukseen, terveyteen ja ympäristöön. Periaatteessa yksittäisillä valinnoilla ei ole merkitystä vaan ruoankulutuksen yksilölliset terveysvaikutukset näyttäytyvät vasta ruokavaliotasolla, kansanterveydelliset vaikutukset ruoankulutuksen kansallisissa suurissa linjoissa ja ruoantuotannon vaikutukset ympäristöön ruokajärjestelmien tasolla. Tuotekohtainen tarkastelu ja sitä koskevan informaation antaminen ovat kuitenkin relevantteja ja tärkeitä konkreettisuutensa vuoksi; ruokavalinnat tehdään viimekädessä tuotteiden välillä. Lisäksi ruokavalio ja kansanravitseminen koostuu tuotteista, jolloin ruokavalion ja kansanravitsemuksen ympäristövaikutusten arvioinnissa tarvitaan tuotetason tietoa.

Hanke toteutettiin yhteistyössä seitsemän elintarvikeyrityksen kanssa. Jokaisesta yrityksestä oli mukana 1-4 case -tuotetta, joille jokaiselle tehtiin elinkaariarviointi kahdessa vaikutusluokassa, ilmastovaikutuksessa ja rehevöittävässä vaikutuksessa. Elinkaarivaikutukset toteutettiin aluksi perinteiseen tapaan ilmoittamalla vaikutukset per kilo tuotetta. Kaikkien case -tuotteiden ympäristövaikutukset arvioitiin lisäksi ravintoainesisältö huomioon ottaen sekä yleisellä, eli kaikille tuotteille sopivalla, mittarilla että tuoteryhmäkohtaisella mittarilla. Maaperävaikutukset arvioitiin kahden tuotteen alkutuotantovaiheelle. Maaperävaikutusten arviointi oli kuitenkin lähinnä menetelmien testaamista, ei niinkään varsinaisten todellisuutta kuvaavien tulosten tuottamista. Markkinoinnin kehittämisen pohjaksi tehtiin kartoitus ympäristöön ja terveyteen liittyvistä tuotekohtaisesti käytettävistä markkina-argumenteista. Lisäksi markkinoinnin kehittämiseksi järjestettiin kaksi työpajaa, ensimmäinen hankkeen sisäisenä ja toinen sidosryhmien kanssa.

1.3 Raportin rakenne

Raportti koostuu johdannosta, tulosten esittelystä ja johtopäätöksistä, joissa pyritään vastaamaan tutkimuskysymyksiin. Hankkeen sisältökokonaisuudet tuloksineet esitetään kolmessa osassa: Case-tuotteiden ilmastovaikutusten ja rehevöittävien vaikutusten arviointi (luku 2), elinkaariarvioinnin menetelmäkehitys, johon kuuluvat luku 3 Ravitsemuksen sisällyttäminen elinkaariarviointiin ja luku 4 Maaperävaikutusten sisällyttäminen elinkaariarviointiin ja markkinoinnin kehittäminen (luku 5).

2 Case-tuotteiden ilmastovaikutusten ja rehevöittävien vaikutusten arviointi

2.1 Tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely

Case -tuotteiden elinkaariarviointien¹ ensisijaisena tarkoituksena oli tuottaa aineistoa hankkeessa tehtävälle menetelmäkehitykselle ravitsemuksen ja maaperävaikutuksen sisällyttämiseksi ruoan elinkaariarviointiin. Samalla se tuotti hankkeessa mukanaoleville case -tuotteita valmistaville yrityksille tietoa case -tuotteiden ympäristövaikutuksista ja siitä, miten ravitsemuksen huomioiminen vaikuttaa case -tuotteen ilmastovaikutuksen ja rehevöittävän vaikutuksen tunnuslukuihin. Nämä tulokset eivät ole suoraan hyödynnettävissä case -tuotteiden markkinoinnissa, mutta antavat pohjaa mahdollisten jatkotoimenpiteiden suunnittelulle. Ravintoainesisältöjen määrittämiseen ja ympäristövaikutusten arvioimiseen liittyvät epävarmuudet on otettava huomioon tuloksia tulkittaessa ja varsinkin eri tuotteita toisiinsa verrattaessa. Case -tuotteiden ympäristövaikutusten tulokset on tarkoitettu ensisijaisesti alan asiantuntijoiden käyttöön.

Hankkeessa tehdyissä ilmastovaikutusten arvioinneissa pyrittiin noudattamaan elintarvikeketjun yrityksille tarkoitettua kansallista ilmastovaikutusten arvioimisen metodologian suositusta (Hartikainen ym. 2012a). Suositusta noudatettiin soveltuvin osin (esim. tiedonlaadun vaatimukset) myös rehevöittävien vaikutusten arvioinneissa. Arvioinnin menetelmät poikkeavat kuitenkin paikoin suosituksesta, koska kyseessä on tutkimushanke eikä elinkeinon toteuttama ympäristövaikutusten arviointi. Eräs merkittävimmistä metodologisista poikkeamista suositukseen verrattuna on IPCC:n N₂O-oletuskertoimen² käyttö alkutuotannon ilmastovaikutusten arvioimisessa kansallisen N₂O-mallin sijaan. N₂O-mallin valinta vaikuttaa yleisesti ottaen varsin paljon arviointien lopputulokseen, koska N₂O-päästöt ovat yksi suurimmista ilmastovaikutukseen vaikuttavista päästöistä ja eri mallit antavat selkeästi toisistaan poikkeavat tulokset. IPCC:n N₂O-oletuskerrointa käytetään kansainvälisesti erittäin laajasti, mutta kotimaista tuotantoa koskevan tutkimuksen perusteella on viitteitä, että suomalaisissa olosuhteissa N₂O-päästöt ovat suuremmat kuin IPCC:n kerroin olettaa. Case -tarkasteluissa tehdyt keskeiset metodologiset ratkaisut, käytetyt aineistot ja menetelmät on kuvattu seuraavissa alaluvuissa.

2.1.1 Case -tuotteet

Menetelmäkehityksen näkökulmasta oli tärkeää, että mukana oli mahdollisimman monta erilaista tuotetta eri tuoteryhmistä. Case -tuotteet olivat viljatuotteita, maitotuotteita, vihanneksia ja ravintorasvoja. Alun perin mukana oli myös lihatuotteita, mutta ne jäivät pois tiedonkeräämiseen liittyvien esteiden takia. Case -tuotteet täydensivät tuoterepertuaaria, joista oli aiemmista tutkimuksista ja kirjallisuudesta saatuja elinkaariarviointien tuloksia. Case -tuotteet on esitetty taulukossa 2.

¹ Kyseessä on case-tuotteiden osittaiset elinkaariarvioinnit, koska arvioinnissa ei tarkastella kaikkia ympäristövaikutuksia vaan ainoastaan ilmastovaikutusta ja rehevöittävää vaikutusta.

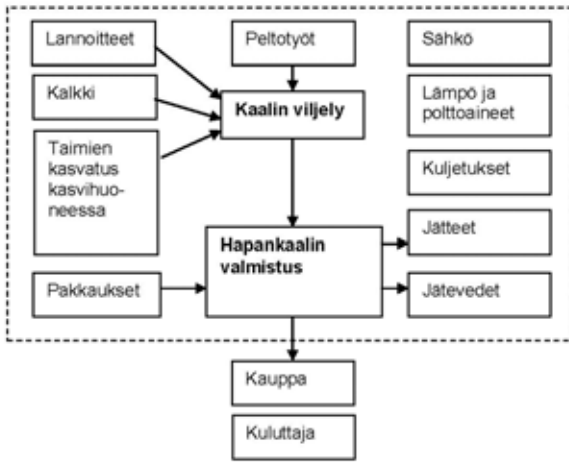
² IPCC ohjeistus antaa mahdollisuuden käyttää joko oletuskerrointa tai kansallista kerrointa/mallia. Kansallista kerrointa/mallia voidaan käyttää, jos on pystytty osoittamaan, että kansallinen kerroin kuvaa paremmin päästöjä ko. olosuhteissa. Kansallinen menettely arvioidaan tieteellisessä arviointiprosessissa IPCC:ssä. Suomen kansallista mallia ei ole viety IPCC:n arvioitavaksi ja hyväksyttäväksi kansallisena kasvihuonekaasuinventaarion menetelmänä.

Taulukko 2. Case-tuotteet.

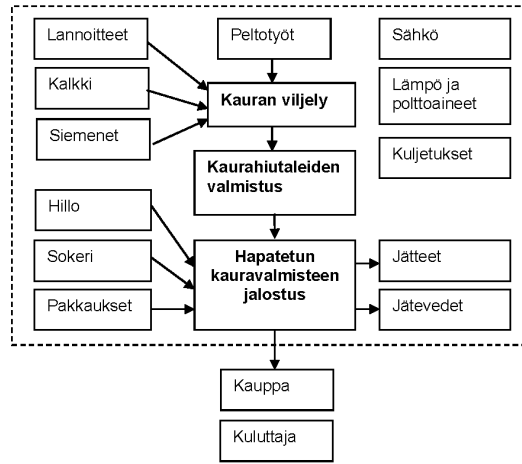
Tuoteryhmät	Case-tuotteet; tavanomainen	Case-tuotteet; luomu
Viljatuotteet	Kaurapuuro, tumma makaroni, valkoinen makaroni	Ruisvuokaleipä, grahamvuokaleipä, kaurapuuro, hapatettu kauravalmiste
Palkoviljatuotteet	-	-
Ravintorasvat	Rypsiöljy	Rypsiöljy
Maitotuotteet	Rasvaton maito	Rasvaton maito, maustamaton jogurtti
Hedelmät ja marjat	-	-
Vihannekset	-	Hapankaali
Liha ja lihavalmisteet	-	-

Case -tuotteet olivat syötäväksi valmiita tuotteita. Esimerkiksi leivän yhteyteen ei kuitenkaan otettu leivänpäällisiä, vaikka useimmiten leipä syödäänkin levitteen kanssa. Samoin esimerkiksi puuro arvioitiin ilman mahdollisia lisukkeita. Tuotejärjestelmät sisälsivät alkutuotannon panokset, alkutuotannon, teollisen valmistamisen ja osassa tuotteita myös kuljetukset teollisuudesta kauppaan. Kaurapuuron ja makaronien kohdalla tuotejärjestelmän sisälsi myös valmistamisen kotona. Pellon maalajien vaikutus typpipitoisiin ilma- ja vesistö päästöihin sisältyi tarkasteluun. Pellon maalajin tai viljelytavan vaikutus hiilen hajoamiseen ja kertymiseen ei sisällynyt tarkasteluun puutteellisen tieteellisen tiedon takia, vaikka sillä saattaa olla hyvinkin suuri merkitys (Heikkinen ym. 2013). Maan hiilivaraston muutosta ja sen arviointiin liittyviä haasteita käsitellään erikseen osana viljelyn maaperävaikutusten arviointia (luku 4).

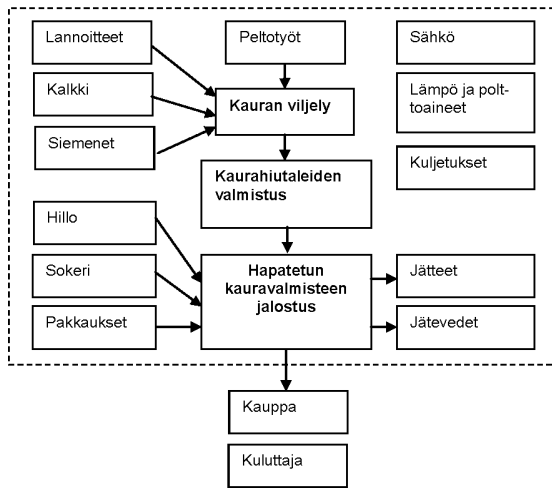
Pakkaukset, jätehuolto ja jäteveden käsittely sisältyivät case -tuotteiden arviointeihin keskeisimmiltä osiltaan. Esimerkiksi tuotepakkaukset olivat mukana, mutta kuljetuspakkaukset pääosin eivät. Tuotanto-panosten ja raaka-aineiden kuljetukset sisältyivät tarkasteluihin, mutta ei kuluttajien ostosmatkat. Tuotejärjestelmien rajaukset on esitetty kuvassa 1.



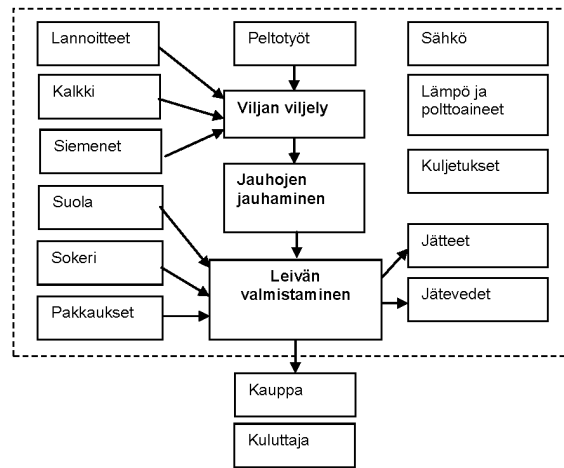
a) Luomuhapankaalin tuotejärjestelmän rajat.



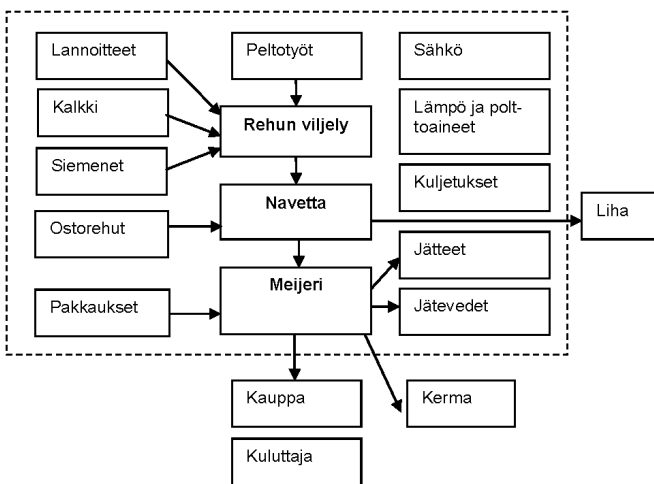
b) Hapatetun luomukauravalmisteen tuotejärjestelmän rajat.



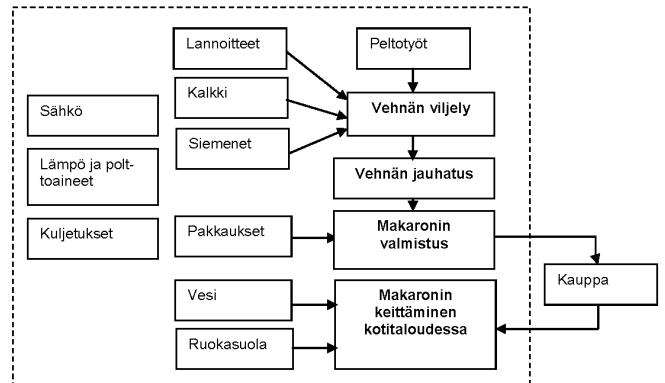
c) Kaurapuuron ja luomukaurapuuron tuotejärjestelmän rajat.



d) Luomuleivän tuotejärjestelmän rajat.



e) Maidon, luomumaidon ja luomujugurtin tuotejärjestelmän rajat.



f) Makaronin tuotejärjestelmän rajat.

Kuva 1. Case-tuotteiden tuotejärjestelmien rajaukset.

2.1.2 Toiminnallinen yksikkö ja allokointimenettelyt

Tehtyjen elinkaariarviointien toiminnallisen yksikkönä oli 1 kg syötäväksi valmista tuotetta (ennen ravitsemusnäkökulman sisällyttämistä tarkasteluun). Kaurapuurossa 1 kg syötävää tuotetta sisältää 160 g kaurahiutaleita, vaaleassa ja tummassa makaronissa 606 g makaronia, ja loppu on vettä ja suolaa. Muiden tuotteiden valmistus on loppuun asti teollinen, jolloin raaka-aineiden käyttö noudattaa teollisuuden reseptejä.

Lähes kaikkiin case -tuotteisiin liittyi merkittäviä allokointitilanteita. Elinkaariarvioinnissa allokointia tarvitaan silloin, kun tuotejärjestelmästä tai tuotejärjestelmän osasta tulee useampaa kuin yhtä tuotetta, jolloin tuotejärjestelmän synnyttämät ympäristövaikutukset jaetaan näille tuotteille sovitun allokointimenettelyn mukaisesti. Allokointeihin sovellettiin kansallista suositusta ilmastovaikutusten arvioimiselle (Hartikainen ym. 2012a), jossa on esitetty ns. ratkaisupuu allokointimenettelyn valintaan erilaisissa tilanteissa. Suosituksen mukaisesti leipien, makaronien, kaurapuuron ja hapatetun kauravalmisteen pääraaka-aineiden, eli hiutaleiden ja jauhojen, valmistuksessa kaikki alkutuotannon ja viljojen jalostamisen ympäristövaikutukset kohdennettiin päätuotteelle. Toisin sanoen sivuvirroille ei kohdennettu vaikutuksia ollenkaan. Samaa periaatetta toteutettiin myös rehujen kohdalla, eli niiden raaka-aineena käytetyille viljojen sivuvirroille ei kohdennettu alkutuotannon vaikutuksia. Rypsiöljyn valmistuksessa syntyvälle rehujakeelle sen sijaan kohdistettiin vaikutuksia taloudellisen allokoinnin periaatteiden mukaan, koska rehujae on käytännössä varsin arvokas rinnakkaistuote. Maidon tuotannossa lihan ja maidon väliseen allokointiin ja allokointiin eri maitotuotteiden välillä sovellettiin meijeriteollisuuden kansainvälistä elinkaariohjeistusta, joka perustuu fysikaalis-kausaalisiin suhteisiin (IDF, 2010).

2.1.3 Tiedon laatuvaatimukset, oletukset ja rajoitukset

Tiedon laatuvaatimuksissa pyrittiin seuraamaan kansallista suositusta ilmastovaikutusten arvioimiselle (Hartikainen ym., 2012a). Suositus korostaa tuotantoketjukohtaisen tiedon käyttöä varsinkin niissä kohdissa tuotanto-kulutusketjua, joissa syntyy eniten vaikutuksia. Ruoan kohdalla se usein tarkoittaa tuotteiden pääraaka-aineiden alkutuotantoa. Tiedon kerääminen on kuvattu luvuissa 2.2.1-2.2.4.

Tuotantopanosten ja raaka-aineiden kuljetusten päästöjen arvioinnissa kuljetuksen päästöt laskettiin VTT:n Lipasto-tietokannan avulla. Kuljetusten oletettiin tapahtuvan pääasiassa täysperävaunurekoilla, joiden kantavuus on 40 tonnia. Joissakin pientuottajien tapauksissa käytettiin suurta jakeluautoa. Autokantana käytettiin vuoden 2011 keskimääräistä, paitsi maidon kuljetukseen käytettiin vuosimallia 2011 tai uudempia autoja, koska autojen käyttöaste on niin korkea, että niitä uusitaan keskimääräistä useammin.

Sähkön tuotannon päästökertoimena käytettiin Suomen keskimääräistä päästökerronta (Hartikainen ym., 2012b) ellei laitoksella ollut käytössä jokin erityissähkösopimus.

Teollisuudessa syntyvien jätevesien puhdistuksen ja jätteiden kompostoinnin ilmapäästöille käytettiin kansallisen suosituksen liitteen 3 (Hartikainen ym., 2012b) kertoimia. Jätevesien rehevöittävät päästöt laskettiin puhdistetun jäteveden tyypin ja fosforin pitoisuuksista, jotka saatiin niiltä jätevedenpuhdistamoilta, millä kunkin teollisuuslaitoksen jätevedet puhdistettiin. Kaatopaikkajätteen päästölaskennassa otettiin huomioon vain kaatopaikan työkoneiden aiheuttamat päästöt, sillä vain hyvin pieni osa kaatopaikalle päätyvästä jätteestä on orgaanista, joka voisi aiheuttaa ilmapäästöjä. Kaatopaikan työkoneiden päästöille käytettiin kansallisen suosituksen kertoimia (Hartikainen ym., 2012b).

Hankkeessa jaettiin viljat leipä- ja rehuviljoiksi niiden tuotantopaikan mukaan. Maitotilojen viljantuotanto oletettiin olevan rehuviljan viljelyä ja ei-maitotilojen viljelyn leipäviljan viljelyä. Leipäviljan tulokset kuvaavat siis erikoistuneesta viljanviljelystä saatavan sadon vaikutuksia, kun taas rehuviljan tulokset maitotilalla viljellyn viljan tuloksia. Todellisuudessa rehuviljaa kuitenkin tuotetaan myös erikoistuneessa viljanviljelystä ja leipäviljaa eläintiloilla, koska viljan päätyminen leipäviljaksi tai rehuksi määräytyy viimekädessä sadon laadun ja markkinatilanteen mukaan. Muita eroja, kuten esim. lajikevalintoja, ei otettu tässä jaossa huomioon.

Peltoviljelyn inventaarioanalyysissä jouduttiin paikoin turvautumaan oletuksiin puutteellisten lähtötietojen takia. Esimerkiksi viljelytoimenpiteiden määrä ja luomuleipäviljojen viljelykierrot ja viherlannoituksen perustamistapa perustuivat oletuksiin. Keskeinen oletus ja epävarmuuden lähde oli myös se, että luomuviljelyn päästölaskennassa sovellettiin, pienin muutoksin, tavanomaisen tuotannon päästömalleja. Luomumaidon tuotannon mallinnuksessa hyödynnettiin tavanomaista tuotantoa kuvaavaa Lypsikki-mallia

(Nousiainen ym. 2011), jolloin oletettiin, että lehmien rehujen hyötysuhde oli sama kuin vastaavanlaisen tilan tavanomaisilla lehmillä. Myös rehustuksen rakenne oli lähes samanlainen. Se poikkesi vain laidunnuksen osalta. Laidunnuksen lisäksi eroja oli siis vain rehujen kilomäärissä, mikä liittyi luomulehmien alhaisemmasta maidon tuotannosta (ks. tarkemmin luku 2.2.3).

2.1.4 Vaikutusarvioinnin menetelmä

Case-tuotteiden elinkaariarviointi tehtiin kahdessa vaikutusluokassa, ilmastovaikutuksessa (ilmastonmuutosvaikutus, hiilijalanjälki) ja vesistöjä rehevöittävässä vaikutuksessa. Vaikutusarvioinnissa mukaan otetut päästöt ja niiden karakterisointikerroimet on esitetty taulukossa 3. Karakterisointikerroin kuvaa yhdisteen vaikutusta verrattuna ekvivalenttisyhteiseen. Eri ympäristövaikutusluokkia ei arvoitettu suhteessa toisiinsa, vaan ympäristövaikutustarkastelun tulokset esitettiin erikseen molempien ympäristövaikutusluokan osalta.

Taulukko 3. Tutkimuksessa käytetyt karakterisointikerroimet.

	Karakterisointikerroin <i>Characterisation factor</i>	Lähde <i>Source</i>
Ilmastomuutos	kg CO ₂ -ekv/kg	
- CO ₂	- 1	Solomon et al. 2007
- CH ₄	- 25	
- N ₂ O	- 298	
Rehevöittävä vaikutus	kg PO ₄ ³⁻ -ekv/kg	
- NH ₃ ilmaan	- 0,04	Seppälä et al. 2004
- NO _x ilmaan	- 0,015	
- N, tot	- 0,42	Heijungs et al. 1992
- P, tot	- 3,06	

2.2 Inventaarioanalyysi

2.2.1 Lähtötietojen kerääminen

Kaikkien case -tuotteiden jalostusvaiheiden tiedot, mukaan lukien raaka-aineiden kuljetus, kysyttiin lomakekyselyinä tuotantoketjun toimijoilta. Tiedot myös saatiin kaikista päävaiheista. Pakkauksia koskevat päästötiedot olivat pakkausten valmistajien tai niitä edustavien organisaatioiden antamia, tai Ecoinvent-tietopankista.

Luomuviljojen, luomurypsin ja tavanomaisen rypsin lohko-kohtaiset viljelytiedot kerättiin ProAgrian lohkotietopankista joko kohdistetusti yrityksen hankinta-alueelle tai koko Suomen kattavasti riippuen case-tuotteesta. Myös tavanomaisten karkearehujen ja ostettujen luomukarkearehujen lohko-kohtaiset viljelytiedot kerättiin samoin periaattein ProAgrian lohkotietopankista. Lohkoaineisto, sen käsittely ja lohkojen päästöjen laskenta kuvataan luvussa 2.2.4.

Luomukaalin, tavanomaisen kauran (kaurapuuro) ja makaroneihin käytetyn kotimaisen vehnän viljelytiedot saatiin teollisuuden sopimustuottajille tehdyistä kyselyistä. Nämä aineistot ovat salassa pidettäviä eikä niitä kuvata tässä raportissa tarkemmin. Ulkomaisen durum-vehnän ympäristövaikutukset otettiin Ecoinvent-tietopankista.

Luomujogurtin valmistukseen käytetyn luomumaidon tuotantotiedot ja päästölaskenta tuotettiin MTT:n asiantuntijatyönä tuottajilta lomakekyselynä saatujen tietojen perusteella. Tilatiedot saatiin viideltä maitoa toimittavalta tilalta (toimittajia oli yhteensä kahdeksan). Tilamallit on kuvattu tarkemmin luvussa 2.2.

Rasvattoman maidon ja rasvattoman luomumaidon tuotanto maitotiloilla perustui Lypsikki-tuotantomalliin (Nousiainen ym. 2011). Lähtötietoina käytettiin tilastotietoja, asiantuntijätietoa ja ProAgrian lohkotietopankin viljelyaineistoja.

2.2.2 Luomujogurtin tilamallit

Maidontuottajille muodostettiin tilakohtaiset mallit, joissa esimerkiksi polttoaineenkulutusta ei jaettu eri kasveille, vaan käytettiin tilan ilmoittamaa kokonaisuuttamäärää. Tilakohtaisissa malleissa oli oletuksena, että kaikki tilalla viljeltävä rehu menee omaan käyttöön. Poikkeuksena oli kaksi tilaa, joilla oli yhteistyötä hiehojen kasvatuksessa, eli yhden tilan hiehot ovat ennen poikimista toisella tilalla ja syövät siellä rehua. Hiehojen metaanipäästöt ja lannan varastoinnin päästöt laskettiin sille tilalle, joka omisti hiehot. Hiehojen syövä säilörehumäärä laskettiin toiselle tilalle ostorehuna ja toiselle tilalle myytyinä rehuna. Osa tiloista ilmoitti myös ostavansa rehuja itse tuotetun rehun lisäksi. Ostorehulle käytettiin ProAgrian lohkotietopankin tiedoista mallinnettuja luomuviljojen tietoja. Ostetulle rypsipuristeelle käytettiin Kankaisten Öljykasvien tietoja. Osalla tiloista kasvatettiin omaa rypsiä ruokintaa varten. Omalla tilalla kasvatetun rypsin puristukselle oletettiin samat saannot ja energiankulutukset kuin Kankaisten Öljykasvien rypsin puristuksessa on. Rypsin puristuksen sivutuotteena syntyvä öljy laskettiin tiloille myydyksi öljyksi eli sille allokoituvat päästöt laskettiin tilalle hyvitykseksi.

Lannan typpipitoisuudet mallinnettiin ruokinnan perusteella. Navetassa ja lantavarastossa haihtuva typpi ja ammoniakki laskettiin SYKEN typpimallin avulla (Grönroos ym. 2009). Osa lannasta oletettiin menevän suoraan pellolle laidunnuksen seurauksena. Laitumelle menevän lannan osuus arvioitiin tiloilta saatujen tietojen perusteella (laidunnuspäivät ja laidunnuksen tyyppi). Loppu lanta oletettiin käytettävän lannoitteeksi tilan omille pelloille. Huuhtoumat laskettiin tilan hehtaarien mukaan ottaen huomioon maalajit ja nurmi-/viljakasvien viljelyalat.

2.2.3 Rasvattoman maidon ja rasvattoman luomumaidon tilamallit

Maidontuotanto mallinnettiin Lypsikki-mallilla (Nousiainen ym. 2011) kolmen kokoluokan ja tekniikan navetassa (taulukko 4). Kaikkien navetoiden lantajärjestelmäksi oletettiin lietelanta. Mallinnuksessa tarvittavat tuotosparametrit on esitetty taulukossa 5. Mallinnuksen tuloksena saatiin tarvittavat rehumäärät, tuotettu maitomäärä, lannan typpimäärä ja eläinten metaanipäästö. Erityyppisten navetoiden energian kulutuksista haettiin tietoa kirjallisuudesta (Posio 2010; Edström ym. 2005).

Taulukko 4. Mallinnetut navettatyypit.

Tilamalli 1	Tilamalli 2	Tilamalli 3
Parsinavetta, putkilypsy	Pihattonavetta, asemalypsy	Pihattonavetta, 2 lypsyrobotia
25 lehmää, 10 hiehoa, 9 vasikkaa	60 lehmää, 24 hiehoa, 22 vasikkaa	120 lehmää, 48 hiehoa, 42 vasikkaa

Taulukko 5. Lypsikki-mallinnuksessa käytetyt tuotosparametrit (ProAgrian tuotosseuranta, 2010).

	Tavanomainen	Luomu
Keskituotos, kg/lehmä/v	8900	7900
Elopaino, kg/lehmä	600	600
Poikimäväli, pv	415	415
Uudistamisprosentti	33	33

Tilamalleissa 1 ja 2 mallinnettiin tavanomaisessa tuotannossa sekä kotoisiin rehuihin (säilörehu + vilja) perustuva ruokinta että ostorehuihin (säilörehu + täysrehu) perustuva ruokinta. Tilamallissa 3 ruokinta perustui sekä omaan rehuun että täysrehuun. Luomussa ruokinta perustui vain kotoisiin rehuihin. Kaikissa navettatyypeissä käytettiin myös rypsirouhetta/-puristetta, jonka tiedot perustuivat Kankaisten Öljykasvien tietoihin. Täysrehun päästötiedot perustuvat Raisiolta saatuihin Raision viiden yleisimmän naudanrehun päästötietojen keskiarvoon. Lisäksi kaikissa luomunavetoissa ja 25 lehmän tavanomaisessa navetassa otettiin huomioon laidunnuksesta (koko-/puolilaidunnus riippuen kokoluokasta) saatava rehu, jolloin säilörehun tarve oli pienempi. Tällöin myös osa lannasta oletettiin menevän laitumelle. Maidontuotannon mallissa käytetyt rehut on kuvattu taulukossa 6. Navetat sijaitsevat Etelä-, Länsi-, Itä- tai Pohjois-

Suomessa. Tiloilla käytettävä rehu on viljelty samalla alueella, jolla navetta sijaitsee. Viljelytiedot perustuvat Pro Agrian lohkotietopankin maitotilojen tietoihin (ks. luku 2.2.4).

Meijereiden panos-tuotos -tiedot saatiin Valiolta. Eri alueilla sijaitseville meijereille määritettiin hankinta-alue, jolla sijaitsevien tilojen maito meni ko. meijeriin. Esim. Riihimäelle maito tulee Etelä-Suomen navetoista, ottaen huomioon erikokoisten navetoiden jakauman kyseisellä alueella (taulukko 7). Kotoisilla rehuilla ja ostorehuilla tuotettu maito mallinnettiin erikseen meijerikohtaisesti. Koko Suomen keskimääräinen maito yhdistettiin eri meijereistä niiden tuotantomäärien perusteella yhdistämättä kuitenkaan eri rehustusstrategialla tuotettuja maitoja, koska ei ollut tiedossa, mikä osa maidosta oli kummallakin tavalla tuotettuja. Mallin muodostuksen periaate on kuvattu kuvassa 2.

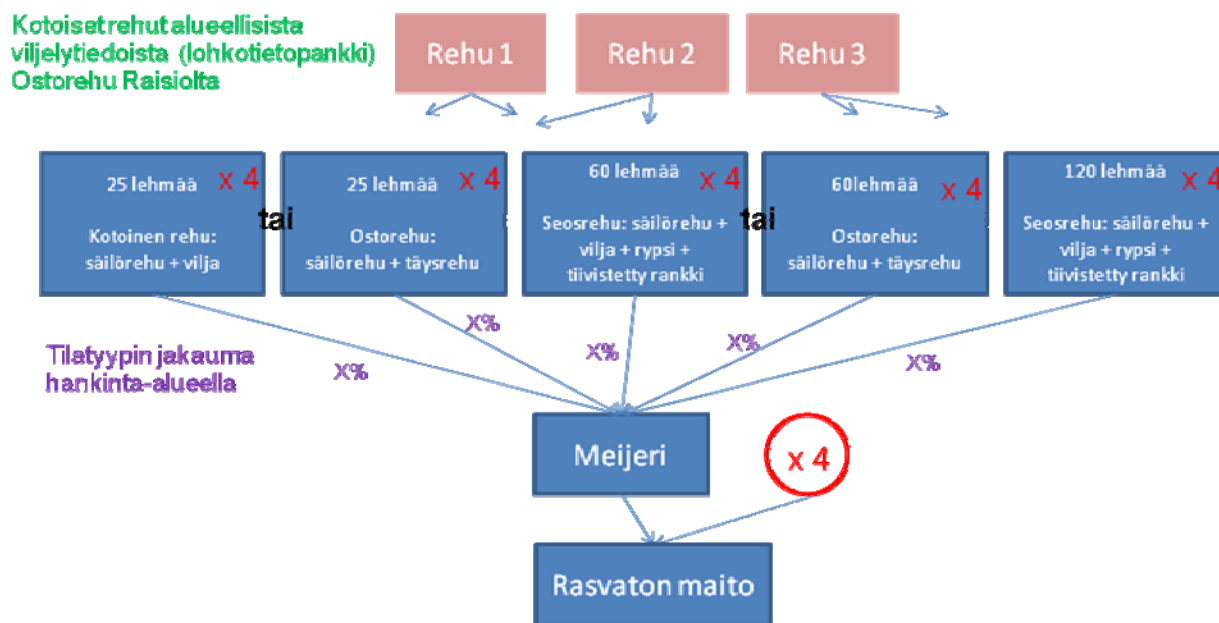
Taulukko 6. Maidontuotannon mallissa käytetyt rehut.

25 lehmän navetat	Tavanomainen oma rehu, kg/v	Tavanomainen osto-rehu, kg/v	Luomu, kg/v
Säilörehu	85659	93846	80273
Ohra	31205		28980
Kaura	31295		28980
Rypsirouhe	16370	759	12475
Täysrehu		68693	
60 lehmän navetat	Tavanomainen oma rehu, kg/v	Tavanomainen osto-rehu, kg/v	Luomu, kg/v
Säilörehu	293022	293022	235820
Ohra	69306	13180	69553
Kaura	69456	13180	69553
Rypsirouhe	29922	1821	29940
Tärkkelysrankki	18734		
Täysrehu		164860	
120 lehmän navetat	Tavanomainen, kg/v	Luomu, kg/v	
Säilörehu	586045	462030	
Ohra	110529	137436	
Kaura	110793	137436	
Rypsirouhe	22375	59705	
Täysrehu	149870		

Taulukko 7. Navettojen jakaumat eri alueilla (Tike 2012).

	25 lehmää	60 lehmää	120 lehmää
Etelä-Suomi	69 %	24 %	7 %
Länsi-Suomi	69 %	24 %	7 %
Itä-Suomi	73 %	21 %	6 %
Pohjois-Suomi	71 %	25 %	4 %

Allokointiin maidon ja lihan välille käytettiin IDF:n (2010) allokointia, jolloin tavanomaiselle maidolle allokoitiin 87 % ja lihalle 13 %, ja luomumaidolle allokoitiin 86 % ja lihalle 14 %. Luomumaidon pienempi allokointikerroin johtuu luomun alhaisemmasta maidontuotantomäärästä eläintä kohden.



Kuva 2. Rasvattoman maidon laskennan periaate.

2.2.4 ProAgrian lohkotietopankkiaineisto ja sen käsittely

ProAgrian lohkotietopankkiin perustuvaa aineisto kattoi vuodet 2002-2011 koko maasta. Alun perin aineistossa oli 199 667 lohkoa, joista poimittiin ne, joiden tyypitase oli väliltä (-10)-(-1) ja (1-100). Lohkojen määrä oli tämän jälkeen 64 873. Tilojen ja lohkojen ajallinen jakauma on esitetty taulukossa 8. Eniten tiloja, lohkoja ja pinta-alaa on vuosilta 2005 ja 2004.

Aineiston lohkojen maantieteellinen jakauma on esitetty taulukossa 9. Lähes 80 % lohkoista sijaitsi Etelä- tai Länsi-Suomessa ja 20 % Itä- tai Pohjois-Suomessa. Sijaintitieto puuttui 21 lohkolta.

Tilojen keskikoko oli 70 hehtaaria niillä 1981 tilalla, jotka olivat ilmoittaneet tilan koon. Pienin tila oli 1.5 hehtaaria ja suurin 775 hehtaaria.

Taulukko 8. Aineiston tilojen ja lohkojen ajallinen jakauma.

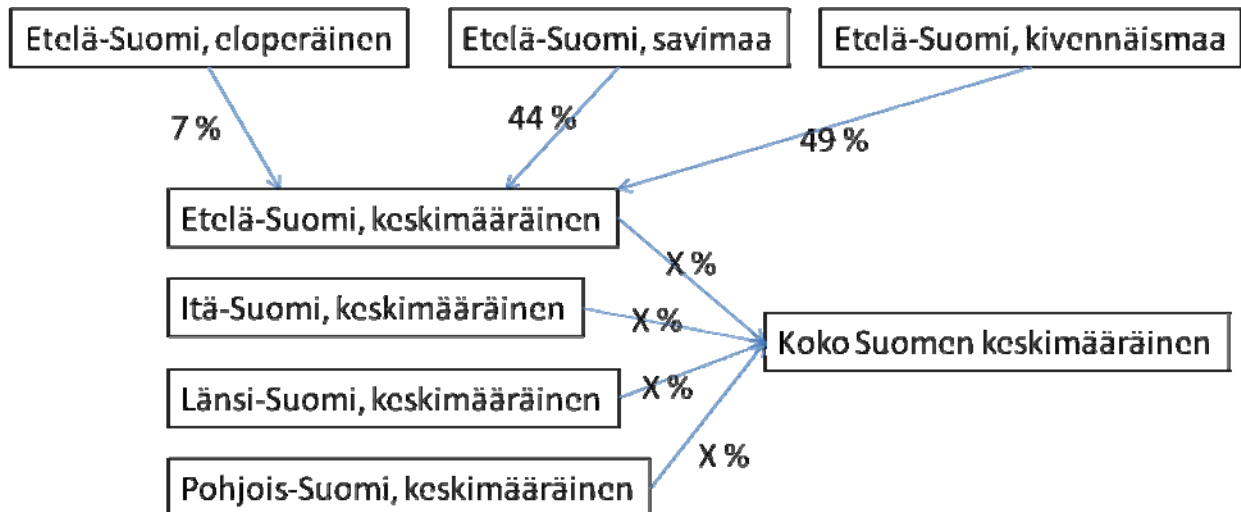
Vuosi	Tilat, kpl	ha	Lohkot, kpl	%
2002	456	6244	3860	6,0
2003	708	8957	6194	9,5
2004	889	11856	7990	12,3
2005	852	12452	8525	13,1
2006	680	9258	6628	10,2
2007	613	10383	6285	9,7
2008	555	9632	6043	9,3
2009	659	11726	7327	11,3
2010	691	10349	7229	11,1
2011	456	7593	4792	7,4
Yhteensä		98451	64873	99,9

Aineistosta poimittiin kunkin tarkasteltavan kasvin kohdalta ne havainnot, joissa oli merkitty sadon määrä ja maalaji. Typen- ja P-arvon tuli olla suurempi kuin nolla ja sadon määrän tuli olla realistisessa vaihteluvälissä.

Taulukko 9. Aineiston lohkojen maantieteellinen jakauma.

	N	%
Etelä-Suomi	28009	43.2
Länsi-Suomi	23449	36.2
Itä-Suomi	7680	11.8
Pohjois-Suomi	5714	8.8
Yhteensä	64852	100

Sekä luomu että tavanomaiset viljat jaettiin maitotiloilla tuotettuun viljaan (rehuvilja) ja ei-maitotiloilla tuotettuun viljaan (leipävilja). Rypsi ja säilörehu käsiteltiin yhtenä aineistona ilman jakoa maitotiloihin ja ei-maitotiloihin. Kaikilla kasveilla, joista oli riittävästi aineistoa, tehtiin mallit Etelä-, Länsi-, Itä- ja Pohjois-Suomelle maalajeittain (orgaaninen maa, savimaa, kivennäismaa). Luomun kohdalla tämä alueellinen jako ei aina ollut mahdollista aineiston pienuuden takia. Alueelliset ja maalajikohtaiset mallit yhdistettiin koko Suomen keskiarvoksi ensin alueittaisten maalajijakaumien suhteessa (taulukko 10) ja tämän jälkeen Tiken alueittaisten satomäärien suhteessa (taulukot 11 ja 12). Jako ei ota huomioon eri kasvien valikoitumista tietyntylaisille maalajeille vaan olettaa, että eri viljelykasvit jakaantuvat alueen pelloille tasaisesti maalajeista riippumatta. Mallien yhdistämisen periaate on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Mallien yhdistämisen periaate. Koko Suomen keskimääräinen on yhdistetty suuralueiden keskimääräisistä niillä tuotettujen määrien suhteen. Alueiden keskimääräiset on yhdistetty niiden maalajijakaumien suhteessa.

Taulukko 10. Maalajijakaumat suuralueilla vuosina 2006-2010 (Viljavuuspalvelu 2014).

	Eloperäinen maa	Savimaa	Kivennäismaa
Etelä-Suomi	7 %	44 %	49 %
Länsi-Suomi	15 %	22 %	63 %
Itä-Suomi	13 %	4 %	83 %
Pohjois-Suomi	28 %	1 %	71 %

Taulukko 11. Luomusatojen jakautuminen eri suuralueilla vuonna 2011(Maataloustilastot 2014).

	Kaura	Vehnä	Ruis
Etelä-Suomi	34 %	66 %	42 %
Länsi-Suomi	37 %	20 %	35 %
Itä-Suomi	16 %	10 %	14 %
Pohjois-Suomi	14 %	3 %	9 %

Taulukko 12. Tavanomaisten satojen jakautuminen eri suuralueilla, vuosien 2008 ja 2012 keskiarvot (Maataloustilastot 2014).

	Kaura	Ohra	Rypsi	Säilörehu
Etelä-Suomi	39 %	28 %	57 %	20 %
Länsi-Suomi	47 %	52 %	35 %	35 %
Itä-Suomi	8 %	9 %	5 %	27 %
Pohjois-Suomi	6 %	11 %	3 %	18 %

Lohkotietopankista saatuja lähtötietoja olivat lannoitus- (lanta ja väkilannoitus) ja kalkitusmäärät, siementen käyttömäärä, sato, maan P-luku ja kasvisuojeluaineiden käyttökertojen lukumäärä. Kasvisuojeluaineiden levityskertoja lukuun ottamatta lohkotietopankista ei saatu riittävän luotettavaa tietoa, mitä ja kuinka monta viljelytoimenpidettä lohkoilla oli suoritettu. Niinpä viljelyyn oletettiin kuuluvan seuraavat työvaiheet: kyntö, äestys, kylvölannoitus, lannan kuljetus ja levitys (jos lantaa oli käytetty), sadon korjuu (puinti tai säilörehulla niitto ja korjuu), peltokuljetus sekä viljoilla ja rypsilä kuivaus. Luomuviljan viherlannoitukselle oletettiin lisäksi kaksi niittoa. Työkoneiden polttoaineen kulutusmäärät perustuivat Mikkoilan & Ahokkaan (2009) malleihin.

Lohkotietopankista ei saatu luomussa sovellettujen viljelykiertojen kuvausta. Sen takia luomukasveille käytettiin oletettuja viljelykiertoja. Luomu leipäviljoille oletettiin viljelykierroksi yksivuotinen viherlannoitus ja kaksi vuotta viljaa määrittelemättä mitä nämä viljat ovat. Luomurehuviljoille ei oletettu viherlannoitusta, koska näillä tiloilla käytettiin enemmän lantaa lannoitteena kuin ei-maitotiloilla. Lisäksi maitotiloilla on viljelykierrossa mukana apilapitoisia säilörehunurmia, jotka osittain korvaavat viherlannoitusta, vaikka näiltä korjataan satoa.

2.2.5 Peltoviljelyn päästölaskenta

Typpi- ja fosforihuuhtoumat laskettiin tavanomaisille kasveille Syken ja MTT:n kehittämällä huuhtoumalleilla, jotka on kuvattu ConsEnv-hankkeen loppuraportissa (Saarinen ym., 2011). Luomukasvien typpi- ja fosforihuuhtoumille päädyttiin myös soveltamaan samaa mallia kuin tavanomaiselle viljelylle, koska luomusta tehtyihin päästömittauksiin perustuvaa huuhtoumamallia ei ole saatavilla. Luomukasvien typpihuuhtoumien laskennassa käytettiin kuitenkin typpitaseen sijaan liukoisen typen määrää. Luomuviljelyn typpitaseen arvioiminen on hyvin haastavaa eikä se lopulta ehkä kuitenkaan kuvaisi samaa asiaa kuin tavanomaisen viljelyn typpitase (johon huuhtoumamalli perustuu), koska luomuviljelyssä typpi

on sidoksissa orgaaniseen ainekseen toisin kuin tavanomaisessa viljelyssä. Liukoinen typpi katsottiin paremmin kuvaavan huuhtoumalle altista tyyppiä, ja siten vastaavan tavanomaisen viljelyn tyyppitasetta. Viherrannoituksen tuottama liukoisen typen määrät saatiin liukoisen typen mittauksista eri viherrannoituskasvien viljelyn jälkeen (Känkänen, 2001). Tähän lisättiin lannoituksessa käytetyn lannan liukoinen typpi, mikäli lantaa oli aineistossa käytetty lannoitteena. Lannan liukoisen typen määräksi oletettiin 63 % kokonaistypestä, koska Viljavuuspalvelun vuosien 2006-2009 lantatilaston mukaan naudnan lietelannassa on liukoista tyyppiä 60 % ja sian lietelannassa 66 % kokonaistypestä (Viljavuuspalvelu 2014). Huuhtoumamallin mukaisesti käytettiin minimihuuhtouman määrää, jos laskettu tyyppihuuhtouma jäi alle minimihuuhtouman.

Rehevöittävien päästöjen arvioinnissa päästöjen levien kasvuun vaikuttava osuus laskettiin ConsEnv-hankkeen loppuraporttiin (Saarinen ym. 2011) perustuen käyttämällä kulkeutumis- ja vaikutuskertoimia, jotka olivat tyypelle yhteensä 0,565, liukoiselle fosforille 1 ja eroosiofosforille 0,16. Kertoimet ovat suomalaisiin olosuhteisiin mallinnettuja, mutta tässä tutkimuksessa niitä käytettiin myös brasilialaisen soijan viljelyn rehevöittävien päästöjen mallintamiseen.

Luomuleipäviljojen viljelyssä käytetystä viherrannoituksesta aiheutuvat päästöt (niitot, N₂O-päästöt niitetystä nurmesta ja juuristosta, typpi- ja fosforihuuhtoumat) jaettiin tasan kahdelle viherrannoitusvuotta seuraavalle viljavuodelle. Viherrannoitus oletettiin perustettavan jälkimmäisen viljavuoden viljan aluskasviksi, jolloin siitä ei aiheudu kyntöä yms. työkonien polttoaineen kulutusta. Viherrannoitusnurmen siemenistä ei myöskään oletettu aiheuttavan viljalle päästöjä.

Maaperän suorat N₂O-päästöt laskettiin IPCC:n (2006) kertoimilla. Luomuviljan N₂O-päästöjen arvioinnissa viherrannoitusnurmen tuottaman typen määrään käytettiin Riesingerin (2010) esittämiä arvoja. Viljoilla ja rypsilä oletettiin 50 % oljesta korjattavan. Olkien määrä laskettiin satoindeksin avulla (Pahkala ym. 2009) ja olkien tyyppimäärät ravinnetaseohjeen tyyppipitoisuuksilla (Mavi 2008). Juurien tyyppimäärät laskettiin IPCC:n (2006) kertoimilla. Ammoniakin haihtuminen lannasta laskettiin SYKEN tyyppimallilla (Grönroos ym. 2009) Suomen keskimääräisillä toimenpiteillä. Samoin epäsuoriin N₂O-päästöihin käytettiin SYKEN tyyppimallin kertoimia.

Lannoitteiden valmistuksen päästöille käytettiin Yaran takuuarvoa 3,6 kg CO₂-ekv/kgN. Muut kuin ilmastopäästöt laskettiin Yaralta saatujen lannoitetietojen keskiarvoista. Kalkin valmistuksen päästöt perustuvat Nordkalkin tietoihin. Lannoitteiden kuljetusmatkaksi oletettiin 300 km ja kalkin 200 km, paitsi Pohjois-Suomessa oletettiin myös kalkille 300 km kuljetusmatka.

2.2.6 Päästölaskennan epävarmuudet

Tässä tutkimuksessa arvioitiin N₂O-mallissa käytettyjen parametrien arvoista, eli lähtötiedoista, johtuvaa epävarmuutta viljojen ilmastovaikutukselle ja N-huuhtoumamallissa käytetyistä parametrien arvoista, eli lähtötiedoista, johtuvaa epävarmuutta viljojen rehevöittäväälle vaikutukselle. N₂O edustaa suuruusluokaltaan noin puolta viljojen alkutuotannon päästöistä ja N noin puolta rehevöittäväistä päästöistä. Epävarmuuden arviointi tehtiin SimaPro-elinkaarilaskentaohjelman Monte Carlo -simulaatiolla.

N₂O-malli perustui IPCC:n oletuskertoimeen kasvintähteille ja keinolannoitteille, ja epävarmuutta arvioitiin kertoimelle annetun vaihteluvälin perusteella. Lisäksi luomuviljoilla otettiin huomioon viherrannoituksen tyyppimäärän vaihtelusta aiheutuva epävarmuus (Riesinger 2010). N-huuhtoumamallin aiheuttama epävarmuutta rehevöittävä vaikutuksen tulokseen arvioitiin tavanomaisten viljojen kohdalla aineistossa olevan tyyppitaseiden vaihtelujen perusteella, luomurehviljojen kohdalla aineistossa olevan lannan typen määrän vaihtelun perusteella ja luomuleipäviljojen kohdalla koekenttien liukoisen typen mittaustulosten vaihtelun perusteella.

N-huuhtoumamalli sinällään aiheuttaa suurta epävarmuutta tuloksiin, koska sen selitysaste on vain 55-60 %, ja niin ollen N-huuhtoumamallin tuloksiin sisältyy 40-45 % epävarmuus (Salo ja Turtola, 2006). Tästä johtuvaa epävarmuutta ei kuitenkaan sisällytetty kvantitatiiviseen epävarmuustarkasteluun. Se olisi vaatinut laajemman skenaariotarkastelun kuin tässä hankkeessa olisi ollut mahdollista. Myöskään luomuviljojen tuloksen suurinta epävarmuutta, päästömallien sopivuutta luomun päästöjen arviointiin, ei sisällytetty epävarmuustarkasteluun tiedon puutteen vuoksi. Päästömallit perustuvat tavanomaisilta pelloilta tehtyihin mittauksiin. Myöskään muita epävarmuuksia, kuten peltotyömallien aiheuttamaa epävarmuutta, ei arvioitu. Kaiken kaikkiaan kvantitatiiviseen epävarmuustarkasteluun sisältyi keskimäärin vain 3-12 % viljojen elinkaarimallien parametreista.

2.3 Vaikutusarvioinnin tulokset ja tulosten tulkinta

2.3.1 Case-tuotteiden ilmastovaikutukset

Case-tuotteiden elinkaariset ilmastovaikutukset on esitetty tuotanto-kulutusketjun vaiheiden mukaan eriteltynä kuvassa 4 ja päästöittäin kuvassa 5.

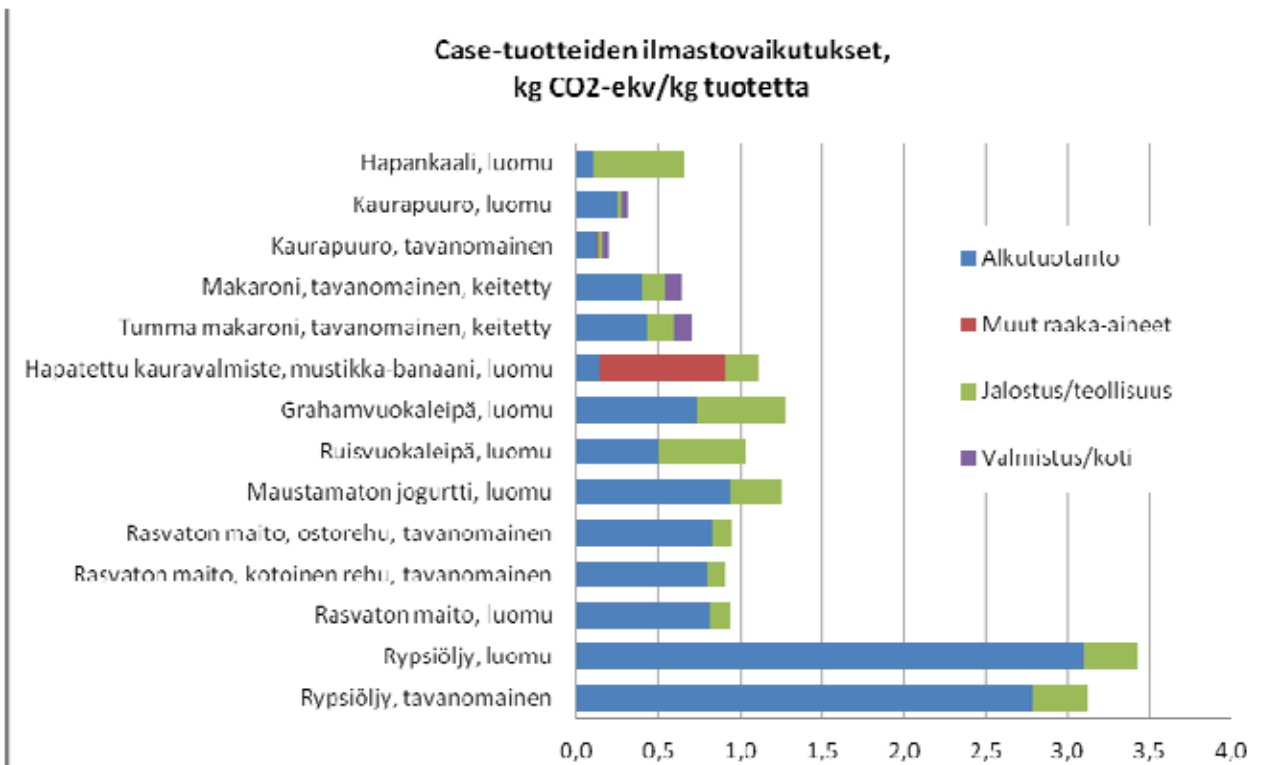
Case-tuotteiden pienin ilmastovaikutus per kg tuotetta on kaurapuurolla ja luomukaurapuurolla. Korkein ilmastovaikutus per kg tuotetta on luomu ja tavanomaisella rypsiöljyllä ja maitotuotteilla. Kaiken kaikkiaan case-tuotteiden ilmastovaikutukset ovat varsin tyypillisiä kasvisperäisten tuotteiden ja nestemäisten maitotuotteiden ilmastovaikutuksia. Ainoastaan rypsiöljyn ja luomurypsiöljyn vaikutukset per kilo tuotetta nousevat samaan suuruusluokkaan kuin esimerkiksi porsaanlihan ilmastovaikutus (Saarinen ym. 2011, Usva et al. 2013). On kuitenkin huomattava, että rypsiöljyn tyypillinen annos on eri luokkaa kuin esimerkiksi lihan (lukuun ottamatta leikkeleitä). Case-tuotteiden ilmastovaikutukset per tyypillinen annoskoko on esitetty kuvassa 19.

Tuloksia tulkittaessa on lisäksi huomattava, että ilmastovaikutuksen arvioinnin taustalla oleva päästöarviointi ei välttämättä sovi luomutuotteille. Tätä tarkastellaan tarkemmin luvussa 2.3.3 Luomuviljojen vaikutusten arviointi ja epävarmuudet.

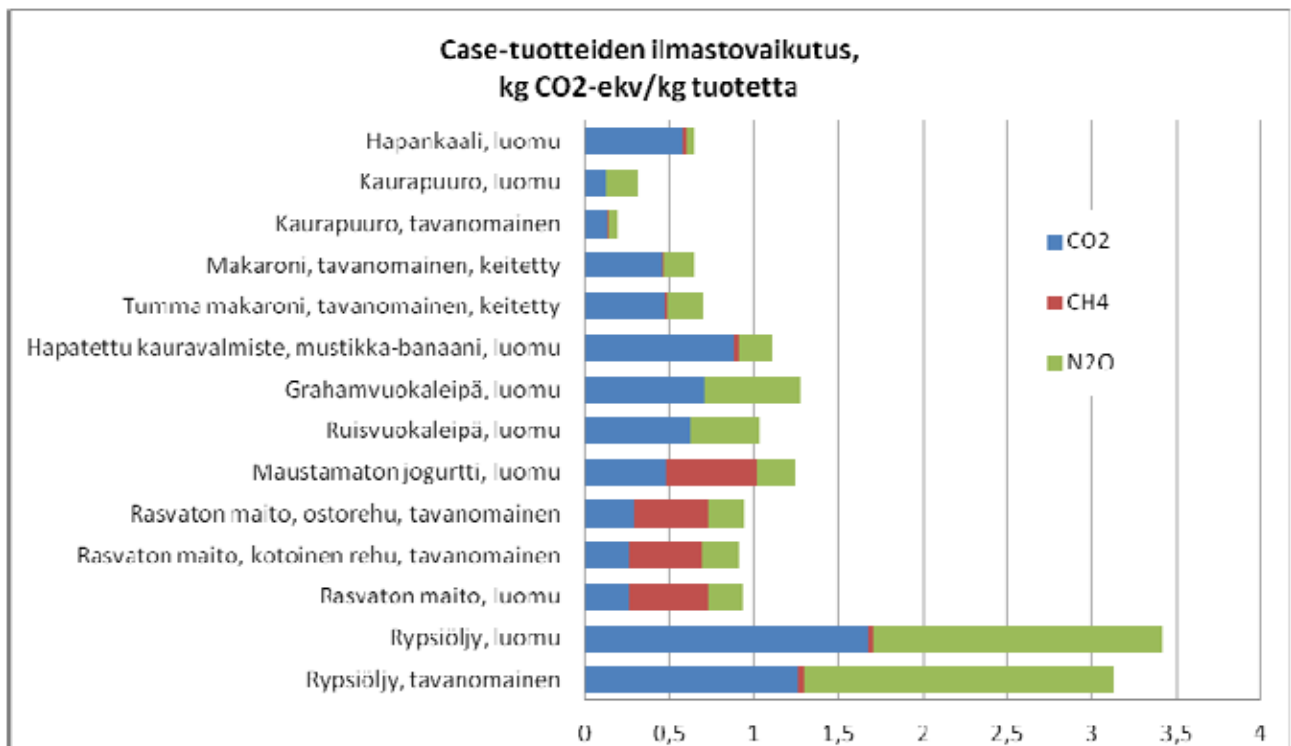
Viljapohjaisten case-tuotteiden ympäristövaikutusten mallinnuksessa käytettiin leipäviljojen tuloksia ja case-maitotuotteiden mallinnuksessa käytettiin rehuviljatuloksia. Tämä käytäntö saattaa jossain määrin aliarvioida rasvattoman maidon ympäristövaikutuksia, koska osa rehusta tulee kasvinviljelytiloilta, ja varsinkin yliarvioida luomuviljatuotteiden ympäristövaikutuksia, koska merkittävä osa luomuleipäviljasta saattaa todellisuudessa olla peräisin luomukarjatiloilta, joilla satotaso on korkeampi kuin puhtaasti kasvinviljelytiloilla. Tästä ei kuitenkaan ollut tätä tutkimusta tehdessä tarkkaa tietoa.

Alkutuotannon osuus on hallitsevin case-tuotteiden ilmastovaikutuksissa lukuun ottamatta luomuhapankaalta ja luomuruisvuokaleipää. Myös hapatetussa kauravalmisteessa alkutuotannon osuus on suuri, mutta osa siitä on sisällä muissa raaka-aineissa eli mustikka-banaani-hillon osuudessa. Kuvassa 4 sinisellä merkitty alkutuotanto kuvaa vain pääraaka-aineen eli luomukauran alkutuotantoa. Jalostuksen osuus on suurin luomuhapankaalissa ja luomuleivissä. Hapankaalissa jalostuksen suuri osuus johtui lasipakkauksesta eikä varsinaisesta valmistuksesta.

Maitotuotteita, rypsiöljyjä ja luomukaurapuuroa lukuun ottamatta kaikissa case-tuotteissa eniten ilmastovaikutusta aiheuttava päästö oli hiilidioksidi. Hiilidioksidipäästöt syntyvät energiankulutuksesta koko ketjussa ja alkutuotannossa kalkituksesta, työkoneiden käytöstä ja sadon kuivatuksesta. Usean case-tuotteen valmistuksessa oli käytössä ekosähkö tai ydinvoima, jolloin sähkönkulutuksen ilmastopäästöt jäivät vähäisiksi. Energiankäytössä suurempaan rooliin nousivat polttoaineet, joita käytettiin lämmittämiseen ja höyryn tuottamiseen. Rypsiöljyn kohdalla hiilidioksidipäästötkin olivat suurimmalta osaltaan peräisin alkutuotannosta. Tavanomaisessa rypsiöljyssä lannoitteiden valmistus oli suurin hiilidioksidipäästöjen lähde ja sen jälkeen tulivat kalkitus ja työkoneiden polttoaineenkulutus. Luomurypsin viljelyssä kalkitus oli suurin hiilidioksidin lähde. Luomun ja tavanomaisen rypsiöljyn ilmastovaikutusten eroa selittää myös pienempi öljyn saantoprosentti luomussa. Maitotuotteissa korostui metaanin (CH₄) merkitys ja rypsiöljyissä ja luomukaurapuurossa dityppioksidi (N₂O). Metaani on peräisin nautojen ruoansulatuksesta ja dityppioksidi maaperästä lannoitteiden käytön ja biomassan hajoamisen seurauksena. Metaani ja dityppioksidi ovat maataloudelle tyypillisiä päästöjä, mutta tämän tutkimuksen perusteella voi sanoa, että energiankulutuksella ja energiavalinnoilla on myös merkitystä ruokatuotteiden kohdalla.



Kuva 4. Case-tuotteiden ilmastovaikutukset jaoteltuna tuotanto-kulutusketjun vaiheiden mukaan. Alkutuotanto kuvaa pääraaka-aineen alkutuotantoa ja Muut raaka-aineet muiden raaka-aineiden koko tuotantoketjua poislukien tuonnin kuljetukset (joiden osuus olisi häviävän pieni). Tuotepakkaukset on osana Jalostus/teollisuus -vaihetta.



Kuva 5. Case-tuotteiden ilmastovaikutukset jaoteltuna päästöjen mukaan.

2.3.2 Case-tuotteiden rehevöittävät vaikutukset

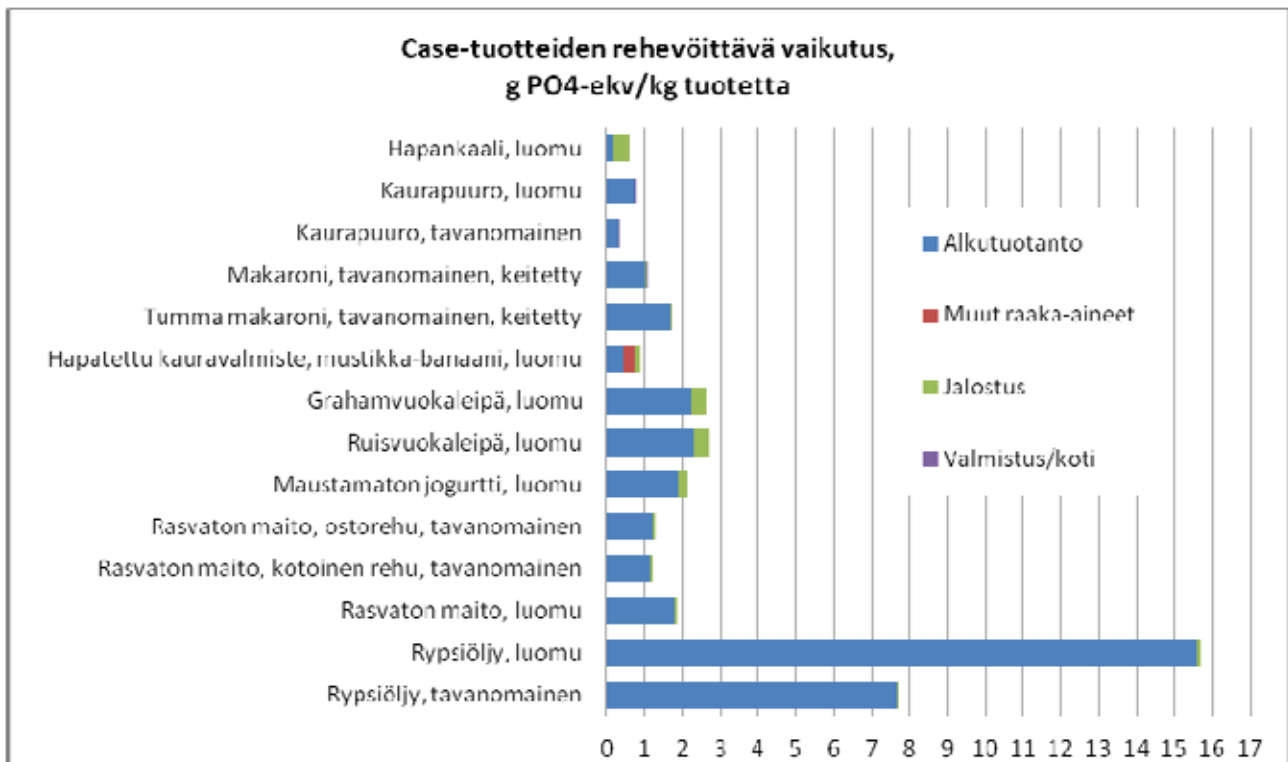
Case-tuotteiden rehevöittävät vaikutukset on esitetty tuotanto-kulutusketjun vaiheiden mukaan eriteltyinä kuvassa 6 ja päästöittäin kuvassa 7.

Case-tuotteista pienin rehevöittävä vaikutus oli kaurapuurolla, luomukaurapuurolla ja luomuhapankaalilla. Suurin rehevöittävä vaikutus oli luomurypsiöljyllä ja rypsiöljyllä. Luomun ja tavanomaisen välillä on näiden tulosten mukaan selkeä ero tavanomaisen eduksi. Ero näkyy rypsiöljyissä, maidossa ja kaurapuurossa. Kasvituotteissa ero on suurempi kuin maidossa. Eron selittää luomun sato- ja tuotostasojen pienuus suhteessa tavanomaisen satoihin ja tuotokseen ja kasvituotteissa viherlannoituksen käyttö. Myös tässä vaikutusluokassa on kuitenkin huomattava, että rehevöittävän vaikutuksen arvioinnin taustalla oleva päästöarviointi ei välttämättä sovi luomutuotteille. Tätäkin tarkastellaan tarkemmin luvussa 2.3.3 Luomuviljojen vaikutusten arviointi ja epävarmuudet.

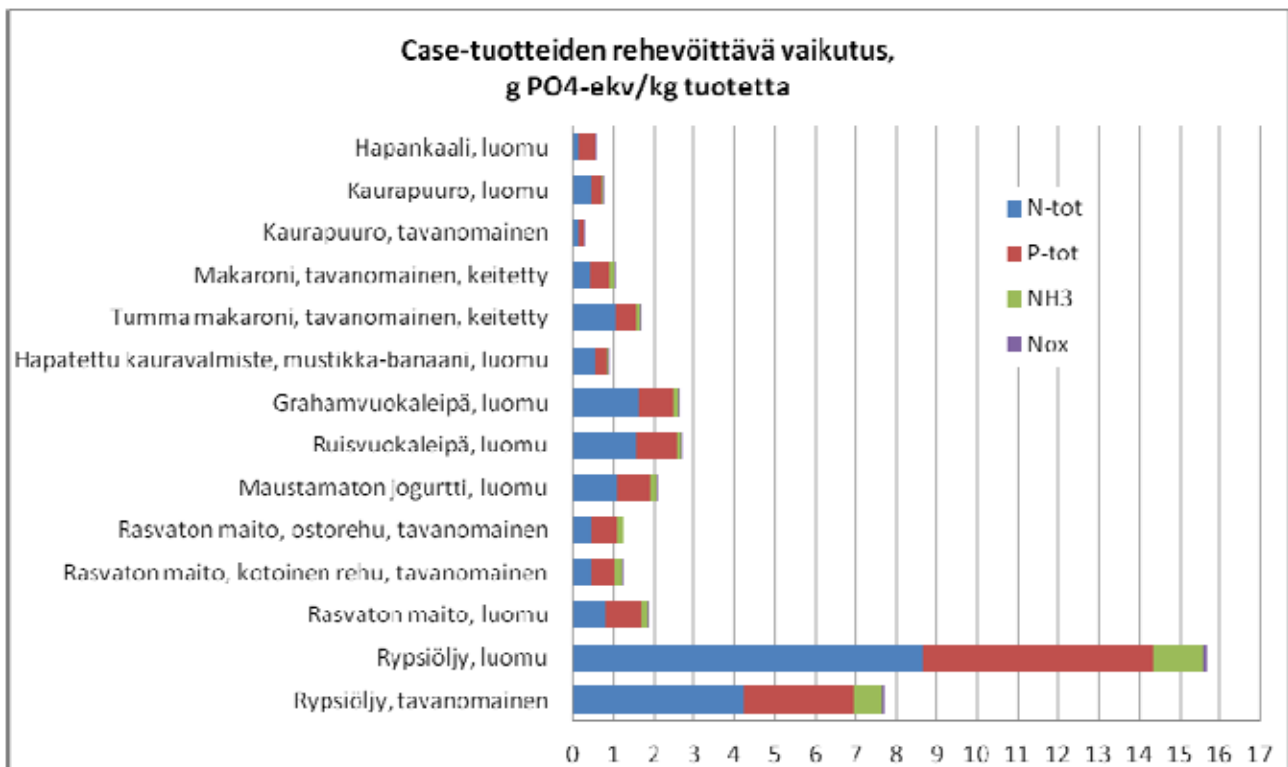
Alkutuotanto vastaa suurimmasta osasta case-tuotteiden rehevöittävästä päästöstä lukuun ottamatta luomuhapankaalta ja hapatettua luomukauravalmistetta. Hapatetussa luomukauravalmisteessakin raaka-aineiden osuus lienee ratkaiseva, vaikka sitä ei tässä erikseen esitetä. Luomuhapankaalin jalostusvaiheen suuret päästöt liittyvät pakkauksena käytettyyn lasipurkkiin.

Muiden tuotteiden paitsi rypsiöljyn ja luomurypsiöljyn rehevöittävät vaikutukset ovat samaa suuruusluokkaa kuin tyypillisesti kasvisperäisten tuotteiden ja nestemäisten maitotuotteiden vaikutukset. Rypsiöljyn vaikutukset ovat samaa luokkaa kuin porsaanlihan (Saarinen ym. 2011, Usva et al. 2013) ja luomurypsiöljyn samaa luokkaa kuin naudanlihan (Saarinen ym. 2011, Usva et al. 2013). Myös tässä on syytä huomata kuten ilmastovaikutuksenkin kohdalla, että rypsiöljyn tyypillinen annoskoko on paljon pienempi kuin lihalla (lukuun ottamatta leikkeleitä). Case-tuotteiden rehevöittävät vaikutukset per tyypillinen annoskoko on esitetty luvussa 2.3.6.

Typpi- ja fosforihuuhtouma ovat merkittävimmät rehevöittävät päästöt. Suurimmassa osassa case-tuotteita typen huuhtoumilla on suurempi merkitys kuin fosforin huuhtoumalla. Maidoissa, luomuhapankaalissa ja tavanomaisessa makaronissa kuitenkin fosforihuuhtoumalla on suurempi merkitys. Maan P-luku selittää suurimmalta osalta fosforihuuhtoumaa, kun taas typenhuuhtoumaan vaikuttaa typpitase eli typpipanosten ja sadossa poistuvan typen erotus. Yleensä fosforihuuhtouman merkitys korostuu savimaila, kun taas typen päästöt kivennäismailla. Lisäksi runsas lannan käyttö nostaa P-lukua, mikä näkyy tämänkin tutkimuksen maitotuotteiden rehevöittävässä vaikutuksissa, joissa fosforin osuus huuhtoumasta on selvästi suurempi kuin typen.



Kuva 6. Case-tuotteiden rehevöittävät vaikutukset jaoteltuna tuotanto-kulutusketjun vaiheiden mukaan. Alkutuotanto kuvaa pääraaka-aineen alkutuotantoa ja Muut raaka-aineet muiden raaka-aineiden koko tuotantoketjua poislukien tuonnin kuljetukset (joiden osuus olisi häviävän pieni). Tuotepakkaukset on osana Jalostus/teollisuus -vaihetta.



Kuva 7. Case-tuotteiden rehevöittävät vaikutukset jaoteltuna päästöjen mukaan.

2.3.3 Luomuviljojen ilmastovaikutukset suhteessa tavanomaisiin viljoihin ja arvioinnin epävarmuudet

Luomuviljojen ilmastovaikutukset suhteessa tavanomaisiin viljoihin on esitetty kuvissa 8 (leipäviljat) ja 10 (rehuviljat) ja arviointien epävarmuustarkastelut kuvissa 9 (leipäviljat) ja 11 (rehuviljat). Epävarmuudet on esitetty niiltä osin kuin on kuvattu luvussa 2.2.6 Päästölaskennan epävarmuudet. Todelliset epävarmuudet ovat suuremmat. Epävarmuustarkastelujen keskiarvoa osoittavat tulokset poikkeavat varsinaisten elinkaarimallien antamista tuloksista johtuen epävarmuustarkastelun metodologiasta. Case-tuotteiden elinkaarimalleissa on käytetty kuvissa 7 ja 8 esitettyjä arvoja.

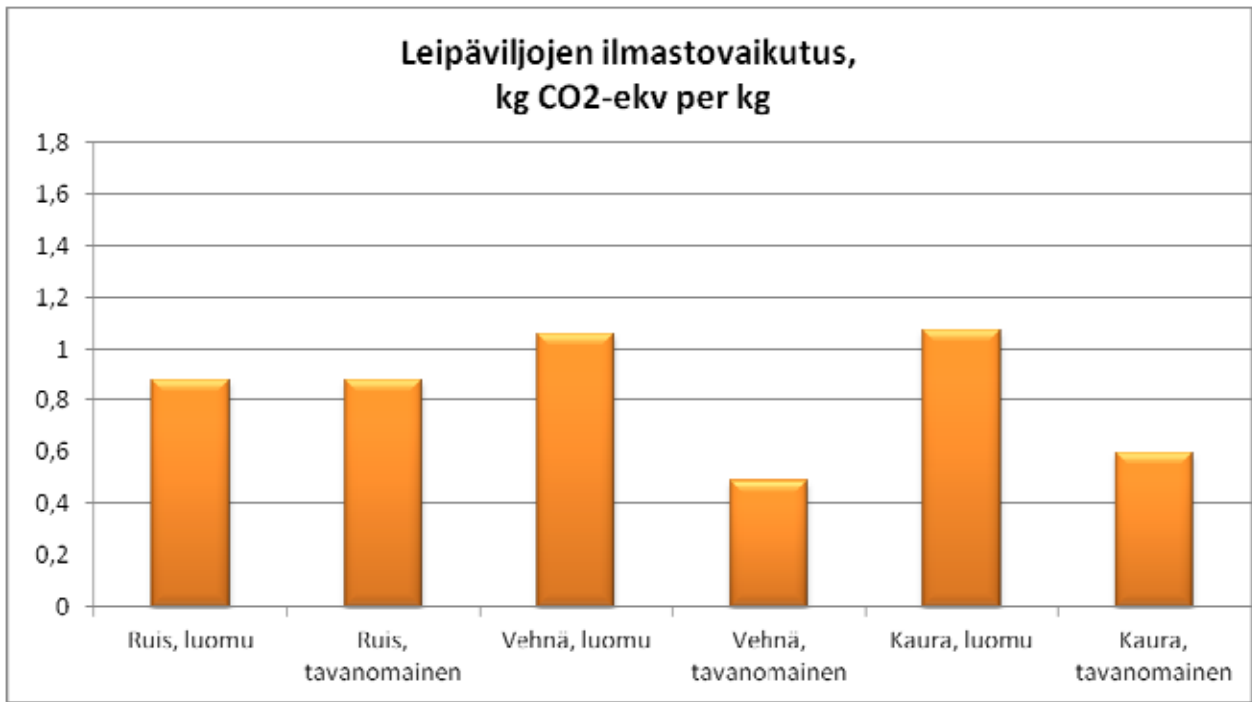
Sovelletulla metodologialla tarkastellen luomuleipäviljojen (ts. kasvintuotantotilojen tuottaminen viljojen) ilmastovaikutukset ovat selkeästi suuremmat kuin tavanomaisten leipäviljojen lukuun ottamatta ruista. Luomuviljojen arvioinnin N₂O-malliin käytettävistä parametreista johtuvat epävarmuudet ovat kuitenkin myös selkeästi suuremmat kuin tavanomaisille leipäviljoille (lukuun ottamatta tavanomaista ruista), mikä kertoo erityisesti siitä, että luomuaineiston (vihherlannoituksesta johtuvan) N-lannoitusmäärän ja sadon vaihtelut olivat suuremmat kuin tavanomaisten viljojen N-lannoituksen määrän ja sadon vaihtelut. Lisäksi luomuleipäviljoihin liittyy myös eniten spekulatiivista epävarmuutta, koska käytetyt päästömallit eivät ota huomioon luomumenetelmien vaikutuksia maaperään, joilla saattaa olla merkitystä N₂O-päästöjen synnylle. Esimerkiksi vihherlannoituksella voi olla suuri vaikutus pellon maaperän laadulle. Maaperän laatu on yhteydessä myös maaperän CO₂-päästöihin, joita ei tässä tutkimuksessa sisällytetty tarkasteluun, koska vallitsevan LCA-käytännön mukaan tällaisia maaperäpäästöjä ei ole tapana ottaa mukaan tarkasteluun. CO₂-päästöjen mukaan ottaminen muuttaisi tuotekohtaisia ilmastovaikutuksia merkittävästi, koska viimeaikaisen tutkimuksen mukaan suomalaisista pelloista vapautuu hiiltä varsin paljon, keskimäärin 220 kg/ha vuodessa kivennäismaita (Heikkinen et al. 2013) ja 4 100-5 700 kg/ha vuodessa orgaanisilta mailta (Statistics Finland 2014). On esitetty, että luomuviljely muuttaa pellon jopa hiilinieluksi (Gattinger et al. 2012), jolloin hiilivarannon muutos saattaisi muuttaa vertailuasetelmaa luomuviljojen ja tavanomaisten viljojen välillä. Tästä ei kuitenkaan ole riittävästi mittauksiin perustuvaa tutkimusta Suomesta, jossa peltomaan hiilipitoisuus on keskimäärin selvästi suurempi kuin useimmissa muissa maissa.

Rehuviljojen (ts. maitotilojen tuottaminen viljojen) kohdalla merkittäviä eroja luomun ja tavanomaisten viljojen välillä ei ole. Myös epävarmuudet ovat samaa luokkaa ja luomussakin pienemmät kuin leipäviljojen kohdalla.

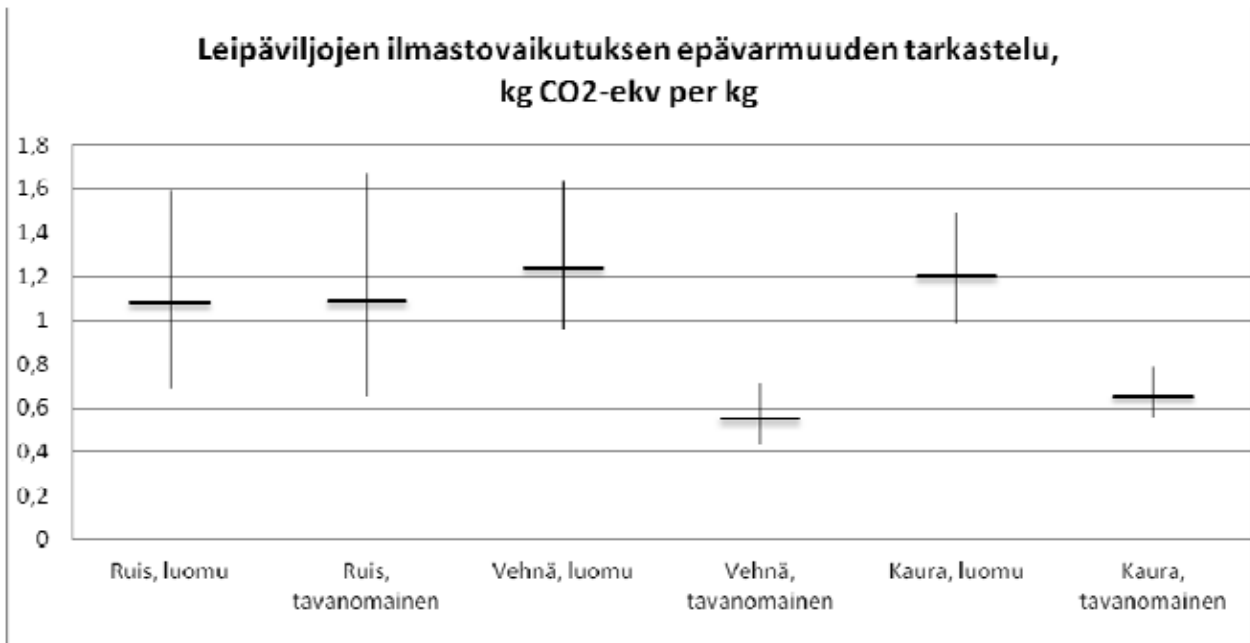
Kaiken kaikkiaan eri viljelytapaan perustuvia viljoja verrattaessa tavanomaiset leipäviljat ruista lukuun ottamatta ovat vähiten ilmastoa kuormittavia, sitten tulevat sekä luomurehuviljat että tavanomaiset rehuviljat ja eniten ilmastoa kuormittavat luomuleipäviljat.

Hankkeessa viljat jaettiin leipä- ja rehuviljoiksi tuotantopaikan mukaan. Maitotilojen viljantuotanto oletettiin olevan rehuviljan viljelyä ja ei-maitotilojen viljelyn leipäviljan viljelyä. Todellisuudessa rehuksi menevää viljaa kuitenkin tuotetaan myös erikoistuneessa viljanviljelyssä ja leipäviljaa eläintiloilla. On mahdollista ja ehkä oletettavaakin, että varsinkin luomueläintiloilla tuotettua viljaa (joka on tässä tutkimuksessa nimetty rehuviljaksi) menee leipäviljakäyttöön. Tilastoja tästä ei kuitenkaan ollut tämän hankkeen käytössä. Hankkeen tulokset leipäviljoille ja rehuviljoille kuvasivat tuotantopaikasta johtuvaa vaihtelua viljojen ympäristövaikutuksissa. Viljapohjaisten case-tuotteiden ympäristövaikutusten mallinnuksessa käytettiin leipäviljojen tuloksia ja case-maitotuotteiden mallinnuksessa käytettiin rehuviljatuloksia. Tämä käytäntö saattaa jossain määrin aliarvioida rasvattoman maidon ympäristövaikutuksia ja varsinkin yliarvioida luomuviljatuotteiden ympäristövaikutuksia.

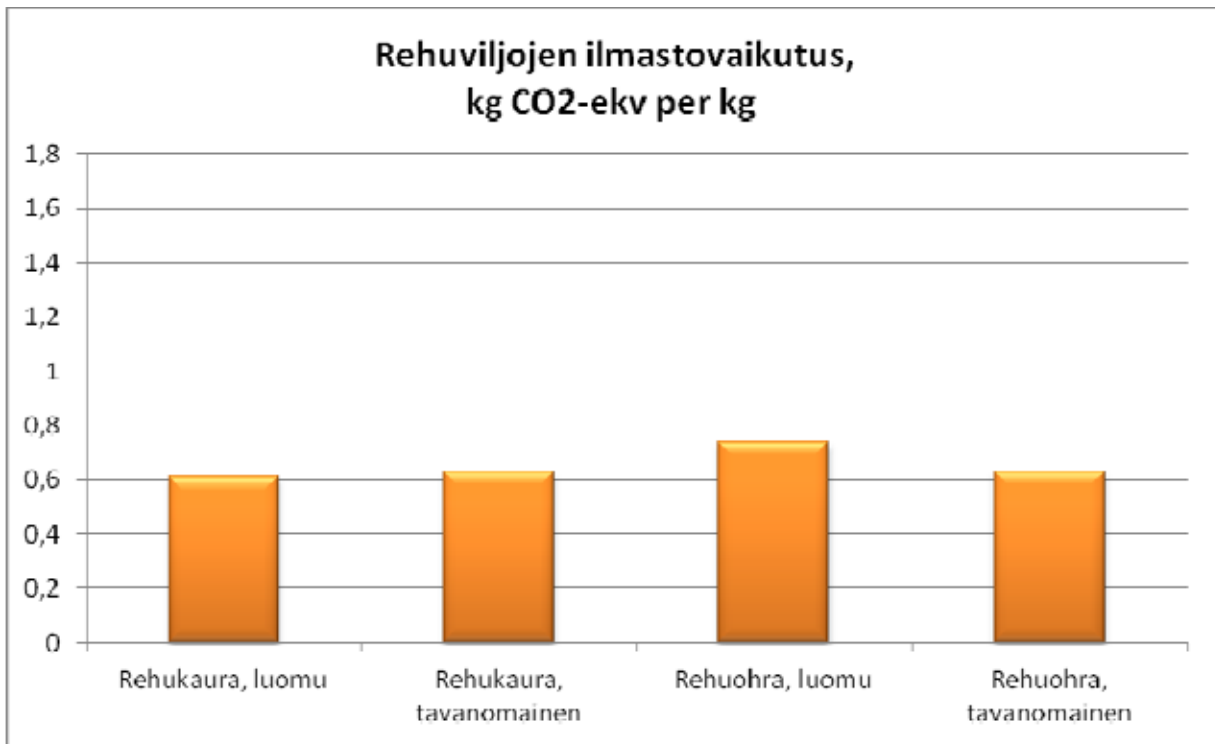
Luomuviljojen viljelyssä oletettiin viljelykierto, jossa yhden vihherlannoitusvuoden jälkeen tuli kaksi viljavuotta. Tämän oletuksen merkitystä lopputuloksille on hyvin vaikea arvioida. Käytännössä viljelykiertot vaihtelevat erittäin paljon, ja tarkemmat tulokset edellyttävät tilatason elinkaariarviointia.



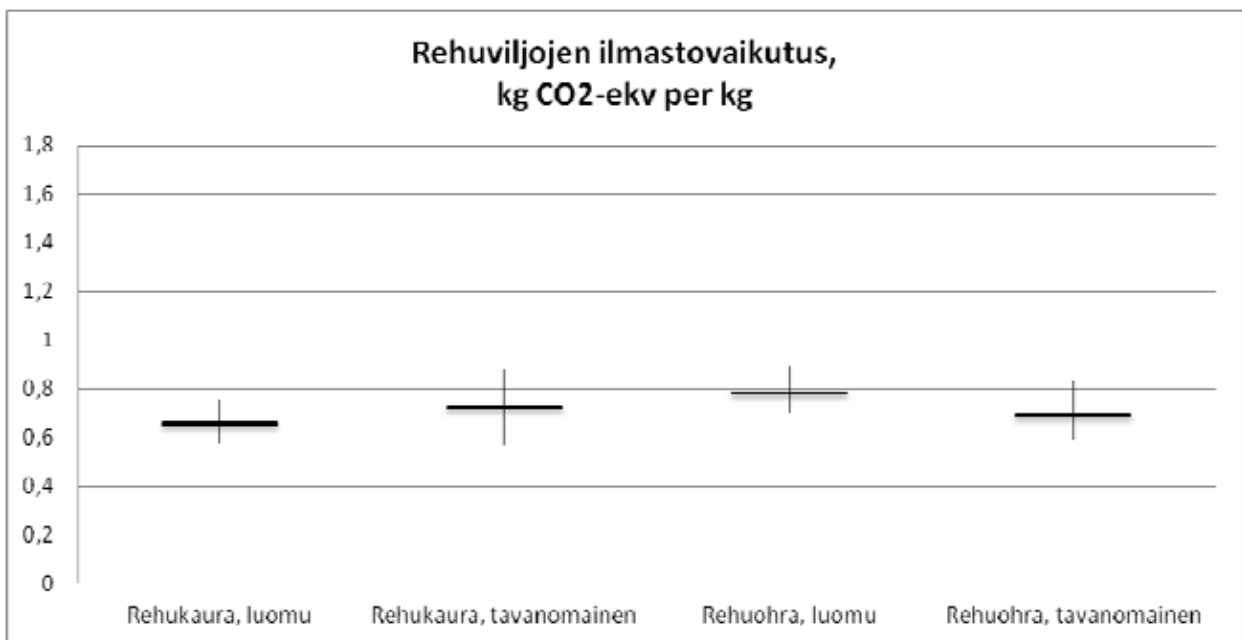
Kuva 8. Luomu ja tavanomaisen rukiin, vehnän ja kauran ilmastovaikutukset, kg CO₂-ekv per kg viljaa.



Kuva 9. Luomu ja tavanomaisen rukiin, vehnän ja kauran ilmastovaikutusten arvioinnin epävarmuuden tarkastelu, kg CO₂-ekv per kg viljaa. Tuloksen epävarmuutta kuvaava vaihteluväli kuvaa sitä aluetta, jonka sisällä tulos on 95 % varmuudella. Vaihteluvälin arvioinnissa on otettu huomioon vain N₂O-maliin epävarmuus ja viherlannoituksen typenmäärään liittyvä vaihtelu (ks. tarkemmin luku 2.2.6). N₂O-mallin soveltuvuus ylipäättään luomun päästöjen arviointiin on epävarma, mutta sitä epävarmuutta ei ole mukana tässä tarkastelussa.



Kuva 10. Luomu ja tavanomaisen rehukauran ja rehuohran ilmastovaikutukset, kg CO₂-ekv per kg viljaa.



Kuva 11. Luomu ja tavanomaisen rehukauran ja rehuohran ilmastovaikutuksen arvioinnin epävarmuuden tarkastelu, kg CO₂-ekv per kg viljaa. Tuloksen epävarmuutta kuvaava vaihteluväli kuvaa sitä aluetta, jonka sisällä tulos on 95 % varmuudella. Vaihteluvälin arvioinnissa on otettu huomioon vain N₂O-mallin epävarmuus (ks. tarkemmin luku 2.2.6). N₂O-mallin soveltuvuus ylipäätään luomun päästöjen arviointiin on epävarma, mutta sitä epävarmuutta ei ole mukana tässä tarkastelussa.

2.3.4 Luomuviljojen rehevöittävät vaikutukset suhteessa tavanomaisiin viljoihin ja arvioinnin epävarmuudet

Luomuviljojen rehevöittävät vaikutukset suhteessa tavanomaisiin viljoihin on esitetty kuvissa 12 ja 14, ja arviointien epävarmuustarkastelut kuvissa 13 ja 15. Epävarmuudet on esitetty niiltä osin kuin on kuvattu luvussa 2.2.6 Päästölaskennan epävarmuudet. Todelliset epävarmuudet ovat suuremmat. Epävarmuustarkastelujen keskiarvoa osoittavat tulokset poikkeavat varsinaisten elinkaarimallien antamista tuloksista johtuen epävarmuustarkastelun metodologiasta.

Sovelletulla metodologialla tarkastellen luomuleipäviljojen (ts. kasvintuotantotilojen tuottamien viljojen) rehevöittävät vaikutukset ovat selkeästi suuremmat kuin tavanomaisten leipäviljojen. Luomuleipäviljojen rehevöittävien päästöjen epävarmuudet ovat kuitenkin myös suuremmat kuin tavanomaisten leipäviljojen. Lisäksi sekä tavanomaisen että luomuruokin rehevöittävän vaikutuksen epävarmuudet ovat suuremmat kuin muiden leipäviljojen. Tavanomaisten leipäviljojen epävarmuudet ovat varsin kohtuulliset, mikä kertoo siitä, että lohkokokoisten N-huuhtoumien vaihteluväli oli käytetyssä aineistossa kohtuullisen pieni. N-huuhtoumien määrä olikin usein lähellä mallin antamaa peltojen taustahuuhtoumaa³. Tällöin satotasosta tulee merkittävin lopputulokseen vaikuttava tekijä. Luomun satotaso vaihteli keskimäärin enemmän kuin tavanomaisten viljojen, mikä selittää luomuleipäviljojen rehevöittävän vaikutuksen suurempaa epävarmuutta. Myös tavanomaisen rukiin satotaso vaihteli enemmän kuin muiden tavanomaisten viljojen, joka osaltaan voi selittää suuren epävarmuuden.

Luomuleipäviljojen rehevöittäviin päästöihin liittyy vakavaa spekulatiivista epävarmuutta, koska rehevöittävänsä vaikutuksen arviointiin käytetyt päästömallit eivät ota huomioon viljelymenetelmien vaikutuksia maaperään, joilla saattaa olla merkitystä myös huuhtoumien synnylle. Esimerkiksi luomussa käytetyllä viherlannoituksella voi olla suuri vaikutus pellon maaperän laadun ohella myös eroosioherkkyydelle. Eroosio on keskeinen tekijä fosforista johtuvan rehevöittävän vaikutuksen synnylle. Maaperä ja sen hiilivarasto voivat vaikuttaa myös N-huuhtoumiin muun muassa siksi, että hiili sitoutuu orgaaniseen ainekseen yhdessä typen kanssa. Tämän vuoksi myös taustahuuhtouma voi olla erilainen luomupelloilla ja tavanomaisilla pelloilla. LCA-tutkimuksen käytössä ei kuitenkaan ole sellaista päästömallia, joka ottaisi huomioon maaperän ja huuhtoumien välisen yhteyden tai perustuisi pitkäaikaisiin mittauksiin luomupelloilta. Käytetyt menetelmät perustuvat mittauksiin tavanomaisilta pelloilta. Tämän perusteella molempiin tapauksiin käytettiin samaa taustahuuhtoumaa, mikäli huuhtoumamallilla laskettu huuhtouman määrä jäi alle taustahuuhtouman. Tätä malliin liittyvää epävarmuutta ei ole mukana tämän tutkimuksen kvantitatiivisessa epävarmuustarkastelussa.

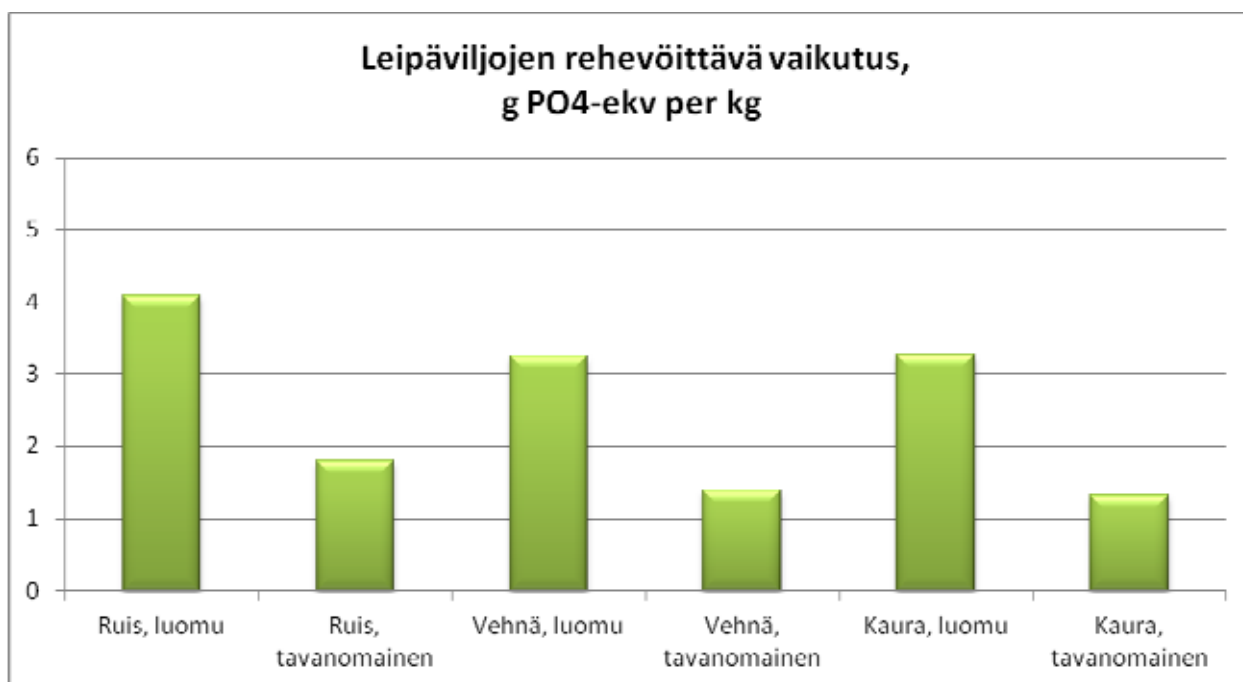
Luomurehuviljojen (ts. maitotilojen tuottaminen viljojen) rehevöittävät vaikutukset ovat jonkin verran suuremmat kuin tavanomaisten viljojen. Aineistoon sisältyvästä vaihteluista kertovat epävarmuudet ovat luomurehuvuoralla vähän suuremmat kuin muilla, mutta muuten keskenään samaa luokkaa.

Kun verrataan eri viljelytapaan perustuvia viljoja toisiinsa, rehuviljoilla ja tavanomaisilla leipäviljoilla on pienemmät rehevöittävät vaikutukset kuin luomuleipäviljoilla, koska luomuleipäviljoille kohdistuu rehevöittäviä päästöjä myös viherlannoitusvuodelta.

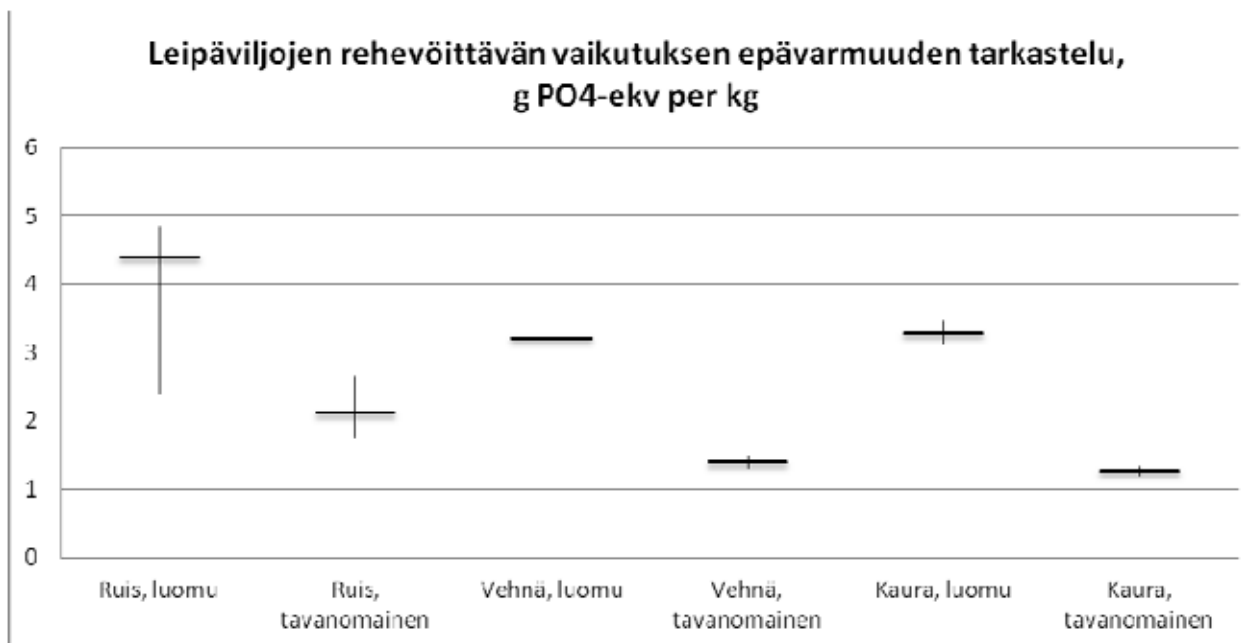
On kuitenkin huomattava, että rehevöittävän vaikutuksen merkitys on hieman toisenlainen kuin ilmasto-vaikutuksen. Ilmastovaikutus on globaali vaikutus, jossa päästölähteen sijainnilla ei ole merkitystä vaikutuksen synnylle. Kaasut sekoittuvat ilmakehässä ja aiheuttavat globaalia ilmastovaikutusta. Rehevöittävät vaikutukset ilmenevät sen sijaan paikallisesti tai alueellisesti. Ne näkyvät pellon läheisessä vesistössä ja meressä, jonne vesistö laskee. Tällöin on jossain määrin toissijaista, kuinka paljon vaikutuksia yleisesti ottaen syntyy per kilo viljaa. Ensisijaista olisi ottaa huomioon pellon sijainti suhteessa vesistöön ja mahdolliset muut tekijät, jotka vaikuttavat siihen, kuinka paljon ravinteita vesistöön pellolta kulkeutuu. Lisäksi vesistön rehevöitymiseen vaikuttaa se, kuinka paljon rehevöittäviä päästöjä vesistöön kaikkiaan päätyy ja mikä on kyseisen vesistön puskurikyky. Näitä tekijöitä nykyinen rehevöittävän vaikutuksen mittaamistapa ei kuitenkaan pysty ottamaan huomioon, ja siksi itse asiassa puhutaankin ns. rehevöittämispotentiaalista. Toisin sanoen, jos jollakin tuotteella on suuri ns. rehevöittämispotentiaali, tuotteen tuotanto ei välttämättä rehevöitä mitään vesistöä, tai jos tuotteen ns. rehevöittämispotentiaali on alhainen, sen tuotanto voi kuitenkin rehevöittää jotakin vesistöä. Korkea rehevöittämispotentiaali voi kuitenkin kertoa siitä, että ravinteita (tai peltoa) ei käytetä tehokkaasti kyseisen tuotteen tuottamiseksi. Tarvitaan kuitenkin lisää

³ Typpihuhtouman laskentamallin mukaisesti käytettiin taustahuuhtoumaa mikäli huuhtoumakaavalla laskettu huuhtouman määrä jäi alle taustahuuhtouman. Metodologia kuvattu lähteessä Saarinen ym. 2011.

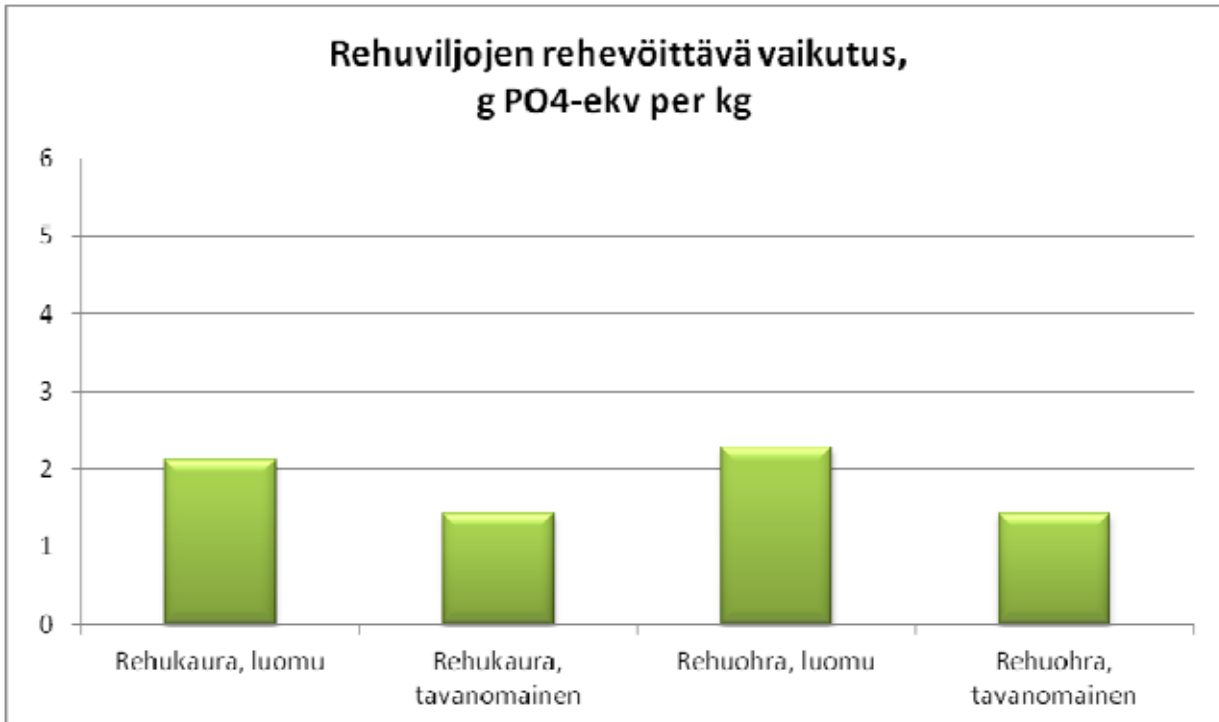
mittauksiin perustuvaa empiiristä tutkimusta, jotta voitaisiin tehdä päätelmiä luomutuotteiden todellisesta rehevöittämispotentiaalista. Lisäksi sekä luomutuotteiden että tavanomaisten tuotteiden todellisten rehevöittävien vaikutusten arvioimiseksi tarvitaan myös lisää tutkimusta, erityisesti vaikutusten arviointimenetelmien kehittämistä, jotta huuhtoumien syntyyn vaikuttavat tekijät ja vesistön puskurikyky saadaan arviointiin mukaan.



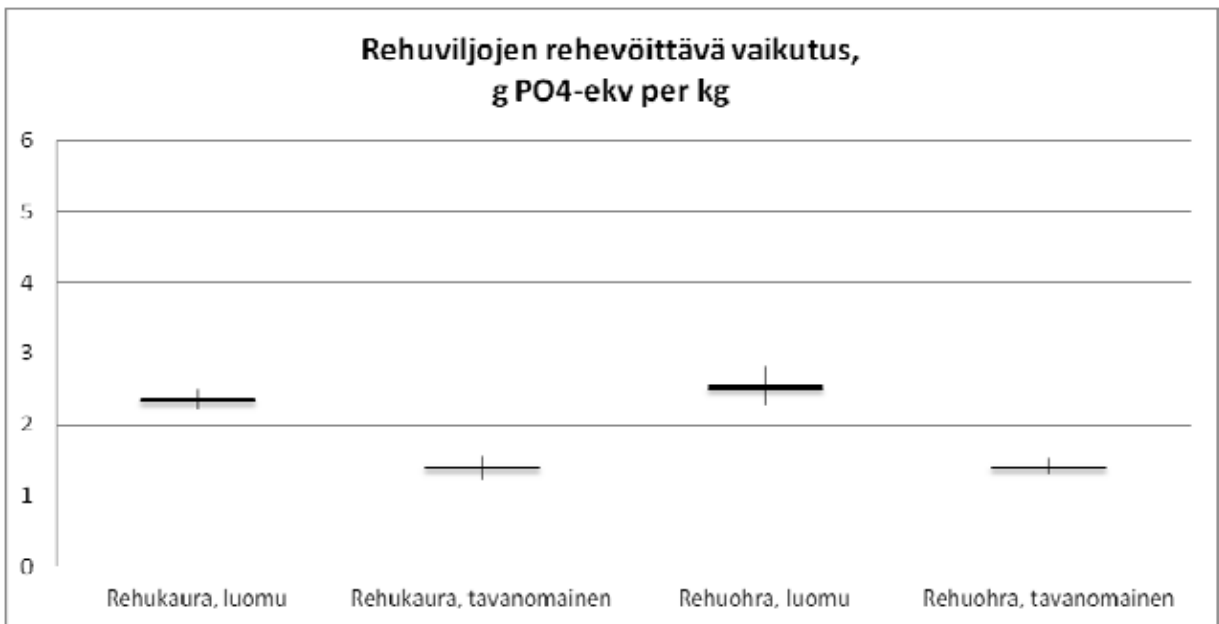
Kuva 12. Luomu ja tavanomaisen rukiin, vehnän ja kauran rehevöittävät vaikutukset, kg PO₄-ekv per kg viljaa.



Kuva 13. Luomu ja tavanomaisen rukiin, vehnän ja kauran rehevöittävät vaikutukset, kg PO₄-ekv per kg viljaa. Tuloksen epävarmuutta kuvaava vaihteluväli kuvaa sitä aluetta, jonka sisällä tulos on 95 % varmuudella. Vaihteluvälin arvioinnissa on otettu huomioon vain osittainen N-huuhtoumamallin epävarmuus (ks. tarkemmin luku 2.2.6). N-huuhtoumamallin selitysaste on 55-60 %, eikä sitä ole sisällytetty kvantitatiiviseen epävarmuusarvioon. N-huuhtoumamallin soveltuvuus luomun päästöjen arviointiin on epävarma, mutta sitä epävarmuutta ei ole mukana tässä tarkastelussa.



Kuva 14. Luomu ja tavanomaisen rehukauran ja rehuohran rehevöittävät vaikutukset, kg PO₄-ekv per kg viljaa.



Kuva 15. Luomu ja tavanomaisen rehukauran ja rehuohran rehevöittävän vaikutuksen epävarmuuden tarkastelu, kg PO₄-ekv per kg viljaa. Tuloksen epävarmuutta kuvaava vaihteluväli kuvaa sitä aluetta, jonka sisällä tulos on 95 % varmuudella. Vaihteluvälin arvioinnissa on otettu huomioon vain osittainen N-huuhtoumamallin epävarmuus (ks. tarkemmin luku 2.2.6). N-huuhtoumamallin selitysaste on 55-60 %, eikä sitä ole sisällytetty yllä kvantitatiiviseen epävarmuusarvioon. N-huuhtoumamallin soveltuvuus luomun päästöjen arviointiin on epävarma, mutta sitä epävarmuutta ei ole mukana tässä tarkastelussa.

2.3.5 Tuotteen ilmastovaikutuksen muutos prosessoinnin asteen mukaan

Alkutuotannolla on yleisesti ottaen suuri merkitys ruoan ympäristövaikutusten synnyssä. Eri ruokia ei kuitenkaan voi verrata toisiinsa pelkästään alkutuotannon perusteella, koska lopullisten ruokien raaka-aineiden ja energian tarve vaihtelevat suuresti riippuen muun muassa reseptistä ja valmistustavoista, ja jokainen ketju on erilainen. Kuvissa 16, 17 ja 18 havainnollistetaan tätä asiaa kuvaamalla, miten ilmastovaikutus per kg kunkin vaiheen tuotetta muuttuu arvoketjun edetessä. Niissä on esitetty makaronin, kaurapuuron ja graham- ja ruisleipien ilmastovaikutusten muodostumisesta prosessoinnin edetessä. Kaikki tulokset on esitetty suhteessa kiloon tuotetta.

Kuvasta 16 nähdään, että makaronin arvoketjun kaikkia tuotteita verrattaessa eniten ilmastovaikutuksia aiheutuu keittämättömästä tummasta makaronista, durumvehnästä ja vaaleasta makaronista. Syötäväksi valmiiden lopputuotteiden (keitettyjen makaronien) ilmastovaikutus per kg on pienempi⁴ kuin arvoketjussa seuraavan alemman portaan tuotteen (keittämättömän makaronin) ilmastovaikutus. Siitä alaspäin ilmastovaikutus per kg tuotetta kuitenkin taas pienenee. Alkutuotannon osuuden kasvaminen arvoketjun edetessä kertoo siitä, että jalostusvaiheessa raaka-aineiden saantoprosentti on alle 100.

Syötäväksi valmiita lopputuotteita verrattaessa nähdään, että tumman keitetyn makaronin ilmastovaikutus on vähän suurempi kuin vaalean. Eroa tulee sekä alkutuotannon että jalostuksen vaiheista. Kun katsotaan arvoketjuissa seuraavaa askelta alaspäin, nähdään, että tumman (keittämättömän) makaronin ilmastovaikutus on suurempi kuin vaalean (keittämättömän) makaronin. Eroon vaikuttaa se, että tumman makaronissa käytetään enemmän pakkauskartonkia (noin 0,02 CO₂-ekv per kg), mutta suurin syy (noin 0,05 CO₂-ekv per kg) tuohon eroon on se, että tumma makaroni on tehty osittain durumvehnäjäuhosta, jonka ilmastovaikutus on vehnäjäuhoa suurempi. Durumvehnäjäuhon vehnäjäuhoa suurempi ilmastovaikutus johtuu durumvehnän korkeammasta ilmastovaikutuksesta verrattuna tavalliseen vehnään (ks. kuva 16). Tosin durumvehnän saanto jauhatuksessa on hivenen suurempi kuin vehnän, eli yhtä jauhokiloa varten tarvitaan vähemmän durumvehnää kuin tavallista vehnää, mikä kaventaa eroa vehnäjäuhon ja durumvehnäjäuhon välillä verrattuna durumvehnään ja tavalliseen vehnään. Sen sijaan ulkomaisen durumvehnän kuljetus Suomeen nostaa durumvehnäjäuhon ilmastovaikutusta yhtä paljon kuin durumvehnän käyttö (noin 0,12 CO₂-ekv kilon kohdalla).

Kaurapuuron ja luomukaurapuuro ilmastovaikutus per kg on paljon pienempi⁵ kuin arvoketjussa seuraavan alemman portaan tuotteen (keittämättömät kaurahiutaleet) ilmastovaikutus (kuva 17), koska suurin osa kaurapuuron reseptistä (ja massasta) on vettä, jonka ilmastovaikutus on vähäinen. Arvoketjussa keittämättömistä kaurahiutaleista alaspäin mentäessä ilmastovaikutus per kg tuotetta pienenee myös kaurapuuroketjuissa. Tavanomaisen ja luomukaurapuurojen arvoketjuissa raaka-aineen saantoprosentit ja käytömäärät ja prosessoinnin ja kotona valmistuksen ilmastovaikutukset ovat molemmille tuotteille samat. Siitä huolimatta luomukaurahiutaleiden ilmastovaikutus on yli kolmasosan suurempi kuin tavanomaisen kaurapuuron⁶, mikä johtuu raaka-aineiden alkutuotannosta. Ilmastovaikutuksen ero lopullisten, syötäväksi valmiiden tuotteiden (puurojen) välillä on kuitenkin paljon pienempi (0,12 kg CO₂-ekv per kg) kuin raaka-aineiden (kauran ja luomukauran välillä 0,51 kg CO₂-ekv per kg), koska raaka-aine muodostaa lopullisen tuotteen ilmastovaikutuksesta vain pienen osan.

Leipien kohdalla ilmastovaikutukset suurenevät tasaisesti arvoketjun edetessä (kuva 18). Reseptin suuri merkitys näkyy myös leipien kohdalla. Grahamleivän ilmastovaikutus on suurempi kuin ruisvuokaleivän juuri raaka-aineiden erilaisuuden takia. Grahamleivässä käytetään hivenen enemmän raaka-aineita, mutta ennen kaikkea eroon vaikuttaa se, että luomuvehnan ilmastovaikutus on suurempi kuin luomurukiin. Tuo ero kasvaa arvoketjun edetessä jauhojen valmistukseen, koska ruisjauhossa saanto (lähes 100 %) on selvästi suurempi kuin grahamjauhossa (noin 85 %). Toisaalta leivissä korostuu jalostuksen merkitys. Jopa puolet ilmastovaikutuksesta aiheutuu leipomion energiankäytöstä, mikä on ruokatuotteelle paljon. Tässä case-tapauksessa leipomo käytti ekosähköä, jolloin suurin kuormitus tuli uunien lämmitykseen käytetyistä polttoaineista.

⁴ On syytä huomata, että kaupan toimintojen ja kuluttajien kauppamatkojen ilmastovaikutusta ei ole näissä tuloksissa mukana.

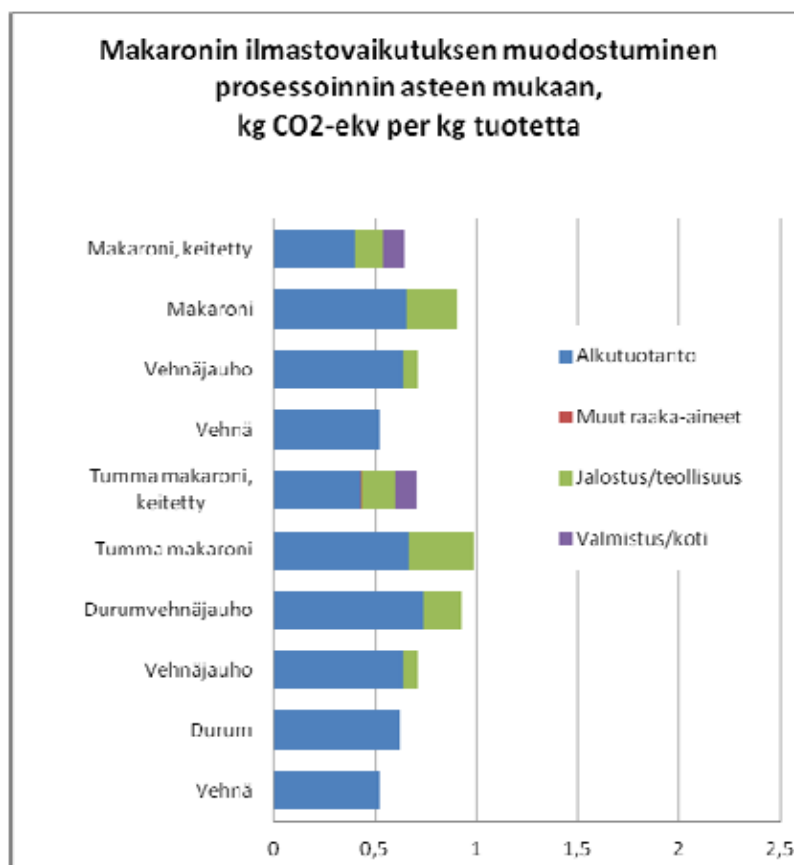
⁵ On syytä huomata, että kaupan toimintojen ja kuluttajien kauppamatkojen ilmastovaikutusta ei ole näissä tuloksissa mukana.

⁶ Tulkintaa tehtäessä on kuitenkin pidettävä mielessä luomun vaikutusten mallinnuksen epävarmuudet, ks. luku Luomuviljojen tulokset suhteessa tavanomaisiin viljoihin ja arvioinnin.

Näissä esimerkeissä keskeisiksi asioiksi tuotteiden ilmastovaikutuksen synnyssä nousivat raaka-aineiden väliset kuormituserot, jalostus teollisuudessa, tuontikuljetus, pakkaus ja reseptit. Valmistus kotona on myös melko merkittävä tekijä makaronien ilmastovaikutusten synnyssä. Johtopäätöksenä voi sanoa, että mikä vain arvoketjun vaihe voi olla lopputuotteen ilmastovaikutuksen kannalta merkityksellinen varsinkin kun verrataan tuotteita toisiinsa.

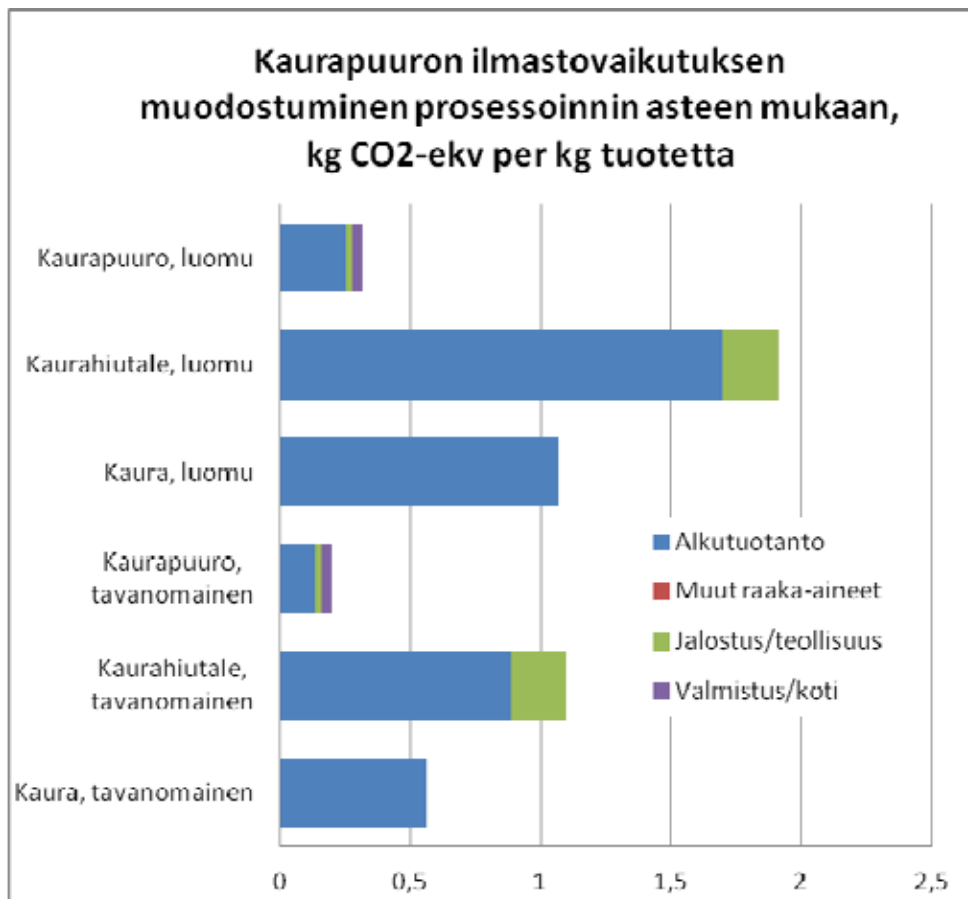
Yleisesti ottaen alkutuotannolla on suuri merkitys ruoan ilmastovaikutusten synnylle, mutta joissain tapauksissa suuretkin erot alkutuotannon aiheuttamassa kuormituksessa saattavat ”sulaa” melko pieniksi kun katsotaan koko arvoketjua ja lopullista syötäväksi valmista tuotetta, kuten tavanomaisen ja luomukaurapuuron välillä (ero kaurissa 0,51 kg CO₂-ekv per kg, puuroissa 0,12 kg CO₂-ekv per kg⁷). Yleensä kuljetusten osuutta ruokatuotteiden ilmastovaikutuksen muodostumisessa pidetään merkityksettömän pienenä. Näissä esimerkeissä tuontidurumvehnän kuljetuksen vaikutus oli samansuuruinen kuin kaurapuurossa luomun ja tavanomaisen kaurapuuron ero. Tässä tapauksessa tuonnilla ei saavutettu ympäristöetua raaka-aineen tuotannossa, koska durumien ilmastovaikutus per kg on alkutuotannossakin suurempi kuin kotimaisen vehnän. Syy durumien käyttöön on sen tuoteominaisuuksissa. Kuljetus on tässä tapauksessa ympäristön kannalta puhtaasti haitta. Luomuraaka-aineiden käytöllä sen sijaan saatetaan saavuttaa muita ympäristöhyötyjä, vaikka sen ilmastovaikutus onkin hiukan korkeampi kuin tavanomaisen tuotannon. Esimerkiksi ekotoksiset vaikutukset ovat luomulla pienemmät, koska kemiallisia torjunta-aineita ei käytetä. Luomulla saattaa olla myös positiivisia vaikutuksia biodiversiteettiin ja maan laatuun.

Vaikka pakkausvalintakin näkyi tumman ja vaalean makaronin ilmastovaikutusten erossa, oli sen merkitys vähäisempi (0,02 CO₂-ekv per kg tuotetta). Syynä tähän eroon oli se, että tumma makaroni pakataan pienempään pakkaukseen kuin vaalea, jolloin pakkausmateriaaleja tuotekiloa kohden käytetään enemmän. Pakkaaminen pienempään pakkaukseen on perusteltua, jos sillä estetään kulutusvaiheen tuotehävikin syntyä (Silvenius ym. 2011). Tässä tutkimuksessa ei kuluttajavaiheen hävikkiä kuitenkaan tarkasteltu.

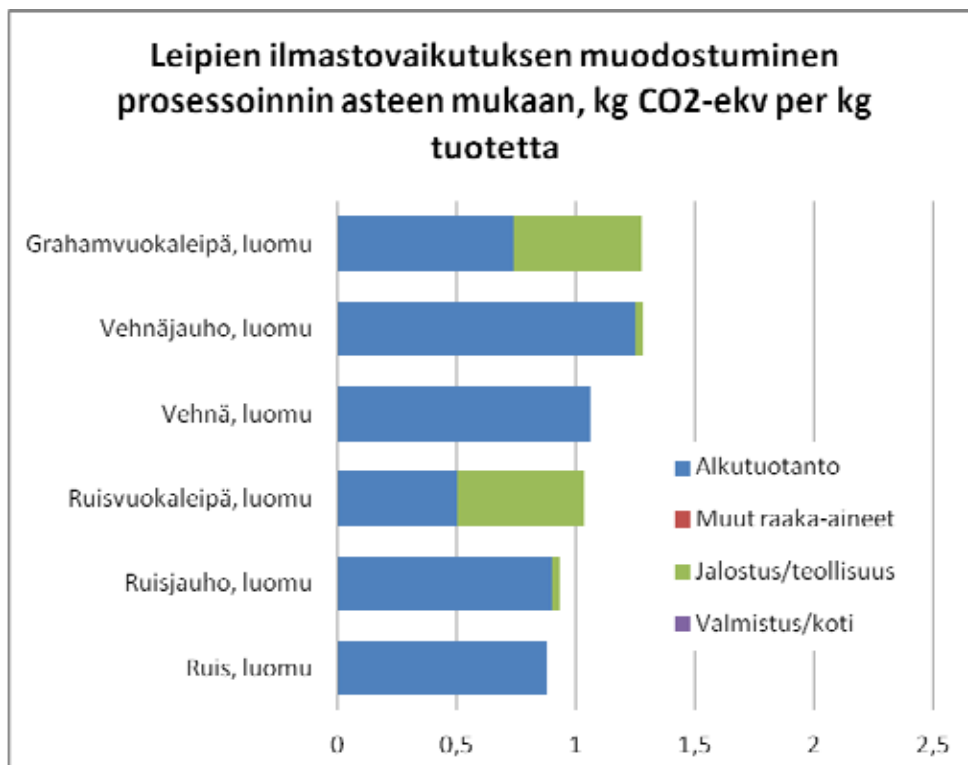


Kuva 16. Makaronien ilmastovaikutuksen muodostuminen prosessoinnin asteen mukaan viljasta kulutettavaksi tuotteeksi.

⁷ Tosin suhteellinen ero ei välttämättä kuitenkaan pienene merkittävästi (esim. kaurissa luomu on 1,9-kertainen tavanomaiseen verrattuna, puuroissa 1,6-kertainen).



Kuva 17. Kaurapuuron ilmastovaikutuksen muodostuminen prosessoinnin asteen mukaan viljasta kulutettavaksi tuotteeksi.



Kuva 18. Leipien ilmastovaikutuksen muodostuminen prosessoinnin asteen mukaan viljasta kulutettavaksi tuotteeksi.

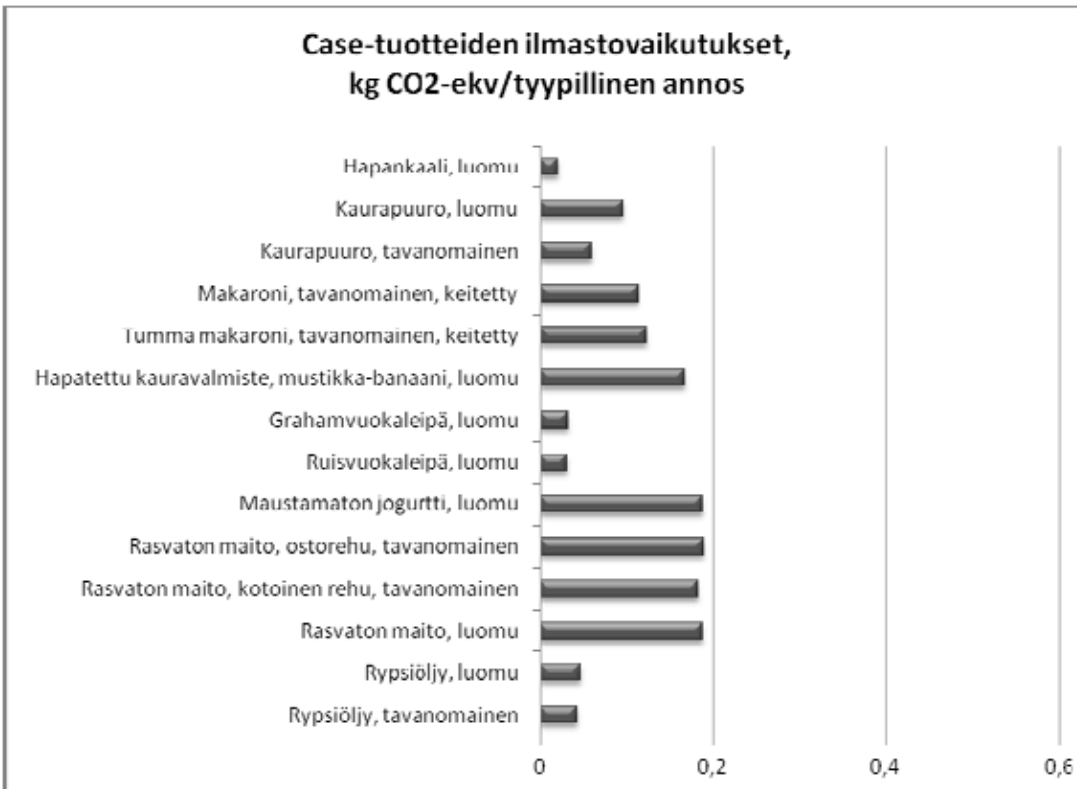
2.3.6 Case- tuotteiden ilmastovaikutukset ja rehevöittävät vaikutukset annosta kohden

Kaikkia ruokia ei syödä samaa määrää, mikä myös osaltaan vaikeuttaa ruokien ympäristövaikutusten vertaamista. Kuvissa 19 ja 20 on esitetty case-tuotteiden ilmastovaikutukset ja rehevöittävät vaikutukset suhteessa tyypilliseen annoskokoon. Käytetyt annoskoot on esitetty taulukossa 13. Tällainen esittämistapa tuo ruokien ravitsemuksellista merkitystä, tai roolia ruokavaliassa, esille paremmin kuin kiloperusteinen esittäminen. Annoskoko onkin eräs mahdollinen toiminnallinen yksikkö, joka jollain tarkkuudella kuvaa ruoan ravitsemuksellista tehtävää.

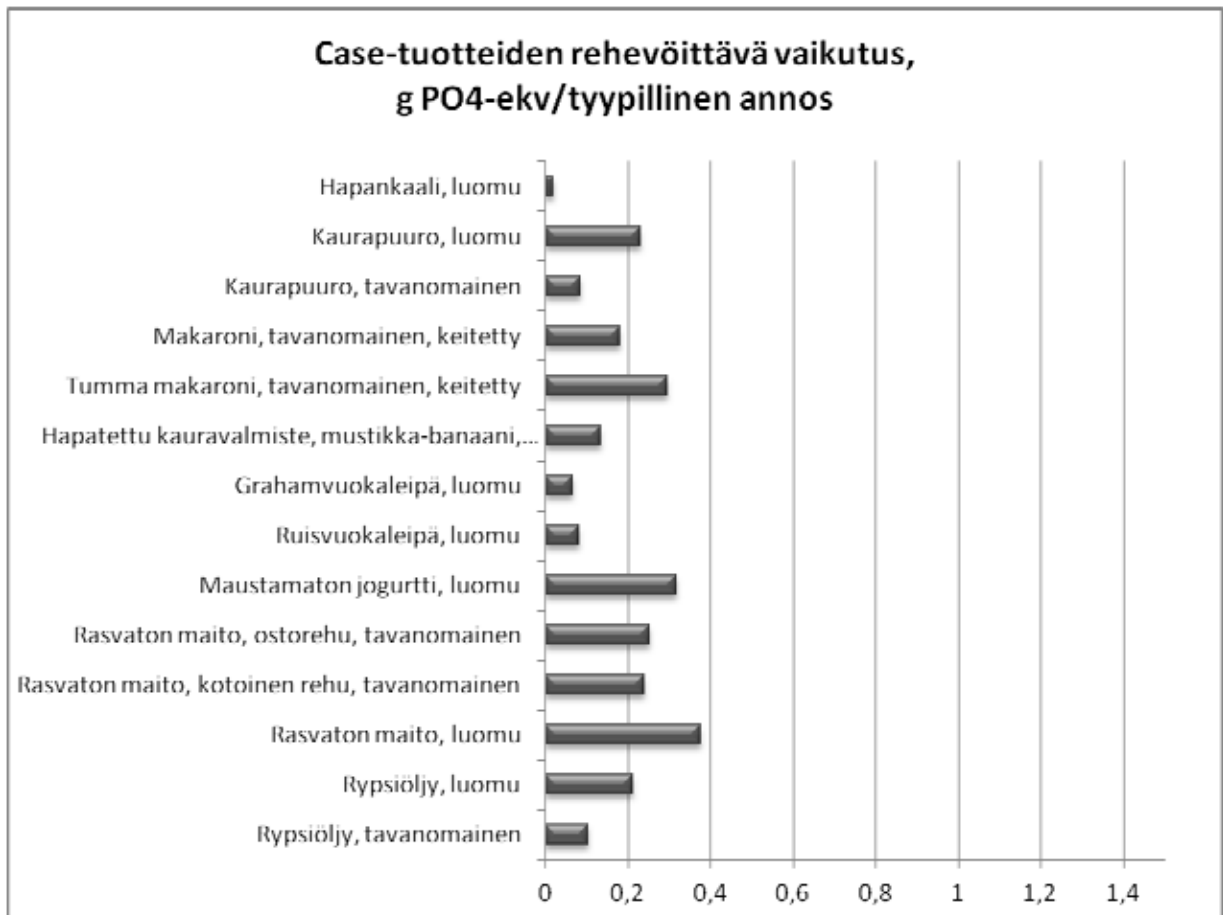
Rypsiöljyn ja luomurypsiöljyn ilmastovaikutukset ja rehevöittävät vaikutukset putoavat annoskokoon perustuvassa tarkastelussa ratkaisevan paljon verrattuna kiloperusteiseen tarkasteluun. Tässä tarkastelussa rypsiöljy on yksi vähiten kuormittavista tuotteista. Myös leipien kohdalla vaikutukset pienenevät selvästi (tässä annos on yksi siivu leipää). Sen sijaan maitotuotteiden merkitys korostuu, koska niiden annoskoko on melko suuri (painava).

Taulukko 13. Ilmastovaikutus per annoskoko –vertailussa käytetyt annoskoot (Sääksjärvi 2004).

Ruoka	Annoskoko, g
Rypsiöljy	13,5
Rasvaton maito	200
Maustamaton jogurtti	150
Ruisleipä	300
Grahamleipä	250
Hapatettu kauravalmiste	150
Tumma makaroni, keitetty	175
Makaroni, keitetty	175
Kaurapuuro	300
Hapankaali	30



Kuva 19. Case-tuotteiden ilmastovaikutukset per tyypillinen annoskoko (annoskoot Sääksjärven (2004) mukaan, ks. taulukko 13). Huom! skaala on eri kuin muissa ilmastovaikutuskuvissa. 0,6 kg CO₂-ekvivalenttia per kg on lähellä kotimaisten viljojen ilmastovaikutusta.



Kuva 20. Case-tuotteiden ilmastovaikutukset per tyypillinen annoskoko (annoskoot Sääksjärven (2004) mukaan, ks. taulukko 13). Huom! skaala on eri kuin muissa rehevöittävän vaikutuksen kuvissa. 1,4 g PO₄-ekvivalenttia per kg on lähellä kotimaisen viljakilon rehevöittävä vaikutusta.

Elinkaariarviointi on menetelmällinen kehys ja prosessi tuotteiden ja palveluiden ympäristövaikutusten arvioimiseksi ja esittämiseksi. Elinkaariarvioinnin yksi keskeinen piirre liittyy siihen, että ympäristövaikutukset kohdistetaan tuotteen tai palvelun tuottamalle ”hyödyllä”. Tätä yksikköä, jolle vaikutukset kohdistetaan, kutsutaan toiminnalliseksi yksiköksi eli funktionaaliseksi yksiköksi. Toiminnallista yksikköä määritettäessä pitää kaikki tuotteen funktiot, eli toiminnallisuudet, yksilöidä. Toiminnallinen yksikkö pyritään valitsemaan niin, että se kuvaa yksiselitteisesti tuotteesta saatavaa hyötyä eli se kuvaa tuotteen kuluttamisen tarkoitusta. Toiminnallisen yksikön valitseminen on sidoksissa arvioinnin tavoitteeseen ja sovellusalaan eli siihen, mitä varten arviointi tehdään. Elinkaariarvioinnin periaatteiden mukaan myös tuotteen muut funktiot (kuin tarkastelussa toiminnalliseksi yksiköksi valittu funktio) pitäisi ottaa arvioinnissa huomioon.

Toiminnallisen yksikön valinta on kriittistä erityisesti silloin, kun tuotteita verrataan toisiinsa. Elinkaariarvioinnin periaatteiden mukaan vertailun pitäisi perustua samaan toiminnalliseen yksikköön. Toiminnallisen yksikön, kuten muidenkin elinkaariarvioinnin menetelmällisten ratkaisujen, pitää lisäksi olla sopusoinnussa kyseessä olevan elinkaariarvioinnin tavoitteiden ja soveltamisalan kanssa.

Ruoan kulutuksella on lukuisia tarkoituksia (Köster, 2009), jotka kietoutuvat toisiinsa. Ravitseminen on ensisijainen ruoan kuluttamisen tarkoitus. Se luo pohjan ihmisen toimintakyvyn ja terveyden ylläpitämiselle. Ruoan syömiseen liittyy voimakkaasti myös esimerkiksi mielihyvän tavoittelua joko suorien aistikokemusten tai sosiaalisuuden kautta. Toisaalta minkä tahansa tuotteen kuluttamiseen voi liittyä ja yleensä liittyykin mielihyvän kokemusta. Kuluttaminen sen nykyisessä muodossaan on tunnelatautunutta ja tunteiden kautta ohjautuvaa. Siinä mielessä ruoka ei ole mikään poikkeuksellinen tuote.

Ruoan elinkaariarvioinneissa on käytetty lukuisia erilaisia toiminnallisia yksiköitä ja toiminnallisen yksikön valinta on myös koettu hankalaksi johtuen ruoan moninaisista funktioista ja ominaisuuksista (Schau and Fet 2008). Tuotteen taloudellisen arvon käyttämisestä toiminnallisen yksikön perustana perustellaan muun muassa sillä, että taloudellinen arvo heijastaa tuotteen moninaisia arvoja ja mahdollistaa keskenään erilaisten tuotteiden vertailun (Schau and Fet 2008). Mutta kuten Schau ja Fet (2008) toteavat taloudelliseen arvoon perustuvan toiminnallisen yksikön käyttökelpoisuutta heikentää muun muassa rebound-vaikutus⁸. Se heikentää taloudellisen arvoon perustuvan analyysin kykyä heijastaa tuotevalinnan ympäristövaikutuksia, jos tuotteiden välillä on hintaeroja. Yksinkertaisesti tuotemäärää kuvaavat toiminnalliset yksiköt, kuten kilo tai litra, ovat olleet yleisimpiä ruoan elinkaariarvioinneissa. Nämä yksiköt eivät kuitenkaan kerro paljoakaan ruoan toiminnallisesta laadusta tai funktioista, eikä niiden avulla näin ollen voi menestyksellisesti verrata eri tuotteita tai palveluja toisiinsa, olivatpa tuotteet ruokia tai muita samojen hyötyjen tarjoajia kuin ruoka. Monenlaisia ruoan ravitsemukselliseen laatuun liittyviä toiminnallisia yksiköitä on yksittäisissä tutkimuksissa myös käytetty, mutta vakiintunutta tapaa ravitsemuksellisen laadun huomioonottamiseen elinkaariarvioinnissa ei ole olemassa (Schau and Fet 2008).

2.4 Ravitsemuksellisen laadun mittaaminen

Ruoan ravitsemuksellisen laadun mittaaminen on haasteellinen ja monitahoinen asia sekä teknisesti että sen takia, että ruoan ravitsemuksellinen laatu vaihtelee esimerkiksi ajassa. Jo raaka-aineiden ravitsemuksellisen laadun syntyminen alkutuotannossa on monimutkainen prosessi, johon ihmisen toiminta⁹ ja erityisesti luontaiset olosuhteet voivat vaikuttaa voimakkaasti¹⁰. Ruoan raaka-aineiden ravitsemuksellinen

⁸ Rebound-vaikutus syntyy, kun ympäristövaikutuksiltaan paremman ja hinnaltaa halvemman tuotteen hankkimisesta syntynyt säästö käytetään toisen hyödykkeen hankkimiseen suuremmassa määrin kuin ilman säästöä olisi tehty, jolloin tämän toisen hyödykkeen ympäristövaikutukset vähentävät (tarkastellun) tuotteen valinnasta koitunutta ympäristöhyötyä.

⁹ Esimerkiksi rasvattoman luomumaidon isoflavonoidi equolin pitoisuus on Suomessa todettu olevan paljon suurempi kuin tavanomaisessa maidossa johtuen rehustuksen eroista (Hoikkala et al. 2007)

¹⁰ Esimerkiksi marjojen flavonoidipitoisuudet vaihtelevat eri osissa Suomea (Häkkinen et al. 1999)

laatu myös muuttuu prosessoinnin aikana ja ajan kuluessa (esim. Andersson et al. 2010, Ferrante et al. 2008, Ruiz-Rodriguez et al. 2007. Tarkkaan ottaen ruoan ravitsemuksellinen laatu pitäisi mitata kussakin kulutustilanteessa erikseen. Kuitenkin arkisen elämän eri kulutustilanteissa ravitsemuksellista laatua pitää pystyä arvioimaan riittävällä tarkkuudella mittaamattakin. Vastaavasti riittävän hyviä ruoan ravitsemuksellisen laadun mittareita tarvitaan elinkaariarvioinnilla tehtävää ympäristövaikutusten arvioimista varten, jossa ympäristövaikutukset kohdennetaan tuotteelle – tarkemmin sanottuna ympäristövaikutukset ilmaistaan sitä yksikköä kohden, joka kuvaa tuotteen tarjoamaa hyötyä ko. (vertailu)tilanteessa.

Eri puolilla maailmaa on kehitetty kulutus päätösten tueksi lukuisia erilaisia ravintoaineindeksejä (Darmon et al. 2005, Drewnowski 2005, Drewnowski and Fulgoni et al. 2007, Lachance and Fischer 1986, Maillot et al. 2007, Scheidt and Daniel 2004, Smedman et al. 2011), joilla pyritään yleisellä tasolla kuvaamaan ruoan ravitsemuksellista laatua. Ne poikkeavat esimerkiksi kuluttajapakkausissa esitettävistä (osittain pakollisista) ravintosisältömerkinnöistä niin, että ne eivät kerro tuotteen sisältämien yksittäisten ravintoaineiden määrää (esim. per 100 g), vaan ne pyrkivät kuvaamaan ns. yleisempää ravitsemuksellista laatua, johon vaikuttaa usea eri ravintoaine ja joidenkin indeksien kohdalla jopa tuotteen energiasisältö. Näiden indeksien tarkoitus on auttaa tuotteiden välisessä vertailussa ja terveellisen ruokavalion muodostamisessa. Tuotekohtaiset ravintoaineindeksit eivät ole Suomessa kovin tunnettuja. Taulukossa 14 on esitetty erilaisia ravintoaineindeksejä. Tyypin 1 indekseissä on mukana vain suositeltavia ravintoaineita, mutta tyypin 2 indekseissä sekä suositeltavia että rajoitettavia. Rajoitettavat ravintoaineet ovat natrium, (lisätty) sokeri ja tyydyttyneet rasvahapot (SAFA). Muut ravintoaineet ovat suositeltavia. Ravintoaineiden määrä ja laatu vaihtelevat eri indekseissä. Taulukossa 14 on esitetty myös tässä hankkeessa kehitetty yleinen suomalainen ravintoaineindeksi, FNI10-3, joka kiinnittyy erityisesti suomalaisille keskeisiin ravitsemuksellisiin asioihin. Siinä suositeltavia ravintoaineita ovat proteiinit, ravintokuitu, yksittäistyydyttymättömät rasvahapot (MUFA), monitydyttymättömät rasvahapot (PUFA), kalsium, rauta, kalium, C- ja D-vitamiini ja foolihappo (B9). Rajoitettavat ravintoaineet ovat natrium, (lisätty) sokeri ja tyydyttyneet rasvahapot (SAFA).

Olemassa olevat ravintoaineindeksit on yleensä tarkoitettu sovellettaviksi kaikenlaisille tuotteille. Kuitenkaan emme voi syödä vain tietynlaisia tuotteita, vaan terveelliseen ravitsemukseen tarvitaan ruokia eri tuoteryhmistä. Erilaisilla ruoilla ja ruoka-aineilla on erilainen tehtävä ihmisen ravitsemuksessa ja siten eri tuoteryhmillä on erilaiset ”laatu kriteerit”. (Toisaalta yksittäisillä ruoka-aineilla voi olla monia ravitsemuksellisia vaikutuksia.) Kulutus päätökset tehdään usein tiettyjen tuoteryhmien sisällä, esim. proteiinien tai hiilihydraattien lähteiden välillä, jolloin se on keskeinen päätöksentekotilanne, jonka tueksi tarvitaan informaatiota. NAR12-indeksi (Darmon et al. 2005) on tarkoitettu hedelmille ja vihanneksille ja on täten tuoteryhmäkohtainen indeksi. Tässä hankkeessa kehitettiin 5 tuoteryhmäkohtaista ravintoaineindeksiä kuvaamaan eri tuoteryhmiin kuuluvien tuotteiden ravitsemuksellista laatua. Myös ne (FNI_{prot}7-2, FNI_{carb}12-3, FNI_{vege}, FNI_{milk} ja FNI_{fat}) on esitetty taulukossa 14.

FNI_{prot}7-2 on tarkoitettu pääasiassa proteiinin lähteenä käytettävien ruokien tarkasteluun. Siinä suositeltavat ravintoaineet ovat proteiini, yksittäistyydyttymättömät rasvahapot (MUFA), monitydyttymättömät rasvahapot (PUFA), kalsium, rauta, riboflaviini (B2) ja folaatti (B9). Rajoitettavina ravintoaineina on natrium ja tyydyttyneet rasvahapot (SAFA). FNI_{carb}12-3 on tarkoitettu hiilihydraatin lähteenä käytettävien ruokien tarkasteluun. Nämä ruoat ovat erityisen tärkeitä kuidun ja monien kivennäis- ja hivenaineiden lähteitä. Tässä indeksissä suositeltavia ravintoaineita ovat kuitu, yksittäistyydyttymättömät rasvahapot (MUFA), monitydyttymättömät rasvahapot (PUFA), sinkki, magnesium, kalium, tiamiini (B1), riboflaviini (B2), niasiini, B6, B12 ja foolihappo (B9). Rajoitettavia ravintoaineita ovat natrium, (lisätty) sokeri ja tyydyttyneet rasvahapot (SAFA).

FNI_{vege}7-3 on tarkoitettu hedelmien ja vihannesten ja niistä valmistettujen elintarvikkeiden tarkasteluun. Hedelmät ja vihannekset ovat tärkeitä kuidun, vitamiinien ja kivennäis- ja hivenaineiden lähteitä. Indeksissä suositeltavat ravintoaineet ovat kuitu, magnesium, kalium, A-, C- ja E-vitamiini ja foolihappo (B9). Rajoitettavat ravintoaineet tässäkin indeksissä ovat natrium, (lisätty) sokeri ja tyydyttyneet rasvahapot (SAFA). FNI_{milk}8-3 on tarkoitettu nestemäisten maitovalmisteiden (ei siis juustojen ja voin) ja niihin rinnastettavien kasviperäisten tuotteiden tarkasteluun. Nämä tuotteet ovat usein monipuolisesti ravintoaineita sisältäviä. Tässä indeksissä suositeltavia ravintoaineita ovat proteiini, kuitu, yksittäistyydyttymättömät rasvahapot (MUFA), monitydyttymättömät rasvahapot (PUFA), kalsium, riboflaviini (B2), D-vitamiini, ja foolihappo (B9). Rajoitettavia ravintoaineita ovat natrium, (lisätty) sokeri ja tyydyttyneet rasvahapot (SAFA). Rasvojen tarkasteluun tarkoitettu FNI_{fat}4-2 sisältää suositeltavina ravintoaineina yksittäistyydyttymättömät rasvahapot (MUFA), monitydyttymättömät rasvahapot (PUFA), A- ja D-vitamiini ja rajoitettavina ravintoaineina natrium, (lisätty) sokeri ja tyydyttyneet rasvahapot (SAFA).

Tässä hankkeessa kehitetyt ravintoaineindeksit FNI₁₀₋₃, FNI_{prot}7-2, FNI_{carb}12-3, FNI_{vege}7-3, FNI_{milk}8-3 ja FNI_{fat}4-2 sisältävät hankkeen asiantuntijoiden näkemyksen mukaan noiden tuoteryhmien keskeisimmät ravintoaineet, jotka ovat samalla suomalaisen kansanravitsemuksen näkökulmasta erityisen tärkeitä. Tarkasteltavat tuotteet saattavat sisältää muitakin tärkeitä, jopa välttämättömiä, ravintoaineita. Indeksiiin sisällytettävien ravintoaineiden määrää ei kuitenkaan kannata paisuttaa kovin suureksi, koska silloin indeksi saattaa selittää tuotteen terveellisyyttä jopa huonommin kuin kohtuullisesti eri ravintoaineita sisältävä indeksi (Fulgoni et al. 2009). Näitä tässä hankkeessa luotuja indeksejä pitää kuitenkin vielä arvioida jatkotutkimuksessa, jotta niiden pätevyydestä saadaan tarkempaa tietoa.

Ravintoaineindeksit luovat mielenkiintoisen pohjan elinkaariarvioinnin ns. ravitsemuksellisen toiminnallisen yksikön kehittämiseksi, koska ne tuottavat yhden suureen ravitsemukselliselle laadulle, vaikka ne eivät tuotakaan absoluuttista ”ravitsemuksellisen laadun määrää” – sellainen tuskin olisi mahdollistakaan. Toisaalta kulutus päätösten tueksi tarvitaan informaatiota, joka auttaa suhteuttamaan tuotteita toisiinsa, mutta absoluuttiset määrät eivät ole niinkään tarpeellisia. Juuri sellaista informaatiota sekä elinkaariarviointi että ravintoaineindeksit tuottavat.

Taulukko 14. Erilaisia ravintoaineindeksejä. Ne indeksit, joita tarkasteltiin tässä hankkeessa lähemmin, ovat tummemmalla pohjalla.

Ravintoaineindeksi, tyyppi 1	Kaava	Sisältyvät ravintoaineet
Nutrient Rich Food, NRF9 ¹	$NRF9 = \sum_{1-9}(\text{Nutrient}/\text{DV} * 100)/9$	Protein, fibre, Ca, Fe, Mg, K, Vit A, C and E
Naturally Nutrient Rich, NNR15 ²	$NNR = \sum_{1-15}(\text{Nutrient}/\text{DV} * 100)/15$	Protein, fibre, MUFA, Ca, Fe, Zn, K, Vit A, C, D, E, thiamin, riboflavin, B1, folate
Nutrient Adequacy Ratio, NAR16 ³	$NAR16 = \sum_{1-15}(\text{Nutrient}/\text{DV} * 100)/16$	Protein, fibre, Ca, Fe, Mg, Vit A, C, D, E, thiamin, riboflavin, niacin, B6, B12, folate, panthotenic acid
Nutrient Adequacy Ratio, NAR23 ⁴	$NAR23 = \sum_{1-23}(\text{Nutrient}/\text{DV} * 100)/23$	Protein, fibre, linoleic, linolenic acids, DHA Ca, Fe, Mg, Zn, K, Cu, I, Se Vit A, C, D, E, thiamin, riboflavin, niacin, B6, B12, folate
Nutrient Density ND21(weighted) ⁵	$ND21 = (\sum_{1-21}(\text{Nutrient}/\text{DV} * 100)/21) * \text{number of nutrients} \geq 5\%$	Protein, carbohydrates, fat, Ca, Fe, Mg, Zn, K, I, Se, P, Vit A, C, D, E, thiamin, riboflavin, niacin, B6, B12, folate
Nutrient Density ND21(unweighted) ⁶	$ND21 = \sum_{1-21}(\text{Nutrient}/\text{DV} * 100)/21$	Protein, carbohydrates, fat, Ca, Fe, Mg, Zn, K, I, Se, P, Vit A, C, D, E, thiamin, riboflavin, niacin, B6, B12, folate
Finnish Nutrient Index, FNI10 ⁷	$FNI10-3 = \sum_{1-10}(\text{Nutrient}/\text{DV} * 100)/10$	Protein, fibre, MUFA, PUFA Ca, Fe, K, Vit C, D, folate
Ravintoaineindeksi, tyyppi 2	Kaava	Sisältyvät ravintoaineet
Nutrient Rich Food, NRF9-3 ¹	$NRF9-3 = \sum_{1-9}(\text{Nutrient}/\text{DV} * 100)/9 - \sum_{1-3}((\text{Nutrient}/\text{MRV} * 100)/3)$	Protein, fibre, Ca, Fe, Mg, K, Vit A, C and E Na, (added) sugar, SAFA
Nutrient for Calories, NFC9-2 ²	$NRC9-2 = \sum_{1-9}(\text{Nutrient}/\text{DV} * 100)/9 - \sum_{1-2}(\text{Nutrient}/\text{MRV} * 100)/2$	Protein, fibre, fat, Ca, Fe, Mg, Zn, K, P, Vit A, C, E, B12, Na, SAFA
Finnish Nutrient Index, FNI10-3 ⁷	$FNI10-3 = \sum_{1-10}(\text{Nutrient}/\text{DV} * 100)/10 - \sum_{1-3}(\text{Nutrient}/\text{MRV} * 100)/3$	Protein, fibre, MUFA, PUFA Ca, Fe, K, Vit C, D, folate Na, (added) sugar, SAFA
Ravintoaineindeksi, tyyppi 2, tuoteryhmäkohtaiset	Kaava	Sisältyvät ravintoaineet
Finnish Nutrient Index for protein sources, FNI _{prot} 7-2 ⁷	$FNI_{\text{prot}} = \sum_{1-7}(\text{Nutrient}/\text{DV} * 100)/7 - \sum_{1-2}(\text{Nutrient}/\text{MRV} * 100)/2$	Protein, MUFA, PUFA, Ca, Fe, riboflavin B2, folate (B9), Na, SAFA

Finnish Nutrient Index for carbohydrate sources, FNI_{carb}12-3⁷	$FNI_{carb} = \frac{\sum_{1-12}(\text{Nutrient}/\text{DV} * 100)/12 - \sum_{1-3}((\text{Nutrient}/\text{MRV}) * 100)/3}$	Fiber, MUFA, PUFA, Zn, Mg, K, thiamin B1, riboflavin B2, niacin, B6, B12, folate (B9), Na, (added) sugar, SAFA
Finnish Nutrient Index for fruit and vegetables, FNI_{vege}7-3⁷	$FNI_{vege} = \frac{\sum_{1-7}(\text{Nutrient}/\text{DV} * 100)/7 - \sum_{1-3}((\text{Nutrient}/\text{MRV}) * 100)/3}$	Fiber, Mg, K, Vit A, C, E, folate (B9), Na, (added) sugar, SAFA
Finnish Nutrient Index for liquid milk and similar kind products, FNI_{milk}8-3⁷	$FNI_{milk} = \frac{\sum_{1-8}(\text{Nutrient}/\text{DV} * 100)/8 - \sum_{1-3}((\text{Nutrient}/\text{MRV}) * 100)/3}$	Protein, fiber, MUFA, PUFA, Ca, riboflavin B2, Vit D, folate (B9), Na, (added) sugar, SAFA
Finnish Nutrient Index for dietary fats, FNI_{fat}4-2⁷	$FNI_{fat} = \frac{\sum_{1-4}(\text{Nutrient}/\text{DV} * 100)/4 - \sum_{1-2}(\text{Nutrient}/\text{MRV} * 100)/2}$	MUFA, PUFA, Vit A, E, Na, SAFA
Ravintoaineindeksi, suhteutettu energiasältöön	Kaava	Sisältyvät ravintoaineet
Calories for Nutrient, CNF⁸	$CFN = ED/(\sum_{1-13} (\%DV)/13)$	Protein, Ca, Fe, Zn, Mg, Vit A, C, thiamin B1, riboflavin B2, niacin, B6, B12, folate,
Calories for Nutrient, CNF⁸	$CFN = (\sum_{1-13} (\%DV)/13)/ED$	Protein, Ca, Fe, Zn, Mg, Vit A, C, thiamin B1, riboflavin B2, niacin, B6, B12, folate,
Nutrient Density Score, NDS16³	$NDS16 = (\text{NAR16}/\text{ED}) * 100$	kuten NAR16
Nutrient Density Score, NDS23⁴	$NDS23 = (\text{NAR23}/\text{ED}) * 100$	kuten NAR23
Ravintoaineindeksi, suositeltavat ja vältettävät suhteutettu toisiinsa	Kaava	Sisältyvät ravintoaineet
Ratio of Recommended to Restricted Foods (RRR)⁹	$RRR = \frac{\sum(\%DV \text{ Nutrient recommended}/6)}{\sum(\%DV \text{ Nutrient restricted}/5)}$	Protein, fiber, Ca, Fe, Vit A, C, sugar, kolesterol, SAFA, Na

¹Drewnowski and Fulgoni et al. 2007

²Drewnowski 2005

³Darmon et al. 2005

⁴Maillot et al. 2007

⁵Smedman et al. 2011

⁶mukaellen Smedman et al. 2011 (poistettu painotus)

⁷kehitetty tässä hankkeessa

⁸Lachance and Fischer 1986

⁹Scheidt and Daniel 2004

2.5 Ravintoaineindeksien vertailu – Sopivan toiminnallisen yksikön valinta

Hankkeessa verrattiin erilaisia ravintoaineindeksejä toisiinsa siitä näkökulmasta, miten hyvin ne sopisivat elinkaariarvioinnin toiminnalliseksi yksiköksi. Kiinnostavia kysymyksiä olivat, onko eri indeksien välillä eroja ja antavatko ne ravitsemustieteellisestä näkökulmasta järkeviä tuloksia. Arviointi tehtiin hankkeen asiantuntijoiden kesken ja hyödyntäen tieteellistä kirjallisuutta.

Tarkempaan vertailuun otettiin 6 ravintoaineindeksiä, joissa on vain suositeltavia ravintoaineita (tyyppi 1), ja 3 yleistä ravintoaineindeksiä, joissa on sekä suositeltavia että rajoitettavia ravintoaineita (tyyppi 2) (ks. taulukko 14). Hankkeessa kehitetyt suomalaiset ravintoaineindeksit (yleinen ja tuoteryhmäkohtaiset) kuuluvat tyyppiin 2. DN21 indeksistä tarkastelussa on sekä painotettu (Smedman et al. 2011) että painottamaton (mukaeltu) versio, jotta nähdään painottamisen vaikutus indeksin antamien arvojen muodostumiseen.

Tarkemmasta tarkastelusta rajattiin pois ravintoaineindeksit, joissa ravintoainesältö suhteutetaan energiasältöön. Ne eivät sovi elinkaariarvioinnin toiminnalliseksi yksiköksi, koska energiasällöstä tulisi jakaja myös ympäristövaikutukselle. Tuloksena on, että ympäristövaikutukset ovat sitä pienemmät mitä suurempi energiasältö on. Laskentatapa voisi olla oikeansuuntainen, jos energiasältö olisi tavoiteltava hyöty, mutta vallitsevassa kulutuskuultuurissamme useimmissa tapauksissa ihmiset saavat riittävästi energiaa, ellei liikaakin. Energiasältö on enemmän haitta kuin hyöty.

Tarkemmasta tarkastelusta rajattiin pois myös indeksit, joissa rajoitettavien ravintoaineiden määrä suhteutetaan suositeltaviin ravintoaineisiin tai päinvastoin. Fulgonin ym. (2009) ravintoaineindeksien validointia koskevan tutkimuksen perusteella tällaiset indeksit eivät kuvaa tuotteen ravitsemuksellista laatua niin

hyvin kuin indeksit, joissa suhteuttamista ei ole tehty vaan suositeltavien ja rajoitettavien ravintoaineiden huomioinnin perustuu vähennyslaskuun. Jos suhteuttamiseen perustuvaa indeksiä käytetään elinkaariarvioinnissa kuten toiminnallista yksikköä, on lopputulos radikaalisti erilainen kuin kiloperusteisessa tai tyyppiin 2 perustuvassa arvioinnissa. Erot tuotteiden välillä kasvavat merkittävästi. Tällaisten indeksien hyödyntämistä ja hyväksyttävyyttä ravitsemuksen ja ympäristövaikutukset yhdistävässä kuluttajavies-tinnässä vaatisi vielä jatkotutkimusta.

Erilaisten ravintoaineindeksien vertaamiseksi tarkasteltiin 24 kappaletta syötäväksi valmista ruokaa, jotka edustivat eri tuoteryhmiä. Ravintoaineindeksien laskeminen perustui suomalaisiin ravitsemussuosituksiin (Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2005) ja Elintarvikkeiden koostumustietopankki Finelin® tietoihin ruokien ravintoainesisällöstä. Näiden ruokien tyyppin 1 ravintoaineindeksien tulokset on esitetty taulukossa 15 ja tyyppin 2 taulukossa 16. Tyyppin 1 indeksien vertailu on esitetty kuvassa 21 ja tyyppin 2 indeksien vertailu kuvassa 22.

Tyyppin 1 indeksien vertailusta näkyy, että eri indeksit antavat pitkälti samankaltaisia tuloksia. Siinä mielessä ei näytä kovin keskeiseltä, mitä ja kuinka monia ravintoaineita indeksi pitää sisällään. Eniten hajontaa on kasviöljyjen, suolasillin ja porkkanan kohdalla. Ne ovat tuotteita, joilla on siinä mielessä erikoinen ravintoainekoostumus, että niissä on jotakin ravintoainetta erityisen paljon, kuten esim. porkkanassa A-vitamiinia ja rypsiöljyssä tyydyttymättömiä rasvahappoja ja E-vitamiinia. tyyppin 1 ravintoaineindeksien puutteita osoittaa erityisesti se, että indeksien mukaan suolasilli on terveellisempi vaihtoehto kuin kirjolohi. Ravitsemustieteen näkökulmasta näin ei tietenkään ole, koska suolasillissä on erityisen paljon terveydelle haitallista suolaa.

Tyyppin 2 indeksien vertailusta näkyy, että tämän kaltaiset indeksit antavat vielä enemmän keskenään samankaltaisia tuloksia kuin tyyppin 1 indeksit. Hajontaa on tässäkin vertailussa samojen ruokien kohdalla kuin tyyppin 1 indekseissä ja lisäksi grillimakkarassa. Selityskin on sama, eli nämä ruoat sisältävät poikkeuksellisen paljon jotakin tai joitakin ravintoaineita, jotka kuuluvat joihinkin indekseihin, mutta ei kaikkiin, tai niiden suhteellinen merkitys on indeksin kokonaisuudessa eri johtuen indeksiin sisältyvistä muista ravintoaineista.

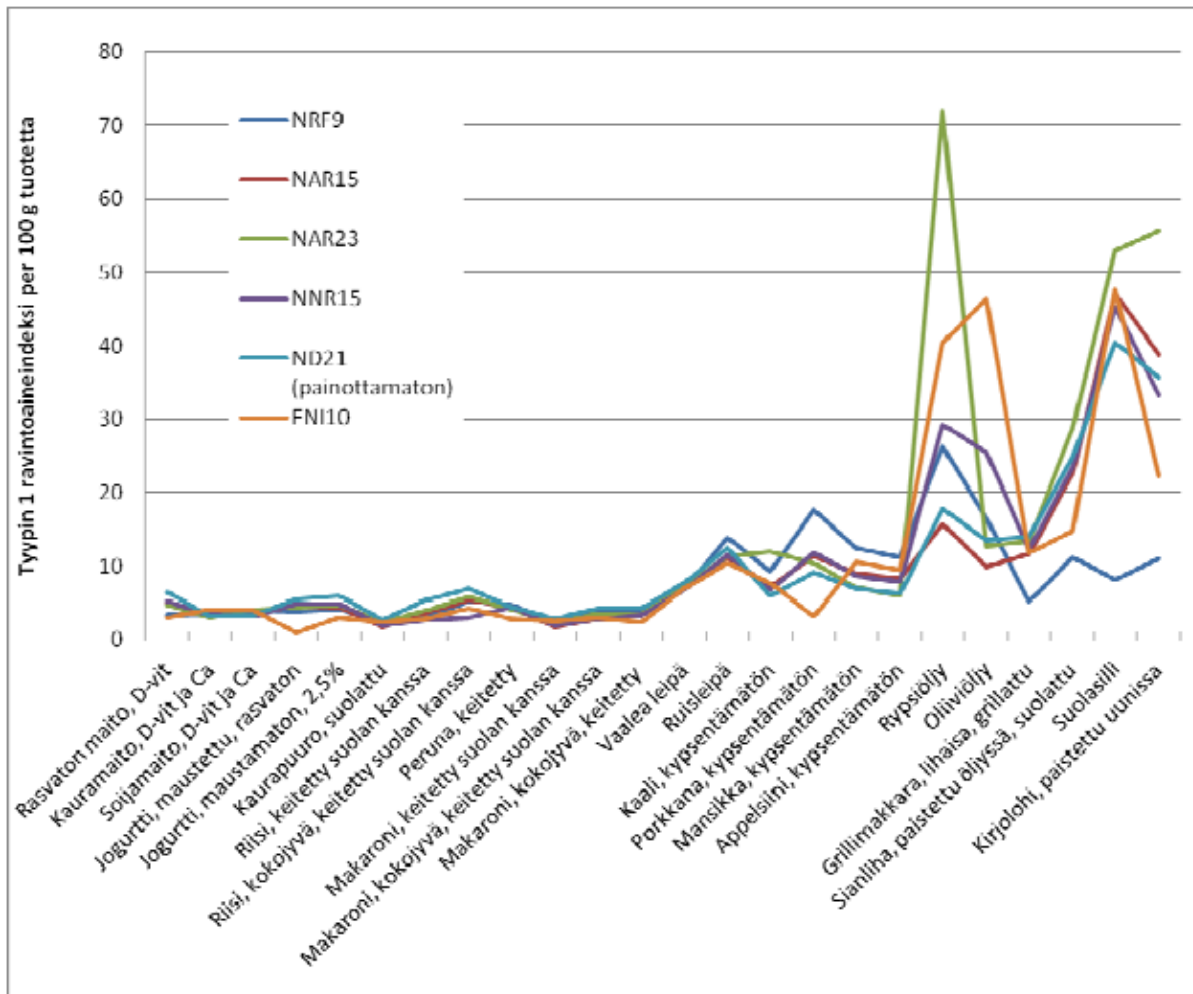
Merkille pantavaa on myös se, että tyyppin 2 indeksit antavat helposti negatiivisen tuloksen, jos tuotteessa on suolaa, tyydyttyneitä rasvahappoja tai lisättyä sokeria. Tämä on erittäin ongelmallinen asia, kun indeksi liitetään elinkaariarvointiin toiminnalliseksi yksiköksi, koska negatiiviset arvot muuttavat lopputuloksen negatiiviseksi. Tällöin ympäristövaikutus saisi negatiivisen arvon, mikä elinkaariarvioinnin viitekehysessä viittaisi positiivisiin ympäristövaikutuksiin. Todellisuudessa siitä ei ole kyse.

Indeksin arvon negatiivisuus vaikuttaa myös indeksin arvojen vertailtavuuteen, arvojen tulkintaan. Pitäisikö negatiiviset arvot tulkita ”epäterveellisiksi”? Onko -1 yhtä paljon epäterveellinen kuin 1 on terveellinen? Ei tietenkään. Asteikon nollakohta ei ole matemaattisessa mielessä nollakohta eikä siinä mielessä nollakohta, että tuote joka saa arvon 0, on yhtä paljon terveellinen kuin epäterveellinenkin, jotenkin neutraali. Tyyppin 2 indeksi saa arvon nolla yksinkertaisesti silloin, kun suositeltavien ravintoaineiden ravintoainesuosituksen suhteutettujen määrien keskiarvo on yhtä suuri kuin rajoitettavien ravintoaineiden päivän saantisuosituksen suhteutettujen määrien keskiarvo. On mahdotonta sanoa, ovatko tuon kohdan yläpuolella olevat arvot osoitus terveellisyydestä ja alapuolella olevat epäterveellisyydestä. Yhtä hyvin epäterveellisyys voisi alkaa jostakin positiivisesta tai negatiivisesta arvosta. Tuollaista terveellisyyden nollakohtaa ei ole absoluuttisesti edes olemassa. Kuitenkin arvot voivat kertoa (jotakin) tuotteiden terveellisyydestä suhteessa toisiinsa ja tässä mielessä niitä voidaan käyttää tuotteiden terveellisyyden indekseinä.

Seuraavassa luvussa tarkastellaan, voiko tyyppin 1 ja 2 indeksejä käyttää elinkaariarvioinnissa tuotteen terveellisyyttä kuvaavana toiminnallisena yksikkönä? Sen tarkastelemiseksi tyyppin 2 indeksien arvot on alkajaisiksi muutettava positiivisiksi. Tässä tutkimuksessa arvioitujen tuotteiden perusteella se voidaan tehdä lisäämällä saatuihin indeksin arvoihin luku 100. Tämä muunnos selkeyttää indeksin tulkintaa myös ravitsemuksen näkökulmasta.

Taulukko 15. Tyypin 1 eli vain suositeltavia ravintoaineita sisältävien ravintoaineindeksien tulokset.

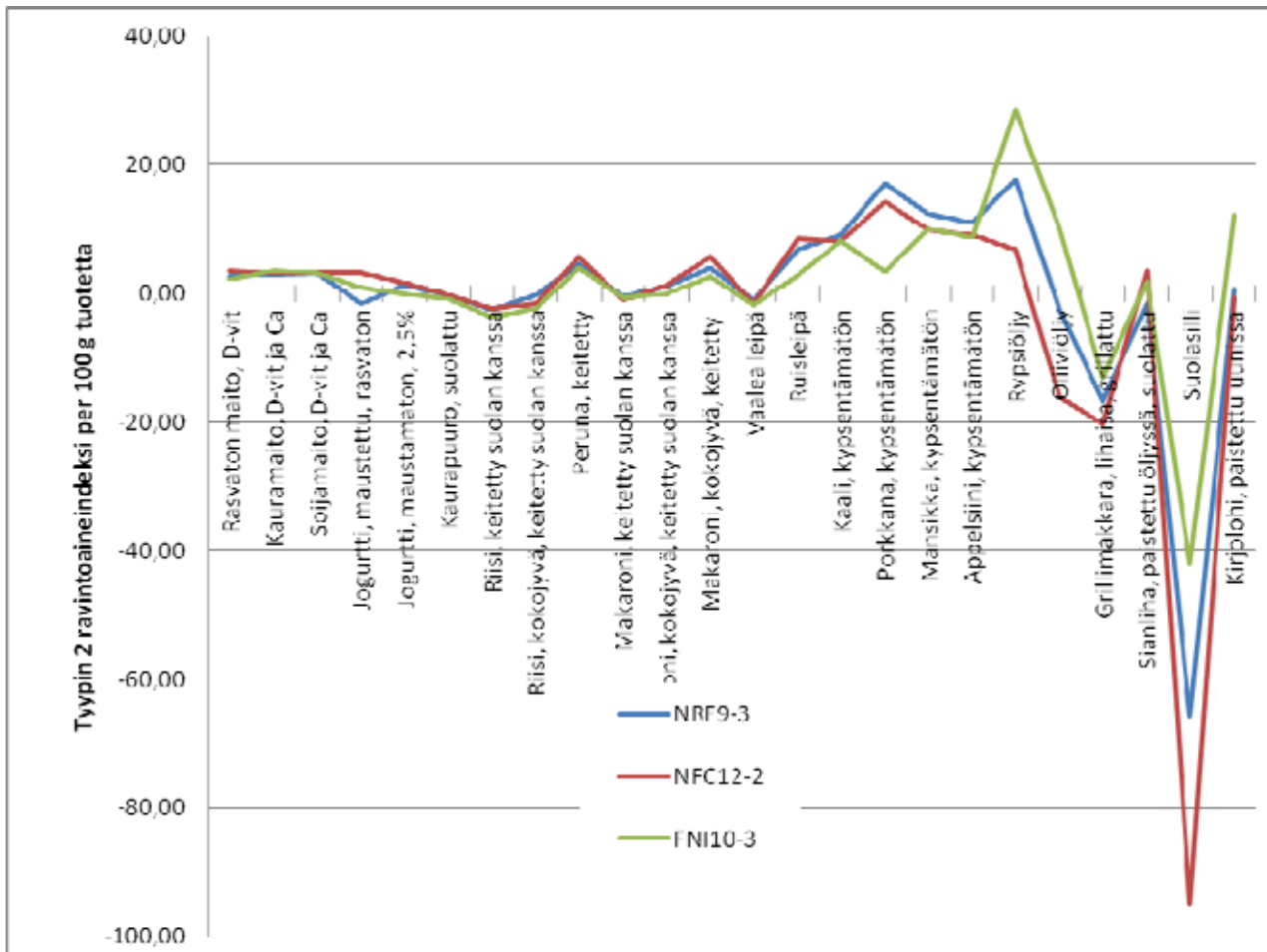
	NRF9	NAR15	NAR23	NNR15	ND21 (painotta- maton)	ND21 (paino- tettu)	FNI10
Rasvaton maito, D-vit	3,34	5,01	4,71	5,12	6,49	19,46	3,03
Kaurajuoma, D-vit ja Ca	3,54	3,08	2,96	3,34	3,10	15,50	4,03
Soijajuoma, D-vit ja Ca	4,00	3,62	4,07	3,22	3,35	16,74	3,90
Jogurtti, maustettu, rasvaton	3,73	4,63	4,47	4,91	5,48	43,82	0,89
Jogurtti, maustamaton, 2,5 %	4,15	4,44	4,74	4,90	6,02	54,16	3,02
Kaurapuuro, suolattu	2,48	1,80	2,36	1,97	2,70	13,50	2,36
Riisi, keitetty suolan kanssa	2,97	3,62	3,97	2,61	5,28	15,85	2,79
Riisi, kokojyvä, keitetty suolan kanssa	5,22	5,35	5,86	3,00	6,99	41,96	4,23
Peruna, keitetty	4,79	4,42	4,06	4,38	4,48	8,97	2,80
Makaroni, keitetty suolan kanssa	2,35	1,79	2,33	1,87	2,88	17,25	2,49
Makaroni, kokojyvä, keitetty suolan kanssa	3,89	2,90	3,49	2,89	4,27	38,41	3,08
Makaroni, kokojyvä, keitetty	3,95	3,36	3,49	3,28	4,26	38,32	2,35
Vaalea leipä	6,85	7,14	7,27	6,73	7,78	101,10	6,91
Ruisleipä	13,88	11,21	11,26	11,46	12,46	137,01	10,32
Kaali, kypsentämätön	9,22	7,25	12,00	6,73	6,05	24,21	7,70
Porkkana, kypsentämätön	17,62	11,40	10,46	11,79	9,06	54,35	3,23
Mansikka, kypsentämätön	12,51	9,03	7,04	8,60	6,91	20,72	10,60
Appelsiini, kypsentämätön	11,11	8,36	5,92	7,81	6,28	6,28	9,40
Rypsiöljy	26,25	15,75	71,77	29,23	17,71	35,43	40,45
Oliiviöljy	16,56	9,94	12,73	25,41	13,56	27,12	46,43
Grillimakkara, lihaisa, grillattu	5,21	11,62	13,38	12,30	14,02	196,32	11,80
Sianliha, paistettu öljyssä, suolattu	11,17	22,60	28,79	23,38	24,79	396,68	14,81
Suolasilli	8,14	46,92	52,92	45,22	40,34	645,37	47,68
Kirjolohi, paistettu uunissa	10,99	38,77	55,69	33,36	35,69	571,04	22,34



Kuva 21. Vain suositeltavat arvintoaineet sisältävien ravintoaineindeksien vertailu. Vertailussa ei ole mukana taulukossa 15 oleva DN21 (weighted, painotettu), koska sen skaala menee niin korkealle, että muut vaihtelut häviävät kuvasta.

Taulukko 16. Tyyppin 2 eli sekä suositeltavia että rajoitettavia ravintoaineita sisältävien ravintoaineindeksien tulokset.

	NRF9-3	NFC12-2	FNI10-3
Rasvaton maito, D-vit	2,71	3,58	2,25
Kaurajuoma, D-vit ja Ca	2,97	3,28	3,52
Soijajuoma, D-vit ja Ca	3,24	3,12	3,18
Jogurtti, maustettu, rasvaton	-1,52	3,19	0,89
Jogurtti, maustamaton, 2,5 %	1,33	1,64	-0,04
Kaurapuuro, suolattu	-0,18	-0,21	-0,72
Riisi, keitetty suolan kanssa	-2,55	-2,25	-3,66
Riisi, kokojyvä, keitetty suolan kanssa	-0,30	-1,62	-2,25
Peruna, keitetty	4,64	5,62	3,99
Makaroni, keitetty suolan kanssa	-0,41	-0,93	-0,64
Makaroni, kokojyvä, keitetty suolan kanssa	1,13	1,24	0,06
Makaroni, kokojyvä, keitetty	3,93	5,62	2,68
Vaalea leipä	-0,94	-1,59	-1,79
Ruisleipä	6,82	8,57	2,77
Kaali, kypsentämätön	9,15	8,14	8,20
Porkkana, kypsentämätön	17,21	14,19	3,45
Mansikka, kypsentämätön	12,36	9,93	10,17
Appelsiini, kypsentämätön	10,95	9,21	8,76
Rypsiöljy	17,70	6,86	28,63
Oliiviöljy	-2,45	-16,09	10,13
Grillimakkara, lihaisa, grillattu	-16,59	-20,17	-13,03
Sianliha, paistettu öljyssä, suolattu	-1,49	3,65	1,81
Suolasilli	-65,80	-95,10	-41,93
Kirjolohi, paistettu uunissa	0,77	-0,62	12,14



Kuva 22. Tyypin 2 eli sekä suositeltavia että rajoitettavia ravintoaineita sisältävien ravintoaineindeksien vertailu.

2.6 Ravintoaineindeksi elinkaariarvioinnin toiminnallisena yksikkönä – E/N –indeksin kehittäminen ja testaaminen

Ravitsemuksen ruoan elinkaariarviointiin yhdistävän menetelmän kehittämisessä ja testaamisessa tarkasteltiin useita tyypin 1 ja tyypin 2 indeksejä ja verrattiin niillä saatavia tuloksia toisiinsa useiden tuotteiden avulla. Sen jälkeen niistä valittiin ne, joita sovellettiin case-tuotteiden arviointiin (ks. luku 3.3.5).

Testauksessa käytetyt ympäristövaikutustulokset saatiin MTT:n aiemmista tutkimuksista, jotka ovat osittain julkaistuja ja osittain julkaisemattomia, ja kirjallisuudesta (taulukko 17). Käytetyt ympäristövaikutustulokset ovat screening-tyyppisiä, eli ne ovat likimääräisiä arvoja. Eri tuotteiden arviointien rajaukset ja muut metodologiset valinnat eroavat toisistaan, esimerkiksi perunan ympäristövaikutuksista puuttuu varastointivaihe ja jogurtin ympäristövaikutukset perustuvat arviointiin maidon vaikutuksista. Kirjallisuuteen perustuvat tiedot ovat pääsääntöisesti ulkomaisesta tuotannosta, mutta niihin ei ole lisätty kuljetuksia Suomeen. Ruokien ravintoainesisällöt ovat samat kuin edellisen luvun ravintoaineindeksien laskennassa (taulukot 15 (tyyppi 1) ja 16 (tyyppi 2)).

Ravintoaineindeksit yhdistettiin ruoan elinkaariarviointiin seuraavalla kaavalla:

$$\text{E/N indeksi} = \frac{\text{Tuotteen LCA-tulos (jossakin vaikutusluokassa)}}{\text{Tuotteen ravintoaineindeksin arvo} + \text{vakio}}$$

E/N –indeksin laskennassa sekä LCA-tulos että ravintoaineindeksin arvo lasketaan samaa tuotemäärää kohden, esim. 100 grammaa (esim. ilmastovaikutus g CO₂-ekv/100 g tuotetta). Jakajassa olevalla vakiolla muutetaan tyyppiin 2 ravintoaineindeksin tulos positiiviseksi. Se on käytössä vain tyyppiin 2 perustuvassa indeksissä.

Ravintoaineindeksin paikka tässä laskentatavassa on sama kuin toiminnallisen yksikön paikka elinkaariarviointissa. Tarkkaan ottaen tässä nyt kehitetyssä menetelmässä ravintoaineindeksit eivät kuitenkaan toimi toiminnallisina yksikköinä, koska niiden arvot eri tuotteille eivät ole samat. Elinkaariarvioinnin metodologian mukaan nimittäin tuotteita verrattaessa toisiinsa toiminnallisen yksikön pitää olla sama, kun taas tuotevirta (ns. vertailuvirta), joka tuottaa toiminnallisen yksikön ilmaisevan palveluksen tai hyödyn, vaihtelee tuotteiden välillä. Ympäristövaikutukset ovat sidoksissa tuohon vertailuvirtaan. Kehitetyssä indeksissä tuotteen ravintoaineindeksin arvo vaihtelee tuotteiden ravintoainesisällön mukaan, jolloin vertailu ei tarkkaan ottaen ole samaa hyötyä tuottavien tuotteiden välillä.

Sen sijaan kehitetty menetelmä on uudenlainen indeksi, jota voidaan käyttää tuotteiden vertailuun. E/N –indeksi kertoo tuotteen ominaisympäristövaikutuksen esim. grammoina yhtä ravintoaineindeksin yksikköä kohden. Indeksien arvo on riippumaton tuotemäärästä, koska molemmat indeksin arvoon vaikuttavat luvut (ympäristövaikutuksen määrä ja ravintoaineindeksin arvo) lasketaan aina samasta tuotemäärästä. Niiden suhde pysyy muuttumattomana. E/N –indeksin arvo on siis samankaltainen suure kuin esim. kilohinta tai energiasisältö.

Taulukko 17. Testilaskennassa käytetyt arvot tuotteiden ilmastovaikutukselle ja rehevöittäväälle vaikutukselle.

	g CO ₂ -ekv/100 g	mg PO ₄ -ekv/100 g
Rasvaton maito, D-vit	93	1230
Kaurajuoma, D-vit ja Ca	101	18
Soijajuoma, D-vit ja Ca	98	26
Jogurtti, maustettu, rasvaton	115	126
Jogurtti, maustamaton, 2,5 %	120	148
Kaurapuuro, suolattu	53	32
Riisi, keitetty suolan kanssa	389	7
Riisi, kokojyvä, keitetty suolan kanssa	288	7
Peruna, keitetty	37	27
Makaroni, keitetty suolan kanssa	53	-
Makaroni, kokojyvä, keitetty suolan kanssa	53	-
Makaroni, kokojyvä, keitetty	53	-
Vaalea leipä	131	-
Ruisleipä	124	-
Kaali, kypsentämätön	29	-
Porkkana, kypsentämätön	7	12
Mansikka, kypsentämätön	47	259
Appelsiini, kypsentämätön	39	-
Rypsiöljy	339	-
Oliiviöljy	79	-
Grillimakkara, lihaisa, grillattu	562	494
Sianliha, paistettu öljyssä, suolattu	622	833
Suolasilli	8	-
Kirjolohi, paistettu uunissa	524	2951

2.6.1 Testilaskennan tulokset 1 – Tyypin 1 E/N-indeksit

Kuvassa 23 on esitetty tyyppiin 1 ravintoaineindekseihin perustuvien E/N –indeksien testilaskennan tulokset 24 tuotteelle ilmastovaikutuksen suhteen ja kuvassa 25 14 tuotteelle rehevöittävän vaikutuksen suhteen. E/N –indeksejä rehevöittäväälle vaikutukselle ei voitu laskea yhtä monelle tuotteelle kuin ilmastovaikutukselle rehevöittävien vaikutusten tuotekohtaisten tietojen puutteen vuoksi.

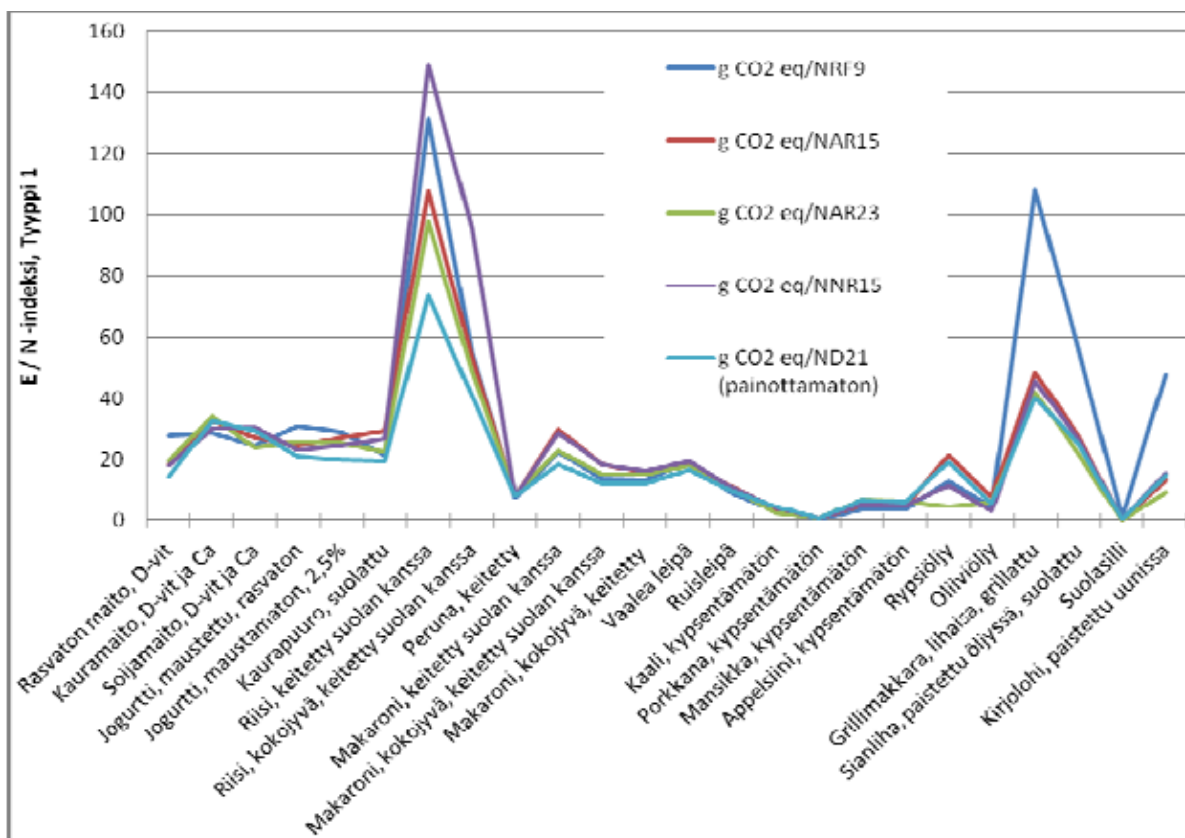
Tyyppiin 1 perustuvien indeksien arvot seurailevat toisiaan melko hyvin sekä ilmastovaikutuksen (kuva 23) että rehevöittävän vaikutuksen suhteen (kuva 25). Suurimmat poikkeamat ilmastovaikutustarkastelussa ovat riisin, kokojyväriisin, grillimakkaran ja kirjolohen kohdalla. Pienempiä poikkeamia on esimerkiksi rypsiöljyssä, vaaleassa makaronissa, rasvattomassa maidossa ja jogurteissa. Kuten kuvasta 24 nähdään, tuotteiden ominaisilmastovaikutukset (eli indeksin arvot) ovat kaikissa tuotteissa pienemmät kuin ilmastovaikutukset per 100 g tuotetta (mikä on luonteva seuraus indeksin laskentatavasta). Sen sijaan, vaikka kuvan perusteella näyttää siltä, että erot tuotteiden välillä tasoittuvat, suhteita lähemmin tarkastellen huomataan, että tuotteiden suhteelliset erot paikoin jopa kasvavat. Esimerkiksi valkoisen riisin ominaisilmastovaikutus per ”ravitsevuusyksikkö” on 10-18-kertainen perunaan verrattuna, kun per 100 g vaikutus on 10-kertainen. Grillimakkaran ominaisilmastovaikutus on 100-300-kertainen verrattuna suolasilliin, kun per 100 ilmastovaikutus on 70-kertainen.

Indeksit nostavat esille kokojyväisyyden edut (ks. kuva 23. riisi, keitetty suolan kanssa vs. riisi, kokojyvä, keitetty suola kanssa ja makaroni, keitetty suolan kanssa vs. makaroni, kokojyvä, keitetty suolan kanssa). Sama asia näkyy myös vaalean ja tumman leivän välistä eron korostumisena. Se pystyy myös korjaamaan grillimakkaran ja sianlihan välisen kestävien ruokavalintojen näkökulmasta väärän informaation, eli sen että grillimakkarana olisi ns. parempi vaihtoehto kuten ilmastovaikutus per 100 g antaa ymmärtää (kuva 24). Lisäksi tyyppiin 1 E/N-indeksi pienentää rypsiöljyn ja oliiviöljyn ilmastovaikutusten vertailun eroa, eli tuo esille rypsiöljyn erityistä terveellisyyttä. Sen sijaan tyyppiin 1 E/N-indeksit eivät – luonnollisesti - kykene erottamaan suolan aiheuttamaa terveellisyyden eroa, koska suola ei ole mukana indeksin arvossa. Esimerkiksi suolan kanssa ja ilman suolaa keitettyjen kokojyvämäkaronien arvot ovat kutakuinkin samat kaikissa indekseissä. Suolan vaikutuksen huomiotta jättäminen näkyy myös edellä mainituissa suhteellisissa erossa grillimakkaran ja suolasillin välillä. Suolasilli saa korkeat tyyppiin 1 ravintoaineindeksien arvot, mikä näkyy myös alhaisena E/N-indeksin arvona (sen lisäksi, että sillin ilmastovaikutus on erittäin alhainen).

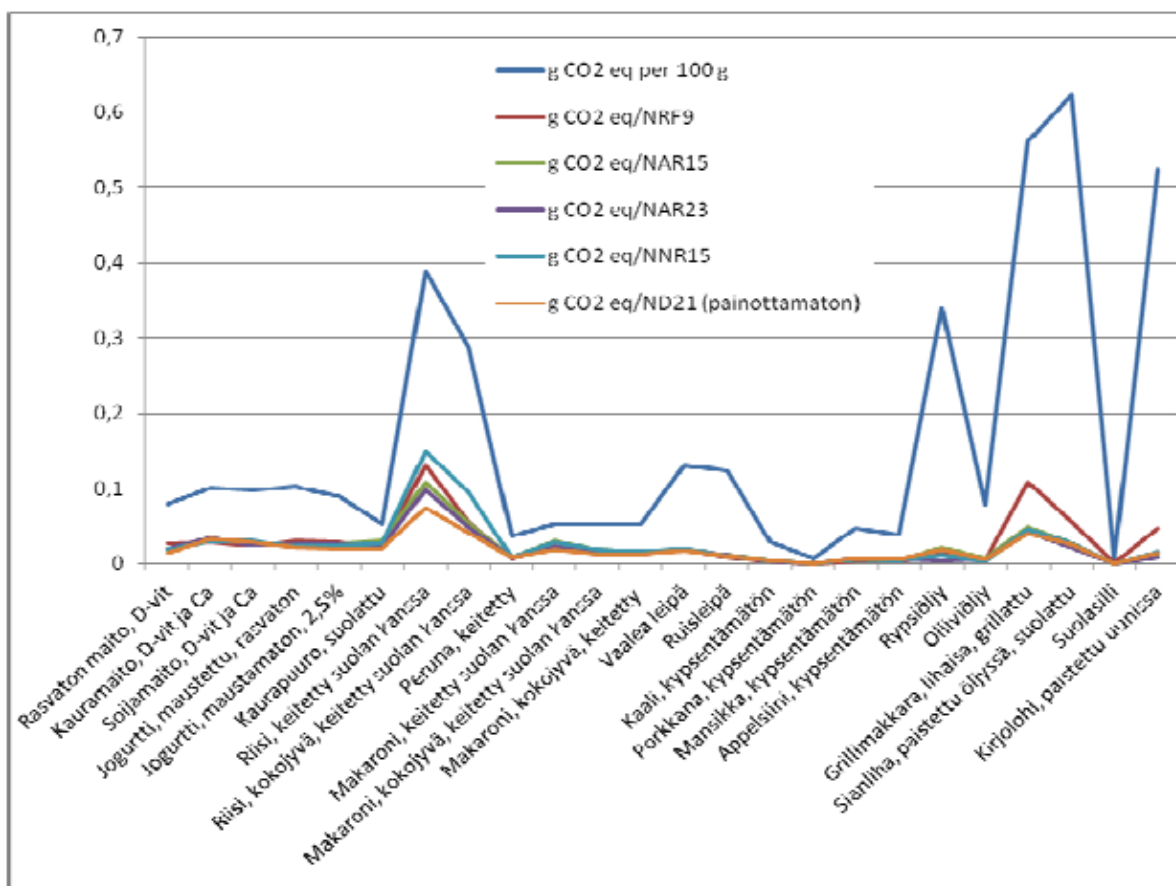
Suolan ja osittain muidenkin vältettävien ravintoaineiden vaikutuksen huomiotta jättäminen on tyyppiin 1 E/N-indeksin pahin puute. Muilta osin se toimii melko hyvin ilmastovaikutuksen suhteen.

Rehevöittävän vaikutuksen tarkastelussa suurimmat poikkeamat tyyppiin 1 E/N-indeksien välillä on kirjolohen, rasvattoman maidon, grillimakkaran ja sianlihan kohdalla. Jonkin verran vaihtelua on myös jogurteilla ja mansikalla. Rasvaton maito, kasvatettu kala (kirjolohi), grillimakkarana ja sianliha saavat suurimmat arvot. Näiden eniten kuormittavien tuotteiden ominaisrehevöittävävaikutus on selkeästi pienempi kuin per 100 g vaikutus (kuva 26).

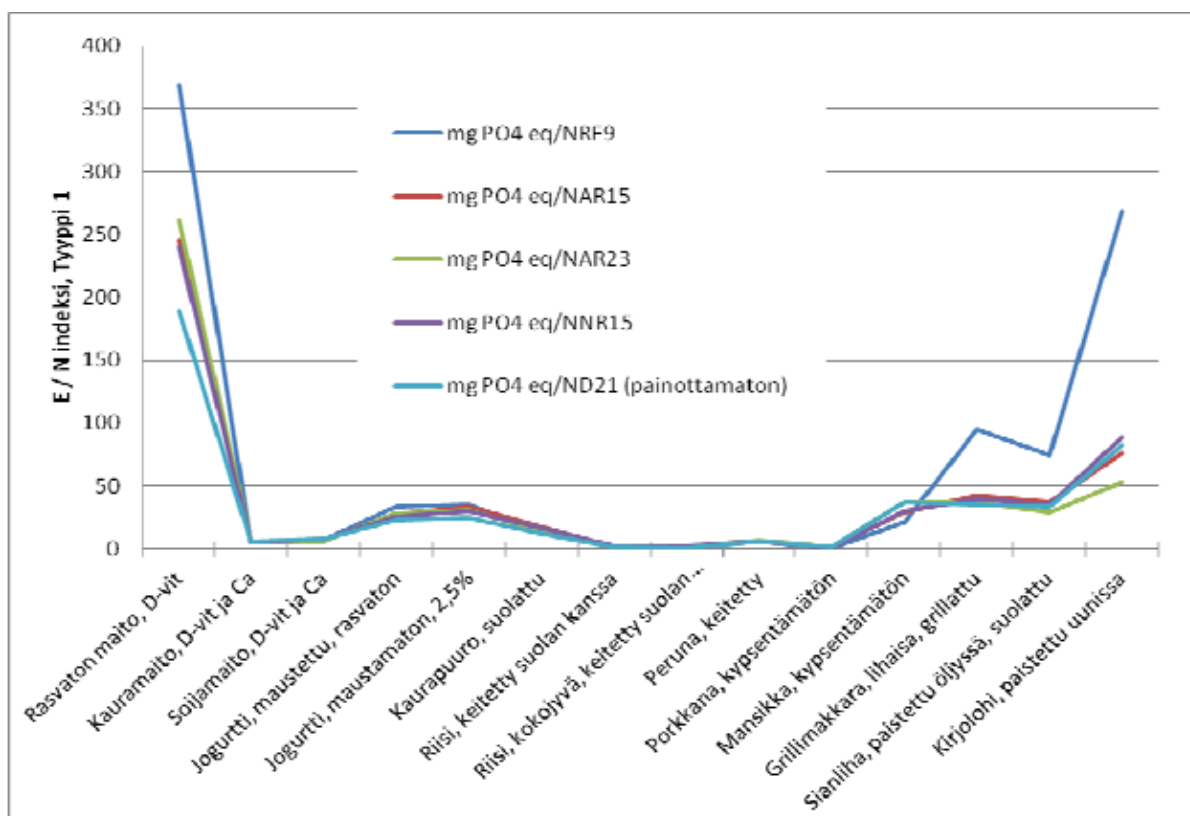
E/N-indeksin käyttökelpoisuudesta on rehevöittävän vaikutuksen kohdalla hankalampi tehdä johtopäätöksiä, koska tarkasteltavien tuotteiden määrä on pienempi kuin ilmastovaikutuksen kohdalla ja koska vaikutusten skaala on suuri, jolloin pienet erot hukkuvat. Riisin kohdalla menetelmä ei kuitenkaan ainakaan pysty tuomaan esille kokojyvä riisin (ravitsemuksellista) paremmuutta kestävyuden näkökulmasta. Samoin jogurtit saavat lähestulkoon saman arvon, vaikka useimpien ravintoaineindeksien suhteen maustamaton jogurtti on jonkin verran parempi kuin maustettu. Rehevöittävässä vaikutuksessa per 100 g tilanne on molemmissa edellä mainituissa vertailupareissa toisin päin. Sen sijaan sianliha saa grillimakkaraa paremmat arvot kaikilta tarkastelluilta tyyppiin 1 E/N-indekseiltä, eli indeksit pystyvät korjaamaan siinä kohtaa olleen kestävyuden näkökulmasta väärän viestin.



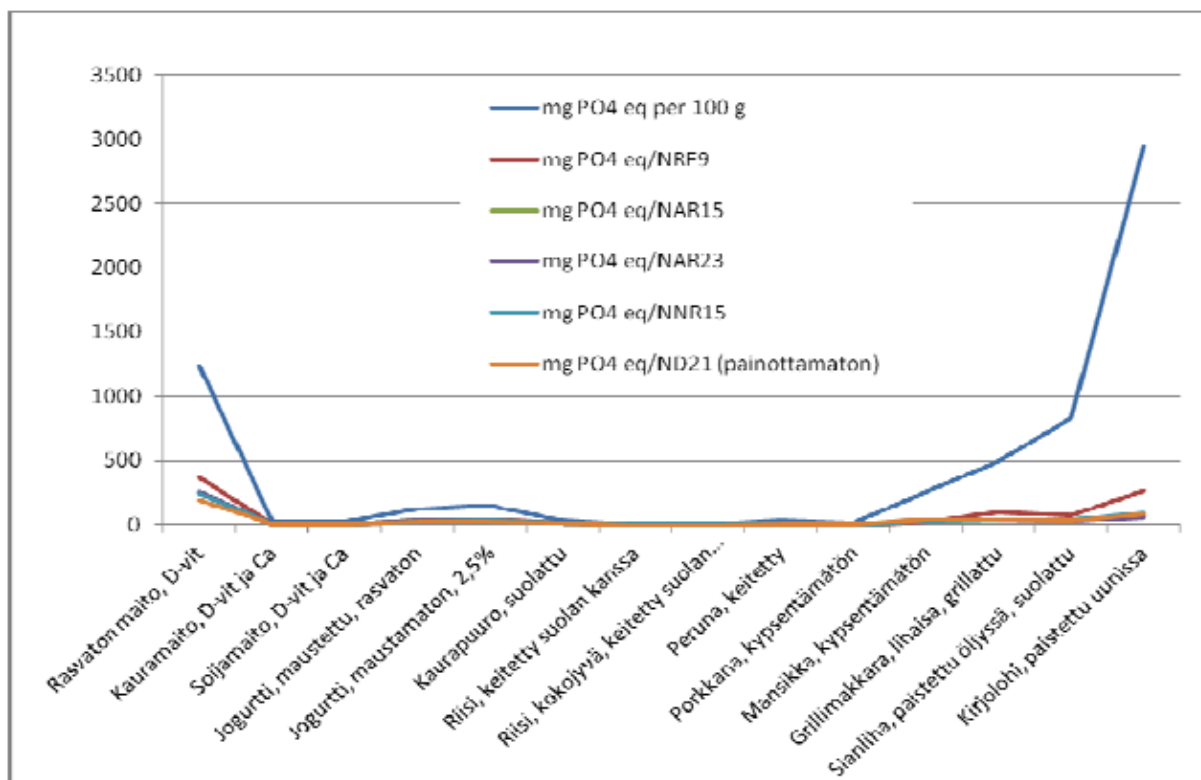
Kuva 23. Tyyppin 1 ravintoaineindeksiin perustuvien E/N –indeksien testilaskennan tulokset ilmastovai-
kutukselle.



Kuva 24. Tyyppin 1 ravintoaineindeksiin perustuvien E/N –indeksien testilaskennan tulokset ilmastovai-
kutukselle ja ilmastovaikutus per 100 g tuotetta. Huom! Skaala on eri kuin kuvassa 24.



Kuva 25. Tyypin 1 ravintoaineindekseihin perustuvien E/N –indeksien testilaskennan tulokset ja rehevöittävä vaikutus per 100 g tuotetta. Huom! Skaala on eri kuin kuvassa 26.



Kuva 26. Tyypin 1 ravintoaineindekseihin perustuvien E/N –indeksien testilaskennan tulokset ja rehevöittävä vaikutus per 100 g tuotetta. Huom! Skaala on eri kuin kuvassa 25.

2.6.2 Testilaskennan tulokset 2 – Tyypin 2 yleiset E/N-indeksit

Kuvassa 27 on esitetty tyypin 2 yleisiin tuoteryhmäkohtaisiin ravintoaineindekseihin perustuvien E/N – indeksien testilaskennan tulokset ilmastovaikutuksen suhteen samoille tuotteille kuin tyypin 1 indeksien tulokset edellisessä luvussa ja kuvassa 30 rehevöittävä vaikutuksen suhteen.

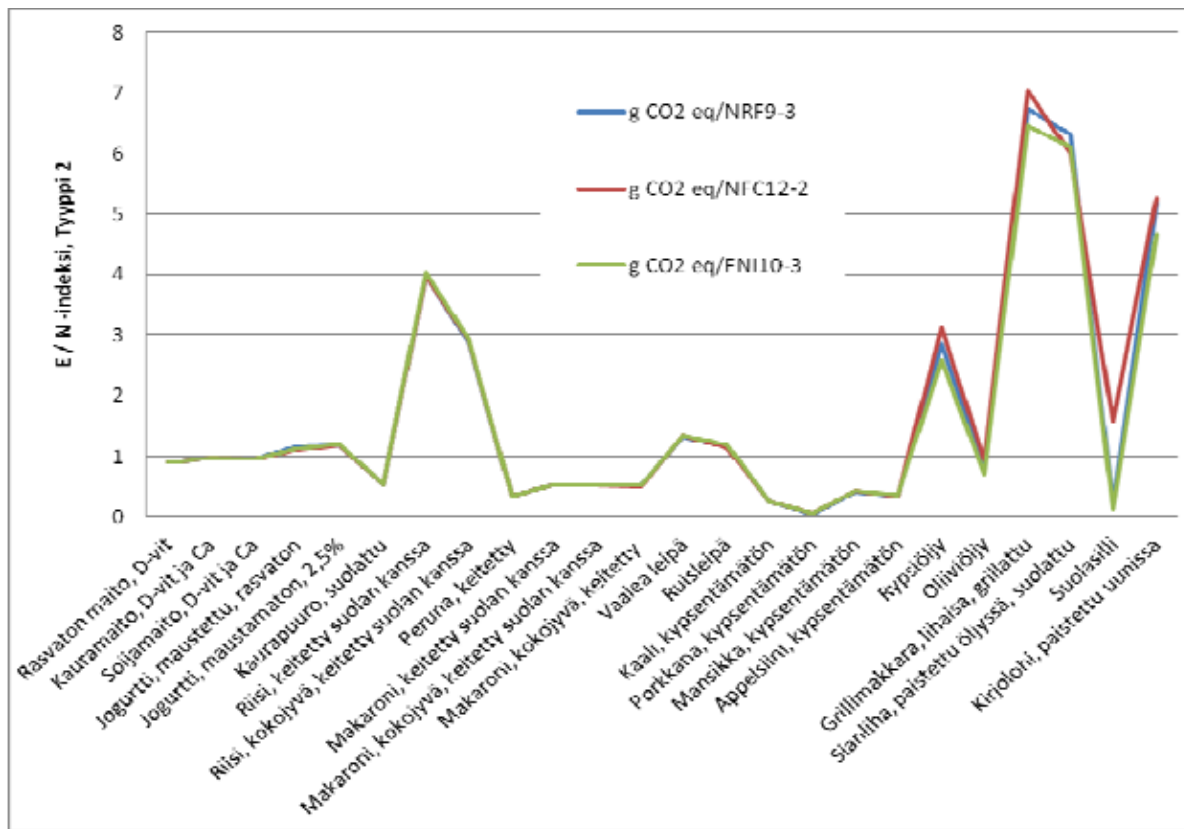
Tyyppiin 2 perustuvien indeksien arvot seurailevat toisiaan melkoisen tarkasti sekä ilmastovaikutuksen (kuva 27) että rehevöittävä vaikutuksen suhteen (kuva 30). Erot ovat pienempiä kuin tyypin 1 E/N-indekseissä. Suurimmat poikkeamat **ilmastovaikutus**tarkastelussa ovat suolasillin, grillimakkaran, sianlihan ja kirjolohen kohdalla.

Tyyppin 2 ravintoaineindeksiin perustuva E/N-indeksi tuo kokojyväisyyden edun esille riisin ja leipien kohdalla, mutta heikommin kuin tyyppiin 1 perustuva E/N-indeksi (kuva 28). Makaronien kohdalla tyyppin 2 E/N-indeksi ei anna kokojyväiselle makaronille parempaa tulosta kuin vaalealle.

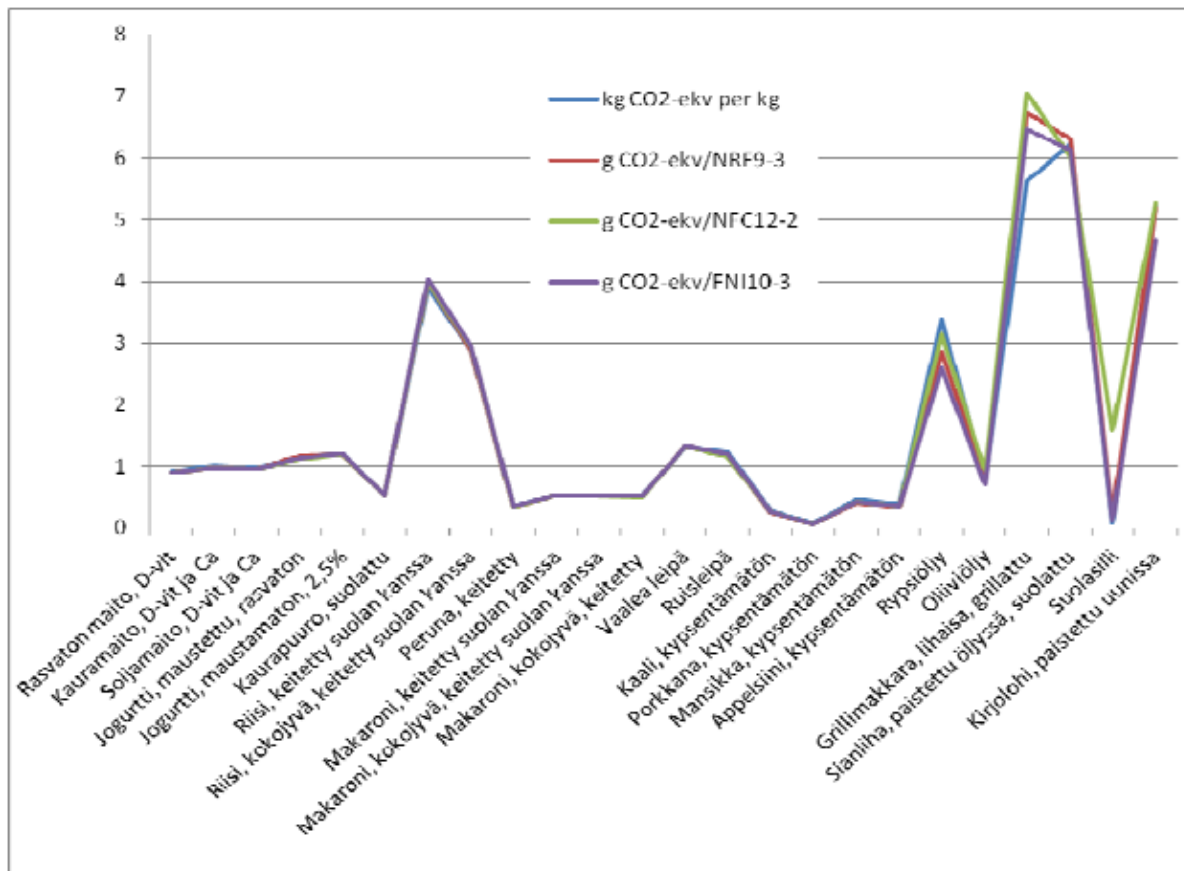
Tyyppin 2 E/N-indeksi pystyy korjaamaan grillimakkaran ja sianlihan välisen kestävien ruokavalintojen näkökulmasta väärän informaation niin kuin tyypin 1 E/N-indeksikin. Tässäkin tilanteessa kuitenkin tyyppin 2 E/N-indeksi tuottaa vähemmän selkeän vertailutuloksen; sianlihan ominaisilmastovaikutus on vain vähän parempi kuin makkaran kun taas tyypin 1 E/N-indeksi suhteellinen ero on huomattavasti suurempi.

Tyyppin 2 E/N-indeksit sisältävät vältettävät ravintoaineet ja sen takia ne periaatteessa kuvaavat tyyppiä 1 paremmin ruokien terveellisyttä. Kuitenkin juuri noiden vältettävien ravintoaineiden mukana ole aiheuttaa sen, että tuotteiden väliset erot jäävät pienemmiksi kuin tyypin 1 E/N-indeksissä. Vältettävien ravintoaineiden vaikutus ravintoaineindeksin tulokseen on suuri - jopa niin suuri, että ne vetävät ravintoaineindeksin arvon melkoisen helposti negatiiviseksi. Negatiivisten arvojen estämiseksi ravintoaineindeksien arvoihin on tässä tarkastelussa lisätty luku 100. Tämä toimenpide kuitenkin nostaa E/N-indeksin jakajan arvoa aika suureksi ja vähentää eri tuotteiden suhteellista eroa toisiinsa. Vaikka vältettävien ravintoaineiden huomioonottaminen on tyypin 2 ravintoaineindeksien vahvuus, kääntyy se E/N-indeksissä jossain määrin heikkoudeksi. Periaatteessa tyypin 2 E/N-indeksi kuitenkin toimii pääsääntöisesti oikeansuuntaisesti.

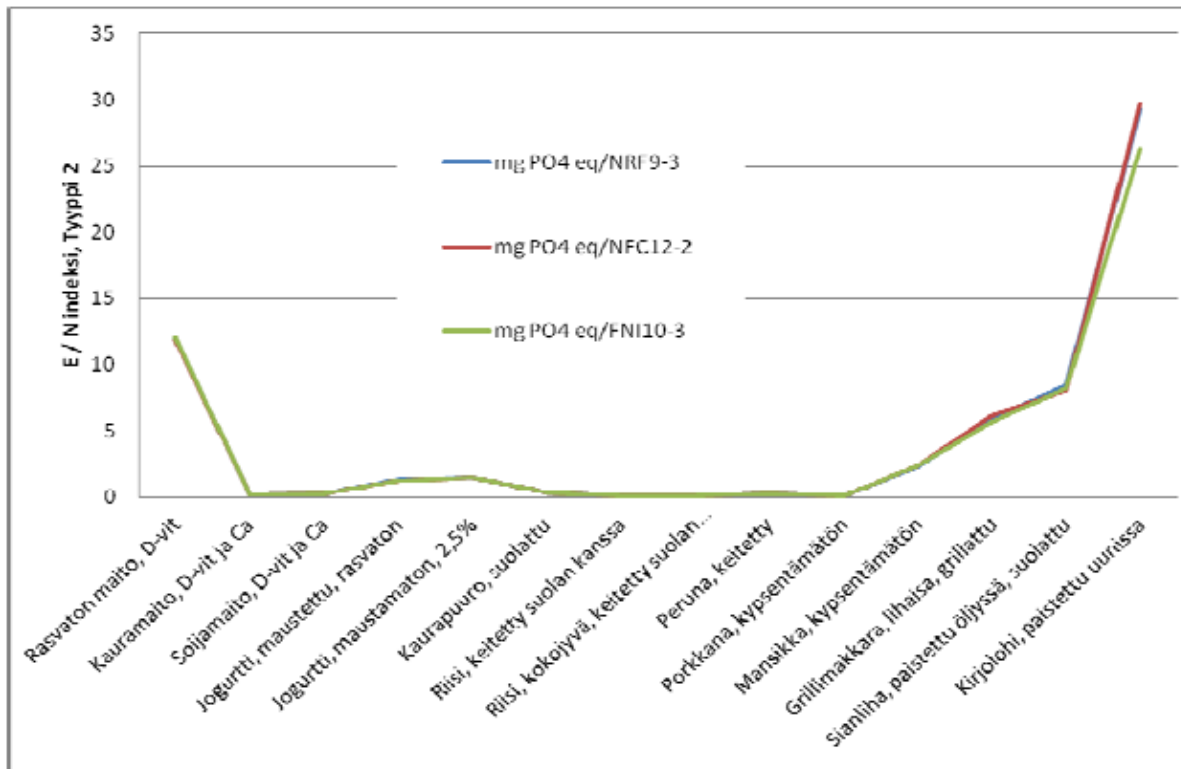
Sekä tyypin 1 että tyypin 2 ravintoaineindeksit ovat tarkoitettuja kaikenlaisten tuotteiden tarkasteluun. Ne pyrkivät kuvaamaan tuotteiden yleistä terveellisyttä. Samalla ne kuitenkin häivyttävät sitä, että eri tuotteilla on erilainen tehtävä osana ruokavaliota. Myös tämä ominaisuus saattaa haitata tuotteiden välisten erojen esiin nousemista erityisesti tuoteryhmien sisäisissä vertailutilanteissa. Tämän asian tarkastelua varten tässä hankkeessa muodostettiin tuoteryhmäkohtaisia ravintoaineindeksejä ja testattiin niihin perustuvia E/N-indeksejä (ks. luku 3.3.3).



Kuva 27. Tyypin 2 ravintoaineindekseihin perustuvien E/N –indeksien testilaskennan tulokset ilmastovai-
kutukselle. Huom! Alkuperäisiin ravitsemusindeksiarvoihin on lisätty luku 100, jotta arvo olisi positiivinen.



Kuva 28. Tyypin 2 ravintoaineindekseihin perustuvien E/N –indeksien testilaskennan tulokset ilmastovai-
kutukselle ja ilmastovaikutus per 100 g tuotetta. Huom! Skaala on eri kuin kuvassa 28.



Kuva 29. Tyyppin 2 ravintoaineindekseihin perustuvien E/N –indeksien testilaskennan tulokset rehevöittäväälle vaikutukselle.

2.6.3 Testilaskennan tulokset 3 – Tyyppin 2 tuoteryhmäkohtaiset E/N-indeksit

Tuoteryhmäkohtaiset E/N-indeksit laskettiin viidessä tuoteryhmässä; nestemäisissä maitotuotteissa, proteiinin lähteissä, vihanneksissa ja hedelmissä, rasvoissa ja hiilihydraattien lähteissä (kuva 30). Tuoteryhmäkohtaisten E/N-indeksien kohdalla ei ole kyse erilaisten indeksien testaamisesta vaan tässä hankkeessa kehitettyjen indeksien soveltamisesta tuotteiden väliseen vertailuun tuoteryhmien sisällä. Tässä vertailu tehdään vain ilmastovaikutuksen suhteen. Tässä tarkastelussa tuotteiden yhteismäärä on suurempi kuin yleisten indeksien tarkastelussa, jotta saadaan parempi kuva tuoteryhmän sisäisestä vaihtelusta. Case-tuotteiden tarkastelussa (luku 3.3.5) esitetään E/N-indeksit myös rehevöittävän vaikutuksen suhteen.

Maitotuotteiden ja vastaavien keskinäisestä vertailusta nähdään, että E/N-indeksin erot eri tuotteiden välillä ovat pienet. Sen sijaan muissa tuoteryhmissä vertailussa ero ovat melko suuret, varsinkin proteiinin lähteiden ja rasvojen kohdalla. Yleisesti ottaen niiden tuotteiden E/N-indeksien arvot ovat korkeat, joiden ilmastovaikutus per kg tuotetta on myös korkea.

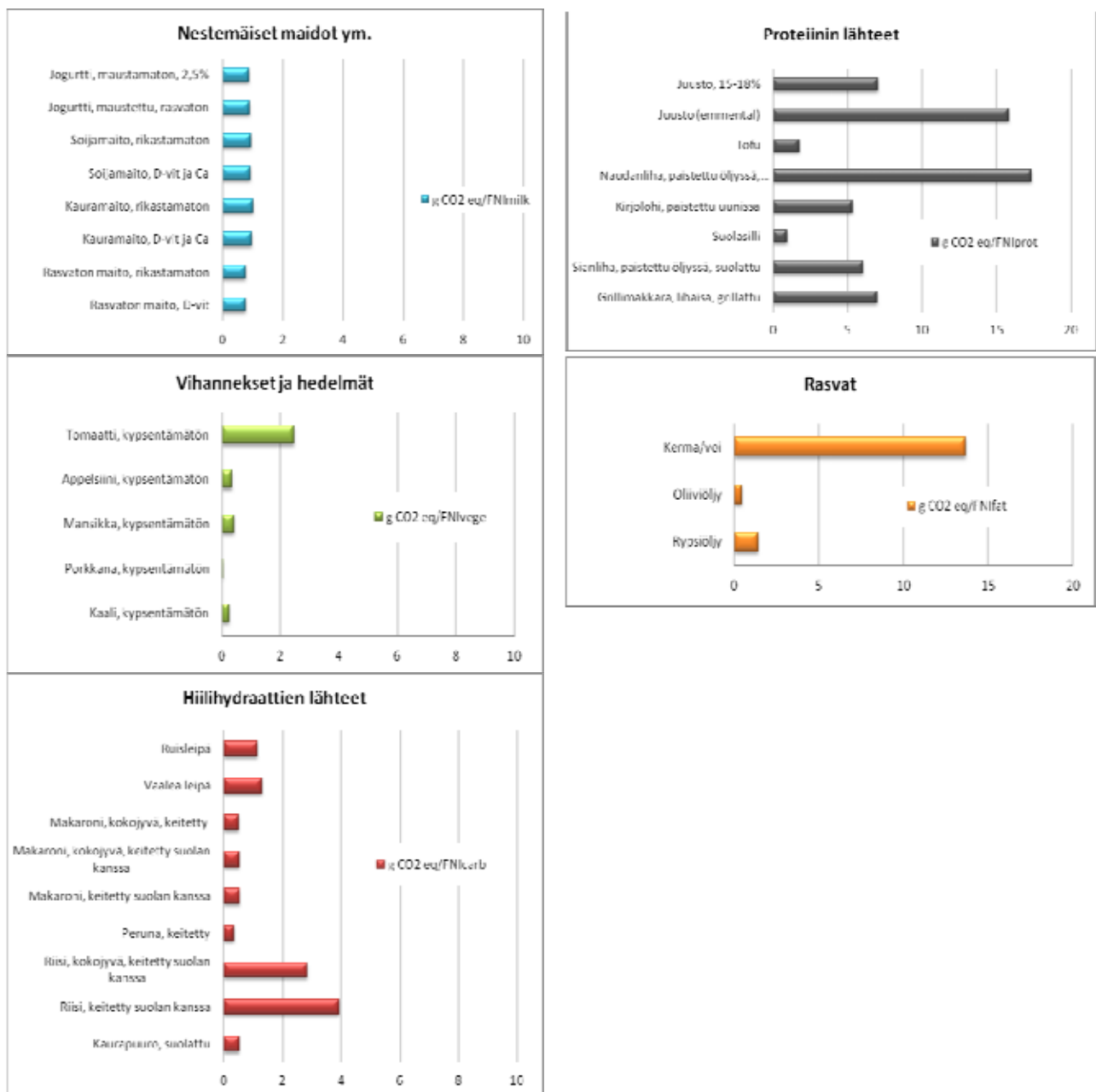
Naudanlihan ja tofun ravintoaineindeksien arvot ovat samansuuruiset, mutta koska naudanlihan ilmastovaikutus per kg on kertaluokkaa suurempi, on myös E/N-indeksi lähes kymmenkertainen. Proteiini lähteissä rasvainen juusto (emmental) saa korkean E/N-indeksin arvon, koska sen ilmastovaikutus on korkea¹¹ ja ravintoaineindeksi kohtuullisen alhainen suuren rasvapitoisuuden takia. Vähemmän rasvaisen juuston E/N-indeksin arvo¹² onkin vain noin puolet emmental-juuston arvosta. Sen sijaan suolasillin E/N-indeksin arvo on erittäin alhainen sen suuresta suolapitoisuudesta huolimatta, koska sillin ilmastovaikutus on hyvin alhainen.

¹¹ Huom! Tässä käytetty emmental-juuston ilmastovaikutusarvio on osittain vanhentunut. Se perustuu oletukseen, että hera ei päädy hyötykäyttöön, mikä ei nykyisin enää pidä paikkaansa. Nykyisin suuri osa herasta menee erilaisiin terveysvaikutteisiin tuotteisiin, jolloin osa tässä juustolle kohdistuvasta ilmastovaikutuksesta kuuluisi näille tuotteille.

¹² Tämä arvo perustuu ilmastovaikutuksen osalta karkeaan arvioon, jossa emmental-juuston ilmastovaikutusta on korjattu niin, että heralle on allokoitu osa ilmastovaikutuksesta.

Hedelmissä ja vihanneksissa tomaatin ominaisilmastovaikutus on selkeästi korkeampi kuin avomaakasvisten (n. 10-45-kertainen). Myös tomaatin ilmastovaikutus per kg on selvästi korkeampi kuin avomaakasvisten (n. 10-40-kertainen), mutta E/N-indeksissä ero vielä kasvaa, koska tomaatin ravintoainesisältö on avomaakasviksia heikompi.

Hiilihydraatin lähteissä makaroneissa kokojyvämäkaroni saa hiuksen hienosti paremman E/N-indeksin arvon kuin vaalea. Sen sijaan riisissä kokojyväisyys palkitaan selkeämmin. Leivissä ruisleipä voittaa oikeutetusti vaalean leivän. Kaikista pienin ominaisilmastovaikutus on kuitenkin perunalla. Perunan E/N-indeksi hyötyy mm. siitä, että perunaan ei ole valmistusvaiheessa lisätty suolaa. Ero muihin lisäkkeisiin saattaisi tasoittua, jos katsottaisiin koko ateriakokonaisuutta (tai jos makaroniin tai riisiin ei lisättäisi suolaa keittovaiheessa).



Kuva 30. Tyypin 2 tuoteryhmäkohtaisiin ravintoaineindekseihin perustuvien E/N –indeksien testilaskennan tulokset ilmastovaikutukselle. Huomaa, että proteiinin lähteiden ja rasvojen kuvien skaala on 0-20 ja muiden tuoteryhmien 0-10. Kaikkien tuoteryhmien ravintoaineindekseihin on lisätty luku 100 E/N –indeksin laskemisen yhteydessä.

2.6.4 Tulosten tulkintaa

Ravintoaineindeksit tarjoavat mielenkiintoisen mahdollisuuden kytkeä ruoan ravitsemuksellista tehtävää ympäristövaikutusten arviointiin elinkaariarvioinnilla. Lopputuloksena ei kuitenkaan ole perinteinen elinkaariarviointi vaan uuden tyyppinen indeksi, E/N-indeksi, joka kuvaa tuotteen ns. ominaisympäristövaikutusta ravintoaineindeksin kuvaamaa ravitsemusyksikköä kohden. Indeksillä jätetään avoimeksi ko. ruokatuotteen kokonaiskulutuksen ympäristövaikutuksen, mutta auttaa hahmottamaan tuotteiden välisiä eroja. Siinä mielessä se toimii samalla tavalla kuin perinteinen elinkaariarvioinnin tulos, mutta sisältää tuotteen ravitsemuksellisen laadun toisin kuin perinteinen elinkaariarviointi (kiloperusteisesti sovellettu).

Perinteinen elinkaariarviointi perustuen tyyppilliseen annoskokoan antaa mahdollisuuksia tuotteiden väliin vertailuun niin, että tuotteiden tehtävä osana ruokavaliota on mukana tarkastelussa. Sen avulla pääsee jonkinlaiseen käsitykseen tietyn tuotteen roolista ruokakulutuksen ympäristövaikutusten muodostumi-

seen, mutta se ei kuitenkaan kerro tuotteiden välisistä eroista ravitsemuksellisessa laadussa (erityisesti tuoteryhmien sisällä). E/N-indeksi voi tarjota juuri tuota tietoa.

Tyyppin 1 ravintoaineindeksiin perustuva E/N-indeksi tuottaa selkeämmät erot tuotteiden välille kuin tyyppin 2 yleiset E/N-indeksit. Ravitsemusnäkökohtien vaikutus lopulliseen E/N-indeksiin jää osittain ympäristönäkökohdan varjoon varsinkin Tyyppin 2 indeksissä. Tämä näkyy myös siinä, että suurelle osalle tuotteista E/N –indeksi ei tuottanut kiloperusteista tarkastelusta poikkeavaa tulosta suhteessa muihin tuotteisiin. Osittain kyse on rajoitettavien ravintoaineiden suuresta vaikutuksesta Tyyppin 2 ravintoaineindeksin tulokseen. Nämä negatiivisesti tuotteen ravitsemukselliseen laatuun vaikuttavat tekijät peittävät alleen pienemmät, positiivisesti tuotteen ravitsemukselliseen laatuun vaikuttavat erot. Joka tapauksessa ympäristövaikutukset näyttävät dominoivan lopullista E/N –indeksiä. Tätä pitäisi tutkia edelleen ja mahdollisesti kehittää keinoja, joilla ravitsemuksen vaikutus lopullisessa E/N -indeksissä tulisi vahvemmaksi.

Ravitsemustieteen näkökulmasta rajoitettavien ravintoaineiden jättäminen indeksiin ulkopuolelle ei ole perusteltua, minkä vuoksi tässä hankkeessa edettiin Tyyppin 2 suuntaan, vaikka se tuottikin heikommin eroja tuotteiden välille.

E/N-indeksi ei testilaskennan perusteella ole kovin herkkä sille, mitä ravintoaineita käytetyssä ravintoaineindeksissä on ja kuinka monta niitä on. Se antaa vapauksia valita esimerkiksi kansallisesti ravintoaineet, jotka ovat kansanravitsemuksen kannalta tärkeimpiä. Tässä hankkeessa muodostetut suomalaiset ravintoaineindeksit perustuvat juuri tähän ajatukseen. Nämä suomalaiset ravintoaineindeksit, yleinen ja tuoteryhmäkohtaiset, valittiin case-tuotteiden E/N-indeksien määrittämisen lähtökohdaksi. Case-tuotteiden E/N-indeksien tulokset on esitetty luvussa 3.3.5.

Tuoteryhmäkohtaisilla indekseillä haettiin sitä, että tuotteiden välille saataisiin selkeitä eroja tuoteryhmän sisällä niin, että myös vältettävät ravintoaineet ovat mukana. Lähes kaikissa tuoteryhmissä tässä jossain määrin onnistuttiinkin ja tuoteryhmäkohtaisia indeksejä voidaan lähtökohtaisesti pitää hyvinä menetelminä tuoteryhmän sisäisiin tarkasteluihin. Jatkoa ajatellen ne antaisivat kuitenkin mahdollisuuksia vielä hienosyisempiin ravitsemuserojen tarkasteluihin. Nyt muodostetuissa indekseissä ei ole mukana esimerkiksi sekundaarimetaboliitteja, jotka ovat tärkeitä tuotteen ravitsemuksellisen laadun kannalta erityisesti hedelmissä ja vihanneksissa. Samoin maitotuotteissa ei ole mukana esimerkiksi maitohappobakteereita ja proteiineissa aminohappoja. Osittain tällaisten tekijöiden identifiointi ja sisällyttäminen indeksitarkasteluun vaatii vielä ravitsemustieteellistä tutkimusta, mutta periaatteessa tuoteryhmäkohtaiset indeksit tarjoavat työkalun myös hienosyisten tuotekohtaisten ravitsemuserojen esittämiselle.

Tuoteryhmäkohtaiset indeksit sopivat ko. tuoteryhmien sisäisiin tarkasteluihin, mutta merkittävä osa tuotteista on ns. sekoitus eri tuoteryhmiä. Esimerkiksi einesarvot pitävät sisällään kaikkia tässä määriteltyjä tuoteryhmiä. Ne edustavat kokonaisia tai lähes kokonaisia aterioita. Yleiset indeksit, esim. FIN10-3 –indeksiin perustuva E/N-indeksi, sopivat lähtökohtaisesti tuollaisten tuotteiden arviointiin, mutta asian yleistettävyyys vaatisi menetelmän testaamista erilaisiin ”yhdistelmätuotteisiin”. Yleisiä indeksejä voi luultavasti soveltaa myös aterioihin. Sen sijaan ruokavalioihin pitää soveltaa niihin kehitettyjä menetelmiä, kuten HEI (Healthy eating index).

2.6.5 Case-tuotteiden E/N –indeksit

Hankkeessa mukana olevien yritysten case-tuotteille laskettiin tuoteryhmäkohtaisten E/N –indeksien arvot ilmastovaikutuksen ja rehevöittävän vaikutuksen suhteen. Indekseihin tarvittavien ympäristötunnuslukujen menetelmät ja tulokset on esitetty luvussa 2 Case-tuotteiden ilmastovaikutusten ja rehevöittävien vaikutusten arviointi. Indeksiin tarvittavat Case-tuotteiden ravintoainesisällöt saatiin ravintoaineanalyysistä, jotka tehtiin hankkeen aikana MTT:n ja Eurofinsin laboratorioissa. Case-tuotteille ravintoaineanalyysien tulosten perusteella lasketut ravintoainekeskiarvot on esitetty taulukossa 18. E/N –indeksien arvot vertailuarvoineen ilmastovaikutuksen suhteen kuvassa 31 ja rehevöittävän vaikutuksen suhteen kuvassa 32. Vertailuarvot ovat samoja kuin indeksien testilaskennassa. Vertailuarvojen ja case-tuotteiden erot kertovat jotakin mutta ei tyhjentävästi vaihtelusta, joka eri tuoteketjujen tuottamien tuotteiden välillä on. Erot voivat johtua myös metodologista eroista ja tietolähteisiin sisältyvistä eroista sekä ympäristötunnuslukujen että ravintosisältöjen määrittämisessä.

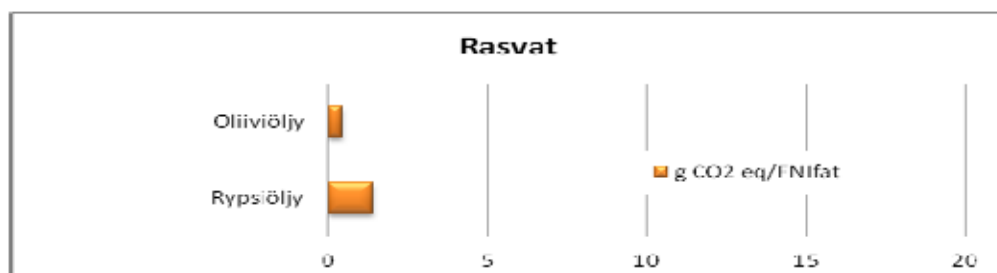
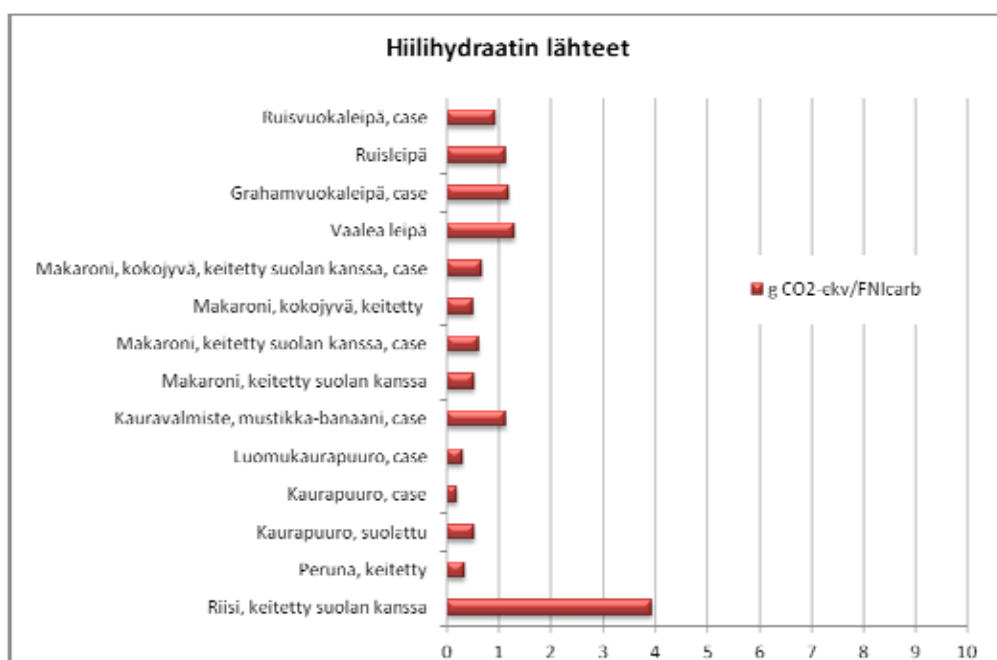
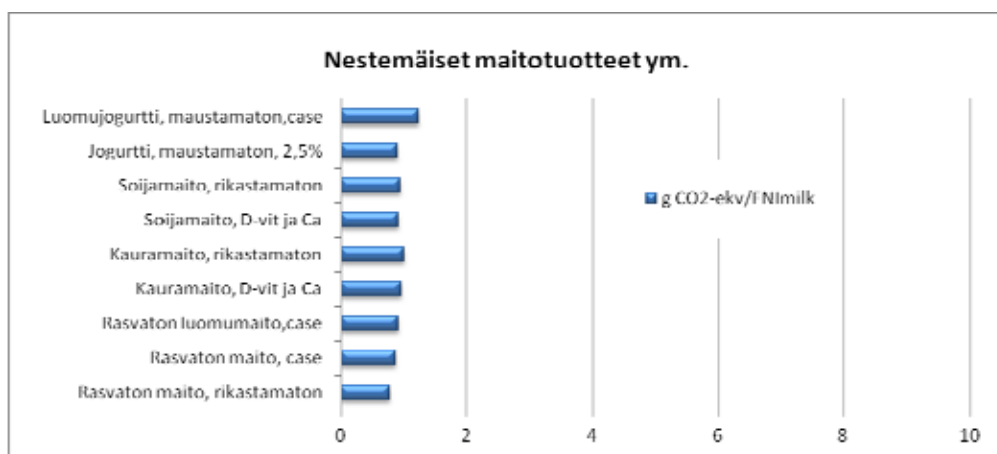
Case-tuotteiden E/N-indeksit ovat ilmastovaikutuksen suhteen hyvin lähellä vertailuarvoja, joskin esimerkiksi hiilihydraatin lähteissä useat case-tuotteet ovat vertailuarvoja parempia. Tämä saattaa kertoa

tuotantoketjukohtaisista eroista tuotteiden valmistamisessa, eli joissakin tuotantoketjuissa päästään parempiin tuloksiin kuin toisissa.

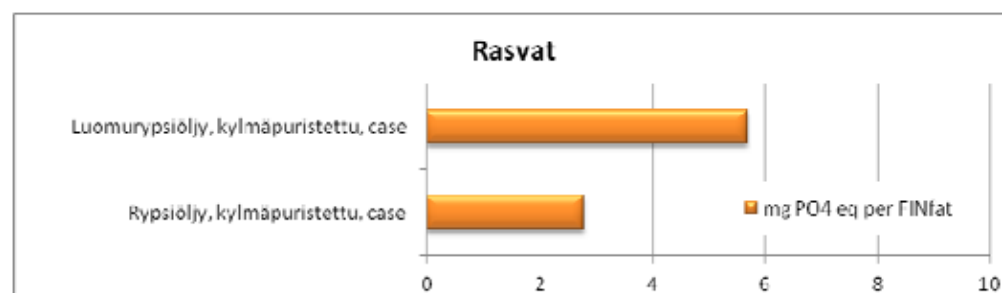
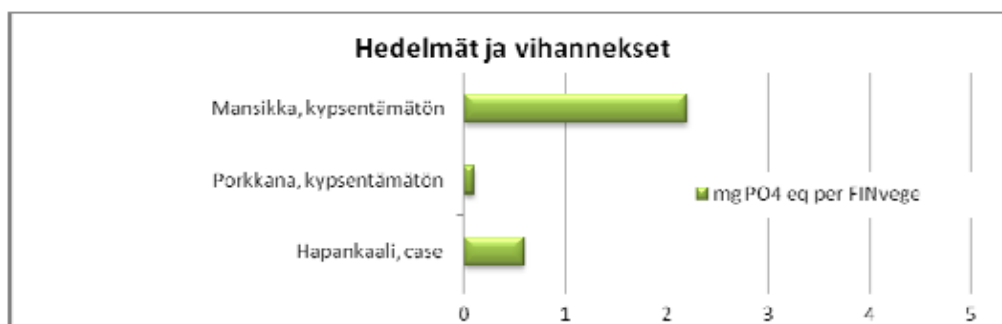
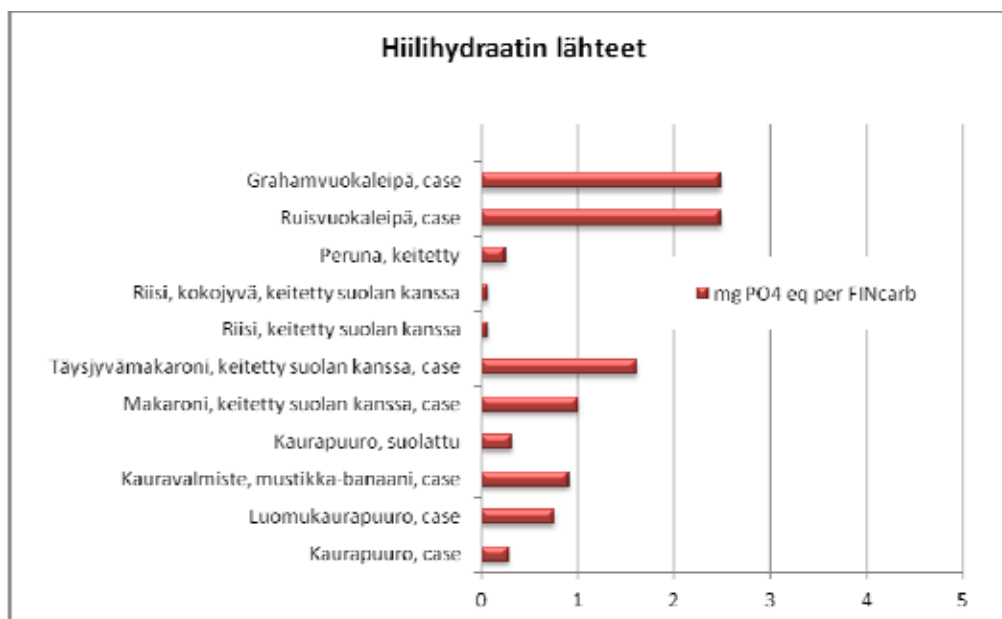
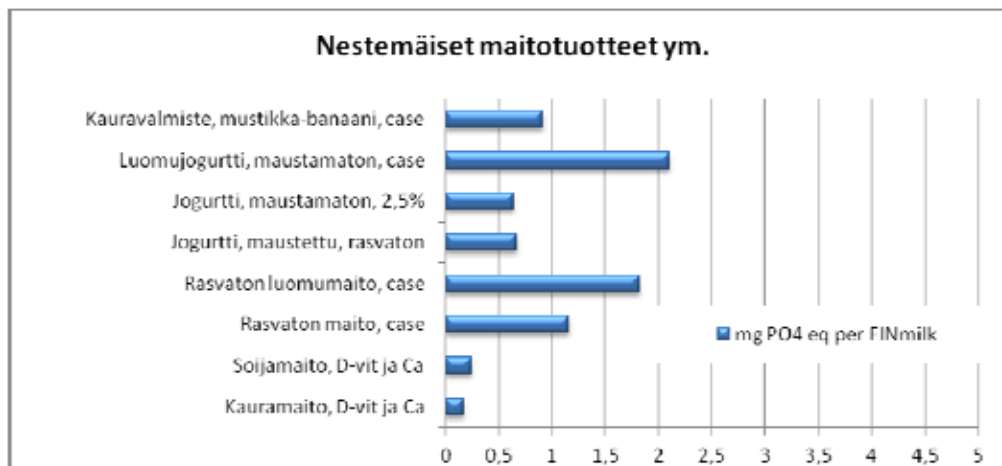
Sen sijaan rehevöittävien vaikutusten suhteen case-tuotteiden E/N-indeksit ovat korkeammat. Rehevöittävien vaikutusten arvioinnin tuloksia pitää kuitenkin tulkita varovasti johtuen metodologisista haasteista (ks. tarkemmin luvut 2.2.6 ja 2.3.3).

Taulukko 18. Case-tuotteille lasketut ravintoaineindeksit. Huom! E/N-indeksiä varten arvoihin lisätään 100.

Tuote	FNI	FNI _{prot}	FNI _{carb}	FNI _{milk}	FNI _{vege}	FNI _{fat}
Hapatettu luomukauravalmiste	0,90		-2,25	-2,71		
Luomujogurtti	0,27			0,87		
Rasvaton luomumaito	2,33			2,79		
Rasvaton maito	4,65			6,11		
Luomuruisvuokaleipä	5,59		9,20			
Luomugrahamvuokaleipä	3,30		6,67			
Makaroni, keitetty suolan kanssa	0,98		1,84			
Täysjyvä makaroni, keitetty suolan kanssa	2,74		4,61			
Kaurapuuro	-0,26		0,83			
Luomukaurapuuro	-0,33		0,74			
Luomuhapankaali	1,64				2,71	
Rypsiöljy	31,28					176,59
Luomurypsiöljy	31,05					175,99



Kuva 31. Case-tuotteiden E/N-indeksit ilmastovaikutuksen suhteen.



Kuva 32. Case-tuotteiden E/N-indeksit rehevöittävä vaikutuksen suhteen.

2.7 Johtopäätökset

Tässä tutkimuksessa luotiin menetelmä, E/N-indeksi, ravitsemuksen kytkemiseksi tuotekohtaisten ympäristövaikutusten arviointiin elinkaariarvioinnilla. Se kertoo ruoan ympäristövaikutuksen ravintoaineindeksin yksikköä kohden. E/N-indeksi tuottaa samantyyppisen annoksesta tai kulutettavasta määrästä riippumattoman tuloksen kuin ympäristövaikutuksen ilmoittaminen per kilo, mutta toisin kuin per kilo -tulos E/N-indeksi ottaa huomioon tuotteen funktion, ravitsemuksen. Jonkin tietyn ruoka-aineen tai kokonaisen ruokavalion ympäristövaikutusten tarkasteluun tarvitaan kuitenkin myös vaikutusten suhteuttamista annokseen tai kulutettuun määrään. Nämä kaksi näkökulmaa ruoan ympäristövaikutuksiin ovat toisiaan täydentäviä.

Yleisen E/N-indeksin lisäksi hankkeessa kehitettiin viisi tuoteryhmäkohtaista indeksiä, joita voidaan soveltaa tuoteryhmien sisäisiin tarkasteluihin. Yleistä E/N-indeksiä voidaan soveltaa einesten ja aterioiden tarkasteluun. Hankkeessa tehtiin testilaskentoja monille eri tuotteille yleisten tietojen pohjalta ja lopuksi sovellettiin kehitettyä menetelmään case-tuotteisiin spesifien tietojen pohjalta.

Tehtyjen laskentojen perusteella ei voi vielä vetää lopullisia johtopäätöksiä tuotteiden välisistä eroista, koska varsinkin tuoteryhmäkohtaiset E/N-indeksit vaativat jatkokehittämistä, jotta tuotteiden ravitsemuksellisia eroja voidaan saada vielä selkeämmin esille. Tarvitaan myös menetelmän validoimista kestävyysnäkökulmasta suhteessa olemassa olevaan tietoon ravitsemuksesta ja ympäristövaikutuksista. Validoinnin tavoitteena on arvioida E/N-indeksin ”oikeellisuus” sekä ravitsemuksen että ympäristön näkökulmasta. Tässä vaiheessa näyttää, että ympäristövaikutukset dominoivat tuloksia ehkä turhankin paljon. Kuitenkaan tieteellistä konsensusta ravitsemuksen ja ympäristövaikutuksen yhdistävästä näkökulmasta ei vielä ole olemassa, joten tämä tutkimus ja sitä seuraava jatkotutkimus ovat osa ruokavalintojen kestävyysmäärittämistä. Lisäksi jatkotutkimusta tarvitaan myös siitä, miten kuluttajat ottaisivat tällaisen informaation vastaan ja miten tällaista monitahoista ja vähän vaikeaa informaatiota pitäisi kuluttajille tarjota.

Tähänastisen kehitystyön perusteella voidaan kuitenkin jo sanoa, että E/N-indeksit pystyvät korjaamaan kestävien ruokavalintojen kannalta karkeimpia virheitä, joita elinkaariarviointi tuottaa. Esimerkiksi makkaran ilmastovaikutus per kg tuotetta on yleensä pienempi kuin sianlihan. Liha on kuitenkin ravitsemuksellisesti selvästi makkaraa parempi vaihtoehto. E/N-indeksi antaa lihalle pienemmän ilmastovaikutuksen kuin makkaralle, eli korjaa viestin. E/N-indeksi pystyy myös kaventamaan eroa esimerkiksi rypsiöljyn ja oliiviöljyn välillä. Rypsiöljyn ympäristövaikutukset ovat selvästi korkeammat kuin oliiviöljyn, mutta paremman ravintoainesisältönsä ansiosta se saavuttaa rypsiöljyä, kun tarkastelu tehdään E/N-indeksillä.

3 Maaperävaikutuksen sisällyttäminen elinkaariarviointiin

3.1 Maan laadun indikaattorit elinkaariarvioinnissa

Suomessa tai muuallakaan ei ole käytössä vakiintunutta menetelmää, jolla ruoantuotannon maaperävaikutukset arvioitaisiin osana ruoan elinkaariarviointia. Hankkeessa kartoitettiin, minkälaisia maaperävaikutuksen indikaattoreita tieteellisessä kirjallisuudessa on ehdotettu. Kartoituksessa keskityttiin nimenomaan LCA:han tarkoitettuihin indikaattoreihin. Taulukossa 19 on esitetty yhteenveto löydetyistä indikaattoreista.

Elinkaariarvioinneissa maan laadun indikaattoreina on yleisimmin käytetty maan orgaanisen aineksen muutosta ja eroosiota (taulukko 19). Muita tärkeitä indikaattoreita ovat maan rakennetta kuvaavat indikaattorit, joita on käytetty myös laajemmissa, maankäyttöä kuvaavissa elinkaariarvioinneissa.

Taulukko 19. Maan laadulle ehdotettuja indikaattoreita ja näiden esiintyminen LCA-tutkimuksissa.

LCA tarkastelu- tyyppi	Kemiallinen													Fysikaalinen				Biologinen			Lähde
	Orgaaninen aines	Kasvinsuojelujäämät	Ravinteet, pH	Kationinvaihtokapasiteetti	Suolaantuminen	Orgaaniset haitta-aineet	Raskasmetallit	Erosio	Tiivistyminen /suurten huokosten tilavuus	Hiukkakestävyys	Veden liikkeet	Mikro- and makro-organismit	Rikkakasvit, patogeenit								
Maan laatu	x																	Brandão et al. 2011			
	x	x	x		x		x	x	x		x	x	x					Cowell and Clift 2000			
	x							x	x									Garrigues et al. 2012			
	x							x										Mattila et al. 2012			
	x																	Milà i Canals et al. 2007			
	x					x	x	x	x	x		x						Oberholzer et al. 2006, 2012			
	x			x					x		x							Achten et al. 2009			
								x			x							Beck et al. 2010			
	x							x			x							Koellner et al. 2013, Milà i Canals et al. 2013			
	x		x					x	x	x	x								Mattsson et al. 2000		
Maan käyttö				x				x	x		x							Muys and Carcía Quijano 2002			
								x			x							Saad et al. 2011			
								x										Nunez et al. 2013			

3.2 Pellon kestävä käytön indikaattorit: eroosio, orgaanisen aineksen määrä ja tiivistyminen

Tässä tutkimuksessa maaperävaikutuksen indikaattoreiksi valittiin eroosio, orgaanisen aineksen määrän muutos ja tiivistyminen, koska ne kuvaavat maan laadun muutoksia, jotka ovat keskeisiä Euroopassa ja Suomessa (Eu Komissio 2002, 2006, Yli-Viikari 1999, Kukkonen 2004). Ne soveltuvat hyvin elinka-

riarvioinnin vaikutusluokkaindikaattoreiksi, koska ne on varsin helppo liittää elinkaariarvioinnin toiminnalliseen yksikköön (Garrigues ym. 2013). Oberholzerin ym. (2012) mukaan maan ominaisuudet kuten ravinnepitoisuudet ja pH eivät sovi elinkaariarvioinnin indikaattoreiksi, koska ne voivat muuttua nopeasti tyypillisten viljelytoimenpiteiden tuloksena jopa useasti yhden kasvukauden aikana. Sen sijaan esimerkiksi eroosiossa maa-aineksen ja ravinteiden poistuminen pelloilta on pysyvä ja peruuttamaton muutos.

Eroosio voi olla merkittävä uhka erityisesti eteläisen Suomen savimaiden rinnepelloilla, joilla on hienojakoinen maalaji (Uusitalo et al. 2007). Sääolojen ja pellon ominaisuuksien (maalaji, kaltevuus) lisäksi maan eroosioherkkyyteen vaikuttavat maanmuokkaus ja pellon kasvipeitteisyys syksyllä ja talvella (Puustinen ym. 2005). Suuri osa eroosioista tapahtuu Suomessa kasvukauden ulkopuolella (Puustinen ym. 2007). Tulevaisuudessa eroosioriskin on ennustettu kasvavan talvien leudontuessa ja kasvukauden ulkopuolisen sadannan lisääntyessä ilmastonmuutoksen vaikutuksesta (Hilden ym. 2005).

Orgaanisen aineksen määrän muutoksen valintaa indikaattoriksi puoltaa sen keskeinen merkitys maan prosesseissa ja se, että siihen voidaan vaikuttaa viljelytoimenpiteiden avulla. Maan orgaaniseen aineksen muutos on maan laadun elinkaariarvioinnissa paljon käytetty indikaattori (taulukko 19). Heikkisen ym. (2013) mukaan suomalaisten viljelysmaiden orgaanisen aineksen pitoisuus on viime vuosikymmeninä jatkuvasti pienentynyt. Ajanjaksona 1974-2009 hiilen määrän muutos on ollut n. kivennäismailla n. 220 kg/ha (Heikkinen ym. 2013) ja orgaanisilla mailla 4 100-5 700 kg/ha (Statistics Finland 2014). Vuosien 1998 ja 2009 välillä hiilipitoisuus pieneni kivennäismailla kaikissa viljelytavoissa, eli yksivuotisilla viljelykasveilla, monivuotisilla viljelykasveilla ja näiden yhdistelmissä. Suurin vähenemä oli yksivuotisilla viljelykasveilla. Alueiden ja maalajien välillä on kuitenkin vaihtelua. Tutkimus koski vain tavanomaista viljelyä. Yksivuotisten kasvien viljelyn yleistymisen lisäksi mahdollisia syitä hiilipitoisuuden pienenemiseen ovat ilmastonmuutos ja suomalaisen viljelysmaan suhteellisen lyhyt viljelyhistoria. Metsämaahan sitoutuneen hiilen väheneminen voi jatkua pitkäänkin pelloksi raivaamisen jälkeen.

Keski-Euroopassa luomuviljelyn on havaittu lisäävän maan orgaanisen aineksen määrää (mm. Bouma & Droogers 1998). Suomessa luomuviljelyn on havaittu lisäävän maan orgaanisen aineksen ja maan mikrobien tyypin ja hiilen määrää sekä lierojen lukumäärää ja biomassaa pitkäaikaisessa viljelykokeessa (Vestberg ym. 2002). Vaikutus oli kuitenkin melko pieni. Palojärven ym. (2002) peltoparitutkimuksessa eroja maan orgaanisen aineen määrässä ei kuitenkaan havaittu ja erot maaperäeliöstössä olivat vähäisiä. Tutkimuksessa näytteitä kerättiin kymmenen tavanomaisen (puolet vilja- ja puolet kotieläintiloja) ja kahdeksan luomutilan vilja- ja nurmilohkoilta, joissa luonnonmukaisesti ja tavanomaisesti viljeltyt lohkot olivat vierekkäin. Palojärven ym. (2002) tutkimuksessa myös tavanomaisesti viljeltyjen peltolohkojen orgaanisen aineksen pitoisuudet olivat Keski-Eurooppaa korkeampia, mikä on Suomessa tyypillistä. Lisäksi tutkimuksessa eloperäisten lannoitteiden (mm. lanta) käyttö oli vähäistä, mikä selittää pientä eroa luomu- ja tavanomaisesti viljeltyjen peltojen välillä. Jos viljelytoimenpiteet lisäävät orgaanisen aineksen määrää maassa, orgaanisen aineksen muutos ei itse asiassa olisi enää toiminnasta aiheutuva ympäristöongelma vaan maahan varastoituva orgaaninen aines on ikään kuin viljelyn sivutuote (hyöty), joka yhtäältä voi vaikuttaa muihin ympäristövaikutuksiin, kuten ilmastovaikutukseen ja rehevöittävään vaikutukseen, ja toisaalta edistää maan laadun paranemista viljelyn näkökulmasta. Tämä näkökohta asettaa orgaanisen aineksen määrää kuvaavalle indikaattorille erityispiirteitä, jotka pitää ottaa huomioon elinkaariarvioinnin tulosten tulkinnessa.

Peltomaan tiivistymistä aiheuttaa pääasiassa raskailla työkoneilla ajo märissä olosuhteissa (Alakukku ym. 2003). Liika kosteus on todennäköisintä savimailla, jotka hienon hiukkarakenteensa vuoksi läpäisevät vettä hitaasti. Erityisesti pohjamaan tiivistymistä pidetään merkittävänä uhkana maataloustuotannolle. Se heikentää monien viljelykasvien sadontuottoa (Alakukku & Elonen 1994, Alakukku 2000) ja vaikuttaa pitkään. Suomalaisella savimaalla satotason aleneminen oli havaittavissa vielä 17 vuotta yksittäisen kuormitustapahtuman jälkeen (Alakukku 2000). Pohjamaan tiivistymisen korjaaminen esim. jankkuroinnilla on vaikeaa (Kooistra & Boersma 1994). Tiivistynyt pohjamaa heikentää lisäksi veden imeytymistä, mikä lisää pintavaluntaa ja pintamaan vesieroosiota (Fullen 1985). Heikko kuivatustila aiheuttaa ongelmia kasvien kasvulle etenkin runsassateisina vuosina (Alakukku ja Elonen 1994). Maan tiivistyminen voi myös lisätä kasvihuonekaasupäästöjä lisäämällä N₂O:ta tuottavaa denitrifikaatiota (Ball 2013). Suomessa maan rakenteen eroja luomu- ja tavanomaisten peltojen välillä on tutkittu vain vähän. Palojärvi ym. (2002) eivät eroja havainneet.

Indikaattoreita ei tässä tutkimuksessa yhdistetä yhdeksi maaperävaikutuksen indikaattoriksi. Yhden maaperävaikutuksen indikaattorin kehittäminen vaatii vielä jatkotutkimusta.

3.3 Indikaattorien testaaminen rypsiä ja viljaa sisältävillä viljelykierröillä

Hankkeessa testattiin valittuja viljelyn maaperävaikutusta kuvaavia indikaattoreita elinkaariarvioinnin kontekstissa. Testaaminen tehtiin neljän tilan peltolohkoja sisältävänä tapaustutkimuksena suomalaisille tavanomaisille ja luomupeltokasveille, rypsilille ja viljalle. Tulokset esitetään toiminnallista yksikköä, tässä tutkimuksessa pellohehtaaria ja vuotta sekä satotonna (rypsi tai vilja), kohden nelivuotisen viljelykierron ajalta. Testaamisen tarkoituksena oli kokeilla käytettävissä olevia arviointimenetelmiä, tietojen saatavuutta ja tulosten ymmärrettävyyttä, ja tuoda näin esille menetelmien hyödyntämisen reunaehdot. Tuloksia ei tässä hankkeessa varmennettu mittauksilla eikä niiden voi ajatella kuvaavan todellista tilannetta kyseisillä pelloilla tai yleisemmin Suomessa.

3.3.1 Aineisto ja menetelmät

Elinkaariarvioinnissa tarkastellaan tuotteiden koko elinkaaren aikaisia ympäristövaikutuksia ja niiden välisiä eroja. Maataloustuotteiden elinkaaren aikaiset vaikutukset peltomaan laatuun syntyvät käytännössä kokonaan alkutuotannossa, mikä korostaa tilakohtaisen tiedon merkitystä. Käytetty aineisto saatiin hankkeen case-tuotteiden tuotantoketjun tiloilta.

Kultakin tilalta valittiin lohkot, joilla toteutui yhteensä neljä erilaista viljelykiertoa. Viljelykierrat sisälsivät vain peltokasveja (ei rehunurmea) (taulukko 20). Tiedot viljelytoimenpiteistä ja niiden ajankohdista, sadon määrästä ja maalajista koottiin lohkokorteista. Ne tiedot, joita ei ollut saatavilla suoraan tiloilta, kerättiin paikkatietoaineistoista tai kirjallisuudesta (ks. arviointimenetelmät). Tilakohtaiset satotiedot on esitetty taulukossa 21. Muut tilakohtaiset tiedot on esitetty kunkin arviointimenetelmän yhteydessä. Tarkastelun kohteena olivat tavanomaisilla tiloilla vuodet 2007-2010 ja luomutiloilla vuodet 2008-2011. Tavanomaiset tilat sijaitsivat Kanta-Hämeessä ja luomutilat Etelä-Savossa.

Taulukko 20. Eri viljelykasvien viljelyvuosien lukumäärä neljän vuoden tarkastelujakson aikana.

Tila	Rypsi	Vilja	Seoskasvusto (herne + kaura)	Viherrannoitus
Tavanomainen 1	1	3	-	-
Tavanomainen 2	2	2	-	-
Luomu 1	1	1	1	1
Luomu 2	1	1	-	2

Taulukko 21. Vuotuinen sato, keskiarvo niiden kasvien osalta, joita on viljelty useampana kuin yhtenä vuonna. Kumulatiivinen sato neljän vuoden ajalta (t/ha).

Tila	Sato (t/ha/vuosi)				Kokonaissato (t/ha/4 vuotta)	
	Rypsi	Kaura	Ohra	Kevätvehnä Herne-kaura - seos		
Tavanomainen 1	0,7	5,0	3,7		13,1	
Tavanomainen 2	1,5	3,1	4,6	3,9	10,3	
Luomu 1	0,7			4,0	3,5	8,2
Luomu 2	0,9			2,2		3,1

Maan eroosio mallinnettiin **VIHMA-mallilla** (Puustinen ym. 2010). Malli on luotu eroosion ja ravinnekuormituksen arviointiin valuma-alueetasolla ja sen avulla laskettujen tulosten on todettu olevan yhteneväisiä pitkäaikaisten huuhtoumakenttäkokeiden kanssa. Se ei huomioi vuotuisia sääoloja tai peltolohkon kokoa ja muotoa, joten sen antamat tulokset eivät kerro todellisesta tilanteesta lohkolle. Mallia voidaan kuitenkin pitää periaatteessa sopivana elinkaariarviointeihin, koska se huomioi kaikki viljelytekniikan kannalta keskeiset tekijät ja on tällä hetkellä käytettävissä olevista eroosiomalleista helpokäyttöisin. Esim. RUSLE-malli (Renard & Ferreira 1993) vaatii laajempaa paikkatietoaineistoa, kuin tämän hankkeen puitteissa oli mahdollista käyttää. VIHMA ottaa huomioon maalajin, maanmuokkauksen, talviaikaisen kasvipeitteisyyden, pellon kaltevuuden, suojavyöhykkeet ja keinotekoiset kosteikkoalueet. Malliin

syötetään peltopinta-ala hehtaareina jaoteltuna kaltevuuden, maalajin, muokkaustavan ja P-luvun mukaan. Tässä tutkimuksessa P-lukua ei tarvittu, koska haluttiin mallintaa vain eroosiota. Eroosion arvioinnin lohkokohtaiset lähtötiedot ja tiedonlähteet on esitetty taulukossa 22.

Taulukko 22. Peltolohkojen maalajit, keskimääräiset kaltevuudet ja maanmuokkaustapa.

Tila	Maalaji *	Kaltevuus (%) **	Maanmuokkaus***
Tavanomainen 1	savi	1,5	25 % alasta suorakylvetty, muuten kevätmuokkaus
Tavanomainen 2	karkea	4,1	syyskyntö yhtenä vuotena, muuten kevätmuokkaus
Luomu 1	karkea	1,1	kevätmuokkaus
Luomu 2	karkea	1,9	syyskyntö yhtenä vuotena, muuten kevätmuokkaus

*= Lohkokortit, VIHMA-mallin luokitus

**= Paikkatietoaineisto, laskettu 25 M korkeusmallilla (MTT/Riikka Nousiainen)

***= Lohkokortit

Maan orgaanisen aineen, eli maan hiilivaraston, mallinnuksessa käytettiin **Yasso07-mallia** (Tuomi ym. 2009). Malli on alun perin kehitetty suomalaisten metsämaiden hiilen muutosten arviointiin, mutta sen on todettu soveltuvan myös peltomaille (Karhu ym. 2012). Mallin käyttöä varten tarvitaan sää- ja viljelytietoja: vuotuinen sademäärä (mm), vuoden keskilämpötila (°C) ja kylmimmän ja lämpimimmän kuukauden keskilämpötilat. Lisäksi malliin syötetään maahan lisätyn orgaanisen aineksen (kasvinjätteet, maanparannusaineet, lanta) sisältämän hiilen määrä ja kemiallinen laatu, sekä hiilen pitoisuus ja kemiallinen laatu alkutilanteessa.

Mila i Canalsin ym. (2007) mukaan maan hiilivaraston muutoksen mallinnuksessa olisi hyvä käyttää mahdollisimman pitkää aikajaksoa, että viljelyn aiheuttamat keskipitkän ja pitkän aikavälin muutokset voidaan huomioida. Heidän laskentaesimerkissään tarkastelujakso on 23 vuotta, jonka aikaiset vaikutukset on allkoitu yhden vuoden ajalle kokonaissadon jakautumisen mukaisesti. Myös Garrigues ym. (2012) ovat käyttäneet samaa periaatetta ja heidän tutkimuksessaan tarkastelujakso on 20 vuotta. Tässä tutkimuksessa hiilivaraston muutos mallinnettiin 20 vuoden jaksolle olettaen, että viljelykierto, sadot ja sääolosuhteet toistuvat samanlaisina neljä kertaa. Saadut tulokset jaettiin viidellä, jolloin saatiin vaikutus nelivuotisen viljelykierron ajalle. Mallinnuksessa käytetyt lähtötiedot on esitetty taulukoissa 23 ja 24.

Alkutilanteen hiilivaraston suuruuden arvioinnissa käytettävissä oli lohkokorteissa ilmoitettu multavuusluokka. Kaikilla tiloilla peltojen multavuusluokka oli ”multava”, joka vastaa 3-5,9 % hiilipitoisuutta. Tästä keskiarvo on 4,45 %, joka vastaa 20 cm maakerroksessa 98 tonnia hiiltä/ha laskettuna kaavalla $\text{Maan hiilivarasto} = \text{hiilipitoisuus} \cdot \text{tilavuuspaino} \cdot \text{pinta-ala} \cdot \text{syvyys}$, jossa $\text{tilavuuspaino} = 1.52 \cdot 0.280 \cdot \ln[\text{hiilipitoisuus} (\%)]$ (Heikkinen ym. 2013). Maan hiilivaraston laatu sen sijaan ei ollut tiedossa, joten jouduttiin olettamaan maan olevan hiilen suhteen tasapainotilassa¹³. Tasapainotilan hiilivarasto ja sen laatu on mahdollista mallintaa yhden vuoden hiilisyötetiedon avulla. Hiilisyöte laskettiin 4750 kg:n kaurasadon mukaan (taulukko 24). Tämä tuottaisi tavanomaisten tilojen säätiedoilla 53 000 kg:n hiilivaraston, joka vastaa 2 % hiilipitoisuutta. Luomutilojen paikallisilla säätiedoilla 4 600 kg:n satotaso riittäisi tuottamaan vastaavan kokoisen hiilivaraston. Tämä vastaa multavuusluokkaa ”vähämultainen”. Tätä päätettiin käyttää alkutilan hiilivaraston suuruutena mallinnuksessa, vaikka se ei vastaakaan lohkokorteissa ilmoitettua multavuusluokkaa. Alkutilan hiilivaraston suuruus asetettiin samaksi kaikilla tiloilla, niin että viljelyn vaikutus olisi vertailukelpoinen.

Maahan päätyvän kasvinjätteen määrä arvioitiin sadon määrän, kuiva-ainepitoisuuden, satoindeksin ja verso-juuri –suhteen perusteella kuten Karhu et al. (2012). Arviointiin käytetyt lähtötiedot satotietoja lukuun ottamatta on esitetty taulukossa 23. Tilakohtaiset satotiedot saatiin lohkokorteista. Koska viherlannoitusnurmen biomassantuottoa ei tunnettu, oletettiin sen olevan perustamisvuonna Riesingerin (2010) ja sitä seuraavina vuosina Riesingerin ja Herzonin (2008) tulosten mukaisia (sato ilmoitettu kuiva-aineena). Viherlannoitusnurmet perustettiin molemmilla luomutiloilla suojakasvustoon. Lohkokorttien tietojen perusteella oletettiin, että kaikki kasvinosat itse jyvä- ja siemensatoa lukuun ottamatta jäivät peltoon. Monivuotisen viherlannoitusnurmen juuriston hajoamisen oletettiin alkavan vasta nurmen päättämisen vuonna. Viherlannoitusnurmivuosien oletettiin ajoittuvan ennen viljavuosia.

¹³ mikä ei todellisuudessa välttämättä pidä paikkaansa, koska kesimäärin suomalaisilta pelloilta häviää hiiltä.

Taulukko 23. Alkutilanteen hiilivaraston mallinnukseen käytetyt tilakohtaiset sää- ja satotiedot ja hiilivaraston muutoksen mallinnukseen käytetyt tilakohtaiset säätiedot.

Alkutilan mallinnus	Sää- ja satotiedot *		Tavanomaiset tilat		Luomutilat
	Keskilämpötila (°C)*		4,5		
Keskimääräinen sadanta (mm) *		675			625
Kylmimmän ja lämpimimmän kuukauden keskilämpötilan erotus (°C) *		22,0			25,5
Oletettu tasapainotilan satotaso (kg/ha) **		4750			4600
Oletettu tasapainotilan hiilisyöte, olki (kg/ha) **		1840			1780
Oletettu tasapainotilan hiilisyöte, viljan juuret **		840			810
Muutoksen mallinnus ***	Säätiedot	Vuosi	Tavanomainen 1	Tavanomainen 2	Luomutilat
	Keskilämpötila (°C)	1	5,7	5,89	4,82
		2	6,26	6,41	3,53
		3	4,74	4,97	2,43
		4	3,79	3,94	4,9
Keskimääräinen sadanta (mm)	1	673,7	658,8	736,7	
	2	817,5	680,6	533,3	
	3	504	492,9	497,4	
	4	598,3	549,5	654,2	
Kylmimmän ja lämpimimmän kuukauden keskilämpötilan erotus (°C)	1	27,66	28,45	18,83	
	2	17,54	17,81	25,29	
	3	23,15	23,57	38,29	
	4	35,05	34,97	34,63	

*= Ilmatieteen laitoksen ilmastollisen vertailukauden 1981-2010 keskiarvot kunkin tilan alueelle (Ilmatieteen laitos 2013c)

**= Oletus lohkokorttien satotietojen mukaan

***= Ilmatieteen laitoksen avattavat tietoaaineistot (Ilmatieteen laitos 2013a)

Taulukko 24. Vuotuisen hiilisyötteen laskentaan käytetyt kertoimet.

Viljelykasvi	Kuiva-ainepitoisuus (%) *	Satoindeksi *	Verso-juurisuhde
Rypsi	91	0,35	12,2 **
Kaura	86	0,5	4,4 **
Ohra	86	0,55	7,1 **
Kevätvehnä	86	0,45	7***
Herne-kauraseos	85,5	0,5	4,1****
Viherlannoitus	-	-	0,7***

* = Pahkala ym. (2009)

**= Pietola & Alakukku (2005), rypsilille käytetty rapsin arvoa

***= Bolinder et al. (2007)

****= Keskiarvo Jensenin (1987) herneen ja Pietolan & Alakukun (2005) kauran arvosta

Tiivistymisen mallinnukseen käytettiin **COMPSOIL-mallia** (O'Sullivan et al. 1999). Mallia varten tarvitaan tietoa maalajista, maan tiheydestä ja kosteuspitoisuudesta viljelytoimenpiteiden aikana sekä käytettyjen koneiden painosta ja renkaiden tyypistä, koosta ja täyttöpaineesta. Malli antaa tuloksen maan tiiviiden muutoksena. Malli on alun perin kehitetty Britanniassa, eikä sitä tiivistävästi ole testattu Suomessa. Se on monista muista malleista poiketen suhteellisen helppokäyttöinen. Aiemmin sitä ovat käyttäneet Garrigues et al. (2012) peltomaan tiivistymisen mallintamiseen Ranskassa, Pakistanissa ja Brasiliassa. Mallin antamia tuloksia ei voida pitää täysin luotettavina, vaan lähinnä suuntaa-antavina.

Mallinnuksessa käytettyjä tilakohtaisia lähtötietoja on esitetty taulukossa 25. COMPSOIL-mallissa on valmiita vakioita maalajin ominaisuuksien mallinnusta varten kahden maalajin osalta. Suomalaisen, kansainvälisen (Yli-Halla ym. 2000) ja Euroopan komission maalajikolmion (Commission of the European Communities 1985) perusteella oletettiin, että nämä kaksi maalajia vastasivat riittävän hyvin tarkastelun kohteena olevien tilojen lohkokorteissa ja HWSD-tietokannassa (Harmonized World Soil Database, Fao ym. 2012) ilmoitettuja maalajeja. Pellolla ajamista edellyttäviä viljelytoimenpiteitä olivat kylvön ja puin-

nin lisäksi maanmuokkaukset (ks. eroosio) ja tavanomaisilla tiloilla kasvinsuojeluineruisutukset ja luomutiloilla haraukset ja viherlannoitusnurmen niitto.

Maan kosteuspitoisuus kullakin ajokerralla laskettiin maan vedenpidätyskyvyn, päiväkohtaisten säätietojen (lämpötila, sadanta, säteily) ja kasvipeitteisyyskertoimen (plant-cover coefficient K_c) perusteella samoin kuin Garrigues et al. (2013) esittävät artikkelissaan ja sen lisämateriaalissa. Maan vedenpidätyskyky laskettiin maan tiheyden mukaan Al Majoun (2008) arvoista (taulukko 25). Säätiedot (päivittäinen sadanta, lämpötila ja globaalisäteily) saatiin ilmatieteen laitokselta lähimmän säähavaintoaseman tiedoista (Ilmatieteen laitos 2013a, 2013b). Kasvipeitteisyyskertoimet kasvilajeittain ja kasvuvaiheittain saatiin FAO:n viljelykasvien haihdutuksen laskentasuosituksesta (taulukko 26, Allen ym. 1998). Muiden kasvien kuin viherlannoitusnurmen osalta laskettiin kokonaiskasvuaikea näiden summana ja kunkin kasvuvaiheen osuus tästä. Kunkin kasvuvaiheen todellinen pituus laskettiin jakamalla lohkokorteista saatu kokonaiskasvuaikea kasvuvaiheen osuudella.

Taulukko 25. Tilakohtaiset maalajit, näihin perustuva maan tiheys ja vedenpidätyskyky, sekä ajokertojen keskimääräinen lukumäärä kasvukauden aikana viljelykasveittain.

Tila	Maalaji			Tiheys (kg/dm ³)*	Vedenpidätyskyky (mm/m)**	Ajokertojen lukumäärä***			
	Lohkokortit	HWSD-tietokanta*	COMPOIL-ole-tusmaalajit			Rypsi	Viljat	Herne-kaura – seos	Viherlannoitus
Tavanomainen 1	savi	fine	clay loam	1,26	130	6	6		
Tavanomainen 2	hieta	medium	sandy loam	1,41	147	7	5		
Luomu 1	hieta	medium	sandy loam	1,32	157	4	6	2	1
Luomu 2	hieta	medium	sandy loam	1,32	157	4	5		2

*= FAO ym. 2012

**= Al Majou ym. 2008

***= Lohkokortit

Taulukko 26. Kasvipeitteisyyskertoimet (K_c) kasvilajeittain ja kasvuvaiheittain sekä kunkin kasvuvaiheen pituus vuorokausina (Allen ym. 1998).

Viljelykasvi	Kasvipeitteisyyskerroin (K _c)				Kasvuvaiheen pituus (vrk)			
	Taimettuminen (initial)	Nopean vegetatiivisen kasvun vaihe (crop development)*	Sadontuottovaihe (pituuskasvu päättynyt) (mid season)	Tuleentuminen (late season)	Taimettuminen (initial)	Nopean vegetatiivisen kasvun vaihe (crop development)	Sadontuottovaihe (pituuskasvu päättynyt) (mid season)	Tuleentuminen (late season)
Rypsi**	0,35	0,68	1,00	0,35	31	23	31	15
Viljat	0,3	0,73	1,15	0,25	31	23	31	15
Herne-kaura –seos***	0,4	0,78	1,15	0,28	24	25	35	16
Viherlannoitusnurmi	0,4	0,63	0,85	0,85	10	20	-	-

*= Laskettu keskiarvona taimettumis- ja sadontuottovaiheen kertoimista

**= Käytetty rapsin arvoja

***= Laskettu keskiarvona herneen ja viljojen arvoista

Mallinnuksessa käytetyt peltotyökoneiden tiedot on esitelty taulukossa 27. Tietoja ei ollut saatavilla suoraan tiloilta, joten koneiden suosituimmat kokoluokat otettiin viimeisimmästä MTT Vakolan laatimasta Maatalous- ja metsäkoneiden myyntitilastosta (2004). Tilasto kattaa vuodet 2000-2002, minä aikana traktorien tyypillisin kokoluokka on vaihtunut 61-70 kW:sta 81-100kW:iin. Tästä vaihtelusta johtuen tiivistyminen mallinnettiin kolmessa eri skenaariossa, joissa peltotöissä käytettävän traktorin koko vaihtelee. Traktorin painon oletettiin jakautuvan etu- ja taka-akselille suhteessa 40-60 % (Riipinen 2010), minkä lisäksi taka-akselille oletettiin kohdistuvan 20 % vedettävän työkoneen painosta (Berglund et al. 2002).

Taulukko 27. Koneiden painot ja työleveydet sekä renkaiden koot ja suositellut täyttöpaineet. Rengastyypiksi kaikissa renkaissa oletettu vyörengas (radial).

Työkone *		Paino (kg) **	Työleveys (m) **	Renkaan leveys, etu/taka (mm) ***	Renkaan halkaisija, etu/taka (mm) ***	Renkaan täyttöpaine, etu/taka (bar) ***
Traktori	Teholuokka					
Skenaario 1	61-70 kW	3600	-	295/441	1090/1568	0,8/0,8
Skenaario 2	81-100 kW	5250	-	404/479	1251/1733	0,8/0,8
Skenaario 3	121-150 kW	6770	-	550/645	1251/1733	0,8/0,8
Puimuri		9340	3,8	625/441	1400/1568	0,8/1
Aura		1675	1,6	-	-	-
Äes		2600	6	-	-	-
Kultivaattori		2090	4,6	-	-	-
Kylvökone		3920	3,6	-	-	-
Suorakylvökone		7600	4	-	-	-
Niittokone		590	3,2	-	-	-
Kasvinsuojeluruisku		570	15	-	-	-
Hara		910	9	-	-	-

*= MTT Vakola 2004

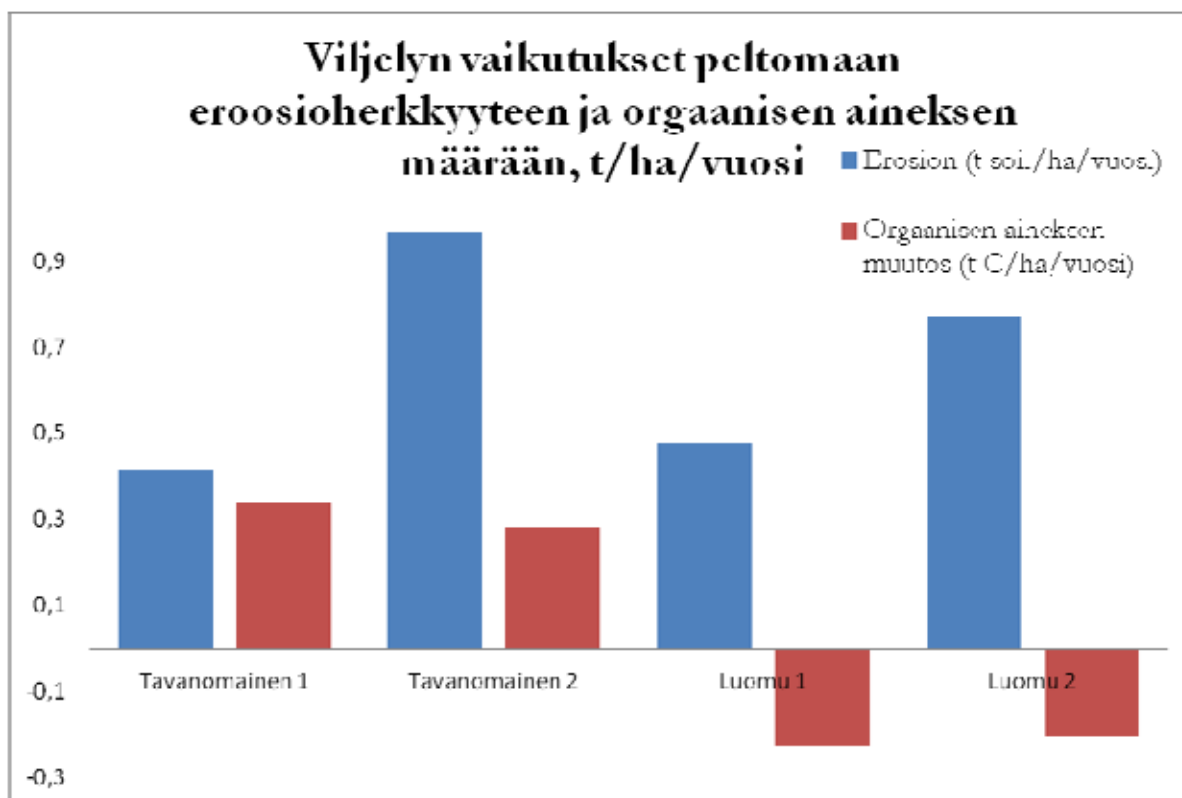
**= Ryhmäesittely 2007, 2008

***= Nokian Renkaat Oyj:n maatalouskonerenkaiden tekninen käsikirja 2010.

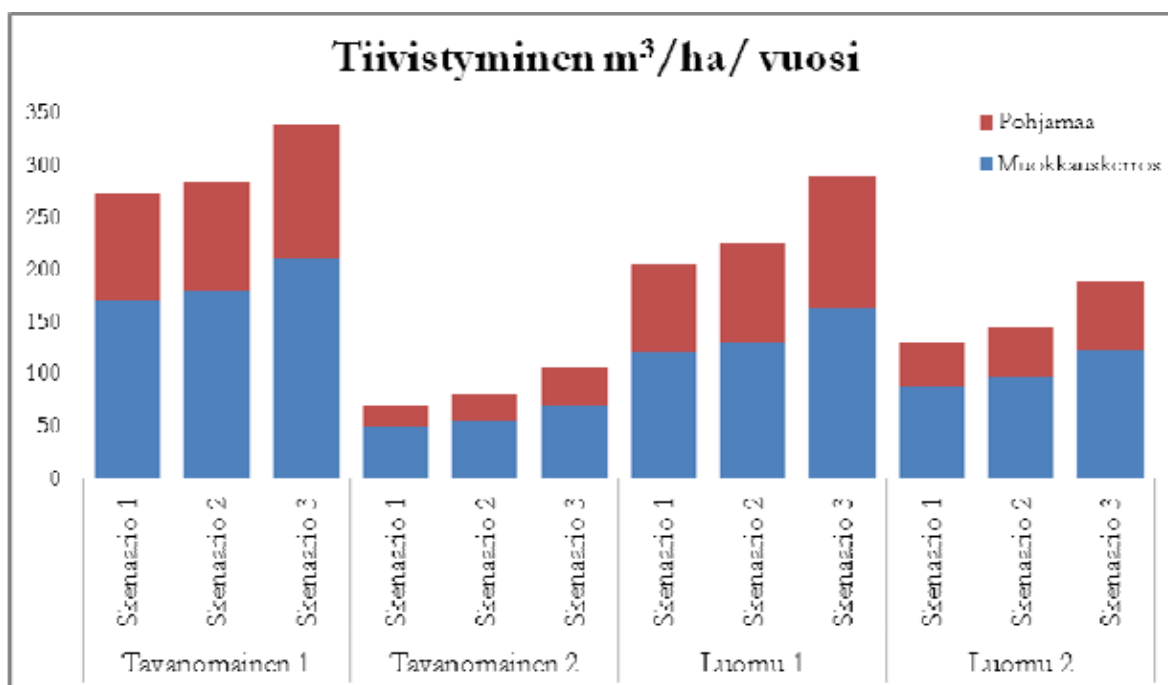
Maan tiheys oletettiin samaksi ennen kaikkia ajokertoja, paitsi torjunta-aineen levityksiä (Garrigues ym. 2013). Kynnön oletettiin aiheuttavan tiivistymistä vain yli 30 cm syvyydessä. COMPSOIL-malli antaa tuloksen maan tiheyden muutoksena, joka muutettiin Garriguesin ym. (2013) käyttämällä kaavoilla huokostilavuuden pienenemiseksi.

3.3.2 Tulokset

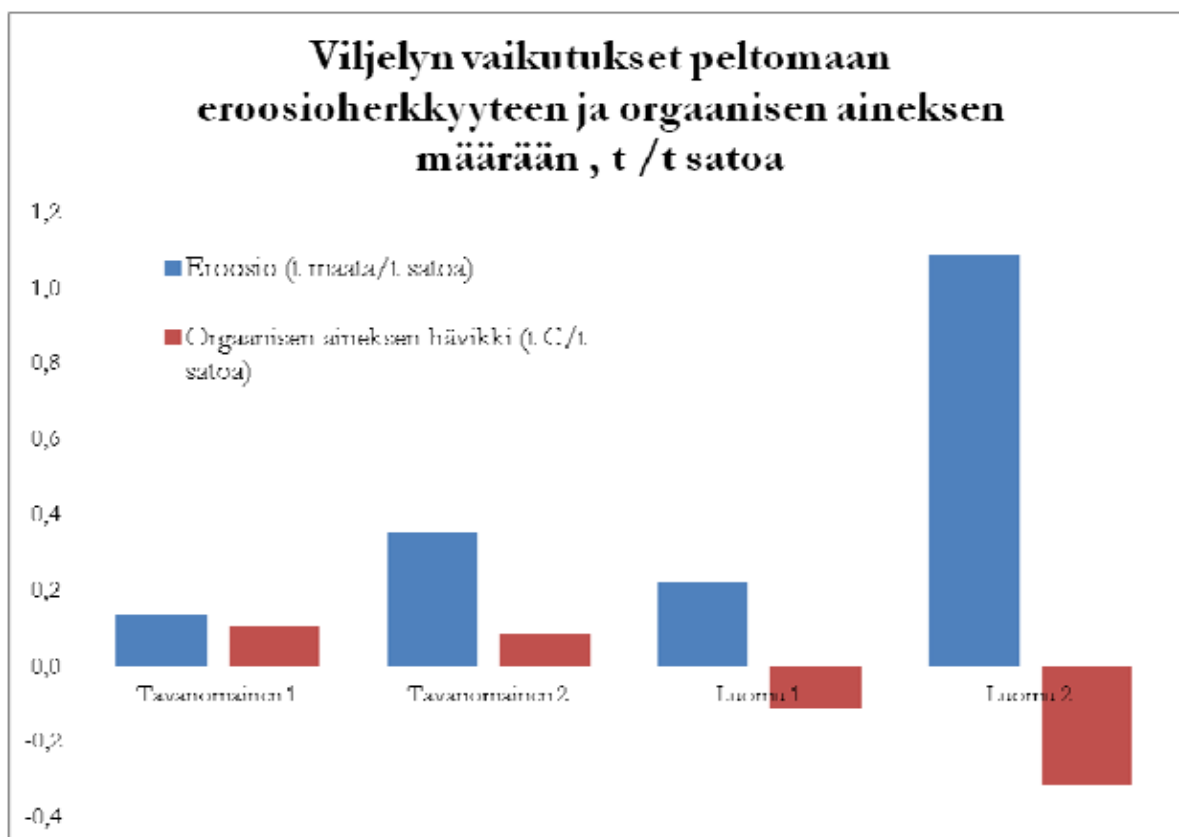
Mallinnuksen tulokset on esitelty kuvissa 33-36. Negatiivinen orgaanisen aineksen muutos (kuvat 33 ja 34) tarkoittaa hiilen kertymistä maahan. Luomutiloilla hiiltä kertyi maahan, kun se taas väheni tavanomaisilla tiloilla. Viljelytoimenpiteiden maata tiivistävä vaikutus oli suurimmillaan skenaariossa kolme (painavimmat työkoneet), mutta tilakohtaiset erot olivat suuria.



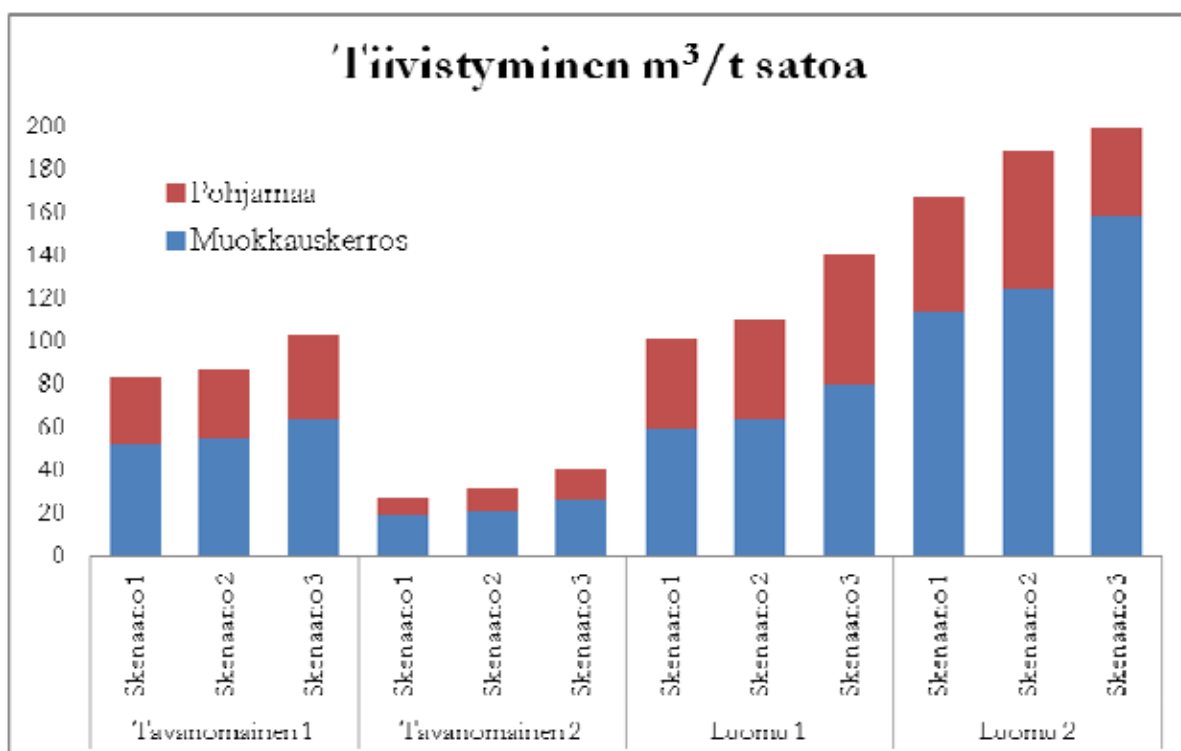
Kuva 33. Viljelyn vaikutus eroosioon ja orgaanisen aineksen määrään per hehtaari, negatiiviset arvot tarkoittavat hiilen sitoutumista maahan/ hiilivaraston kasvu.



Kuva 34. Viljelyn vaikutus maan tiivistymiseen (huokostilan pienentymiseen) per hehtaari. Skenaariot 1-3 kuvastavat traktorikokoluokkia 1: 61-70, 2: 81-100, 3: 121-150 kW.



Kuva 35. Viljelyn vaikutus eroosioon ja orgaanisen aineksen hävikkiin neljän vuoden viljelykierron ajalla suhteessa korjattuun satoon, negatiiviset arvot tarkoittavat hiilen sitoutumista maahan/ hiilivaraston kasvua.



Kuva 36. Viljelyn vaikutus maan tiivistymiseen (huokostilan pienentymiseen) neljän vuoden ajalla, suhteessa korjattuun satoon. Skenaariot 1-3 kuvastavat tarktorikokoluokkia 1: 61-70, 2: 81-100, 3: 121-150 kW.

3.3.3 Tulosten tulkinta - Eroosiomallin käyttökelpoisuus elinkaariarvioinnissa

Eroosion mallinnukseen VIHMA –mallilla tarvittavat tiedot peltolohkojen maalajeista ja muokkausmenetelmistä ovat helposti saatavilla tilojen lohkokorteista. Peltolohkon kaltevuus on myös helposti saatavissa paikkatietojärjestelmistä lohkotunnusten avulla.

VIHMA-malli on alun perin luotu valuma-alueen tarkasteluja varten (Puustinen ym. 2010). Se ei huomioi vuotuisia sääoloja tai peltolohkon kokoa ja muotoa, joten sen antamat tulokset eivät kerro todellisesta tilanteesta lohkolta. Mallia voidaan kuitenkin pitää sopivana elinkaariarviointeihin, koska se huomioi kaikki viljelytekniikan kannalta keskeiset tekijät ja on muita käytettävissä olevia eroosiomalleja (RUSLE, Renard & Ferreira 1993, ICECREAM, Tattari ym. 2001) huomattavasti helppokäyttöisempi. Sen myös tiedetään antavan luotettavia tuloksia valuma-alueella (Puustinen ym. 2010).

Viljelyn vaikutusta peltomaan eroosioon on arvioitu useissa aiemmissa elinkaariarviointitutkimuksissa (taulukko 28). Useimmissa tutkimuksissa on tarkasteltu tiettyjen kasvien viljelyä ja tulokset on esitetty joko peltopinta-alaa tai tuoteyksikköä kohden. Garrigues ym. (2012) käyttivät eroosion arviointiin RUSLE-mallia (Renard & Ferreira 1993) ja Mila i Canals et al. (2013) käyttivät Saadin et al. (2013) menetelmää, jonka UNEP/SETAC on hyväksynyt kuvaamaan maan eroosionsäätelyn potentiaalia (Koellner et al. 2013). Mattssonin ym. (2000) arvio viljelyn aiheuttamasta eroosiosta perustuu kirjallisuusviitteisiin. Muista poiketen Oberholzer et al. (2012) tarkastelivat koko viljelyjärjestelmiä luokittelemalla viljelytoimenpiteiden yhteenlasketun vaikutuksen tietyille asteikolle (--, -, 0, +, ++).

Taulukko 28. Aiemmissa maan laadun ja maan käytön elinkaariarviointitutkimuksissa esitetyt tulokset viljelyn vaikutuksista (eroosio, orgaaninen aines, tiivistyminen).

Viite	Toiminnallinen yksikkö	Tuote	Maa	Eroosio	Orgaanisen aineen muutos	Tiivistyminen,
Brandao et al. 2011	ha peltoa/a	Rapsi	Britannia		-122,7 t	
Garrigues et al. 2012, 2013	t tuotetta	Sian rehu	Ranska Brasilia Pakistan	0,177 t	-0,026 t	23,5 m ³
Mattila et al. 2011, 2012	m ² peltoa/a	Olut, viini	Suomi (olut), Espanja (viini)		-2,9 (olut), -1,5 (viini) kg	
Mattsson et al. 2000 (perustuu kirjallisuusarvioihin)	ha peltoa/a	Rapsi, soija, palmuöljy	Ruotsi (rapsi), Brasilia (soija), Malesia (öljypalmu)	0,03-0,05 t (rapsi), 8 t (soija), 7,7-14 t (öljypalmu)	ei vaikutusta (rapsi) - suuri vaikutus (muut kasvit)	merkittävä vaikutus (rapsi), todennäköinen vaikutus (soija), vaikutus vain teillä ja käytävillä (öljypalmu)
Mila i Canals et al. 2007	t tuotetta	Vilja	Espanja		2,6 t (lisätty lantaa, oljet korjattu peltolta); -1,6 t (ei lannaläysäystä, olki jätetty pelolle)	
Mila i Canals et al. 2013	0,5 kg tuotetta	Margariini	Britannia, Saksa	6,9 kg	-4,9 kg (britannia), -4,4 kg /500 g tuotetta (Saksa)	
Oberholzer et al. 2012	viljelykierto	ei eritelty	Sveitsi	0	-- - +	0

Mattsson et al. (2000) esittämät arvot rypsinviljelyn aiheuttamalle eroosiolle ja Garriguesin et al. (2012) esittämä arvo rehuseokselle ovat samaa tasoa tämän tutkimuksen tavanomaisen ja luomutilan 1 tulosten kanssa. Mattssonin et al. (2000) tulokset perustuvat peltomittauksiin, kun taas Garrigues et al. 2012 käyttivät RUSLE 2 -mallia. RUSLE 2:n käyttö on periaatteessa mahdollista Suomessakin, mutta vaatii laajemman paikkatietoaineiston käyttöä, kuin tämän hankkeen puitteissa oli mahdollista. Lisäksi malli kaipaa vielä tarkennuksia, että se olisi sovellettavissa Suomen oloihin (Lilja ym. 2014). Tulevaisuudessa RUSLE olisi kuitenkin todennäköisesti VIHMA:a parempi vaihtoehto viljelyn aiheuttaman eroosioriskin arviointiin myös elinkaariarvioinneissa, koska sen avulla mm. maaston muodot saadaan otettua paremmin huomioon. Mila i Canalsin et al. (2013) käyttämä eroosionsäätelyn potentiaalinen menetelmä eroaa merkittävästi Garriguesin (2012) ja tässä tutkimuksessa käytetystä menetelmästä. Siinä huomioidaan eroosion vaikutus laajasti maan tarjoamiin ekosysteemipalveluihin, ei pelkästään sadontuottoon. Laskennassa huomioidaan sekä viljelyn suora vaikutus eroosioon että eroosion määrä luonnontilaisessa referenssikasvustotyypissä (esim. Suomen oloissa havumetsä) ja aika, jonka kuluessa viljelystä poistuneen pellon arvioidaan palautuvan luonnontilaista vastaavaksi kasvustotyypiksi. Tämä laskentatapa tuottaa huomattavasti suurempia eroosiolukuja kuin muissa tutkimuksissa on saatu. Tässä tutkimuksessa tarkastelu rajattiin maan hyvän sadontuotokyvyn ylläpitoon, joten vertausta luonnontilaiseen kasvustoon ei pidetty tarkoituksenmukaisena. Aiemmin myös Garrigues et al. (2012), Mattsson et al. (2000) ja Oberholzer et al. (2012) ovat tarkastelleet vain viljelyn suoraa vaikutusta maan orgaanisen aineksen määrään.

3.3.4 Tulosten tulkinta - Orgaanisen aineksen mallin käyttökelpoisuus elinkaariarvioinneissa

Orgaanisen aineksen mallinnuksessa haasteita aiheutti erityisesti alkutilan määrittäminen. Peltolohkon hiilivarasto voidaan laskea multavuusluokan mukaan, mutta maan orgaanisen aineksen laadusta ei ole saatavilla tarkkaa tietoa. Joudutaan siis oletamaan, että maa on hiilen suhteen tasapainotilassa, ja mallintamaan tämä tasapainotila maahan tulevan hiilisyötteen mukaan niin, että se vastaisi lohkon multavuusluokan mukaista hiilivarastoa mahdollisimman hyvin. Tässä tutkimuksessa realistisen viljasadon mukaan mallinnettu alkutilan hiilivarasto jäi pienemmäksi kuin lohkokortissa ilmoitettu multavuusluokan perusteella voisi olettaa. Suuremmalla alkutilan hiilivarastolla hiilivaraston pieneneminen olisi ollut tavanomaisilla tiloilla todennäköisesti suurempaa ja hiilivaraston kasvu luomutiloilla pienempää.

Oletus siitä, että maa on hiilen suhteen tasapainotilassa viljelyn alkaessa, tuskin pitää paikkaansa. Suomalaiset peltomaat ovat tiettävästi nuoria (merkittävä osa raivattu vasta 1900-luvulla) (Heikkinen ym. 2013) ja tasapainotilan saavuttaminen voi kestää huomattavan pitkän ajan. Tämän tutkimuksen puitteissa vain hyvin lyhyen ajan viljelytiedot olivat käytössä. Tarkkaa syytä suomalaisten peltomaiden pitkän aikavälin hiilen vähenemiselle ei tiedetä (Heikkinen ym. 2013), joten sitä ei voida kunnolla huomioida mallinnuksessa. Luotettavien tulosten saamiseksi tulisi tietää, koska pelto on raivattu metsästä. Tällöin alkutilan hiilivarasto voitaisiin simuloida tyypillisen metsän hiilisyötteen mukaan ja huomioida laskennassa myös maankäytön muutoksesta aiheutuva hiilen hävikki.

Mallinnusta varten tarvittavat säätiedot olivat saatavilla ilmatieteen laitokselta (2013a ja c) ja maahan päätyvän hiilisyötteen määrä voitiin laskea lohkokorteista saatujen satotietojen, satoindeksin ja versujuuri –suhteen avulla. Viherrannoitusnurmien hiilisyötettä ei pystytty lohkokokohtaisesti arvioimaan, joten siltä osin jouduttiin käyttämään kirjallisuusviitteitä. Jos kaikki kasvien kautta maahan päätyvä hiili haluttaisiin huomioida, tulisi ottaa mukaan myös juurten kasvukauden aikana maahan erittämät yhdisteet (Kuzakov Bolinder 2007), mutta ne jätettiin tässä tutkimuksessa huomioimatta.

Aiemmissa maan laadun ja maan käytön elinkaariarvioinneissa maan orgaaninen aines on yleisimmin käytetty indikaattori (taulukko 19). Brandao (2011), Mila i Canals et al. (2007, 2013) ja Mattila et al. (2011, 2012) käyttivät arviointiin Mila i Canalsin et al. (2007) kehittämää menetelmää, jossa viljelyn suorien vaikutusten lisäksi huomioidaan maan hiilivaraston koon ero peltomaan ja luonnontilaisen kasvuston välillä. Mattsson et al. (2000) antavat viljelyn vaikutukselle maan orgaanisen aineen määrään vain laadullisen arvion. Kuten eroosion yhteydessä, Oberholzer et al. (2012) arvioivat koko viljelyjärjestelmää luokittelemalla viljelytoimenpiteiden yhteenlasketun vaikutuksen tietyille asteikolle (--, -, 0, +, ++). Garrigues et al. (2012) arvioivat orgaanisen aineksen muutoksen RothC-mallilla (Coleman et al. 1997).

Garriguesin ym. (2012) arvo hiilivaraston muutokselle sijoittuu tässä tutkimuksessa saatujen tulosten vaihteluvälille. Brandao (2011), Mila i Canals et al. (2007; 2013) ja Mattila et al. (2011; 2012) arvioivat viljelystä johtuvan orgaanisen aineksen häviämisen huomattavasti tässä tutkimuksessa arvioitua suuremmaksi. Tämä johtuu laskentamenetelmästä, jossa huomioidaan laajasti orgaanisen aineksen merkitys

maan tarjoamille ekosysteemipalveluille, samaan tapaan kuin Saadin et al. (2013) käyttämässä eroosion laskentamenetelmässä. Brandaon et al. (2011) artikkelissa mainitaan myös kirjallisuusviitteeseen perustuva arvo hiilen määrän muutokselle viljelyn aikana (-0,24 t C/ha/a), mikä sijoittuu tässä tutkimuksessa saatujen tulosten vaihteluvälille. Viljelyn on aiemmin todettu vaikuttavan maan orgaanisen aineksen määrään lähinnä negatiivisesti (Brandao 2011, Mila i Canals et al. 2013, Mattila et al. 2011; 2012). Kuitenkin vaikutus voi olla myös positiivinen (Mila i Canals et al. 2007, Oberholzer et al. 2012). Vaikka nyt saatuja tuloksia viljelyn vaikutuksesta orgaanisen aineksen määrään peltomaassa ei voidakaan pitää täysin luotettavina, ne ovat kuitenkin järkevällä tasolla verrattaessa aiempiin tutkimuksiin.

Elinkaariarvioinnissa vaikutusluokat ja indikaattorit kuvaavat perinteisesti toiminnasta aiheutuvia ympäristöongelmia. Orgaanisen aineksen kohdalla tilanne on hieman erilainen: maahan kertyvä hiili onkin ikään kuin viljelyn sivutuotteena syntyvä hyöty, joka yhtäältä voi vaikuttaa muihin ympäristövaikutuksiin, kuten ilmastovaikutukseen ja rehevöittävään vaikutukseen, ja toisaalta edistää maan laadun paranemista viljelyn näkökulmasta. Tämä näkökohta asettaa orgaanisen aineksen määrää kuvaavalle indikaattorille erityispiirteitä, jotka pitää ottaa huomioon elinkaariarvioinnin tulosten tulkinnessa.

3.3.5 Tulosten tulkinta - Tiivistymismallin käyttökelpoisuus elinkaariarvioinnissa

Tiivistymisen mallinnuksessa COMPSOIL-mallilla haasteita aiheutti tarvittavien tilakohtaisten tietojen puute. Työkoneiden osalta jouduttiin käyttämään tilasto- ja kirjallisuustietoa. Maan tiheyden arviointi jouduttiin tekemään maaperätietokannan arvojen pohjalta. Maan kosteustilan määrittämiseen käytettiin Ranskassa kehitettyä laskentamenetelmää ja oletusarvoja (Garrigues et al. 2013 ja lisämateriaali), joiden luotettavuutta Suomen oloissa ei tiedetä. Ei myöskään voida olettaa, että itse COMPSOIL-malli antaisi luotettavia tuloksia Suomen maalajeille, joiden käyttäytyminen todennäköisesti eroaa Britannian maalajeista, joille malli on alun perin kehitetty (O'Sullivan et al. 1999). Tämän takia saatuja tuloksia ei voida pitää luotettavina, vaan lähinnä suuntaa-antavana.

Lukuarvoja viljelyn maata tiivistäville vaikutuksille ovat aiemmin esittäneet vain Garrigues et al. (2012, 2013). Heidän saamansa tulos on samaa tasoa tämän tutkimuksen tavanomaisen tilan 2 tulosten kanssa. Aiempien elinkaariarviointitutkimusten puute kuvastaa tiivistymisen mallintamisen vaikeutta. Nyt käytetty laskentamenetelmä on työläs, koska malliin tarvittavat tiedot maan kosteustilasta täytyy ensin laskea muualla päivittäisten säätietojen (sadanta, lämpötila, auringon säteily) ja kasvin haihdutuksen mukaan erikseen jokaiselle viljelytoimenpiteelle, eli käytännössä koko kasvukauden ajalle. Yksittäisten toimenpiteiden tai esim. kasvukauden tarkastelujaksoille tämä on vielä suhteellisen yksinkertaista, mutta muuttuu huomattavasti enemmän aikaa vieväksi, kun käytetään pidempää tarkastelujaksoa, kuten tässä tutkimuksessa. Pidemmän aikajakson tarkastelu olisi kuitenkin järkevää, koska yksittäisten vuosien väliset erot säätilassa ja sadontuotossa voivat huomattavasti poiketa toisistaan varsinkin Suomen oloissa.

Jotta viljelyn maata tiivistävä vaikutus voisi yleistyä elinkaariarvioinneissa, tulisi olla käytettävissä helpokäyttöisempi malli, joka sisältäisi oman moduulinsa ainakin maan kosteustilan laskennalle. Näin mallinnukseen tarvittavat alkutiedot olisivat helpommin saatavilla. Yksittäisten peltotoimenpiteiden aiheuttaman tiivistymisriskin arviointia varten on kehitteillä läntisen Euroopan maiden yhteistyönä Terranimotyökalu viljelijöiden käyttöön (www.soilcompaction.eu). Malliin syötetään tiedot käytetyistä työkoneista, viljelykasvista, toimenpiteen ajankohdasta ja maantieteellisestä sijainnista. Tulos ilmoitetaan maan lujuuksena ja toimenpiteen aiheuttamana jännityksenä maaprofilin eri kerroksissa. Malli on ensisijaisesti tarkoitettu toimenpiteestä aiheutuvan riskin arviointiin ennen pellolle menoa. Tulevaisuudessa elinkaariarviointiin voisi ehkä käyttää Terranimon kaltaista mallia.

3.3.6 Muu arviointimenetelmien kehitystarve

Tässä tutkimuksessa käytetty maan laadun arvioinnin lähestymistapa sisältää indikaattoreita maan kemiallisen (orgaaninen aines) ja fysikaalisen (eroosio ja tiivistyminen) laadun osalta. Maan biologista laatua ei ole huomioitu, koska tieto viljelytoimenpiteiden vaikutuksesta maan eliöstöön on puutteellista (Yli-Viikari ym. 2002, Brandao & Mila i Canals 2013). Oberholzer et al. (2012) ovat kehittäneet laskentamenetelmän maan mikro- ja makro-organismeille, mutta tätä ei voida suoraan hyödyntää Sveitsin ulkopuolella. Lisäksi menetelmällä lasketut tulokset eivät ole numeerisia. Sopivaa arviointimenetelmää kuitenkin tarvitaan, koska maan eliöstö mainitaan sekä EU:n maaperänsuojelun strategian valmistelua koskevassa tiedonannossa (EU Komissio 2002) että Yli-Viikarin ym. (2002) ehdotuksessa maan laadun kansallisista indikaattoreista. Yksi mahdollinen ratkaisu olisi täydentää nykyistä ekotoksisten vaikutusten arviointime-

netelmää (Rosenbaum et al. 2008, Räsänen et al. 2013) lisäämällä siihen oman indikaattorinsa maaperä-eliöille.

3.4 Johtopäätökset

Peltomaalla ja sen laadulla on keskeinen merkitys kestäväen maataloustuotannon ylläpitämisessä. Suomessa on perinteisesti korostettu maan viljavuuteen eli kemialliseen laatuun liittyviä tekijöitä, kuten ravinnepitoisuuksia ja happamuutta, mutta viime aikoina myös fysikaalisia (maan rakenne) ja biologisia ominaisuuksia (mm. mikrobien aktiivisuus ja lierojen määrä) on alettu huomioida enemmän.

Myös useissa elinkaariarviointitutkimuksissa on alettu huomioida viljelyn vaikutusta maan laatuun. Yleisimpiä indikaattoreita ovat maan orgaaninen aines (SOM) ja eroosio, mutta myös maan rakennetta kuvaavia indikaattoreita (mm. tiivistyminen) käytetään. Metodologia ei kuitenkaan ole vielä vakiintunutta.

Tässä hankkeessa testattiin kolmen maan laatua kuvaavan indikaattorin, eroosion, maan orgaanisen aineksen ja tiivistymisen, sekä niille käytettävissä olevien arviointimenetelmien toimivuutta elinkaariarvioinnin kontekstissa. Tulokset ovat samansuuntaisia kuin joissakin aiemmissa kansainvälisissä tutkimuksissa. Käytetyissä arviointimenetelmissä on kuitenkin suurta vaihtelua, minkä vuoksi tuloksia ei voida suoraan verrata toisiinsa. Tässä tutkimuksessa käytetyissä arviointimenetelmissä havaittiin kaikissa omat heikkoukset. Lisäksi tuloksia ei tässä hankkeessa varmennettu mittauksilla, joten niiden ei voi ajatella kuvaavan todellista tilannetta kyseisillä pelloilla tai yleisemmin Suomessa. Tässä tutkimuksessa kuitenkin saatiin arvokasta tietoa nyt käytettyjen arviointimenetelmien hyödyntämisen reunaehdoista. Eroosion ja orgaanisen aineksen muutoksen arvioinnissa käytetyt mallit todettiin käyttökelpoisiksi elinkaariarvioinnissa, vaikkakin orgaanisen aineksen mallinnus vaatii vielä tarkennusta. Tiivistymisen mallinnusmenetelmä sen sijaan ei ole riittävän helppokäyttöinen eikä sitä voida pitää luotettavana. Tiivistymisen arviointiin on toivottavasti tulevaisuudessa tarjolla elinkaariarviointiin paremmin soveltuvia menetelmiä. Nyt saatujen tulosten pohjalta näyttäisi siltä, että jokainen indikaattori reagoisi viljelytoimenpiteisiin itsenäisesti. Tämä puoltaa niiden käyttöä yhdessä: mitään ei voi jättää pois niin että arvokasta tietoa viljelyn vaikutuksesta ei menetettäisi.

4 Markkinoinnin kehittäminen

Hankkeen keskeisenä päämääränä oli edistää luotettavan ja relevantin tuotekohtaisen ravitsemus- ja ympäristötiedon tuottamista ja saatavuutta. Luotettavien arviointimenetelmien kehittämisen lisäksi hankkeessa kartoitettiin olemassa olevaa tuotekohtaista markkina-argumentointia ravitsemuksesta ja ympäristövaikutuksista ja ideoitiin ravitsemusta ja ympäristövaikutuksia yhdistävää viestintää.

4.1 Markkina-argumenttien kartoitus

Hankkeessa kartoitettiin grillimakkaroiden, sianlihan, soijajuomien, maidon, kaurahiutaleiden, makaronien ja rypsi-/oliiviöljyn markkinointia internetissä. Tarkoituksena oli kerätä tietoa elintarvikkeiden ravitsemus-, terveys- ja ympäristövaikutusten tuotekohtaisesta viestinnästä viestinnän edelleen kehittämisen pohjaksi. Argumentteja tarkasteltiin pääasiassa laadullisesti. Kartoitus kohdistui suomalaisiin ja ulkomaisiin elintarvikkeisiin. Aineisto kerättiin pääasiassa valmistajien internet-sivuilta kesän 2011 aikana. Hausa käytettiin google-hakukonetta ja hakusanoina olivat tuoteryhmien ja tuotteiden nimet ja useita ympäristöön, terveyteen ja ravitsemukseen liittyviä sanoja ja sanayhdistelmiä. Internet-sivut, joilta väittämiä löytyi, on listattu liitteessä 1. Suomalaisten elintarvikevalmistajien osalta tuoteryhmäkohtainen kattavuus on melko hyvä, mutta ulkomaiden osalta tarkastelu on mm. valmistajien suuren määrän ja joskus haasteellisen löydettävyyden vuoksi lähinnä esimerkinomainen.

Elintarvikemarkkinassa käytettäviä ravitsemus-, terveys- ja ympäristöväitteitä koskeva lainsäädäntö eroaa maittain, ja se vaikuttaa väittämien yleisyyteen eri maissa. Euroopan Unionissa ravitsemus- ja terveysväitteitä säädetään Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksella (EY) N:o 1924/2006. Ympäristömarkkinoinnille ei Euroopassa ole erillistä yhdenmukaistavaa lainsäädäntöä, vaan ympäristöväitteisiin sovelletaan osittain EU:n erityislainsäädäntöä tuotteiden ympäristötehokkuudesta ja siihen viittaavien väitteiden harhaanjohtavan käytön kieltämisestä (Euroopan komissio 2009, 39; Internet 1). Esimerkiksi hormoneihin ja transrasvoihin ei EU:ssa saa viitata, mutta Yhdysvalloissa saa. Vertailussa mukana olevien argumenttien sijaintimaa selviävät liitteestä 1.

EU-lainsäädännön mukaan **ravitsemusväitteellä** tarkoitetaan elintarvikkeen erityisiin hyödyllisiin ravitsemuksellisiin ominaisuuksiin (energiamäärä, ravintoaineet tai muut aineet) viittaavia väitteitä kuten ”vähärasvainen”, ”proteiinin lähde” ja ”suolaton”. Ravitsemus- ja terveysväitteiden säädöksissä ravitsemusväitteeksi ei lueta merkintöjä ainesosista, joita elintarvikkeen valmistuksessa on käytetty tai ei ole käytetty, esim. ”maidoton”, ”lisäaineeton” ja ”makeuttamaton”. Ravitsemusväitteitä eivät ole myöskään merkinnät ”laktoositon”, ”vähälaktoosinen”, ”gluteeniton” sekä ”erittäin vähägluteeninen”, sillä niitä säädelään erityisruokavaliointilainsäädännöllä. Tässä kartoituksessa kuitenkin tuon kaltaiset väittämät luetaan ravitsemusväitteiden piiriin eli ne sisältyvät kartoitukseen.

Suomessa ravintosisällön ilmoittaminen pakkauksessa on pakollista kaikissa pakatuissa tuotteissa. Tätä merkintää ei sisällytetty kartoitukseen. Viime vuosina on Suomessa yleistynyt tapa ilmoittaa tietyt ravintoaineet osuus niiden viitteellisestä päiväsaannista. Tämä ns. GDA-merkintä sisältyi kartoitukseen.

EU-lainsäädännössä **terveysväitteellä** tarkoitetaan elintarvikkeen ja terveyden väliseen yhteyteen viittaavia väitteitä kuten ”Lisätty kasvistanolia, joka alentaa kolesterolia”, ”Lactobacillus GG tasapainottaa vatsan toimintaa” ja ”Kahvi virkistää”. Säädösten mukaan lääkkeelliset väitteet ovat kiellettyjä ja ravitsemus- että terveysväitteitä käytettäessä tulee aina merkitä myös tuotteen ravintoarvo. (Internet 1.) Tätä samaa määrittelyä käytetään myös tässä kartoituksessa.

Ympäristöväitteellä tässä kartoituksessa tarkoitetaan tuotteiden valmistukseen, pakkaukseen, jakeluun, käyttöön tai hävitykseen liittyviä väitteitä, joilla viitataan tuotteen ympäristövaikutuksiin tai ekologisuu-teen (Kansainvälinen kauppakamari 2006, 47, 51-52.). Yleisesti käytettyjä ympäristöväitteitä ovat mm. ”biohajoava”, ”kierrätettävä” ja ”vähemmän jätettä”. Lisäksi tässä kartoituksessa viittaukset luomuun tulkitaan ympäristöväittämiksi. Myös kotimaisuudesta kertovat väittämät otettiin kartoituksessa huomioon, vaikkeivät ne suoraan ympäristövaikutuksista kerroakaan.

4.1.1 Ravitsemus-, terveys- ja ympäristöväittämien yleisyys

Kartoituksen mukaan ravitsemus-, terveys- ja ympäristöväittämiä ei yleisesti ottaen käytetä kovinkaan runsaasti. GDA-merkillä merkittyjä tuotteita löytyi kuitenkin lähes jokaisesta tuoteryhmästä. Eniten väittämiä käytettiin rypsi- ja oliiviöljyn soijajuoman ja maidon markkinoinnissa (taulukko 29). Ulkomailla väittämien käyttö on pääsääntöisesti joko samalla tasolla tai vähän runsaampaa kuin Suomessa lukuun ottamatta makkarointa koskevia ravitsemus- ja ympäristöväittämiä ja sianlihaa ja kaurahiutaleita koskevia ravitsemusväittämiä, joita Suomessa oli enemmän kuin muissa maissa.

Eniten käytetyt väittämät olivat useissa tuoteryhmissä samankaltaisia. Muista merkinnöistä tai väittämistä kuin GDA kotimaisuus nostettiin esille Suomessa useammin kuin muissa maissa (taulukko 30). Sen sijaan luomutuotteita oli ulkomaisissa tuotteissa enemmän. Eniten eroavaisuutta oli sianlihan markkinointiväittämässä, joissa ulkomailla korostetaan selvästi Suomea enemmän tuotteiden lisäaineettomuutta tai hormonittomuutta (ei lisättyjä hormoneja).

Taulukko 29. Kartoituksessa eri tuoteryhmissä havaittujen ympäristö-, ravitsemus- ja terveysväittämien suhteellinen yleisyys. Merkkien selitykset: - ei ollenkaan, + joitakin/vähän. ++ useita/melko paljon, +++ runsaimmin.

		Grilli- makkarat	Sianliha	Maito	Soija- juoma	Kaura- hiutaleet	Makaronit	Rypsi/ oliiviöljy
Ympäristöväittämät	kotimaa	+	-	+	+	++	+	++
	ulкомаat	-	+	++	+++	++	+	+++
Ravitsemusväittämät	kotimaa	++	++	+++	+++	+++	++	+++
	ulкомаat	+	+	+++	+++	++	++	+++
Terveysväittämät	kotimaa	-	-	++	++	+++	+	+++
	ulкомаat	-	-	+++	+++	+++	+	+++

Taulukko 30. Eniten kotimaassa ja ulkomailla käytetyt ympäristö-, ravitsemus- ja terveysväittämät tuoteryhmittäin.

	Kotimaa	Ulkomaat
Grilli- makkarat	1. Kotimainen (Hyvää Suomesta -merkki) 2. Lihapitoisuus 3. Natriumglutamaatiton	1. Lihapitoisuus 2. Kotimainen 3. Rasvapitoisuus
Sianliha	1. Kotimainen (Hyvää Suomesta -merkki) 2. Lihapitoisuus 3. Runsasproteiininen	1. Ei keinotekoisia värejä, aromeja 2. Luomutuote 3. Ei lisättyjä hormoneja
Maito	1. Kotimainen 2. Lisätty D-vitamiinia 3. Kevyt tai vähärasvainen	1. Vähärasvainen 2. Paljon kalsiumia 3. Luomutuote
Soija- juoma	1. Luomutuote 2. Lisätty vitamiineja 3. Lisätty kalsiumia	1. Luomutuote 2. Lisätty kalsiumia 3. Kolesteroliton
Kaura- hiutaleet	1. Paljon kuitua 2. Kotimainen (Hyvää Suomesta -merkki) 3. Käytetty täysjyväviljaa	1. Paljon kuitua 2. Käytetty täysjyväviljaa 3. (Kuitu) vähentää sydänsairauksien riskiä/tekee

Makaronit	1. Paljon kuitua 2. Käytetty täysjyväviljaa 3. Sydänmerkki (sydämelle parempi)	1. Luomutuote 2. Paljon kuitua 3. Käytetty täysjyväviljaa
Rypsi/ oliiviöljy	1. Hyvä rasvahappokoostumus 2. Kotimainen (Hyvää Suomesta -merkki) 3. Sydänmerkki/ sisältää paljon E-vitamiinia/	1. Luomutuote 2. D.O.P. –merkintä (alkuperämerkintä) 3. Paljon E-vitamiinia

4.1.2 Ravitsemus-, terveys- ja ympäristövaihtamiset tuoteryhmittäin

Kaikki kartoituksessa esiin tulleet tuotekohtaisten ravitsemus-, terveys- ja ympäristövaihtamisten aiheet on esitetty liitteen 2 taulukossa. Suomessa eniten ravitsemukseen, terveyteen ja ympäristöön viittaavia erilaisia markkinoinnissa esiin nostettuja aiheita löytyi rypsiöljyn markkinoinnista. Seuraavaksi eniten väittämiä löytyi ehkä hivenen yllättäen makaroneihin liittyen. Vähiten väittämiä löytyi sianlihan markkinoinnista. Ulkomailla väittämiä löytyi eniten liittyen oliiviöljyyn ja maitoon. Vähiten väittämiä löytyi liittyen grillimakkaroihin.

Ulkomailla väittämät viittaavat usein suuremmin tuotteesta saatuun terveyshyötyyn kuin Suomessa. Taulukossa 31 on esitetty esimerkkejä löydetyistä väittämistä, jotka viittaavat tuotteen terveellisyyteen tai ympäristöystävällisyyteen.

Taulukko 31. Tuoteryhmäkohtaisia esimerkkejä ravitsemus-, terveys- ja ympäristövaihtamista Suomessa ja ulkomailla.

Tuoteryhmä	Esimerkkejä väittämistä
Grillimakkarat	<p>Kotimaa</p> <ul style="list-style-type: none"> - "XXX on entistä vähärasvaisempi vaihtoehto kevyempien grilliruokien ystäville" - "100 % suomalaista lihaa" <p>Ulkomaat</p> <ul style="list-style-type: none"> - "No hormones or steroids added"
Sianliha	<p>Kotimaa</p> <ul style="list-style-type: none"> - "Rasvaa vain 5 %"
Soijajuoma	<p>Kotimaa</p> <ul style="list-style-type: none"> - "Sopii laktoosi-intoleranteille." - "Sisältää vain vähän kovia rasvoja." <p>Ulkomaat</p> <ul style="list-style-type: none"> - "XXX is cholesterol free and thus is great for heart patients who are advised to avoid eating dairy and meat products." - "It has been specially formulated with ingredients that combine to form our XXX. This blend helps promote Heart Health, Digestive Health, Energy, and Calcium Absorption." - "Soy in the beverage helps minimize menopausal symptoms in post-menstrual women. Research studies have shown that the risk of many cancers is reduced as a result of soy consumption. The same is true for osteoporosis - the degenerative bone disease that afflicts millions, especially women in old age."
Maito	<p>Kotimaa</p> <ul style="list-style-type: none"> - "Kalsium vahvistaa luustoa ja hampaita" - "Lisätty D-vitamiini tehostaa kalsiumin imeytymistä." <p>Ulkomaat</p> <ul style="list-style-type: none"> - "Milk is a great source of calcium, which is essential for growing and maintaining strong healthy teeth and bones." - "The plant sterols in XX products are proven to help actively reduce your cholesterol, which is a major risk in developing heart disease." - "It has a low-glycaemic index providing a sustained energy release to help you feel fuller for longer."

	<ul style="list-style-type: none"> - "Due to numerous health benefits, it is warmly recommended to people with heart conditions, pregnant and breastfeeding women, the elderly and sports people in keeping their heart and blood vessels healthy." - "XX milk is an ideal ally in (...) boosting your immune system." - "XX is enriched with prebiotics inulin and oligofructose, indigestible, natural dietary fibres which help improve calcium absorption from the milk and its retention in the body which in turn contributes to the prevention of osteoporosis." - "Sustainable agriculture", "Healthier planet", "Cow care", "Perfectly preserved naturalness" ja "Care for future generations" (liittyen luomuun) - "This instantly tells consumers that the milk is sourced within their region and sold in local areas such as Grampian or West Country, ensuring we are producing a local product..." - "75% less packaging than conventional containers, recyclable, reduced landfill waste compared to polybottles if recycling is not available in your area, lower carbon footprint"
Kaurahiutaleet	<p>Kotimaa</p> <ul style="list-style-type: none"> - "Sisältää terveyttä edistävää kuitua" - "Beetaglukaani edistää kolesterolin poistumista kehosta" <p>Ulkomaat</p> <ul style="list-style-type: none"> - "Your whole family will enjoy the heart healthy benefits (...) of XX" - "3 grams of soluble fiber from oatmeal daily in a diet low in saturated fat and cholesterol may reduce the risk of heart disease. This cereal has 2 grams per serving." - "Its soluble fibre helps reduce blood cholesterol levels (as part of a suitable diet)"
Makaronit	-
Rypsi/oliiviöljyt	<p>Kotimaa</p> <ul style="list-style-type: none"> - "Pohjoinen sijaintimme mahdollistaa ympäristöystävällisemmät viljelytavat kuin lämpöisemmissä maissa." - "Viljelyssä noudatetaan tarkkoja ympäristövaatimuksia ja oikeaa kasvijärjestystä, joka minimoi kasvisairauksien riskin." - "Kylmäpuristus säästää energiaa ja ympäristöä, sillä tuotannossa ei synny jätettä eikä päästöjä." <p>Ulkomaat</p> <ul style="list-style-type: none"> - "It is invaluable for cardiovascular health and prevention of other diseases, primarily various forms of cancer."

4.2 Markkinoinnin kehittäminen

Hankkeessa järjestettiin kaksi työpajaa, joissa heräteltiin ajatuksia, minkälaista markkinointia tarvitaan, jotta tuotteiden ravitsemus ja ympäristövaikutukset tulevat molemmat riittävästi otetuksi huomioon.

Ensimmäinen työpaja joulukuussa 2013 oli hankkeen sisäinen työpaja, johon osallistui kolmen yrityksen ja MTT:n edustajia. Kaksi ryhmää työsti monivaiheisella prosessilla ravitsemuksen ja ympäristövaikutukset yhdistävää viestintäkonseptia. Molemmat ryhmät päätyivät siihen, että tarvitaan ensisijaisesti yleistä viestintää, ei niinkään tuotekohtaista viestintää.

Ensimmäinen ryhmä keskittyi ideoimaan viestinnän sisällöllisiä vaatimuksia. Ryhmä korosti, että viestin pitää olla johdonmukaista, positiivista, purevaa, puhuttelevaa ja helppoa. Ryhmässä pohdittiin sloganien ja konkreettisten esimerkkien voimaa. Ryhmässä katsottiin, että viestiviä toimijoita pitäisi olla useita, sekä yksityisiä että julkisia, mutta niillä pitäisi olla yhteinen viestinnällinen kehys. Myös viestintäkanavia pitäisi olla useita. Ryhmässä peräänkuulutettiin sitä, että (puhtaasta) suomalaisesta ruoasta pitäisi tehdä vientivaltti, kääntää kansallinen ongelma (haasteelliset tuotanto-olosuhteet, suurehkot päästöt) kansalliseksi vahvuudeksi.

Toinen ryhmä keskittyi enemmän viestintäkanavan hahmottelemiseen. Ryhmä korosti myös sitä, että viestijöitä ja viestintäkanavia pitäisi olla paljon, mutta tarvitaan myös yhteinen visio ja säännöt. Ryhmä katsoi, että internet ja sosiaalinen media luovat paljon mahdollisuuksia. Ryhmä peräänkuulutti verkostoituvan keskustelun synnyttämistä, jossa eri kohderyhmien kuluttajadialogi voisi syntyä ja kehittyä. Joukkoistaminen (crowd sourcing) nähtiin hyvänä viitekehäyksenä keskustelun ja muutoksen synnyttäjänä. Ryhmän näkemyksen mukaan visuaalisuuden lisäksi tarvitaan tarinoita.

Toinen työpaja helmikuussa 2014 oli avoin sidosryhmille. Mukana oli osallistujia yrityksistä, oppilaitoksista, etujärjestöistä ja tutkimuksesta. Työpajassa rajauduttiin miettimään tuotekohtaisen kuluttajainformaation haasteita ja mahdollisuuksia eri näkökulmista. Työpajan aluksi esiteltiin tämän hankkeen alustavia tuloksia.

Ensimmäinen ryhmä pohti tuotekohtaista kuluttajainformaatioita kuluttajan näkökulmasta. Ryhmä kehittelee erilaisia keinoja viestiä kuluttajalle. Ryhmä ideoi muun muassa laskureita, jotka tarjoaisivat kuluttajalle mahdollisuuden tarkastella ruokavalintojensa vaikutuksia monella tasolla, kuten tuote- ja ateriatasoilla. Oman kulutuksen seuraaminen olisi siinä keskeistä, mutta myös muiden kuluttajien tarinat innostaisivat. Ryhmä ideoi myös tuoteryhmäkohtaista tuotemerkintää, joka kertoisi ko. tuotteen sijoittumisen omassa tuoteryhmässään esimerkiksi Sydän-merkin tavoin tai hyödyntämällä liikennevalotyypistä esitystä. Ryhmä katsoi kuitenkin myös, että tuotemerkintä on haasteellinen keino, koska merkintöjä on paljon. Ryhmä peräänkuulutti suurten massojen liikkeelle saamista, jotta muutosta oikeasti tapahtuisi.

Toinen ryhmä tarkasteli tuotekohtaista kuluttajainformaatiota politiikan ja hallinnon näkökulmasta. Ryhmä keskittyi työstämään E/N-indeksin hyväksi käyttämistä hotelli ja ravintola -sektorilla aterioiden vaikutusten laskennassa ja niistä informoimisessa. Tällöin vaikutus voi olla laaja, koska hotelli ja ravintola -sektori tavoittaa laajasti eri sidosryhmiä. Ryhmä pohti myös indeksin hyödyntämistä poliittisen ohjauskeinoon pohjana, kenties yhdistettynä verokseen.

Kolmannen ryhmän näkökulmana oli tutkimus. Ryhmä korosti tiedon tuotannon ja laskennan luotettavuutta ja puolueettomuutta. Ryhmän mukaan se onnistuu parhaiten, jos laskenta tehdään puolueettomassa tutkimuslaitoksessa. Ryhmässä katsottiin, että viestinnässä pitäisi välttää syyllistämistä ja suosia positiivisuutta ja kannustamista. Ryhmässä pohdittiin myös erilaisia viestintätapoja eri kohderyhmille, kuten koululaisille ja työpaikkaruokalassa syöville. Ryhmä pohti myös mahdollisuutta kytkeä E/N-indeksiä hinnoitteluun. Ryhmässä tuotiin esille, että jo nyt on olemassa ruokaloiden linjastoja, jotka laskevat asiakkaalle hänen annoksensa kalorisiksi.

4.3 Johtopäätökset

Tutkimusaineiston perusteella voidaan sanoa, että ainakin tutkittujen elintarvikeryhmien internet-markkinoinnissa keskitytään ravitsemukseen ja terveyteen liittyviin markkina-argumentteihin ympäristöön liittyvien argumenttien määrän jäädessä vähäisemmäksi. Se, mitä ravitsemukseen tai terveyteen liittyviä argumentteja käytettiin eniten, riippui täysin elintarvikeryhmästä. Yleensä korostetuimmat markkina-argumentit liittyivät elintarvikkeen luontaisiin ominaisuuksiin kuten esimerkiksi maidon kohdalla luontaisesti runsaaseen kalsiumin määrään tai kaurahiutaleiden kohdalla runsaaseen kuidun määrään. Lisäksi ravitsemukseen ja terveyteen liittyvien markkina-argumenttien määrä oli ainakin osaksi riippuvainen elintarvikeryhmästä. Ns. ”terveellisiä” elintarvikkeita kuten soijajuomaa markkinoitiin runsaamalla määrällä argumentteja kuin ns. ”epäterveellisiä” elintarvikkeita kuten grillimakkaraa. Ravitsemukseen ja terveyteen liittyvien argumenttien lisäksi korostettiin elintarvikkeiden ja niiden valmistajien vastuullisuutta etenkin Suomessa alkuperämerkkien, kuten Hyvää Suomesta –joutsenlipun, avulla. Ympäristöargumenteista ylivoimaisesti käytetyin oli viittaus elintarvikkeen raaka-aineiden tuottamisesta luomuviljelyn keinoin.

Kuten aiemmin on todettu ja kartoituksen tuloksistakin on käynyt ilmi, on kartoituksessa keskitytty nimienomaan markkina-argumenttien laadulliseen tarkasteluun. Jokaisesta tuoteryhmästä on havainnollisuuden vuoksi esitetty vielä taulukon muodossa kolme eniten havaittua markkina-argumenttia, mutta muutoin määrällistä tarkastelua ei ole harjoitettu. Kartoituksessa on keskitytty tarkastelemaan vain niiden elintarvikkeiden internet-markkinointia, joiden kohdalla ravitsemukseen, terveyteen ja ympäristöön liittyviä argumentteja on esitetty eikä näin ollen arvioita argumenttien yleisyydestä koko tuoteryhmässä ole voitu esittää. Kartoituksen tuloksia ei välttämättä voi muutenkaan yleistää koskemaan koko tuoteryhmää, sillä joidenkin tuoteryhmien otos jää etenkin ulkomaiden osalta pieneksi mm. elintarvikevalmistajien

hankalan löydettävyyden takia. Joissain tuoteryhmissä taas ravitsemukseen, terveyteen tai ympäristöön liittyviä markkina-argumentteja käytetään niin säästeliäästi, että käytetyt argumentit voivat nousta suhteettoman suureen osaan. Internet on suhteellisen edullinen markkinointikanava myös pienille yrityksille ja tästä syystä kartoitukseen on saattanut päätyä tuotteineen mukaan myös niche-yrityksiä, joiden markkinaosuus on pieni, mutta yritys valmistaa esimerkiksi luomutuotteita, joita se ponnekkain argumentein markkinoi. Toisaalta taas kaikilla yrityksillä ei ole internet-sivuja lainkaan.

Elintarvikkeiden markkinoinnissa käytetään paljon erilaisia markkina-argumentteja. On hyvä, että kuluttajat saavat nykyään paljon tietoa elintarvikkeiden vaikutuksista niin omaan kehoonsa kuin ympäristöönkin, mutta erilaisia merkkejä ja tieteellisten tutkimusten pohjalta kehitettyjä mainoslauseita on niin paljon, että keskivertokuluttaja voi olla kaikesta tästä informaatiosta ymmällään. Tärkeää informaatiota saattaa myös hukkua runsaan mielikuvamainonnan viidakkoon. Etenkin tuotteiden ravitsemukseen ja terveyteen viittaaviin argumentteihin liittyvää lainsäädäntöä on viimeaikoina tarkennettu ja yhtenäistetty, mutta silti valheellista ja kuluttajaa harhaanjohtavaa markkinointia saattaa esiintyä ja käytännöt eri maissa vaihdella.

Hankkeessa järjestettyjen markkinoinnin ja viestinnän kehittämisen työpajoissa koettiin, että yleistä valituspohjaista viestintää kestävästä ruokavalinnoista tarvitaan lisää. Ruokavalintojen kestävydestä viestimiseen syntyi molemmissa työpajoissa monenlaisia ideoita, joita voisi kehitellä eteenpäin. Yksi suurimmista pullonkauloista vaikuttavan viestinnän ja joukkoliikkeen synnyttämisessä vaikuttaisi olevan vastuullisen tahon puuttuminen. Tämä taho voisi koota asian ympärillä käytävää keskustelua ja tehtäviä toimia ja voisi ehkä olla myös puolueettoman tiedon tuottajana.

5 Yleiset johtopäätökset – Vastaukset tutkimuskysymyksiin

5.1 Miten terveys- ja ympäristövaikutukset vaihtelevat eri tuotteiden välillä samaan tarkoitukseen käytettävien ruokien kesken?

Tässä tutkimuksessa samaan tarkoitukseen käytettävät tuotteet muodostivat viisi tuoteryhmää, joille muodostettiin tuoteryhmäkohtaiset ravintoaineindeksit ja ravintoainesisällön ja ympäristövaikutuksen yhdistävät E/N-indeksit. Tuoteryhmät olivat proteiinin lähteet, hiilihydraatin lähteet, hedelmät ja vihannekset, nestemäiset maitotuotteet ja vastaavat ja rasvat. Sama tuote voi olla myös useammassa tuoteryhmässä, jolloin vertailutilanteessa muihin samaan tarkoitukseen käytettäviin tuotteisiin (eli tuoteryhmän sisäisessä vertailussa) ravintoaineindeksin arvo lasketaan kyseisen tuoteryhmän ravintoaineindeksin kaavan mukaan. Tutkimuksessa ainoa kahdessa eri tuoteryhmässä tarkasteltu ruoka oli hapatettu kauravalmiste, jota tarkasteltiin sekä maitoryhmässä että hiilihydraattiryhmässä. Tuoteryhmäkohtaisten tarkastelujen lisäksi yleistä ravintoaineindeksiä FNI ja siihen perustuvaa E/N-indeksiä voidaan soveltaa eineksiin ja aterioihin. Näitä tarkasteluja ei kuitenkaan tässä hankkeessa tehty.

Proteiinin lähteiden vertailussa ruokien suositeltavuusjärjestys muuttui kun katsottiin yhtäältä vain ravintoainesisältöä ja toisaalta E/N-indeksiä. Esimerkiksi naudanliha ja tofu olivat ravintoaineindeksin perusteella yhtä ravitsevia, mutta E/N-indeksin perusteella tofu oli paljon parempi vaihtoehto. Tässä vertailuparissa naudanlihan suuret ympäristövaikutukset vaikuttivat selvästi tuotteiden keskinäiseen järjestykseen. Naudanliha ja tofu olivat testilaskennan proteiininlähteistä ravintoainerikkaimmat tuotteet. Toisessa ääripäässä suolasilli oli ravitsemuksellisesti testilaskennan huonoin. Sen ilmastovaikutus oli kuitenkin hyvin pieni ja niin ollen myös sen E/N-indeksi muodostui hyvin pieneksi. Jos silli olisi suolaamaton, olisi sen ravintoaineindeksi samaa luokkaan kuin tofun ja naudanlihan ja E/N-indeksi käytännössä 0. Juuston E/N-indeksi muodostui erittäin korkeaksi, kun juusto oli rasvainen eikä sen valmistuksessa syntyvää heraa käytetty toisten tuotteiden valmistukseen, jolloin herankin ympäristökuormitus kohdistui juustolle. Vähärasvaisemman ja raaka-ainetehokkaamman juuston E/N-indeksi oli samaa luokkaa kuin makkaran. Sillin ja juuston kohdalla on myös syytä ottaa huomioon, että niiden tyypilliset kerta-annokset ovat pienet verrattuna lihaan ja tofuun.

Proteiinin lähteiden tarkastelussa ympäristövaikutukset perustuivat MTT:n aiempiin tutkimuksiin ja kirjallisuuslähteisiin. MTT:n aiempien tutkimusten tulokset kuvaavat tarkasteluja juustoja lukuun ottamatta keskimääräistä suomalaista tuotantoa. Esimerkiksi naudanliha oli tässä tapauksessa yhdistelmätuotannosta saatavaa lihaa, eli maitoketjun jälkeläisistä kasvatettua lihaa. Erikoistuneen pihvilihan tuotannon ilmastovaikutus ja rehevöittävä vaikutus ovat Suomessakin merkittävästi korkeammat kuin yhdistelmätuotannon¹⁴. Joissakin maissa, esim. Brasiliassa, naudanlihan tuotantoon liittyy maankäytön muutoksia, jotka myös lisäävät ilmastovaikutusta merkittävästi (Cederberg et al. 2011).

Tofun raaka-aineen, soijan, ympäristövaikutusten muodostumiselle on myös keskeistä, minkälaisesta tuotantoympäristöstä se on peräisin. Myös soijan tuotantoon liittyy maankäytön muutoksia, joista aiheutuu suuria ilmastopäästöjä. Tämän hankkeen tofun ilmastovaikutusta kuvaavassa arvossa (2 kg CO₂-ekv/kg (Blonk 2008)) ei ollut mukana maankäytön muutosta. Maankäytön muutoksen sisällyttäminen nostaa esimerkiksi brasilialaisen soijan ilmastovaikutusta n. 30 % (Prudêncio da Silva et al. 2010). On kuitenkin tapauskohtaista, minkälaiselta viljelmältä soija tulee. Usein suoraan ihmiskäyttöön tuleva soija tulee vanhoilta viljelymailta.

Tuotantotavalla on siis usein ratkaiseva merkitys ympäristövaikutusten tuloksiin ja sitä myöten myös E/N-indeksin tuloksiin. On eri asia puhua esimerkiksi naudanlihasta yleisesti tai jonkin tietyn tuotantoketjun tuottamasta naudanlihasta. Juustojen kohdalla eri tuotteiden välinen ero näkyy selvästi. Juustoissa myös ravintoainesisältö vaihtelee ratkaisevan paljon.

¹⁴ Julkaisematon tietoa meneillään olevasta MTT:n hankkeesta.

Hiilihydraatin lähteitä edustavat tuotteet olivat paljon lähempänä toisiaan kuin proteiinin lähteet. Kuitenkin riisi poikkesi selvästi E/N-indeksin suhteen muista tämän tuoteryhmän tuotteista. Sen ilmastovaikeus oli 3-10-kertainen muihin verrattuna, kun vertaaminen tehtiin syötäväksi valmiiden tuotteiden välillä. Johtopäätöksiä tehdessä on kuitenkin huomattava, että ruokein annoskoot saattavat myös vaihdella. Riisille tyypillinen keskikokoinen annoskoko on vähän pienempi (150 g) kuin vastaaville tuotteille, esim. spagetti 175 g, peruna 180 g, kaurapuuro 300 g (Sääksjärvi 2002). Annoskokojen erot saavat aikaan sen, että kun tarkastellaan ruokia osana ateriakokonaisuutta, ilmastovaikutusten erot tasoittuvat, kuten Saarienen ym. (2011) totesivat.

Hiilihydraattien lähteiden ravintoainesisältöön, ympäristövaikutuksiin ja E/N-indeksin arvoihin vaikuttavat resepti (lähinnä vesipitoisuus syötäväksi valmiissa tuotteessa), kokojyväpitoisuus ja suolan käyttö. Vesipitoisuus alentaa ravintoainepitoisuutta, ympäristövaikutusta ja E/N-indeksiä. Kokojyväpitoisuus parantaa reilusti ravintoainesisältöä, ei välttämättä vähennä ympäristövaikutusta (joskus jopa päinvastoin), mutta alentaa (toivotusti) E/N-indeksin arvoa suhteessa puhdistettuihin tuotteisiin. Suolan käyttö huonontaa ravintoainesisältöä, ei vaikuta ympäristövaikutukseen, mutta nostaa (toivotusti) E/N-indeksin arvoa suhteessa suolattomiin tuotteisiin.

Suuri osa hankkeen case-tuotteista oli hiilihydraatin lähteitä. Case-tuotteiden ravintoainesisältö ja ympäristövaikutusten arviointi perustuivat tuotantoketjukohtaiseen lähtöaineistoon eli tuotteen ravintoaineanalyysiin ja ketjusta kerättyyn spesifiin tietoon. Kun case-tuotteita verrattiin testilaskennan vastaavien tuotteiden ravintoainesisältöihin, ympäristövaikutuksiin ja E/N-indekseihin, huomattiin, että ne erosivat toisistaan. Tämä alleviivaa sitä, että yritysten on mahdollista erilaistaa tuotteitaan näiden asioiden suhteen. Tuota tietoa on mahdollista käyttää hyödyksi myös markkinoinnissa, jos tieto on tuotettu luotettavasti.

Hedelmien ja vihannesten tuoteryhmässä tuotteiden ravintoainesisällöt ja ympäristövaikutukset vaihtelevat yleisesti ottaen paljon. Usein kuitenkin tässä ryhmässä molemmat vaikutukset menevät samaan suuntaan, eli vähän ympäristöä kuormittavat ovat myös ravintoainerikkaimpia. Jakolinja menee usein kasvihuoneessa tuotettujen ja avomaalla tuotettujen välissä. Hankkeen testilaskennoissa tämä näkyi muun muassa porkkanan ja tomaatin välillä. Luonnosta kerättäviä tuotteita ei tässä tutkimuksessa ollut mukana. Niistä tarvittaisiin tutkimusta varsinkin ympäristövaikutusten osalta. Toisaalta tämän ryhmän terveysvaikutuksia tutkitaan parhaillaan vilkkaasti. Tämän ryhmän ravintoaineksiä onkin tarpeen kehittää, kun uutta tietoa tuotteiden terveysvaikutuksista ja eroista toisiinsa nähden on saatavilla.

Nestemäisten maitotuotteiden (Huom! juusto on proteiininlähteissä) ravintoainesisällöt ja ympäristövaikutukset eivät vaihdelleet kovin paljon, vaikka mukana olikin hyvin erilaisia tuotteita. Tähän vaikuttaa osaltaan se, että tämän ryhmän tuotteiden rikastaminen on yleistä, jolloin niiden ravintoainesisältö säädetään samalle tasolle kuin kilpailevien tuotteiden. Kasvisperäiset tuotteet, joita on kehitetty maitotuotteita korvaamaan, kuormittivat ilmastoa suurin piirtein saman verran kuin rasvaton maito, jopa hiukan enemmän. Hankkeessa ei ollut mukana kevytmaitoa eikä rasvaisempia maitoja, joiden tulos olisi voinut poiketa merkittävästi saaduista tuloksista. Jogurtti maustettuna ja maustamattomana ja hapatettu kauravalmiste kuormittivat ilmastoa vähän enemmän kuin juomat, mutta keskenään suurin piirtein saman verran. Rehevöittävän vaikutuksen suhteen kasvisperäiset tuotteet olivat kuitenkin selvästi parempi vaihtoehto.

5.2 Miten raaka-aineiden valinta ja prosessointi vaikuttavat tuotteen ravintosisältöön ja ympäristövaikutuksiin?

Edellä olevasta tuoteryhmien sisäisestä tarkastelusta saa yleistä kuvaa raaka-ainevalinnan vaikutuksesta tuotteen ravintoainesisältöön ja ympäristövaikutuksiin. Tarkemman kuvan **raaka-aineen valinnan** vaikutuksesta saa samaan käyttöön tarkoitettujen tuoteparien vertailusta. Vertailupareina ovat tumma ja vaalea makaroni ja graham- ja ruisvuokaleipä ja nestemäisistä maitotuotteista maustettu ja maustamaton jogurtti ja jogurtti ja hapatettu kauravalmiste¹⁵.

Viljatuotteissa kokojyväisyys muuttaa raaka-aineen käyttäytymistä tuotteen prosessoinnissa. Esimerkiksi tummassa makaronissa käytettiin osittain durumvehnää, mutta vaaleassa kokonaan kotimaista vehnää. Durumvehnän sitko on parempi kuin kotimaisen vehnän, joten sillä voidaan paikata kokojyväisyydestä

¹⁵ Jogurtti ja hapatettu kauravalmiste ovat siinä mielessä ns. sama tuote, että niitä käytetään samalla tavalla. Siinä mielessä ne taas ovat eri tuote, että niiden pääraaka-aine on erilainen (vaikka ns. mausteet voivatkin olla sitten olla ihan samat).

aiheutuvaa huonompaa muokattavuutta. Tällä raaka-ainevalinnalla oli aika merkittävä vaikutus makaronin ympäristövaikutusten synnylle, koska durumini ympäristövaikutukset ovat suuremmat kuin kotimaisen vehnän ja päälle tulee vielä kuljetuksen vaikutus. Kuitenkin kokojyväviljan vaikutus tuotteen ravintoainesisältöön on niin suuri, että se laski tumman makaronin E/N-indeksin paremmaksi kuin vaalean makaronin. Ruisvuokaleivän ja grahamvuokaleivän välillä molemmat tekijät, ravintoainesisältö ja ilmastovaikutus, vaikuttivat siihen, että ruisleivän E/N-indeksi oli alhaisempi kuin grahamleivän. Leipien valmistamisesta (leipomossa) aiheutuvat ympäristövaikutukset olivat samansuuruiset, mutta raaka-ainevalinta määrittäi ravintoainesisällön, ympäristövaikutuksen suuruuden ja E/N-indeksin arvon. Ruisleivän raaka-aineen aiheuttama ympäristökuormitus oli alhaisempi kuin grahamleivän, ravintoainesisältö sitä vastoin suurempi.

Proteiininlähteiden kohdalla tällaista kahdenvälistä vertailu ei kannata tehdä, koska proteiinin lähteet usein määrittävät ruokalajin, johon niitä käytetään, tai jopa ateriakokonaisuuden. Ruokalajeihin ja ateriakokonaisuuksiin liittyy muitakin raaka-ainevaihtoksia ja valmistustavan muutoksia, jotka vaikuttavat ravintoainesisältöön ja ympäristövaikutuksiin. Kokonaiskuvan proteiininlähteen vaihdosta saa siten ateriatason tarkastelulla. Saarinen ym. (2011) esittivät tällaisen tarkastelun ravitsemussuosituksen (Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2005) mukaisille aterioille ilmastovaikutuksen ja rehevöittävän vaikutuksen suhteen, mutta ilman kytkemistä tarkempaan ravintoainesisältöön. Jatkotarkastelu voisi koskea aterioita ja niiden välisiä eroja, jossa ravintoainesisältö otettaisiin huomioon FIN10-3 -ravintoaineindeksin avulla.

Hedelmät ja vihannekset olivat tässä tutkimuksessa hapankaalta lukuun ottamatta jalostamattomia tuotteita. Niitä ei voi tämän aineiston perusteella tarkastella raaka-ainevalintoina, koska niistä valmistettuja tuotteita ei ole tässä tarkastelussa mukana.

Tarkastelu **prosessoinnin vaikutuksesta** rajattiin hankkeen alkuvaiheessa koskemaan vain ympäristövaikutuksia. Prosessin vaikutuksen tarkastelu ravintoainesisällön suhteen olisi edellyttänyt ravintoaine-analyysointien tekemistä prosessin eri vaiheissa, mutta niistä luovuttiin.

Prosessoinnin vaikutusta tarkasteltiin katsomalla, miten ilmastovaikutus per kg tuotetta kehittyi tumman ja vaalean makaronin, luomuruisvuokaleivän ja luomugrahamvuokaleivän ja tavanomaisen ja luomukaurapuuron tuotantoketjujen edetessä. Kussakin tuoteparissa ilmastovaikutus per kg tuotetta käyttäytyi eri tavalla. Kaurapuuroissa valmiiksi syötävien lopputuotteiden ilmastovaikutus oli vain murto-osa pääraaka-aineen, eli kauran tai luomukauran, ilmastovaikutuksesta. Leipien ilmastovaikutus per kg oli taas samaa luokkaan kuin pääraaka-aineen, vaikka valmistus aiheuttikin jopa puolet leivän ilmastovaikutuksesta. Makaroneissa syötäväksi valmiin lopputuotteen ilmastovaikutus per kg oli vähän suurempi kuin pääraaka-aineen. Nämä tulokset havainnollistavat hyvin sitä, että alkutuotannon ympäristövaikutus ei kerro riittävästi tuotteen kulutuksen ympäristövaikutuksesta, vaan loppupäätelmien tekeminen edellyttää koko ketjun tarkastelua. Jatkotutkimuksessa tähän tarkasteluun pitäisi liittää ravintoainesisällön muutos niin tuote-, ateria- kuin ruokavaliotasollakin. Tällöin saataisiin tarkempaa tietoa kulutustapojen ravitsemusvaikutuksista.

5.3 Miten luomuun liittyvät ratkaisut näyttäytyvät tuotetason ravintoainesisällössä ja ympäristövaikutuksissa?

Luomutuotteiden elinkaariarviointia hankaloittaa tieteellisesti pätevien päästömallien puute raaka-aineiden alkutuotannon vaikutusten arvioimisessa. Käytössä olevat mallit perustuvat tavanomaisilta pelloilta tehtyihin mittauksiin. On syytä epäillä, etteivät ne kuvaa luomuviljelyn päästöjä luotettavasti, koska maaperän toiminnot vaikuttavat suuresti päästöjen syntyyn. Luomu ja tavanomainen viljely vaikuttavat maaperään eri tavalla. Lisäksi lähtötietojen vajavaisuus hankaloittaa elinkaariarviointia. Esimerkiksi viljelykierto jouduttiin oletamaan yksinkertaiseksi (yksi vuosi viherlannoitusta ja kaksi viljavuotta), kun todellisuudessa viljelykiertoissa on suurta vaihtelua. Luomutuotteiden elinkaariarvioinnin perustuminen todellisiin tuotantoketjuihin saatiin tietoihin on vielä tärkeämpää kuin tavanomaisten tuotteiden elinkaariarvioinnissa, koska on oletettavissa että luomutuotannossa sadot ja viljelytoimenpiteet ja sitä kautta viljelyn vaikutukset maahan ja esimerkiksi työkoneiden polttoainekulutukseen vaihtelevat vielä enemmän kuin tavanomaisessa viljelyssä. Näiden seikkojen takia luomucase-tuotteiden vertaaminen tavanomaisiin case-tuotteisiin pitää tehdä erityistä varovaisuutta noudattaen, eikä johtopäätöksiä luomutuotteiden ja tavanomaisten tuotteiden keskinäisestä suhteesta voi vielä tehdä.

Tässä tutkimuksessa ympäristövaikutuksista tarkasteltiin vai ilmastovaikutusta ja rehevöittävää vaikutusta. Lisäksi kehitettiin maaperävaikutusten arviointitapaa. Maaperävaikutusten arviointitavan testilaskelmissa saatiin luomun ja tavanomaisen tuotannon välille joitakin eroja. Testilaskennan tuloksia ei kuitenkaan voi pitää luotettavina, koska mallien toimivuutta ei ole varmennettu mittauksilla, ja laskennassa käytettiin paljon oletuksia, joiden paikkaansa pitävyyttä ei voi taata. Luotettavimmat tulokset saatiin maaperän orgaanisen aineksen arvioinnista YASSO07-mallilla, joka on muussa yhteydessä (Karhu et al. 2012) todettu periaatteessa soveltuvan suomalaisiin olosuhteisiin. Sen mukaan luomutuotanto kerryttää maan orgaanista ainesta, mutta tavanomainen hävittää sitä. Tavanomaisen viljelyn osalta on myös olemassa pitkäaikaisiin mittauksiin perustuva tieto, jonka mukaan kivennäismaapeltojen hiilivarasto Suomessa pienenee (Heikkinen ym. 2013). Maan orgaanisella aineksella on suuri merkitys maan toimintojen kannalta ja siksi sen muutos kuvaa osataan maaperävaikutuksia. Sen lisäksi maan orgaanisella aineksella on sidoksensa ilmastovaikutukseen ja rehevöittävään vaikutukseen. Maaperävaikutuksen liittäminen tarkasteluun (parempien päästömallien avulla) saattaa jatkossa muuttaa luomun ympäristövaikutuksia merkittävästi. Maaperän hiilivaraston muutokset vaikuttavat kuitenkin myös N₂O-päästöön, jolloin suoralta kädeltä ei voi sanoa, kuinka paljon maan orgaanisen aineksen määrän potentiaalinen lisääntyminen vähentäisi ilmastovaikutusta. Muita vaikutusluokkia, joissa luomun vaikutus on potentiaalisesti erilainen kuin tavanomaisessa tuotannossa, ovat muun muassa luonnon monimuotoisuus, ekotoksisuus ja toksisuus ihmiselle. Niitä ei tässä tutkimuksessa tarkastelu.

Luomutuotannon vaikutuksesta tuotteen ravintoainesisältöön on vaihtelevia käsityksiä (esim. Huber et al. 2011, Lairon 2009). Useissa tutkimuksissa on havaittu eroja luomun ja tavanomaisen välillä mikroravinteissa, kasvien sekundaariaineenvaihdunnan tuotteissa (esim. Asami et al. 2003) ja maidon rasvahappokoostumuksessa (esim. Benbrook et al. 2013, Ellis et al. 2006). Tässä hankkeessa tehtiin kaikista case-tuotteista¹⁶ ravintoaineanalyysit niiden ravintoaineiden osalta, jotka kuuluivat hankkeessa kehitettyihin ns. suomalaisiin ravintoainekindeksiin (FNI ja FNI_{group}). Analyysijä otettiin keskimäärin viidestä rinnakkaisesta tuotteesta, mutta siitä ei ollut varmuutta, että ne olisivat olleet eri tuotantoeristä. Analyysien mukaan luomu ja tavanomaisten tuotteiden ravintoainesisällöissä on eroja, mutta ne eivät ole systemaattisia toisen tuotantotavan eduksi. Vertailupareja oli kolme; kaurahiutaleet, rypsiöljyt ja rasvattomat maidot. Analyysitulokset eivät ole julkisia, eikä niitä siksi ole esitetty tulosten yhteydessä, vaan ainoastaan tässä koostettuina johtopäätöksinä.

Luomukaurahiutaleessa oli hivenen enemmän proteiineja ja tyydyttymättömiä rasvahappoja kuin kaurahiutaleessa, mutta jopa lähes 8 % vähemmän ravintokuituja. Tyydyttyneiden rasvahappojen pitoisuudessa ei ollut eroa. Kivennäis- ja hivenaineista kaliumia, kalsiumia, magnesiumia ja sinkkiä oli luomukaurahiutaleessa hivenen (2-6 %) enemmän kuin tavanomaisessa, mutta rautaa (5 %) vähemmän (suurin ero sinkin määrässä). Natriumpitoisuudessa ei ollut eroa. Vitamiineista kaurahiutaleesta tutkittiin vain B-ryhmän vitamiineja ja C-vitamiini. Tavanomainen kaurahiutale sisälsi B₁-, B₆- ja B₁₂-vitamiinia ja foolihappoa enemmän kuin luomukaurahiutale. B₁₂-vitamiinia tavanomaisessa kaurahiutaleessa oli yli nelinkertainen määrä luomuun verrattuna. B₆-vitamiinia tavanomaisessa oli 32 % enemmän, B₁-vitamiinia 9,5 % ja foolihappoa noin 3 % enemmän kuin luomussa. B₂-vitamiinia oli luomussa noin 3 % enemmän kuin tavanomaisessa. C-vitamiinia ei ollut kummassakaan tuotteessa havaittavaa määrää.

Luomurypsiöljyn ja tavanomaisen rypsiöljyn välillä oli vain hyvin pieniä eroja. On huomattava, että molemmat öljyt olivat kylmäpuristettuja. Öljyillä on suurin ravitsemuksellinen merkitys rasvahappojen ja E-vitamiinin lähteenä. Luomurypsiöljyssä oli 1-3 % enemmän tyydyttyneitä ja monitydyttymättömiä rasvahappoja kuin tavanomaisessa, mutta noin 1 % vähemmän kertatyydyttymättömiä rasvahappoja. E-vitamiinin eri muodoista luomussa oli a-tokoferolia noin 1 % enemmän, mutta noin 5 % vähemmän g- ja d-tokoferolia. Lisäksi eroja oli kivennäis- ja hivenaineissa. Luomu sisälsi enemmän kalsiumia (43 %) ja rautaa (9,5 %), mutta vähemmän natriumia (25 %), magnesiumia (100 %) ja sinkkiä (13 %). Kasviöljyjen kivennäis- ja hivenaineiden pitoisuudet ovat kuitenkin niin pieniä, ettei niillä ole ravitsemuksen kannalta merkitystä, varsinkin kun öljyjen käyttömäärät ovat pieniä.

Maidon suhteen vertailun mielekkyyttä vähensi se, että case-tuotteet olivat rasvattomia maitoja. Kirjallisuudessa on nimittäin esitetty, että luomumaito eroaa tavanomaisesta maidosta erityisesti rasvahappokoostumukseltaan (Palupi et al. 2012, Benbrook et al. 2013). Näissä analyyseissä selvin ero luomumaidon ja tavanomaisen maidon välillä oli D-vitamiinipitoisuudessa, koska sitä on lisätty tavanomaiseen maitoon, mutta ei luomumaitoon. Lisäksi tavanomaisessa maidossa oli noin 55 % enemmän foolihappoa ja noin 7 % enemmän proteiineja. Luomumaidossa oli sitä vastoin noin 13 % enemmän B₁₂-vitamiinia. Kiven-

¹⁶ Tuotteet analysoitiin siitä muodosta, jossa ne ovat ostettavissa kaupasta, ei siis välttämättä syöntivalmiina.

näis- ja hivenaineista luomussa oli enemmän natriumia ja kalsiumia (molempia noin 3 %), mutta vähemmän sinkkiä (noin 3 %). Laktoosia luomumaidossa oli pari prosenttia vähemmän.

Nämä pienet erot luomun ja tavanomaisen välillä vaikuttivat E/N-indeksissä käytettyihin ravintoaindeksien arvoihin (taulukko 18). Ravintoaindeksien arvot luomutuotteille olivat kaikissa vertailupareissa hieman pienemmät.

Luomun suhteen lisätutkimusta tarvitaan sekä ympäristövaikutusten arvioinnin, erityisesti alkutuotannon päästömallien kehittämisen, että ravintoainesisällön osalta.

5.4 Minkälaista ruoan terveys- ja ympäristövaikutuksista kertovan kuluttajainformaation pitäisi olla?

Hankkeen perimmäisimpänä tutkimuskysymyksenä oli, minkälaista tuotteisiin liittyvän terveys- ja ympäristövaikutuksia koskevan kuluttajainformaation pitäisi olla, jotta kestävyys eri aspektit tulisivat tarkoituksenmukaisesti esille.

Hankkeessa muodostettiin alustava viitekehys ruoan kestävyysvaikutusten tarkastelulle (luku 1.1, taulukko 1). Sen tarkoituksena on tarjota kokonaisnäkyä siihen vaikutusten kirjoon, joka ruokatuotteilla on. Viitekehys pitää sisällään ekologisen ja sosiaalis-taloudellisen kestävyys ja se on tarkoitettu tuotetason tarkastelun pohjaksi. Monessa kohtaa selkeät mittarit kuitenkin vielä puuttuvat. Ekologisen kestävyys kentässä elinkaariarviointi tarjoaa tuotekohtaisen mittaamistavan joidenkin vaikutusten (eli ympäristömuutosten) suhteen. Esimerkkeinä näistä on tässäkin tutkimuksessa käytetyt ilmastovaikutuksen (vaikutus ilmastonmuutokseen) ja vesiä rehevöittävän vaikutuksen (potentiaalinen vaikutus vesien rehevöitymiseen) indikaattorit. Monia ekologisiakin vaikutuksia on kuitenkin vielä hankala mitata. Esimerkiksi kemikalisoitumisen määrällinen arvioiminen on vaikeaa yleisemmälläkin tasolla (Rockström et al. 2009). Myös tuotekohtaisen biodiversiteettivaikutuksen mittaaminen on haasteellista. Tuotekohtaisen sosiaalis-taloudellisen kestävyys mittaaminen sosiaalisten vaikutusten elinkaariarvioinnilla (SLCA) on kauttaaltaan alkuvaiheessaan. Suomessa ruokatuotteiden SLCA-tutkimuksia ei ole vielä tehty.

Näin ollen olemme vielä kaukana siitä, että esimerkiksi kuluttajille voisi tarjota kokonaisnäkemystä ruokatuotteen kestävydestä. Hankkeessa tehdyn kartoituksenkin mukaan on harvinaista, että edes tuotteen ympäristövaikutuksista ja ravitsevuudesta tai terveellisyydestä viestitään samanaikaisesti.

Parempaan tietoperustan tarkoituksena on osaltaan mahdollistaa kestävien kulutusvalintojen tekeminen – ja auttaa myös kulutusvalintojen poliittista ohjausta. Pelkästään tietoperusta ei vielä riitä, vaan tarvitaan myös viestintää ja viime kädessä tekoja, kestäviä valintoja. Hankkeessa pidettyjen työpajojen mukaan tarvitaan ennen kaikkea valistus pohjaista viestintää, joka kuitenkin rakentuu jaetulle tiedontuotannolle, joka loisi pohjaa tarvittavalle arvojen muutokselle.

6 Kirjallisuus

- Achten, W.M.J., Mathijs, E. & Muys, B. 2009. Proposing a life cycle land use impact calculation methodology. Nemecek, T. & Gaillard, G. (eds.). *Julkaisussa: Proceedings of the 6th International Conference on LCA in the Agri-Food Sector – Towards sustainable management of the Food chain*. Zürich: Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART. p. 22-33.
- Alakukku, L. 2000. Response of annual crops to subsoil compaction in a field experiment on clay soil lasting 17 years. *Advances in Geoecology* 32: 205-208.
- Alakukku, L., Weisskopf, P., Chamen, W.C.T., Tijink, F.G.J., van der Linden, J.P., Pires, S., Sommer, C. & Spoor, G. 2003. Prevention strategies for field traffic-induced subsoil compaction: a review: Part 1. Machine/soil interactions. *Soil and Tillage Research* 73: 145-160.
- Alakukku, L. & Elonen, P. 1994. Finnish experiments on subsoil compaction by vehicles with high axle load. *Soil and Tillage Research* 29: 151-155.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. & Smith, M. 1998. *Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
- Al Majou, H., Bruand, A., Duval, O., Le Bas, C. & Vautier, A. 2008. Prediction of soil water retention properties after stratification by combining texture, bulk density and the type of horizon. *Soil use and management*, 24(4), 383-391.
- Artturi. 2013. Rehuanalyysi. MTT ja Valio. Saatavissa: <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Artturi/Rehuanalyysi>
- Andersson, W.A., Slaughter, D., Laffey, C. & Lardner, C. 2010. Reduction of folic acid during baking and implications for mandatory fortification of bread. *International Journal of Food Science and Technology* 2010, 45, 1104–1110
- Asami, DK, Hong, Y-J, Barret, D.M. & Mitchell, A. 2003. Comparison of the Total Phenolic and Ascorbic Acid Content of Freeze-Dried and Air-Dried Marionberry, Strawberry, and Corn Grown Using Conventional, Organic, and Sustainable Agricultural Practices. *J. Agric. Food Chem.* 2003, 51, 1237-1241.
- Ball, B.C. 2013. Soil structure and greenhouse gas emissions: a synthesis of 20 years of experimentation. *European Journal of Soil Science* 64: 357-373.
- Beck, T., Bos, U., Wittstock, B., Baitz, M., Fischer, M. & Sedlbauer, K. 2010. *Land Use Indicator Value Calculation in Life Cycle Assessment – Method Report*. Fraunhofer Institute for Building Physics Department Life Cycle Engineering. Echterdingen.
- Benbrook, C.M., Butler, G., Latif, M.A., Leifert, C. & Davis, D.R. 2013. Organic Production Enhances Milk Nutritional Quality by Shifting Fatty Acid Composition: A United States–Wide, 18-Month Study. *PLoS ONE* 8(12): e82429. doi:10.1371/journal.pone.0082429.
- Berglund, K., Berglund, Ö. & Bjuréus, A. 2002. Markstrukturindex- ett sätt att bedöma jordarnas fysikaliska status och odlingssystemets inverkan på markstrukturen. *Avdelningsmeddelande 02:4*. Sveriges Landbruksuniversitet, Institutionen för markvetenskap. Uppsala.
- Blonk, H., Kool, A., Luske, B. & de Waart, S. 2008. Environmental effects of protein-rich food products in the Netherlands Consequences of animal protein substitutes. English summary. December 2008.

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

Bouma, J. & Droogers, P. 1998. A procedure to derive land quality indicators for sustainable agricultural production. *geoderma* 85: 103-110.

Brandão, M., Milà i Canals, L. & Clift, R. 2011. Soil organic carbon changes in the cultivation of energy crops: Implications for GHG balances and soil quality for use in LCA. *Biomass and Bioenergy* 35: 2323-2336.

Brandão, M. & i Canals, L.M. 2013. Global characterisation factors to assess land use impacts on biotic production. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(6), 1243-1252.

Cederberg, C., Persson, U.M., Neovius, K., Molander, S. & Clift, R. 2011. Including Carbon Emissions from Deforestation in the Carbon Footprint of Brazilian Beef. *Environ. Sci. Technol.* 2011, 45, 1773–1779

Chef's News, 2011. Lihatuokku Veijo Votkinin asiakaslehti.

Coleman, K., Jenkinson, D. S., Crocker, G.J., Grace, P.R., Klir, J., Körschens, M., Poulton, P.R. & Richter, D.D. 1997. Simulating trends in soil organic carbon in long-term experiments using RothC-26.3. *Geoderma*, 81(1), 29-44.

Cowell, S.J. & Clift, R. 2000. A methodology for assessing soil quantity and quality in life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production* 8: 321-331.

Darmon, N., Darmon, M., Maillot, M. & Drewnowski, A. 2005. A nutrient density standard for vegetables and fruit: nutrients per calorie and nutrients per unit cost. *J Am Diet Assoc* 2005;105:1881–1887.

DEFRA 2009. Indicators for a Sustainable Food System. Saatavilla:
<http://archive.defra.gov.uk/evidence/statistics/foodfarm/general/foodsystemindicators/documents/foodsystemindicators.pdf>

Doran, J.W. 2002. Soil health and global sustainability: translating science into practice. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 88: 119-127.

Drewnowski, A. 2005 Concept of a nutritious food: toward a nutrient density score. *Am J Clin Nutr* 2005;82: 721–32.

Drewnowski, A. & V. Fulgoni III, 2007. Nutrient profiling of foods: creating a nutrient-rich food index. *Nutrition Reviews®* Vol 66(1) 23-39.

Edström, M., Pettersson, O., Nilsson, L. & Hörndahl, T. 2005. Jordbrukssektorns energianvändning. JTI-rapport. *Lantbruk & Industri* 342. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik.

Ferrante, A. Incrocci L. & Serra, G. 2008. Quality changes during storage of fresh-cut or intact Swiss chard leafy vegetables. *Journal of Food, Agriculture & Environment* Vol.6 (3&4) : 60 - 62 . 2 0 0 8

Ellis, K.A., Innocent, G., Grove-White, D., Cripps, P., McLean, W.G., Howard, C.V. & Mihm, M. 2006. Comparing the Fatty Acid Composition of Organic and Conventional Milk. *J. Dairy Sci.* 89:1938–1950.

Euroopan komissio 2002. Kohti maaperänsuojelun teemakohtaista strategiaa. Komission tiedonanto neuvostolle, Euroopan parlamentille, talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. KOM(2002) 179. Euroopan yhteisöjen komissio. Bryssel.

Euroopan komissio 2006. Ehdotus Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiiviksi maaperän suojelun puitteista ja direktiivin 2004/35/EY muuttamisesta. KOM(2006) 232. Euroopan yhteisöjen komissio. Bryssel.

Euroopan komissio, 2009. Komission yksiköiden valmisteluasiakirja – Ohjeet sopimattomista kaupallisista menettelyistä annetun direktiivin 2005/29/EY täytäntöönpanoa ja soveltamista varten.

Evira, 2010. Ravintoarvomerkintäopas elintarvikevalvojille ja elintarvikealan toimijoille – Eviran ohje 17030/1.

FAO, IIASA, ISRIC, ISSCAS & JRC 2012. Harmonized World Soil Database (version 1.2). FAO, Rome, Italy and IIASA, Laxenburg, Austria.

FAO 2013. Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems (SAFA), Guidelines. Version 3.0. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rooma. Saatavilla: <http://www.fao.org/nr/sustainability/sustainability-assessments-safa/en/>

Finke, P., Hartwich, R., Dudal, R., Ibanez, J., Jamagne, M., King, D., Montanarella, L. & Yassoglou, N. 2001. Georeferenced soil database for Europe. Manual of procedures, Version 1.1. European Soil Bureau Scientific Committee.

Fulgoni, V.L., Keast, D.R. & Drewnowski, A. 2009. Development and Validation of the Nutrient-Rich Foods Index: A Tool to Measure Nutritional Quality of Foods. *J Nutrition* 139, 1549-1554.

Fullen, M.A. 1985. Compaction, hydrological processes and soil erosion on loamy sands in east Shropshire, England. *Soil and Tillage Research* 6: 17-29.

Garrigues, E., Corson, M.S., Angers, D.A., van der Werf, H.M.G. & Walter, C. 2013. Development of a soil compaction indicator in life cycle assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*.

Garrigues, E., Corson, M.S., Walter, C., Angers, D.A. & Van der Werf, H. 2012. Soil-quality indicators in LCA: method presentation with a case study. Corson, M.S., van der Werf, H.M.G (ed.). *Julkaisussa: Proceedings of the 8th International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector (LCA Food 2012)*, 1-4 October 2012, Saint Malo, France. p. 20-25. Rennes, France: INRA. p. 347-352.

Gattinger, A., Muller, A. Haeni, M., Skinner, C., Fliessbach, A., Buchmann, N., Mäder, P., Stolze, M., Smith, P., Scialabba, E-H. N. & Niggli, U. 2012. Enhanced top soil carbon stocks under organic farming. *PNA* October 30, 2012 | vol. 109 | no. 44.

Grönroos, J., Mattila, P., Regina, K., Nousiainen, J., Perälä, P., Saarinen, K. & Mikkola-Pusa, J. 2009. Development of the ammonia emission inventory in Finland. Revised model for agriculture. *The Finnish Environment* 8/2009.

Hartikainen, H., Katajajuuri, J-M, Pulkkinen, H., Saarinen, M., Silvenius, F., Usva, K. & Yrjänäinen, H. 2012a. Suositus elintarvikkeiden ilmastovaikutusten arvioimiseksi elinkaariarvioinnilla. MTT. https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/hankkeet/foodprint/laskentasuositus/Suositus_071112_Final.pdf

Hartikainen, H., Katajajuuri, J-M, Pulkkinen, H., Saarinen, M., Silvenius, F., Usva, K. & Yrjänäinen, H. 2012b. Liite 3. Tukimateriaali suositukselle. Suositus elintarvikkeiden ilmastovaikutusten arvioimiseksi elinkaariarvioinnilla. MTT.

Heijungs, R. (ed.), Guinée JB, Huppens, G., Lnakreijer, R.M., Udo de Haes, H.A. & Sleeswijk, A.W. 1992. *Environmental Life Cycle Assessment of Products*. MultiCopy, Leiden/ref. Seppälä ym. 2004.

Heikkinen, J., Ketoja, E., Nuutinen, V. & Regina, K. 2013. Declining trend of carbon in Finnish cropland soils in 1974-2009. *Global Change Biology* 19: 1456-1469.

Heikkurinen, P., Jalkanen, L., Järvelä, K., Järvinen, M., Katajajuuri, J-M., Koistinen, L., Kotro, J., Mäkelä, J., Pesonen, H-L., Riipi, I., Ulvila, K-M. & Forsman-Hugg, S. 2012. Vastuullisuus Ruokaketjussa: Eväitä johtamiseen, mittaamiseen ja viestintään. MTT Jokioinen. Saatavilla: <http://www.mtt.fi/julkaisut/vastuullisuusruokaketjussa.pdf>

- Hoikkala, A., Mustonen, E., Saastamoinen, I., Jokela, J., Taponen, J., Saloniemi, H. & Wähälä, K. 2007. High levels of equol in organic skimmed Finnish cow milk. *Mol. Nutr. Food Res.* 2007, 51, 782–786.
- Hildén, M., Lehtonen, H., Bärlund, I., Hakala, K., Kaukoranta, T. & Tattari, S. 2005. The practice and process of adaptation in Finnish agriculture. FINADAPT Working Paper 5, Finnish Environment Institute Mimeographs 335, Helsinki, 28 pp.
- Huber, M., Rembiałkowskab, E., Srednicka, D., Bugel, S. & van de Vijver, L.P.L. 2011. Organic food and impact on human health: Assessing the status quo and prospects of research. *Review. Wageningen Journal of Science* 58(2011)103-109.
- Häkkinen, S.H., Kärenlampi, S.O., Heinonen, I.M., Mykkänen, H.M. & Törrönen, A.R. 1999. Content of the Flavonols Quercetin, Myricetin and Kaempferol in 25 Edible Berries. *J. Agric. Food Chem.* 1999, 47, 2274-2279.
- IDF. 2010. A common carbon footprint approach for dairy. The IDF guide to standard lifecycle assessment methodology for the dairy sector. Bulletin 445/2010 of the International Dairy Federation.
- Ilmatieteen laitos 2013a. Avattavat tietoaaineistot. Cited 9/10 2013. 2013a. Available on the Internet: <http://ilmatieteenlaitos.fi/avoin-data-avattavat-aineistot>.
- Ilmatieteen laitos 2013b. Henkilökohtainen tiedonanto 11.10.2013.
- Ilmatieteen laitos 2013c. Suomen ilmastoa kuvaavat vertailukauden 1981-2010 keskiarvot. Cited 12/3 2013. 2013c. Available on the Internet: <http://ilmatieteenlaitos.fi/ilmastollinen-vertailukausi>.
- Internet 1:
<http://www.evira.fi/portal/fi/elintarvikkeet/valmistus+ja+myynti/pakkausmerkinnat/ravitsemus+ja+terveysvaitteet/>
- Internet 2:
<http://www.evira.fi/portal/fi/elintarvikkeet/valmistus+ja+myynti/pakkausmerkinnat/elintarviketietoasetus>
- Internet 3: <http://www.etl.fi/www/fi/elintarviketeollisuus/gda.php> GDA, Elintarviketeollisuusliitto (ETL)
- Internet 4: http://www.evira.fi/portal/fi/evira/asiakokonaisuudet/muuntogeeniset_tuotteet__gm_/Muuntogeeniset_tuotteet, Evira
- Internet 5: http://www.bioteknologia.info/etusivu/fi_FI/tervetuloa/ Muuntogeeniset tuotteet, Tekes
- Internet 6:
http://europa.eu/legislation_summaries/internal_market/businesses/intellectual_property/166044_en.htm#KEY Summary of Council Regulation (EC) No 510/2006 of 20 March 2006 on the protection of geographical indications and designations of origin for agricultural products and foodstuffs, EU
- Internet 7:
http://www.mmm.fi/en/index/frontpage/press_releases/101029_lapin_poron_kuivaliha_en.html PDO & PGI, Maa- ja metsätalousministeriö
- Internet 8: http://www.sydanmerkki.fi/sydanmerkki_tuotteet/etusivu/fi_FI/etusivu/ Sydänmerkki – Parempi valinta –tunnus, Suomen Sydänliitto ry
- Internet 9: http://www.hyvaasuomesta.fi/Suomeksi/Miksi_valita_suomalaista Hyvää Suomesta - joutsenlippu, Ruokatieto Yhdistys ry
- Internet 10: www.avainlippu.fi Avainlippu-alkuperämerkki, Suomalaisen Työn Liitto
- Internet 11: http://www.ymparistomerkki.fi/ymparistomerkki/useimmin_kysyttya Joutsenmerkki, Ympäristömerkintä - Motiva Services Oy

- Internet 12: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=262064&lan=FI> Ympäristömerkit, Valtion ympäristöhallinto
- Internet 13: http://www.evira.fi/portal/fi/evira/asiakokonaisuudet/luomu/markkinointi_ja_merkinnat/aurinkomerkki/Aurinkomerkki, Elintarviketurvallisuusvirasto Evira
- Internet 14: http://www.evira.fi/portal/fi/evira/asiakokonaisuudet/luomu/markkinointi_ja_merkinnat/eu_n_luomutunnus/Eurolehti, Elintarviketurvallisuusvirasto Evira
- Internet 15: www.biodyn.fi Demeter-tuotemerkki, Biodynaaminen yhdistys – Biodynamiska föreningen ry.
- Internet 16: <http://www.fazer.fi/Vastuullisuus/Yritysvastuun-osa-alueet1/Vastuuymparistosta/hiilijalanjalki/Fazerin-hiilikukka-kertoo-tuotteen-ilmastokuorman-sen-elinkaaren-aikana-pelloilta-kaupan-hyllylle-saakka/Hiilijalanjalkimerkki>, Fazer
- Internet 17: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2002/20020987> Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös makkaran koostumuksesta ja pakkausmerkinnöistä 139/1996, muutos 978/2002, Oikeusministeriö
- Internet 18: <http://www.ts.fi/uutiset/kotimaa/244623/HK+antoi+periksi+rypsipossukiistassa> Rypsiporsaan markkinointi, Turun Sanomat 3.8.2011
- Internet 19: <http://opetus.ruokatieto.fi/WebRoot/1043190/sisaltosivu.aspx?id=1072173> Maidon homogointi, Ruokatieto Yhdistys ry
- Internet 20: <http://www.kasvikset.fi/WebRoot/1033640/Page.aspx?id=1048175> Glykeeminen indeksi, Kotimaiset Kasvikset ry
- Jensen, E.S. 1987. Seasonal patterns of growth and nitrogen fixation in field-grown pea. *Plant and Soil*, 101(1), 29-37.
- Kansainvälinen kauppakamari, 2006. Markkinoinnin kansainväliset itsesääntelyohjeet 2006 – Kansainvälisen kauppakamarin ICC:n ohjeet vastuullisesta mainonnasta ja markkinoinnista elinkeinoelämälle.
- Karhu, K., Gärdenäs, A.I., Heikkinen, J., Vanhala, P., Tuomi, M. & Liski, J. 2012. Impacts of organic amendments on carbon stocks of an agricultural soil – Comparison of model-simulations to measurements. *Geoderma* 189–190: 606-616.
- Karlen, D.L., Mausbach, M.J., Doran, J.W., Cline, R.G., Harris, R.F. & Schuman, G.E. 1997. Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation (a guest editorial). *Soil Science Society of America Journal* 61: 4-10.
- Koellner, T., De Baan, L., Beck, T., Brandão, M., Civit, B., Margni, M., Milà i Canals, L., Saad, R., de Souza, D.M. & Müller-Wenk, R. 2013. UNEP-SETAC guideline on global land use impact assessment on biodiversity and ecosystem services in LCA. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 18: 1188-1202.
- Kooistra, M.J. & Boersma, O.H. 1994. Subsoil compaction in Dutch marine sandy loams: loosening practices and effects. *Soil and Tillage Research* 29: 237-247.
- Kukkonen, S., Alakukku, L., Myllys, M. & Palojärvi, A. 2004. Soil quality on-farm assessment - a review. *Maa- Ja Elintarviketalous* 63. MTT Agrifood Research Finland. Jokioinen, Finland: 1-86 p.
- Känkänen, H. (toim). 2001. Viherkesannot ja aluskasvit viljan viljelyssä : Viljelyjärjestelmät-tutkimuksen loppuseminaari, Jokioinen, 7.3.2001. MTT:n julkaisuja. Sarja B 25.
- Köster, E.P. 2009. Diversity in the determinants of food choice: A psychological perspective. *Food Quality and Preference* 20 (2009) 70–82.

- Lachance and Fischer 1986 Educational and technological innovations required to enhance the selection of desirable nutrients. *Clinical Nutrition* 1986; 5: 257–67.
- Lairon, D. 2009. Nutritional quality and safety of organic food. A review. *Agron. Sustain. Dev.* (2009). Saatavissa internetistä: <http://dx.doi.org/10.1051/agro/2009019>
- Leach, K., Gerrard, C. & Padel, S. 2013. Rapid sustainability assessment of organic and low-input farming across Europe and identification of research needs. 139 s.
- Lilja, H., Turtola, E., Hyväluoma, J., Hakala, O., Puustinen, M. & Uusi-Kämppä, J. 2014. Suomen peltojen karttapohjainen eroosioluokitus: karttojen kattavuus ja käyttömahdollisuudet. MTT Raportti 133.
- Maataloustilastot. 2014. Satotilasto. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. Saatavissa: <http://www.maataloustilastot.fi/satotilasto>
- Mavi. 2008. Ravinnetaseet. Ympäristötuen lisätoimenpide lannoituksen ja sadon ravinnemäärien seurantaan. Maaseutuvirasto.
- Maillot, M., Darmon, N., Darmon, M., Lafay, L. & Drewnowski, A. 2007 Nutrient-dense food groups have high energy costs: an econometric approach to nutrient profiling. *J Nutr* 2007;137:1815–1820.
- Mattila, T., Helin, T. & Antikainen, R. 2012. Land use indicators in life cycle assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 17: 277-286.
- Mattila, T., Helin, T., Antikainen, R., Soimakallio, S., Pingoud, K. & Wessman, H. 2011. Land use in life cycle assessment. *The Finnish Environment* 24.
- Mattsson, B., Cederberg, C. & Blix, L. 2000. Agricultural land use in life cycle assessment (LCA): case studies of three vegetable oil crops. *Journal of Cleaner Production* 8: 283-292.
- Milà i Canals, L., Rigarlsford, G. & Sim, S. 2013. Land use impact assessment of margarine. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 18: 1265-1277.
- Milà i Canals, L., Romanyà, J. & Cowell, S.J. 2007. Method for assessing impacts on life support functions (LSF) related to the use of 'fertile land' in Life Cycle Assessment (LCA). *Journal of Cleaner Production* 15: 1426-1440.
- Millennium Ecosystem Assessment 2005. *Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment*.
- Mikkola, H. & Ahokas, J. 2009. Energy ratios in Finnish agricultural production. *Agricultural and Food Science*, Vol 18 (2009): 332-346.
- MTT Vakola 2004. Maatalous - ja metsäkoneiden myynti 2000–2002. Cited 10/4 2013. 2004. Saatavilla: <http://jukuri.mtt.fi/bitstream/handle/10024/441066/TILASTOKOKO.pdf?sequence=1>.
- Muys, B. & Carcía Quijano, J. 2002. A new method for Land Use Impact Assessment in LCA based on the ecosystem exergy concept. Laboratory for Forest, Nature and Landscape Research, KULeuven.
- Myllys, M., Palojärvi, A. & Alakukku, L. 2006. Peltomaan laatutesti kertoo maan kunnon. Koetoiminta ja käytäntö 3: 14-16.
- Nokian Heavy Tyres Technical manual / Agricultural tyres. 2010. Cited 10/18 2013. 2010. Saatavilla: http://www.nokianraskaatrenkaat.fi/files/nht/technical_manual/NokianHeavyTyres_Technical_manual_04_Agricultural_20082013.pdf.
- Nousiainen, J., Tuori, M., Turtola, E. & Huhtanen, P. 2011. Dairy farm nutrient management model. 1. Model description and validation. *Agricultural Systems* 104 (2011) 371-382.

- Nunez, M., Antón, A., Muñoz, P. & Rieradevall, J. 2013. Inclusion of soil erosion impacts in life cycle assessment on a global scale: application to energy crops in Spain. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(4), 755-767.
- Oberholzer, H., Freiermuth Knuchel, R., Weisskopf, P. & Gaillard, G. 2012. A novel method for soil quality in life cycle assessment using several soil indicators. *Agronomy for Sustainable Development* 32: 639-649.
- OECD 2013. Sustainable agriculture, Theme: soil quality. Cited 12/10 2013. 2013. Saatavissa internetistä: <http://www.oecd.org/tad/sustainable-agriculture/themesoilquality.htm>.
- O'Sullivan, M.F., Henshall, J.K. & Dickson, J.W. 1999. A simplified method for estimating soil compaction. *Soil and Tillage Research* 49: 325-335.
- Pahkala, K., Hakala, K., Kontturi, M. & Niemeläinen, O. 2009. Peltobiomassat globaalina energianlähteenä. *Maa- ja elintarviketalous* 137. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotanto.
- Palupi, E., Jayanegara, A., Ploeger, A. & Kahl, J. 2012 Comparison of nutritional quality between conventional and organic dairy products: a meta-analysis. *J Sci Food Agric* (2012).
- Palojärvi, A., Alakukku, L., Martikainen, E., Niemi, M., Vanhala, P., Jørgensen, K. & Esala, M. 2002. Luonnonmukaisen ja tavanomaisen viljelyn vaikutukset maaperään. *Maa- ja Elintarviketalous* 2. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. 88 s.
- Pietola, L. & Alakukku, L. 2005. Root growth dynamics and biomass input by Nordic annual field crops. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 108: 135-144.
- Posio, M. 2010. Kotieläintilojen energiankulutus. (Energy usage of domestic farms). M. Sc. Thesis. Faculty of Agriculture and Forestry. Department of Agricultural Sciences.
- ProAgria. 2010. Tuotosseurannan tulokset. ProAgria tulosseminaari 2010.
- Prudêncio da Silva, V., van der Werf, H., Spies, A., Soares, S., 2010. Variability in environmental impacts of Brazilian soybean according to crop production and transport scenarios. *J. Environ. Manage.* 91, 1831-1839.
- Puustinen, M., Koskiahho, J. & Peltonen, K. 2005. Influence of cultivation methods on suspended solids and phosphorus concentrations in surface runoff on clayey sloped fields in boreal climate. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 105: 565-579.
- Puustinen, M., Tattari, S., Koskiahho, J. & Linjama, J. 2007. Influence of seasonal and annual hydrological variations on erosion and phosphorus transport from arable areas in Finland. *Soil and Tillage Research* 93:44-55.
- Puustinen, M., Turtola, E., Kukkonen, M., Koskiahho, J., Linjama, J., Niinioja, R. & Tattari, S. 2010. VIHMA—A tool for allocation of measures to control erosion and nutrient loading from Finnish agricultural catchments. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 138: 306-317.
- Renard, K.G. & Ferreira, V.A. 1993. RUSLE model description and database sensitivity. *Journal of Environmental Quality* 22, 458-466. Riesinger, P. 2010. Agronomic challenges for organic crop husbandry. Helsinki, Finland: University of Helsinki, Faculty of Agriculture and Forestry, Department of Agricultural Sciences.
- Riesinger, P. & Herzon, I. 2008. Variability of herbage production in mixed leys as related to ley age and environmental factors: a farm survey. *Agricultural and Food Science* 17: 394-412.
- Riesinger, P. 2010. Agronomical challenges for organic crop husbandry. Doctoral thesis in Agroecology. Department of Agricultural Sciences. Publications 2.
- Riipinen, T. 2010. Miten traktorin vetokyky muodostuu? *Koneviesti* 7: 12-14.

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., III, F.S.C., Lambin, E.F., Lenton T.M., Scheffer M., Folke, C., Schellnhuber, H.J., Nykvist, B., de Wit, C.A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P.K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V. J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P. & Foley, J.A. 2009. A safe operating space for humanity. *Nature* 461/24 September 2009.

Rosenbaum, R.K., Bachmann, T.M., Gold, L.S., Huijbergts, M.A.J., Jolliet, O., Juraske, R., Koehler, A., Larsen, H.F., MacLeod, M., Margni, M., McKone, T.E., Payet, J., Schuhmacher, M., van de Meent, D. & Hauschild, M.Z. 2008. USEtox-the UNEP-SETAC toxicity model: recommended characterisation factors for human toxicity and freshwater ecotoxicity in life cycle assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 13: 532-546.

Ruiz-Rodriguez, A., Marín, F.R., Ocana, A. & Soler-Rivas, C. 2007. Effect of domestic processing on bioactive compounds. *Phytochem Rev* (2008) 7:345–384.

Ryhmäesittely, kaksoisaurat. 2007. *Koneviesti* 6: 75-77.

Ryhmäesittely, kasvinsuojeluruiskut. 2007. *Koneviesti* 17: 57-59.

Ryhmäesittely, kevätyökoneet. 2007. *Koneviesti* 14: 62-65.

Ryhmäesittely, leikkuupuimurit. 2007. *Koneviesti* 16: 24-28.

Ryhmäesittely, s-piikkiäkeet ja kultivaattorit. 2007. *Koneviesti* 1: 35-36.

Ryhmäesittely, traktoritaulukko. 2007. *Koneviesti* 4: 78-103.

Ryhmäesittely, niittokoneet. 2008. *Koneviesti* 12: 62.

Räsänen, K., Nousiainen, R., Kurppa, S., Autio, S., Junnila, S., Tiilikkala, K., Kaseva, J. & Laitinen, P. 2013. How to measure the environmental risks from uses of plant protection products for achieving the IPM requirements and risk communication. *MTT Report* 105.

Saad, R., Margni, M., Koellner, T., Wittstock, B. & Deschenes, L. 2011. Assessment of land use impacts on soil ecological functions: development of spatially differentiated characterization factors within a Canadian context. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 16: 198-211.

Saad, R., Koellner, T. & Margni, M. 2013. Land use impacts on freshwater regulation, erosion regulation and water purification: a spatial approach for a global scale level. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 18. 1253-1264.

Saarinen, M., Kurppa, S., Nissinen, A. & Mäkelä, J. (toim.). 2011. Aterioiden ja asumisen valinnat kulutuksen ympäristövaikutusten ytimessä. *ConsEnv-hankkeen loppuraportti*. Suomen Ympäristö 14/2011. Ympäristöministeriö.

SAI 2010. Sustainable Agriculture Initiative. Issues Related to the Principles of Sustainable Agriculture. Saatavilla: <http://www.saiplatform.org/sustainable-agriculture/definition>

Schau EM, Fet AM 2008. LCA Studies of Food Products as Background for Environmental Product Declarations. *Int J LCA* 13 (3) 255–264.

Scheidt, D.M. & Daniel, E. 2004 Composite index for aggregating nutrient density using food labels_ratio of recommended to restricted food components. *Journal of Nutrition Education and Behavior*. 36, Jan 1, 2004, Issue 1, p 35-39.

Seppälä, J., Knuuttila, S. & Silvo, K. 2004. Eutrophication of aquatic ecosystems. A new method for calculation the potential contributions of nitrogen and phosphorus. *International journal of life cycle assessment* 9(2): 90-100.

Silvenius, F., Katajajuuri, J-M, Koivupuro, H-K, Nurmi, P., Virtanen, Y., Grönman, K. & Soukka, R. 2011. Elintarvikkeiden pakkausvaihtoehtojen ympäristövaikutukset. FutupackEKO2010-hanke. MTT Raportti 14: 54 s.

Smedman, A., Lindmarka-Månsson, H., Drewnowski, A. & Edman, A-K.M. 2011. Nutrient density of beverages in relation to climate impact. *Food & Nutrition Research*, 54, 5170 – DOI: 10.340/fnr.v54i0,5170.

Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Alley, R.B., Berntsen, T., Bindoff, N.L., Chen, Z., Chidthaisong, A., Gregory, J.M., Hegerl, G.C., Heimann, M., Hewitson, B., Hoskins, B.J., Joos, F., Jouzel, J., Kattsov, V., Lohmann, U., Matsuno, T., Molina, M., Nicholls, N., Overpeck, J., Raga, G., Ramaswamy, V., Ren, J., Rusticucci, M., Somerville, R., Stocker, T.F., Whetton, P., Wood, R.A. & Wratt, D. 2007. Technical Summary. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge. Pages 19-91.

Statistics Finland 2014. Greenhousegas emissions in Finland 1990-2012. National Inventory Report under the UNFCCC and the Kyoto Protocol.

Sääksjärvi, K. & Reinivuo, H. 2004. Ruokamittoja. Kansanterveyslaitoksen julkaisuja B/15/2004. Helsinki.

Tattari, S., Bärlund, I., Rekolainen, S., Posch, M., Siimes, K., Tuhkanen, H.R. & Yli-Halla, M. 2001. Modeling sediment yield and phosphorus transport in Finnish clayey soils. *Transactions of the ASAE*, 44(2), 297-307.

Terranimo www.soilcomaction.eu Aarhus University, Faculty of Science and Technology, Department of Agroecology. Viitattu 08/2013.

Tike. 2012. Maatilojen lukumäärä karjakokoluokittain ja alueittain 1.5.2012. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus.

Tuomi, M., Thum, T., Järvinen, H., Fronzek, S., Berg, B., Harmon, M., Trofymow, J.A., Sevanto, S. & Liski, J. 2009. Leaf litter decomposition—Estimates of global variability based on Yasso07 model. *Ecological Modelling* 220: 3362-3371.

UNEP/SETAC 2009. Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products. Saatavissa: http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/DTIx1164xPA-guidelines_sLCA.pdf

Usva, K., Nousiainen, J., Hyvärinen, H. & Virtanen, Y. 2012. LCAs of average animal products pork, beef, milk and eggs in Finland. International conference on life cycle assessment in the agri-food sector, October 1-4, 2012 Saint-Malo, France : proceedings / Eds. Michael S. Corson, Hayo M.G. van der Werf. Rennes: INRA. p. 845-846.

Uusitalo, R., Ekholm, P., Turtola, E., Pitkänen, H., Lehtonen, H., Granlund, K., Bäck, S., Puustinen, M., Räike, A., Lehtoranta, J., Rekolainen, S., Walls, M. & Kauppila, P. 2007. Maatalous Itämeren rehevöittäjänä. Maa- ja Elintarviketalous 96. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Jokioinen: 1-34 p.

Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2005. Suomalaiset ravitsemussuositukset – ravinto ja liikunta tasapainoon. Saatavissa: <http://www.ravitsemusneuvottelukunta.fi/attachments/vrn/ravitsemussuositus2005.fin.pdf>

Vestberg, M., Kukkonen, S., Saari, K., Uosukainen, M., Palojärvi, A., Tuovinen, T., Vepsäläinen, M. & Niemi, M. 2002. Cropping system impact on soil quality determinants. *Agricultural and Food Science in Finland* 11: 311-328.

Viljavuuspalvelu. 2014. Viljavuuspalvelun tilastot. Saatavissa: <http://viljavuuspalvelu.fi/fi/tilastot>

Yli-Halla, M., Mokma, D.L., Peltovuori, T. & Sippola, J. 2000. Suomalaisia maaprofiileja. Maatalouden tutkimuskeskus.

Yli-Viikari, A., Risku-Norja, H., Nuutinen, V., Heinonen, E., Hietala-Koivu, R., Huusela-Veistola, E., Hyvönen, T., Kantanen, J., Raussi, S., Rikkinen, P., Seppälä, A. & Vehmasto, E. 2002. Agri-environmental and rural development indicators: a proposal. Agrifood Research Reports 5. MTT Agrifood Research Finland. Jokioinen, Finland: 1-102 p.

Yrittäjälinja 2014. Jo joka kolmannen suomalaisen kulutusvalintoja ohjaa ekologisuus – tämän ovat huomanneet myös kauppiat.13.2.2014. Saatavissa: <http://www.yrittajalinja.fi/uutiset.html?1397>

7 Liitteet

LIITE 1 Tutkitut suomalaiset ja ulkomaiset yritykset sekä niiden tuotteet.

1. GRILLIMAKKARA

Suomi:

1. www.wilhelm.fi / www.atria.fi (Atria Suomi Oy/Wilhelm-grillimakkarat)
2. www.atria.fi (Atria Suomi Oy/Hiillos-grillimakkarat)
3. www.atria.fi (Atria Suomi Oy/Atrilli-grillimakkarat)
4. www.lihajaloste-korpela.fi (Lihajaloste Korpela Oy/Korpela-grillimakkarat)
5. www.hookoo.fi (HK Ruokatalo Oy/Camping-grillimakkarat)
6. www.hookoo.fi (HK Ruokatalo Oy/Popprilli-grillimakkarat)
7. www.hookoo.fi (HK Ruokatalo Oy/HK Sininen Grillimakkarat)
8. www.hookoo.fi (HK Ruokatalo Oy/Kabanossi-grillimakkarat)
9. www.portti.fi (Järvi-Suomen Portti Oy/UkkoPekka-grillimakkarat)
10. www.portti.fi (Järvi-Suomen Portti Oy/Portti OK-Grillimakkarat)
11. www.portti.fi (Järvi-Suomen Portti Oy/Portti Kotiteollisuusmakkarat)
12. www.omatmerkit.inex.fi (S-Ryhmä/Rainbow-grillimakkarat)
13. www.omatmerkit.inex.fi (S-Ryhmä/X-tra-grillimakkarat)
14. www.chef-wotkins.com (Lihatukka Veijo Votkin Oy/Chef Wotkin's –grillimakkarat)
15. www.kivikylan.fi (Kivikylän Kotipalvaamo Oy/Kivikylän-grillimakkarat)
16. www.tapola.fi (Tapola Oy/Tapolan-grillimakkarat)
17. www.pirkka.fi (K-Ryhmä/Pirkka-grillimakkarat)
18. www.makkaramestarit.fi (Ilmajoen Makkaramestarit Oy/Makkaramestarit-grillimakkarat)
19. www.maalaistuotevataja.fi (Maalaistuote Vataja Oy/Vataja-grillimakkarat)
20. www.pajuniemi.fi (Pajuniemi Oy/Pajuniemi-grillimakkarat)
21. www.kotivara.fi (Kotivara Oy/Kärkkäri ja Tervaporvarin Grillimakkarat)
22. www.atria.fi (Atria Suomi Oy/Atria-grillimakkarat ja Atria Helapää- ja Atria Kärسته-grillimakkarat)
23. www.snellman.fi (Oy Snellman Ab/Iivari, Eetvarti, Juusto Eetvarti ja Iso Jalmari)
24. www.wursti.fi (Wursti Oy/A-lk grillimakkarat ja BBQ grillimakkarat)
25. www.pouttu.fi (Pouttu Oy/Pouttu Grillimakkarat ja Pouttu A-lk Hieno Grillimakkarat)
26. www.karelianlihajaloste.fi (Karelian Lihajaloste Oy/grillimakkarat)
27. www.makuliha.fi (Makuliha Oy/Makuliha-grillimakkarat)
28. www.tilateurastamoikonen.com (Tilateurastamo Ikonen/grillimakkarat)
29. www.saarioinen.fi (Saarioinen Oy/GrilliWurstit)
30. www.yrjowigren.fi (Yrjö Wigren Oy/Wigren-grillimakkarat)

Ulkomaat:

1. www.perdue.com (Perdue, Yhdysvallat/PERDUE® Lean Turkey Sausage Links, Sweet Italian)
2. www.wurstmaster.se (WurstMaster A.B.S.S., Ruotsi/WurstMaster-grillimakkarat)
3. www.scan.se (Scan AB, Ruotsi/Scan-grillimakkarat)
4. www.gudruns.se (Gudruns AB, Ruotsi/Gudruns-grillimakkarat)
5. www.ridderheims.se (Ridderheims Delikatesser, Ruotsi/Käserkrainer)
6. www.zimbo.de (ZIMBO Fleisch- und Wurstwaren GmbH & Co. KG, Saksa/Zacherl's-tuotteet)
7. www.brenneckes.de (Brennecke, Saksa/Brennecke-tuotteet)

8. www.johnsonville.com (Johnsonville Sausage, LLC., Yhdysvallat/Johnsonville-tuotteet)
9. www.denny.ie (Denny, Irlanti/Denny-tuotteet)
10. www.johnmorrell.com (John Morrell & Co./John Morrell –makkarat)
11. www.smithfield.com (Smithfield, Inc./Smithfield-makkarat)

2.SIANLIHA

Suomi:

1. www.lihajaloste-korpela.fi (Lihajaloste Korpela Oy/Korpelan Paneroitu porsaan leike)
2. www.hookoo.fi (HK Ruokatalo Oy/HK-sianlihatuotteet)
3. www.portti.fi (Järvi-Suomen Portti Oy/Portti-sianlihatuotteet)
4. www.omatmerkit.inex.fi (S-Ryhmä/Rainbow-sianlihatuotteet)
5. www.omatmerkit.inex.fi (S-Ryhmä/X-tra –sianlihatuotteet)
6. www.saarioinen.fi (Saarioinen Oy/Saarioinen-sianlihatuotteet)
7. www.tamminen.com (Lihatukku Harri Tamminen Oy/Tamminen-sianlihatuotteet)
8. www.atria.fi (Atria Suomi Oy/Atria-sianlihatuotteet)
9. www.snellman.fi (Oy Snellman Ab/Snellman-sianlihatuotteet)
10. www.pirkka.fi (K-ryhmä/Pirkka-sianlihatuotteet)
11. www.pouttu.fi (Pouttu Oy/Pouttu-sianlihatuotteet)
12. www.makkamestarit.fi (Ilmajoen Makkamestarit Oy/luomusianlihatuotteet)

Ulkomaat:

1. www.scan.se (Scan AB, Ruotsi/Scan-sianlihat)
2. www.mapleleaffoods.com (Maple Leaf Foods, Kanada/ Maple Leaf Prime® -sianlihatuotteet)
3. www.tesco.com (Tesco, Iso-Britannia/Tesco-sianlihatuotteet)
4. www.farmlandfoods.com (Farmland Foods, Yhdysvallat/Farmland-sianlihatuotteet)
5. www.johnmorrell.com (John Morrell & Co., Yhdysvallat/John Morrell –sianlihatuotteet)
6. www.smithfield.com (Smithfield, Inc., Yhdysvallat/Smithfield-sianlihatuotteet)

3.SOIJAJUOMA

Suomi:

1. www.keiju.fi (Raisio Oyj/Keiju-soijajuoma)
2. www.omatmerkit.inex.fi (S-Ryhmä/Rainbow-soijajuomat, valmistettu Saksassa)
3. www.nutriciababy.fi (Nutricia Baby Oy/Muksu-soijajuoma, lapsille)
4. www.pirkka.fi (K-Ryhmä/Pirkka-soijajuomat)

Ulkomaat:

1. corporate.alpro.com / www.alprosoya.fi (Alpro, Belgia/Alpro soya –soijajuomat)
2. www.provamel.co.uk (Alpro, Belgia/Provamel-soijajuomat)
3. www.gogreen.fi (Lantmännen Cerealia, Ruotsi/GoGreen-tuotteet)
4. www.hain-celestial.eu / www.natumi.de (Natumi AG, Saksa/Natumi-soijajuomat)
5. www.pascualvivesoy.com (Pascual, Espanja/ViveSoy–soijajuomat)
6. www.yeos.com.sg / www.yeos-europe.com (Yeo Hiap Seng Ltd, Singapore/yeo's-soijajuomat)
7. www.drinksilk.ca (WhiteWave Foods Company, Kanada/Silk-soijajuomat)
8. www.westsoy.biz (WestSoy, Yhdysvallat/WestSoy-soijajuomat)
9. www.tastethedream.com (Imagine Foods, Yhdysvallat/Soy Dream-soijajuomat)
10. en.limafood.com (Lima, Belgia/Lima-soijajuomat)
11. www.staeta.net (ProSoya Foods (India) Pvt. Ltd., Intia/Staeta-soijajuomat)
12. www.sonice.ca (Earth's Own Food Company Inc., Kanada/So Nice –soijajuomat)

4.MAITO

Suomi:

1. www.arlaingman.fi (Arla Ingman Oy Ab/Arla Ingman – ja Arla-maidot)
2. www.omatmerkit.inex.fi (S-Ryhmä/Rainbow-maidot)
3. www.valio.fi (Valio Oy/Valio-maidot)
4. www.pirkka.fi (K-Ryhmä/Pirkka-maidot)
5. www.maitokolmio.fi (Osuuskunta Maitokolmio/Maitokolmio-maidot)
6. www.satamaito.fi (Satamaito/Satamaito-maidot)

Ulkomaat:

1. www.pauls.com.au (The Parmalat Group, Parmalat Australia/Pauls-maidot)
2. www.dalefarm.co.uk (United Dairy Farmers Group, Iso-Britannia/Dale Farm – maidot)
3. www.rachelsorganic.co.uk (Rachel’s Organic, Iso-Britannia/Rachel’s-maidot)
4. www.tomlinsondairies.co.uk (Tomlinson’s Dairies, Wales/Tomlinson’s Dairies – maidot)
5. www.wiseman-dairies.co.uk (Robert Wiseman Dairies, Skotlanti/Robert Wiseman Dairies –maidot)
6. www.yeovalleyorganic.co.uk (Yeo Valley Group, Iso-Britannia/Yeo Valley organic –maidot)
7. www.arlafoods.co.uk (Arla Foods UK, Iso-Britannia/Cravendale®- ja Lactofree-maidot)
8. www.dukat.hr (Dukat, Kroatia/Dukat-maidot)
9. www.florahearts.co.uk (Unilever, Unilever Iso-Britannia/Flora pro.activ Milk - maito)
10. www.countrylifeorganic.co.uk (Country Life Organic Milk, Iso-Britannia/Country Life Organic Milk –maidot)

5.KAURAHIUVALEET

Suomi:

1. www.sempergluteeniton.fi (Semper AB/Semper puhdas kaurahiutaleita)
2. www.aitokaura.com (Puuppolan tila/Puuppolan Aitokaura Kaurahiutaleita)
3. www.provena.fi (Raisio Oyj/Provena-tuotteet)
4. www.lastennalle.fi (Raisio Oyj/Nalle-tuotteet)
5. www.benecol.fi (Raisio Oyj/Benecol-tuotteet)
6. www.elovena.fi / www.raisio.com (Raisio Oyj/Elovena-tuotteet)
7. www.omatmerkit.inex.fi (Inex Partners Oy/S-ryhmä /Rainbow-tuotteet)
8. www.myllynparas.fi (Myllyn Paras Oy/Myllyn Paras –tuotteet)
9. www.helsinginmylly.fi (Helsingin Mylly Oy/Myllärin Luomu –tuotteet)
10. www.pirkka.fi (K-ryhmä/Pirkka-tuotteet)
11. www.rutalahdenmylly.fi (Lahden Tila/Rutalahden Mylly / Sydänmaan Viljaa – tuotteet)
12. www.malmgard.fi (Malmgård, Malmgård-tuotteet)

Ulkomaat:

1. www.holle.ch / www.holle.fi (Holle Baby Food GmbH, Sveitsi, maahantuojana Suomessa Itu Oy/Holle-tuotteet)
2. www.coachsoats.com (Coach’s Oats, Yhdysvallat/Coach’s Oats Oatmeal)
3. www.quakeroats.com (Quaker, Yhdysvallat/Quaker-tuotteet)
4. www.mccanns.ie (McCann’s, Irlanti/McCann’s-tuotteet)
5. www.celnat.fr (Celnat, Ranska/Celnat-tuotteet)
6. www.scottsporage.co.uk (Quaker Oats Ltd, Skotlanti/Scott’s Porage Oats -tuotteet)
7. www.whitesoats.co.uk (Fane Valley Co-op Society Ltd/White’s, Irlanti/White’s-tuotteet)

8. www.redriverus.com (Smucker Natural Foods Inc., Kanada/Red River Hot Cereal)
9. www.arrowheadmills.com (Arrowhead Mills, Yhdysvallat/Arrowhead Mills – tuotteet)
10. www.mothersnatural.com (The Quaker Oats Company, Yhdysvallat/mother's – tuotteet)

6.MAKARONI

Suomi:

1. www.myllynparas.fi (Myllyn Paras Oy/useita erilaisia makaroneja)
2. www.pastella.fi / www.felixabba.fi (Felix Abba Oy Ab/Pastella-tuorepastat)
3. www.helsinginmylly.fi (Helsingin Mylly Oy/Myllärin Luomu Täysjyväkierrepasta ja Myllärin Luomu Nauhapasta)
4. www.raisio.com / www.torino.fi (Raisio Oyj/Torino-pastat)
5. www.makupasta.net (Maku-Muna Oy/MakuPasta-pastat)
6. www.moilas.fi (Moilas/Moilas gluteenittomat pastat)
7. www.omatmerkit.inex.fi (Inex Partners Oy/X-tra Spagetti ja Rainbow-pastat)
8. www.pirkka.fi (K-ryhmä/Pirkka-pastat)
9. www.eldorado.fi (Tuko Logistics/Eldorado-tuotteet)

Ulkomaat:

1. www.gluteenitonmailma.fi / www.oriola.fi / www.schar.com / www.schaer.com/en/ (Oriola Oy, maahantuojat/Reformi luomu spagetti, Schär- ja Glutano-pastat (gluteenit-tomia))
2. www.lejos.fi / www.pastasgallo.es (Lejos Finland, maahantuojat/Gallo-pastat, Espanja)
3. www.barillaus.com / fi.barilla.com / barillagroup.com (Barilla, Italia/Barilla-pastat)
4. www.divella.it (Divella S.p.a., Italia/Divella-pastat)
5. www.urtekram.com (Urtekram International A/S, Tanska/Urtekram-pastat)
6. www.dececco.it/EN/ (De Cecco, Italia/De Cecco -pastat)
7. www.pastaberruto.it (Pasta Berruto S.p.a., Italia/Arrighi, Italpasta sekä Pasta Padana, Cavaliere ja Da Vinci -pastat)
8. www.sempergluteeniton.fi (Semper AB, Ruotsi/Semper gluteenittomat pastat)

7.RYPSI- JA OLIIVIÖLJY

Suomi:

1. www.raisio.com / www.keiju.fi (Raisio Oyj/Keiju Rypsiöljy)
2. www.virgino.fi (Kankaisten Öljykasvit Oy/Virgino-rypsiöljy ja Luomu-Virgino)
3. www.mildola.fi (Mildola Oy/Neito®-öljyt)
4. www.sini-pellava.fi (Sini-Pellava Oy/Suomalaista kylmäpuristettua rypsiöljyä ja Suomalaista kylmäpuristettua luomurypsiöljyä)
5. www.immi.fi (Alavuden Öljynpuristamo Oy/åla Immi –öljyt)
6. www.livette.fi (Jeppo Food Oy Ab/Livette® Kylmäpuristettu Rypsiöljy)

Ulkomaat:

1. www.haugen-gruppen.fi (Haugen-Gruppen Oy, maahantuojat, Suomi/Ybarra Luomu extra virgin oliiviöljy, Ybarra Gran seleccion extra virgin oliiviöljy ja Ybarra Extra virgin oliiviöljy)
2. www.lesbos-oliveoil.gr (Catsacoulis S.A., Kreikka/NISSA - Olive Oil, IRINA - Extra Virgin Olive Oil ja MOLIVO - LESBOS P.G.I. - Extra Virgin Olive Oil)
3. www.gaea.gr (Gaea Products S.A., Kreikka/Gaea-oliiviöljyt)
4. www.arteoliva.com (Compania alimentaria del sur de Europa, S.A., Espanja/ArteOliva oliiviöljy)
5. www.commerce.oliroi.com (ROI, Italia/ Extra Vergine Olive Oil Carte Noir D.O.P., Extra Vergine Olive Oil Monocultivar Taggiasca, Extra Vergine Olive Oil ROI, Ext-

ra Vergine Olive Oil Cru Riva Gianca D.O.P. ja Extra Vergine Olive Oil Cru Gaaci D.O.P.)

6. www.agrioil.it (Agrioil S.p.A., Italia/Stilla-ruokaöljyt)
7. www.carapelli.com (Carapelli, Italia/Carapelli-ruokaöljyt)
8. www.verival.at (EP Naturprodukte AG, maahantuojat, Itävalta/Verival Bio – ruokaöljyt)
9. www.hintz.de (Hintz Foodstuff Production GmbH, maahantuojat, Saksa/Hintz Extra Virgin Olive Oil)
10. www.olivareros.com (Sociedad Cooperativa de Olivareros: Olivareros y Viticultores RF, Espanja/Rf-oliiviöljyt)
11. www.en.acesur.com (Acesur Group, Espanja/La Espanola -, La Andaluza -, Guillén-, Hacienda Guzmán -, Villablanca- sekä Coosur-ruokaöljyt)
12. www.olitalia.com (Olitalia, Italia/Olitalia-ruokaöljyt)
13. www.creta-oil.gr (Botsakis S.A., Kreikka/Olyssos-, Ousia-, Cretan Prince -, Lando- ja Creta Oil –oliiviöljyt)
14. www.dececco.it/EN (De Cecco, Italia/De Cecco's Organic Extra Virgin Olive Oil)

LIITE 2. Kartoituksessa esiin tulleet tuotekohtaisten ravitsemus-, terveys- ja ympäristöväittämi- en aiheet.

Grillimakkarat	Sianliha	Kaurahiutaleet	Makaronit
Kotimaa	Kotimaa	Kotimaa	Kotimaa
<ul style="list-style-type: none"> - GDA - lihapitoisuus - keveys - vähärasvaisuus - natriumglutamaatit- tomuus - lisäaineettomuus - Sopivuus erityis- ruokavalioon (vähä- hiilihydraattinen) - luomu - GMO-vapaus - kotimaisuus 	<ul style="list-style-type: none"> - lihapitoisuus - keveys - vähärasvaisuus - natriumglutamaatit- tomuus - mieto suolaus - runsasproteiinisuus - Sopivuus erityis- ruokavalioon (vähä- hiilihydraattinen) - luomu - kotimaisuus 	<ul style="list-style-type: none"> - GDA - runsaskuitui- suus - hyvä kuidun lähde - beetaglukaani - kasviterolieste- rit - gluteenittomuus - proteiinipitoi- suus - keveys - vatsan hyvin- vointi - suolen toiminta - täysjyväisyys - kolesterolin alentaminen - verensokerin tasaaminen - Sopivuus eri- tyisruokavali- oon (glu- teeniton) 	<ul style="list-style-type: none"> - GDA - runsaskuituisuus - vähälaktoosisuus - laktoosittomuus - gluteenittomuus - rasvattomuus - sokerittomuus - proteiinipitoisuus - hiilihydraattipi- toisuus - energiapitoisuus - kivennäisainepi- toisuus - vitamiinipitoi- suus - täysjyväisyys - kananmunatto- muus - lisäaineettomuus - säilöntäaineetto- muus - lisätty omaga-3- rasvahappoja - Sydänmerkki - luomu - ympäristöystä- vällinen pakkaus - suomalainen työ (Avainlippu)
Grillimakkarat	Sianliha	Kaurahiutaleet	Makaronit
Ulkomaat	Ulkomaat	Ulkomaat	Ulkomaat
<ul style="list-style-type: none"> - GDA - GDA miehille, nai- sille ja lapsille erik- seen 	<ul style="list-style-type: none"> - GDA - transrasvattomuus - hormonittomuus - säilöntäaineetto- 	<ul style="list-style-type: none"> - GDA - runsaskuitui- suus - vähärasvaisuus 	<ul style="list-style-type: none"> - kuitupitoisuus - gluteenittomuus - proteiinipitoisuus - laktoosittomuus

<ul style="list-style-type: none"> - lihapitoisuus - vähärasvaisuus - arominvahventeet- tomuus - allergisoimattomuus - hormonittomuus, steroidittomuus (ei lisätty) - kotimaisuus 	<ul style="list-style-type: none"> muus - nitriitittömyys, nit- raatittomuus - natriumglutamaatit- tomuus - vähän natriumia - ei keinotekoisia valmistusaineita - ei kasvunsääteitä - ei keinotekoisia makuaineita - ei keinotekoisia väriaineita - luonnollisuus 	<ul style="list-style-type: none"> - proteiinipitoi- suus - täysjyväpitoi- suus - rautapitoisuus - kalsiumpitoi- suus - suolapitoisuus - sokeripitoisuus - säilöntäaineet- tomuus - lisäaineetto- muus - omega-3- rasvahappopi- toisuus - sydänystävälli- syys - kolesterolia alentava - sulavuus - luonnollisuus - luomu - biodynaaminen 	<ul style="list-style-type: none"> - väriaineettomuus - säilöntäaineetto- muus - kanamunatto- muus - täysjyväpitoisuus - luomu
---	--	--	---

Soijamaito	Maito	Rypsi/ oliiviöljy
Kotimaa	Kotimaa	Kotimaa
<ul style="list-style-type: none"> - maidottomuus - laktoosittomuus - kolesterolittomuus - kalsiumin lisäys - D-vitamiinin lisäys - rasvahappo-koostumus - Sopivuus erityisruokavaliioon (laktoositon, maidoton) - luomu - kierrätettävä pakkaus - kotimainen työ (Avainlippu) 	<ul style="list-style-type: none"> - GDA - laktoosittomuus - vähälaktoosisuus - proteiinipitoisuus - (luontainen) kalsiumpitoisuus - (luontainen) B-vitamiinipitoisuus - rasvapitoisuus - kalsiumin lisäys - maitohappobakteerit - homogeenomattomuus - kalsiumin luustoa vahvistava ominaisuus - D-vitamiinin kalsiumin imeytymistä edistävä vaikutus - Sydänmerkki - luomu - GMO-vapaus - kotimaisuus 	<ul style="list-style-type: none"> - GDA - maidottomuus - munattomuus - gluteenittomuus - rasvahappokoostumus - E-vitamiinipitoisuus - antioksidanttipitoisuus - flavonoidipitoisuus - lesitiinipitoisuus - kasviterolipitoisuus - lisääineettomuus - terveellisyys, terveysvaikutteisuus - kolesterolia alentava - veren hyytymistekijöitä alentava - syöpää ehkäisevä - masennusta ehkäisevä - Sydänmerkki - luonnonmukainen, luomu - luontoystävällinen - ympäristöystävällinen puristusmenetelmä - GMO-vapaus - kotimaisuus - kotimainen työ (Avainlippu)
Soijamaito	Maito	Rypsi/ oliiviöljy
Ulkomaat	Ulkomaat	Ulkomaat
<ul style="list-style-type: none"> - GDA - proteiinipitoisuus - rasvahappokoostumus - transrasvattomuus - kolesterolittomuus 	<ul style="list-style-type: none"> - GDA - rasvapitoisuus - omega-3-rasvahappopitoisuus - laktoosipitoisuus 	<ul style="list-style-type: none"> - vitamiinipitoisuus (A, D, E, K) - rasvahappokoostumus - keveys - terveellinen kasvirasva

<ul style="list-style-type: none"> - rasvapitoisuus - kuitupitoisuus - hiilihydraattipitoisuus (vähän hiilihydraatteja) - isoflavonoidipitoisuus - lisääineettomuus - vitamiointi - kalsiumin lisäys - makeuttamattomuus - suolapitoisuus - sydänystävällisyys - luomu - ympäristöystävällinen - GMO-vapaus - alkuperä (ei sademetsästä) 	<ul style="list-style-type: none"> - kalsiumpitoisuus - vitamiinipitoisuus (A, E, D, B) - proteiinipitoisuus - kolesterolittomuus - säilöntäaineettomuus - ei keinotekoisia lisäaineita - luonnollinen (koostumus) - mineraalipitoisuus - hiilihydraattien lisäys - kasviterolien lisäys - glykeminen indeksi - luomu - GMO-vapaus - ympäristöystävällinen pakkaus - paikallisuus 	<ul style="list-style-type: none"> - osa välimerenruokavaliota - luomu - ei käytetty tuholaistorjunta-aineita - hiilineutraali - ympäristöystävällinen pakkaus - alkuperä (DOP, PGI)
--	--	--

MTT TEKEE TIETEESTÄ ELINVOIMAA

MTT RAPORTTI 146

www.mtt.fi/julkaisut

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

MTT, 31600 Jokioinen.

Puh. 029 5300 700, sähköposti julkaisut@mtt.fi

